XI.INTERNATIONAL HALICH CONGRESS ON MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC RESEARCH

October 19-20, 2026, ISTANBUL

THE BOOK OF FULL TEXTS



Edited by
Prof. Dr. Muhittin ELİAÇIK
Assoc. Prof. Dr. Muhammet Hanifi ZENGİN

ISBN: 979-8-89695-604-4

11th INTERNATIONAL HALICH CONGRESS ON MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC RESEARCH
October 19-20, 2026 – Istanbul, Türkiye

THE BOOK OF FULL TEXTS

Edited by
Prof. Dr. Muhittin ELİAÇIK
Assoc. Prof. Dr. Muhammet Hanifi ZENGİN

By Liberty Publishing House
Water Street Corridor New York, NY 10038
www.libertyacademicbooks.com
+1 (314) 597-0372
ALL RIGHTS RESERVED NO PART OF THIS BOOK MAY BE REPRODUCED IN ANY FORM, BY PHOTOCOPYING OR BY ANY ELECTRONIC OR MECHANICAL MEANS, INCLUDING INFORMATION STORAGE OR RETRIEVAL SYSTEMS, WITHOUT PERMISSION IN WRITING FROM BOTH THE COPYRIGHT OWNER AND THE PUBLISHER OF THIS BOOK.
© Liberty Academic Publishers 2026
The digital PDF version of this title is available Open Access and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 license (http://creativecommons. org/licenses/by-nc/4.0/) which permits adaptation, alteration, reproduction and distribution for noncommercial use, without further permission provided the original work is attributed. The derivative works do not need to be licensed on the same terms.
adopted by Mariam Rasulan
www.izdas.org/halic
Issued: 27.10.2026
ISBN: 979-8-89695-604-4

CONGRESS ID

11th INTERNATIONAL HALICH CONGRESS ON MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC RESEARCH

DATE AND PLACE

October 19-20, 2026 – Istanbul, Türkiye

CONGRESS CHAIR

Prof. Dr. Muhittin ELİAÇIK- Kırıkkale University

PRESENTATION

Online Presentation

COORDINATOR

Gulnaz GAFUROVA

ORGANIZING COMMITTEE

Prof. Dr. Muhittin ELİAÇIK – Congress Chair
Assoc. Prof. Dr. Özlem ÜLGER – Organizing Committee Member
Assoc. Prof. Dr. Mirna FAVAZ - Organizing Committee Member
Assoc. Prof. Dr. Halil İbrahim ŞENGÜN- Organizing Committee Member
Assist. Prof. Dr. Hayri YILDIRIM - Dicle University

PARTICIPANTS COUNTRIES

Türkiye, Kazakhstan, Azerbaijan, USA, Morocco, Nigeria, India, Iran, Albania, Republic of Belarus, Romania, Algeria, Lebanon, Georgia, Ukraine, Moldova, Bangladesh, Pakistan, Philippines, Serbia, Republic of Korea, Indonesia, Malaysia, Israel, Kosovo, TRNC

TOTAL NUMBER OF PAPERS 348

THE NUMBER OF PAPERS FROM TÜRKİYE 170

OTHER COUNTRIES 178

NUMBER OF REJECTED PAPERS 20

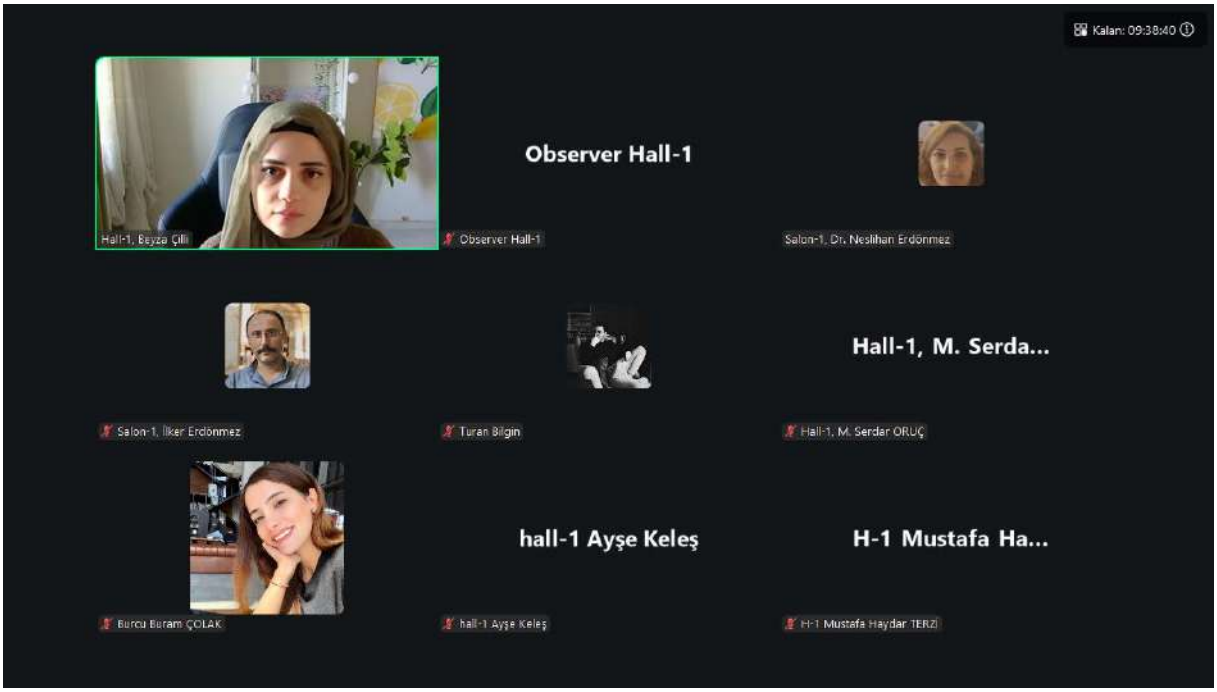
EVALUATION PROCESS

All applications have undergone a double-blind peer review process

SCIENTIFIC & REVIEW COMMITTEE

Prof. Dr. Muhittin ELİAÇIK - Kırıkkale University
Assoc. Prof. Dr. Gulbaxar Tavaldieva- Tashkent Chemical Technological Institute
Assoc. Prof. Dr. Fatma İNCE- Inonu University
Assoc. Prof. Dr. İryna Dryga- National Academy of Sciences
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Gökhan GENEL- Yalova University
Assoc. Prof. Dr. Saime GÜZEL- Bursa Uludag University
Assoc. Prof. Dr. Varol KOÇ- Ondokuz Mayıs University
Assoc. Prof. Dr. H. Burçin HENDEN ŞOLT- Zonguldak Bulent Ecevit University
Assoc. Prof. Dr. F. Gül KOÇSOY- Fırat University
Asst. Prof. Dr. Muhammet Zeki ÖZYURT- Sakarya University
Assoc. Prof. Dr. Ömer KASIM- Kutahya Dumlupınar University
Asst. Prof. Dr. Leyla BEKENSİR- Ankara University
Assist. Prof. Dr. Hayri YILDIRIM - Dicle University
Asst. Prof. Dr. Ramazan ARITÜRK- İstanbul Sabahattin Zaim University
Dr. Terane NAGIYEVA - Azerbaijan State Pedagogical University
Dr. İlhan DANACI - Sivas University of Science and Technology
Dr. Damejan SADYKOVA- Kazak Kızlar Pedogoji Üniversitesi
Dr. Mariam S. OLSSON- Lebanise University

PHOTO GALLERY



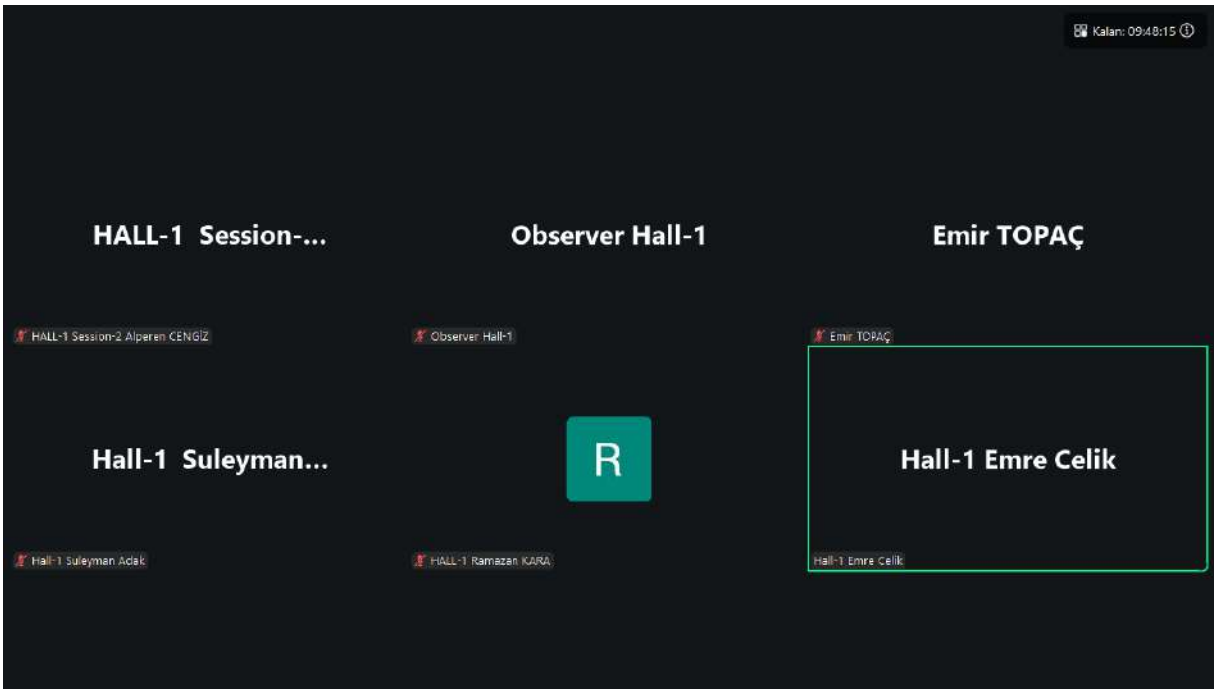


PHOTO GALLERY



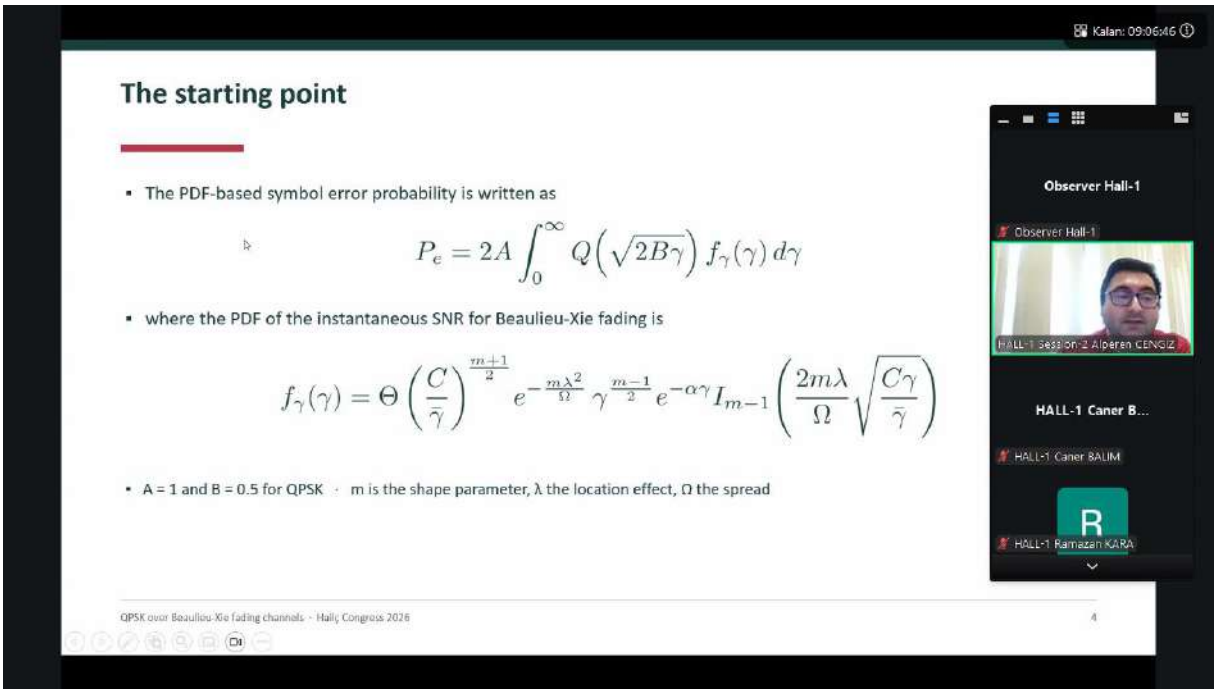
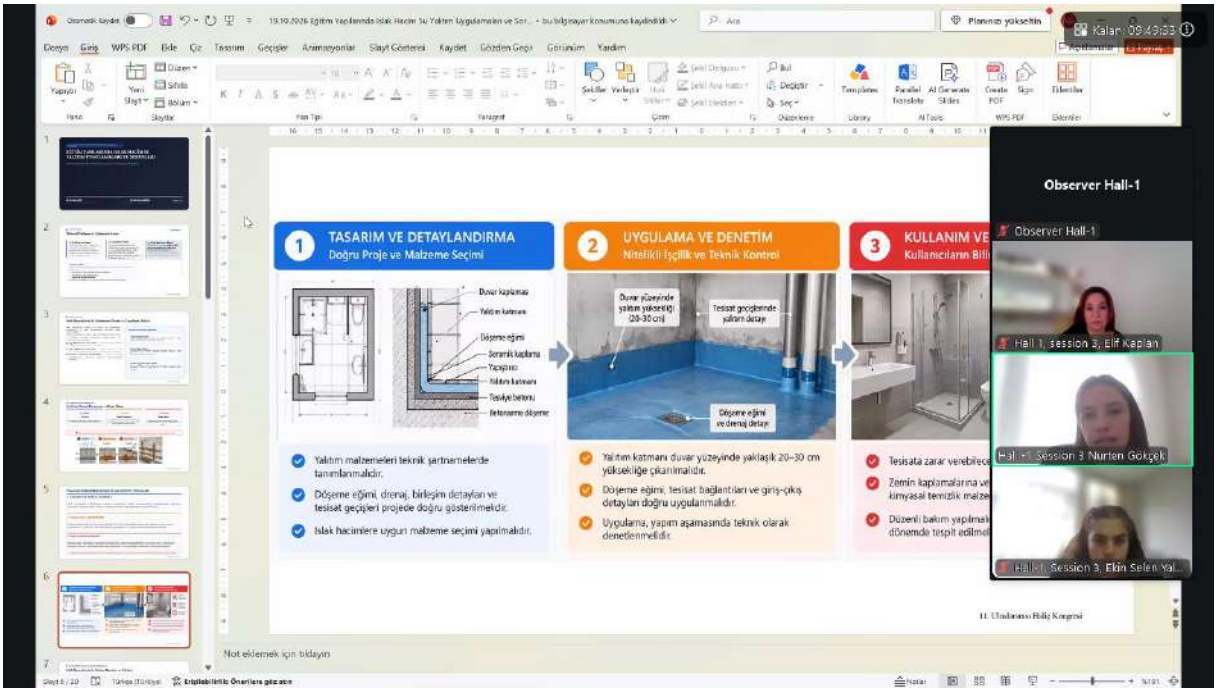


PHOTO GALLERY



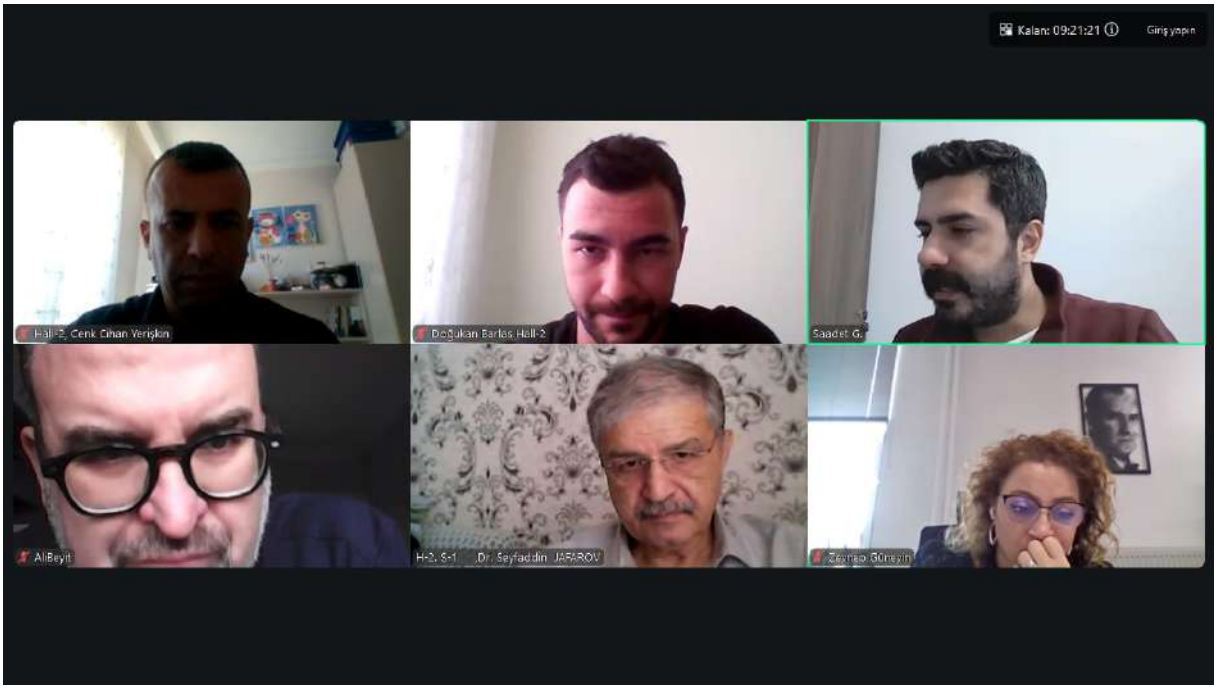
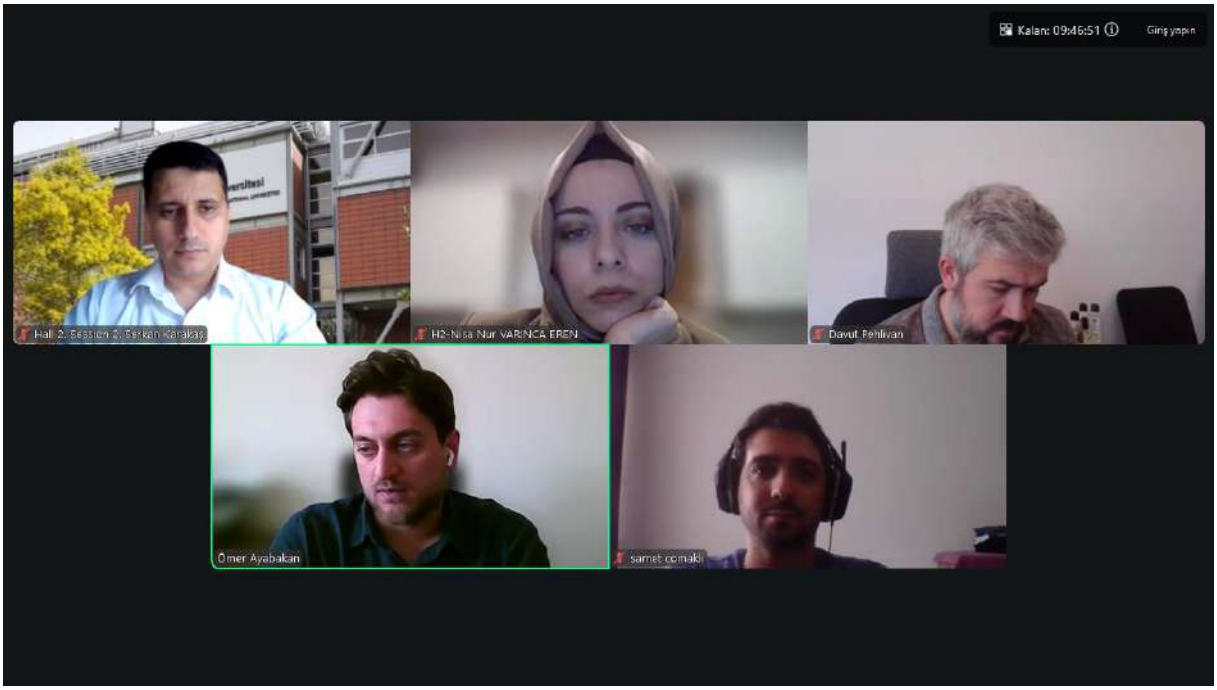


PHOTO GALLERY



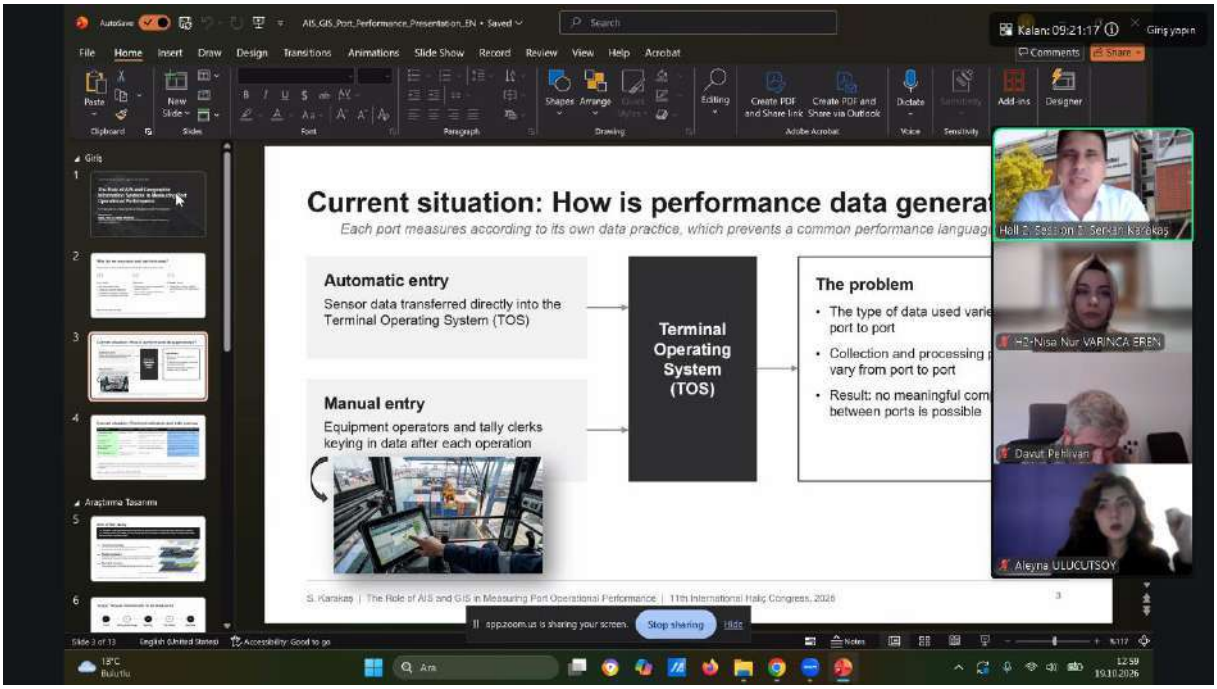
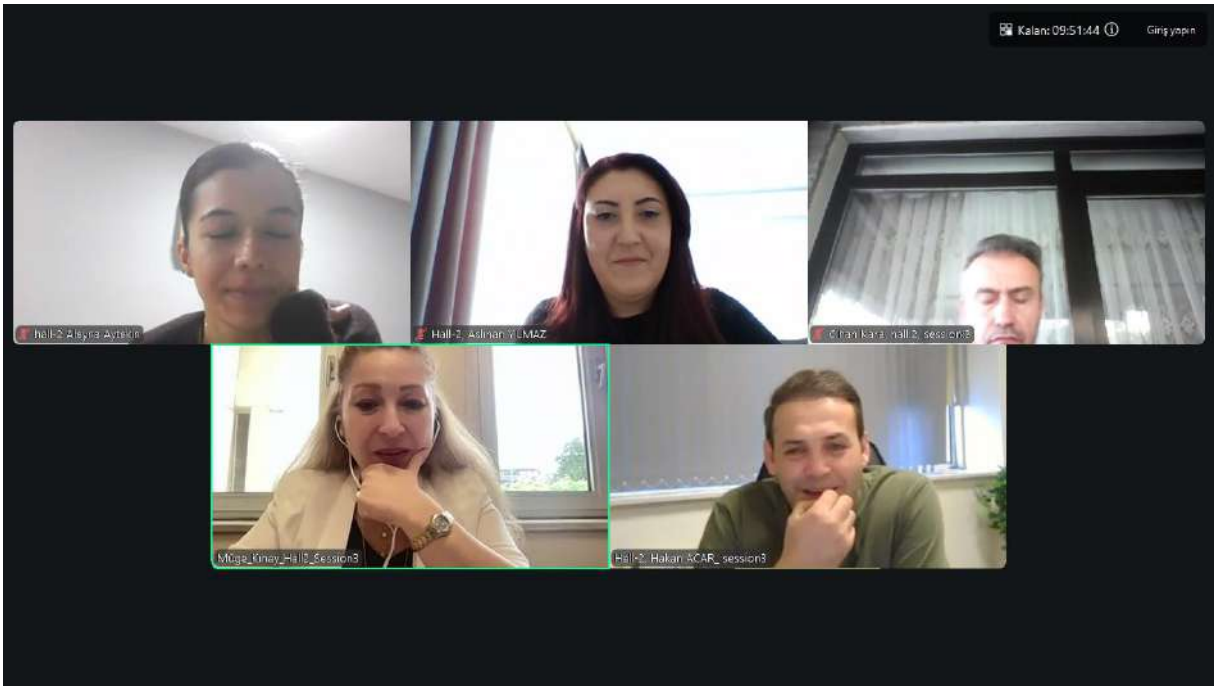


PHOTO GALLERY



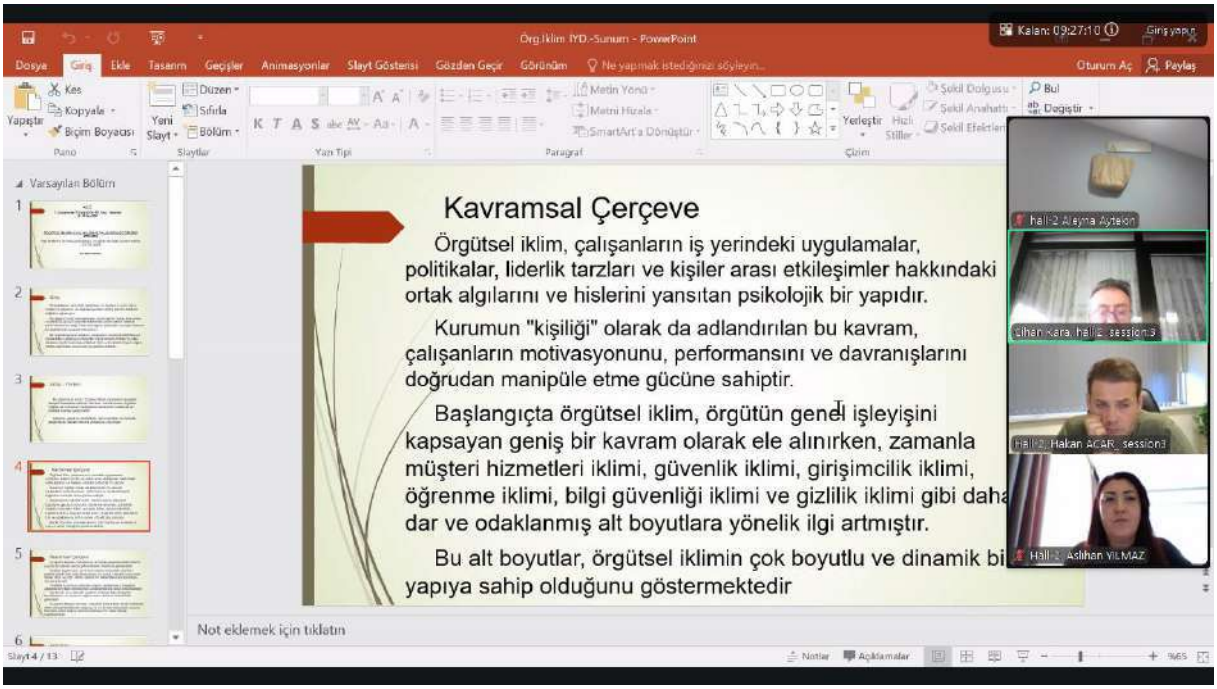
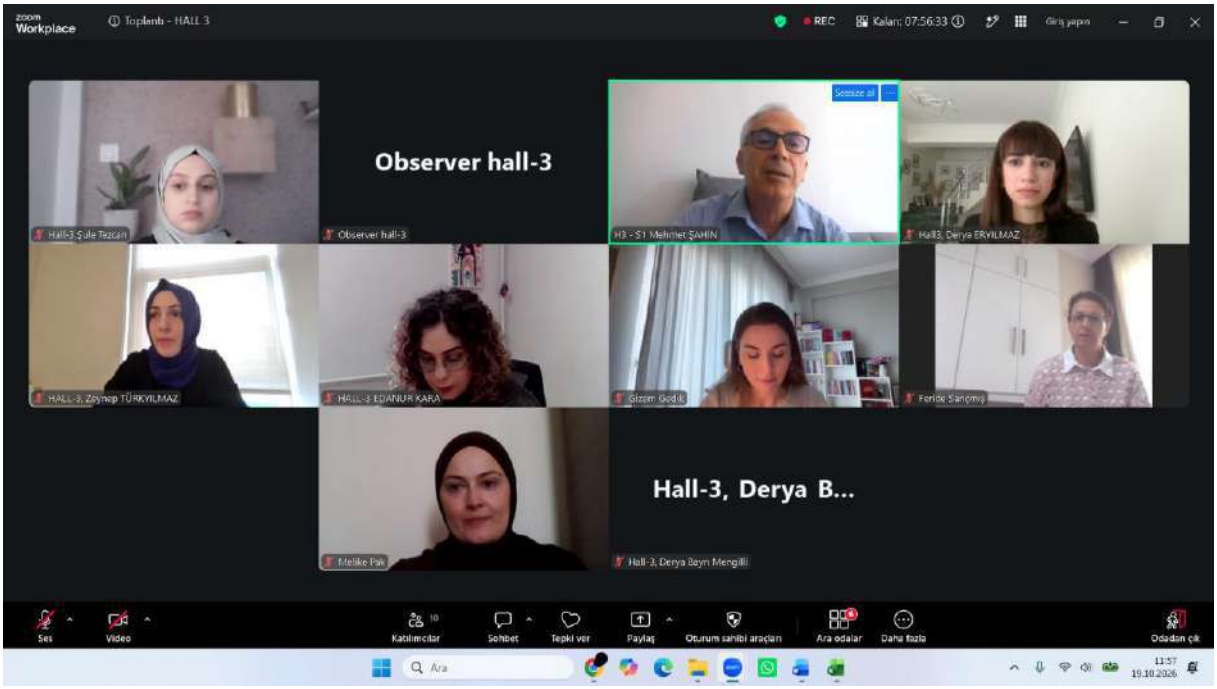


PHOTO GALLERY



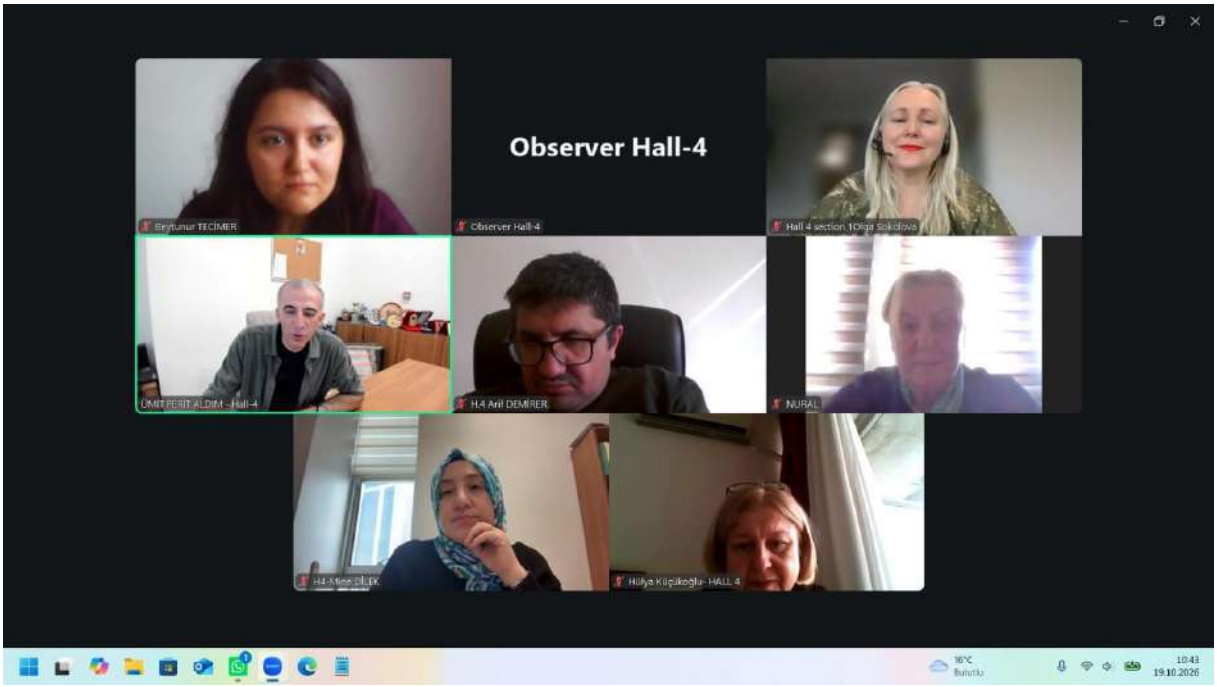
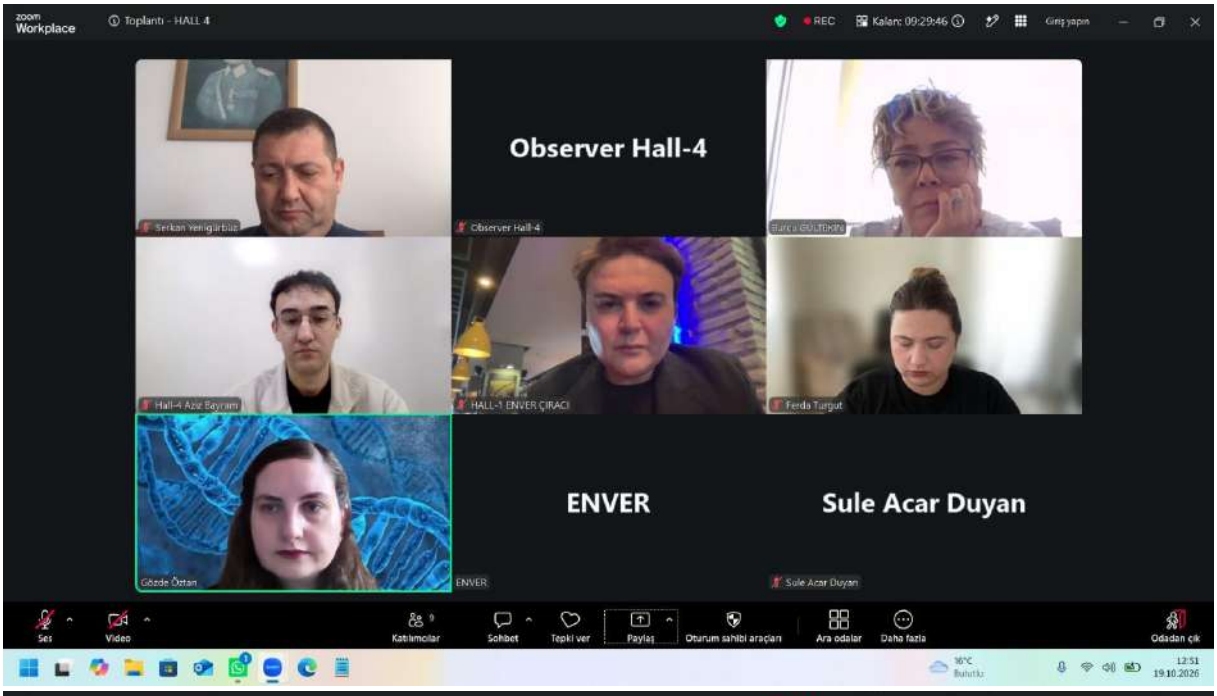


PHOTO GALLERY





PHOTO GALLERY



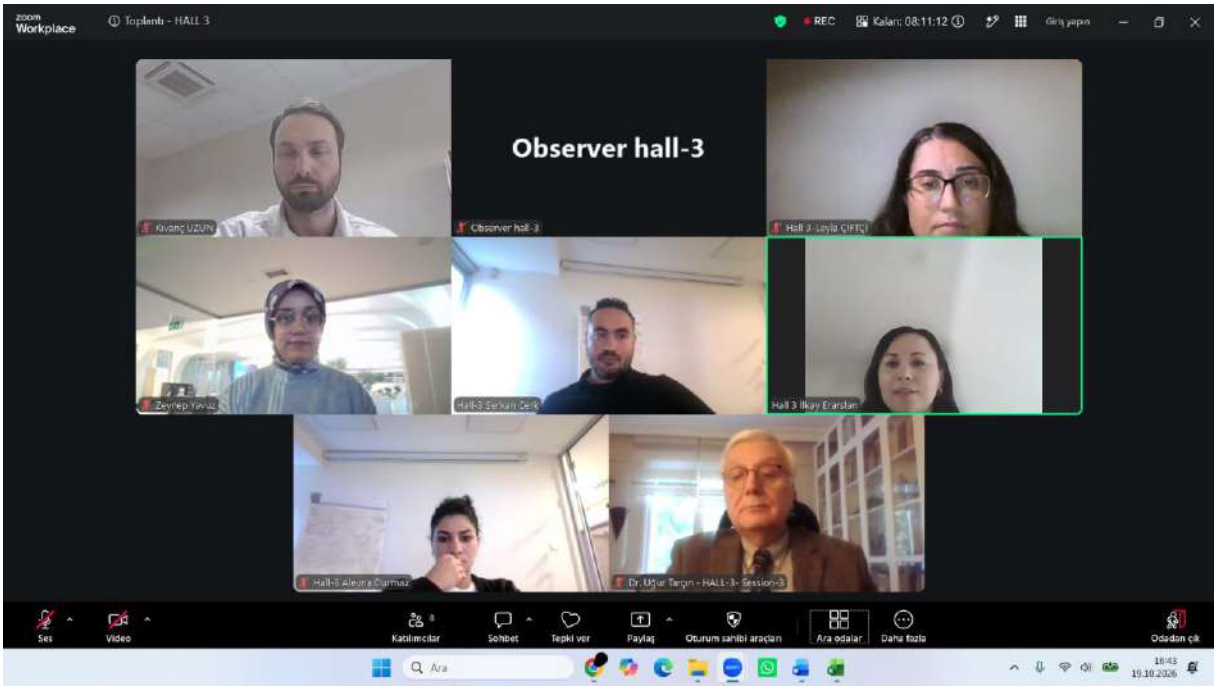
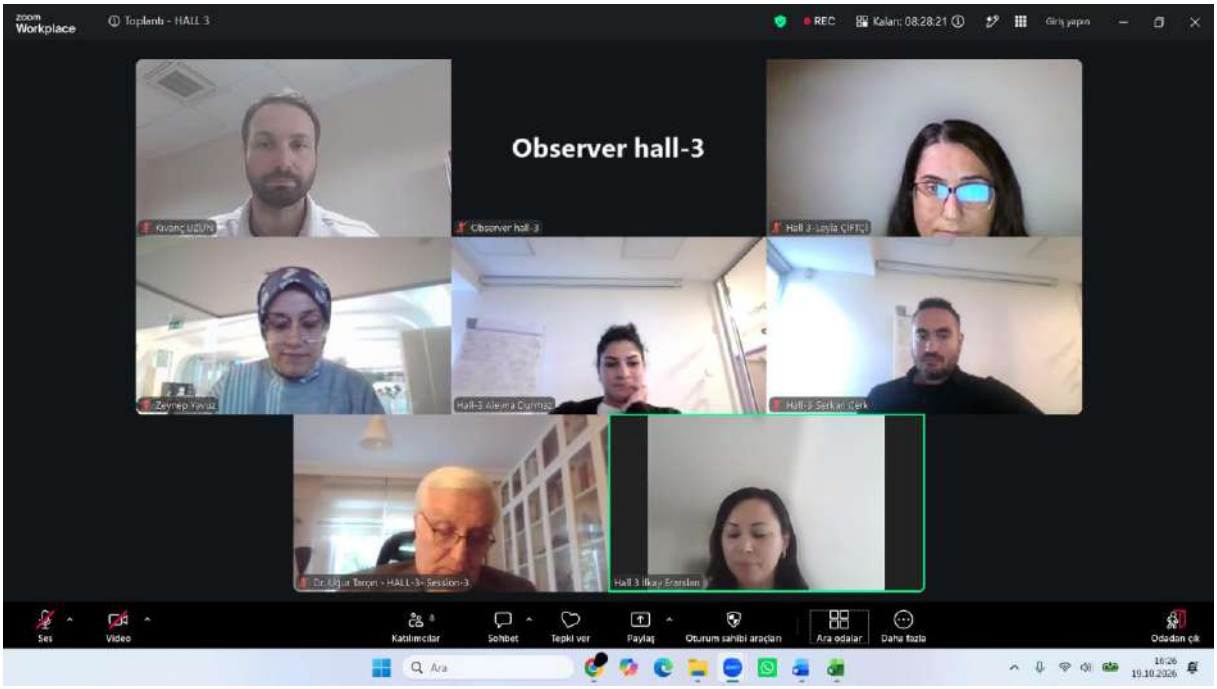


PHOTO GALLERY



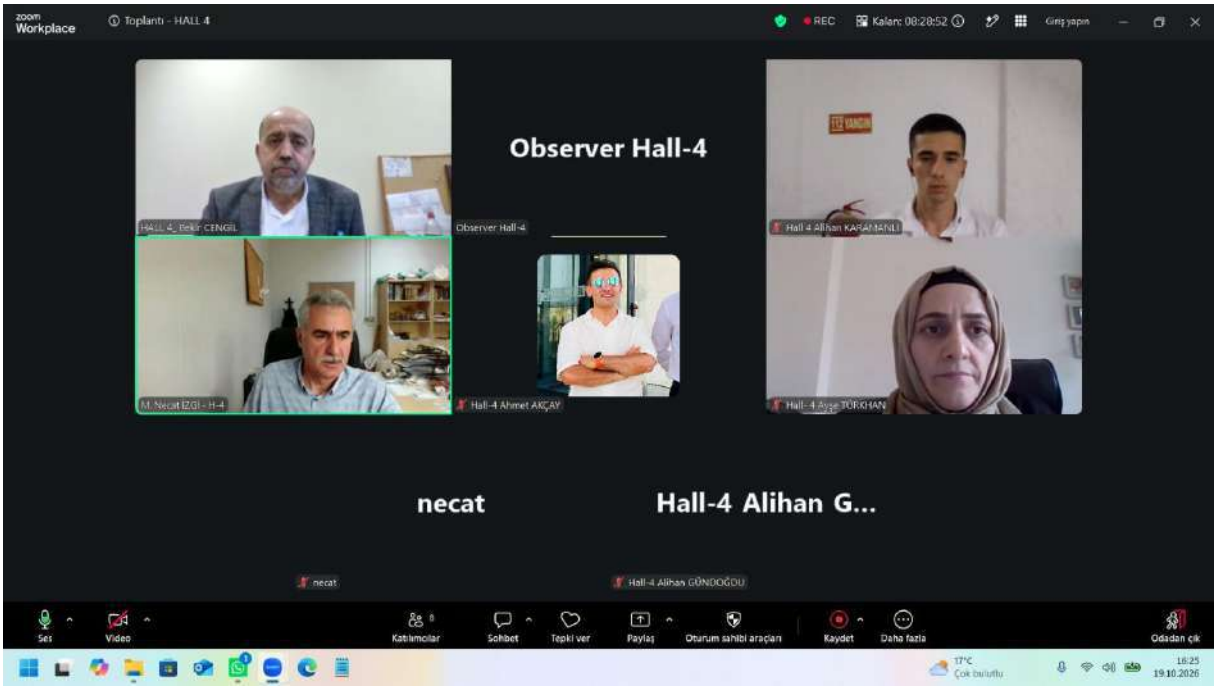


PHOTO GALLERY





PHOTO GALLERY

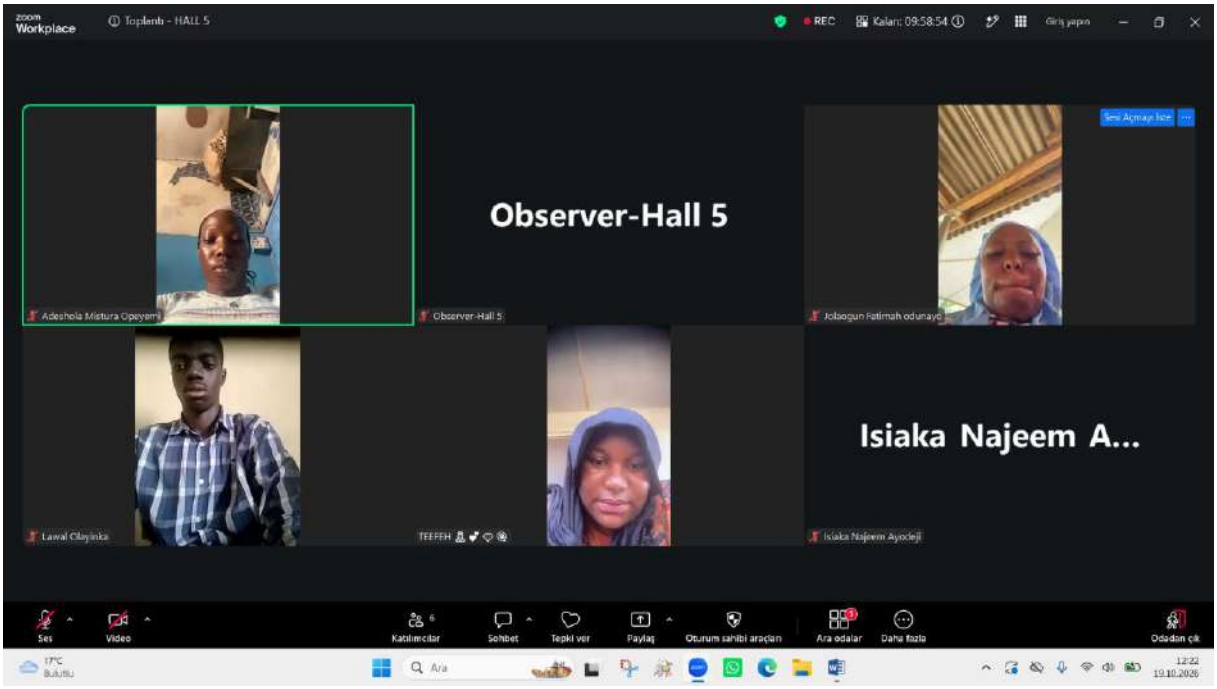




PHOTO GALLERY

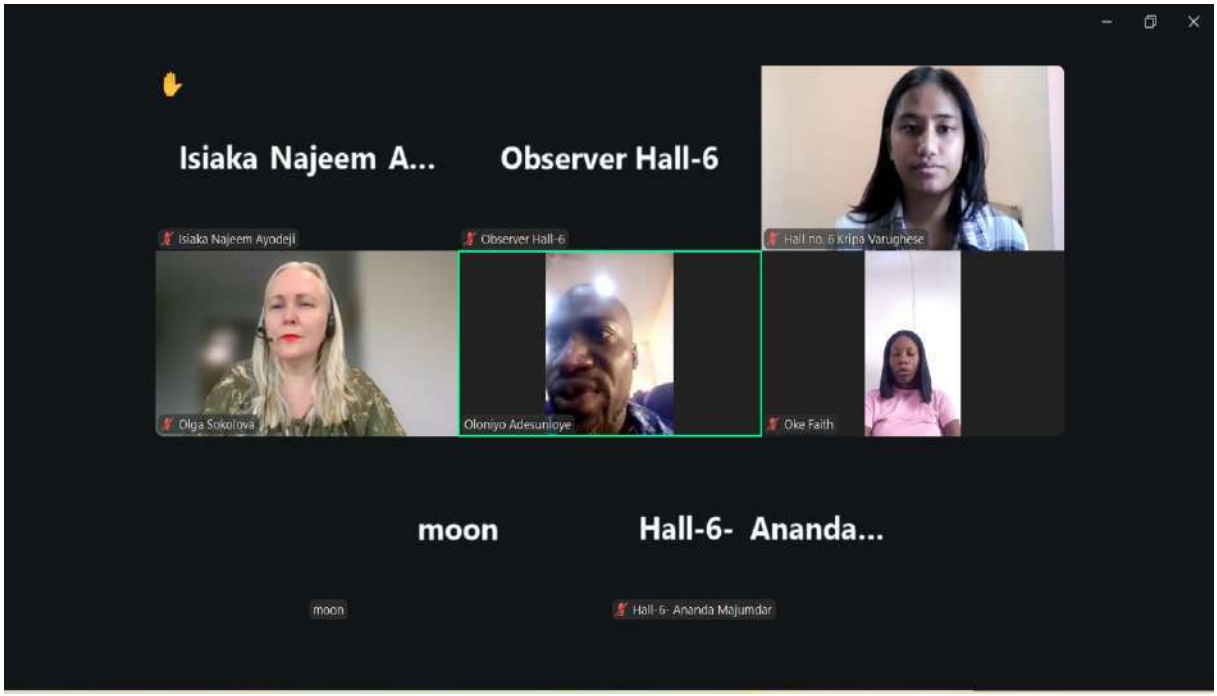




PHOTO GALLERY



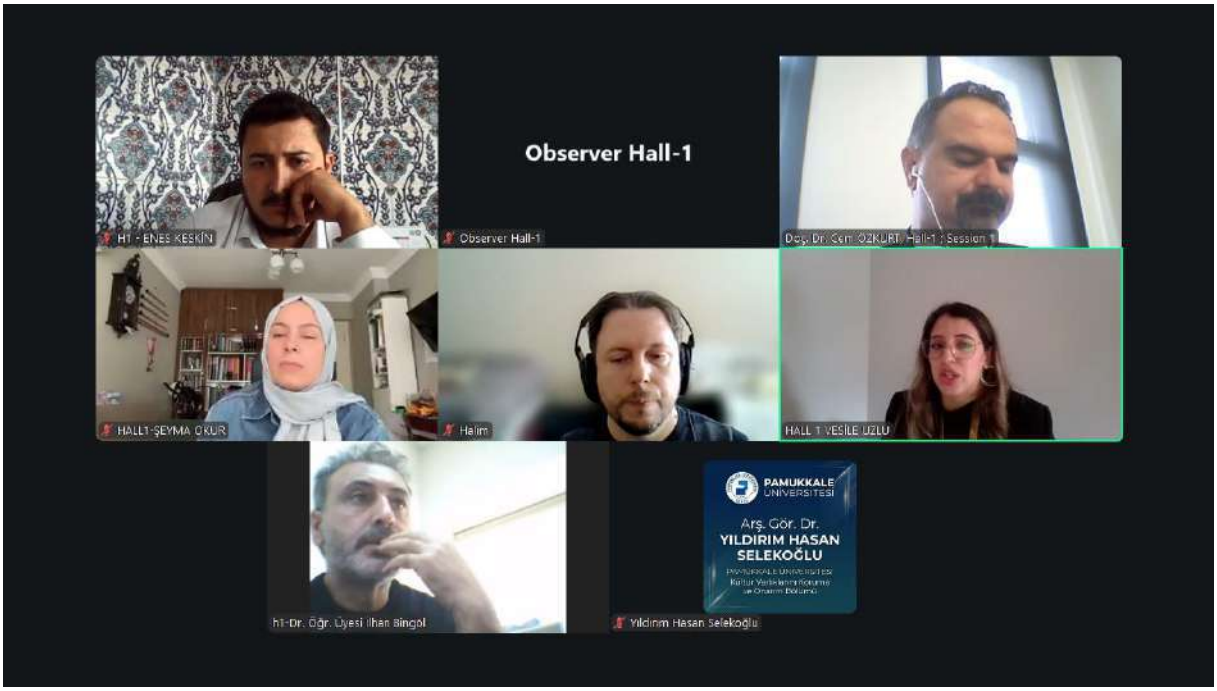
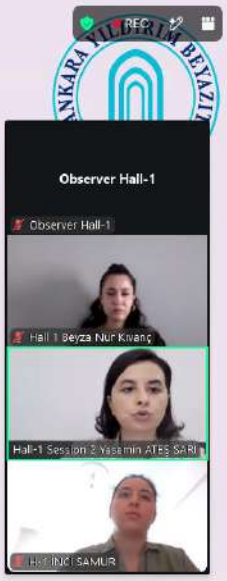


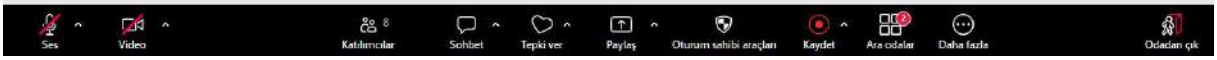
PHOTO GALLERY

Bulgular

Tablo 1. Geriatrik bireylerin demografik ve klinik verileri

	n=59	
Yaş (yıl), Medyan (Q1–Q3)		79 (72-84)
Cinsiyet, n (%)	Kadın	34 (57.6)
	Erkek	25 (42.4)
Eğitim durumu, n (%)	İlkokul	28 (47.5)
	Ortaokul	3 (5.1)
	Lise	8 (13.6)
	Lisans	17 (28.8)
	Lisansüstü	3 (5.1)
Kullandığı ilaç sayısı, Medyan (Q1–Q3)		6 (4-9)
Depresyon, Medyan (Q1–Q3)		2 (1-4)
Kognisyon, Medyan (Q1–Q3)		24 (22-25)
Fonksiyonel bağımsızlık, Medyan (Q1–Q3)		5 (5-6)





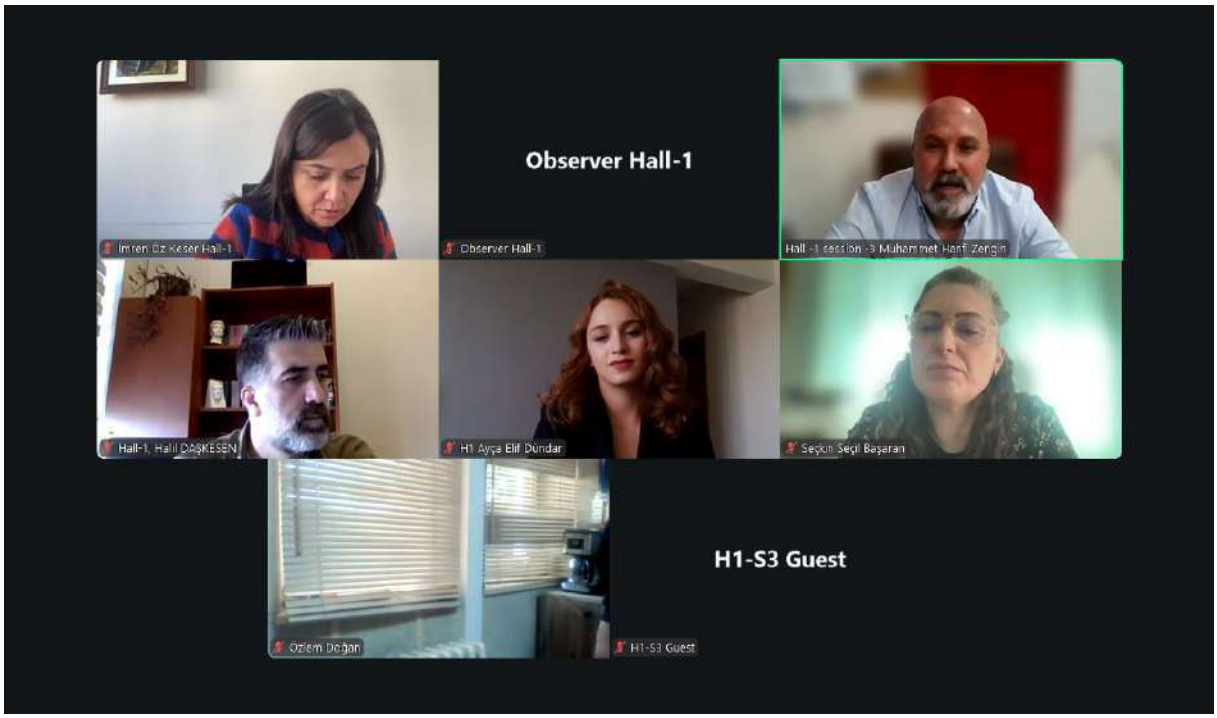


PHOTO GALLERY

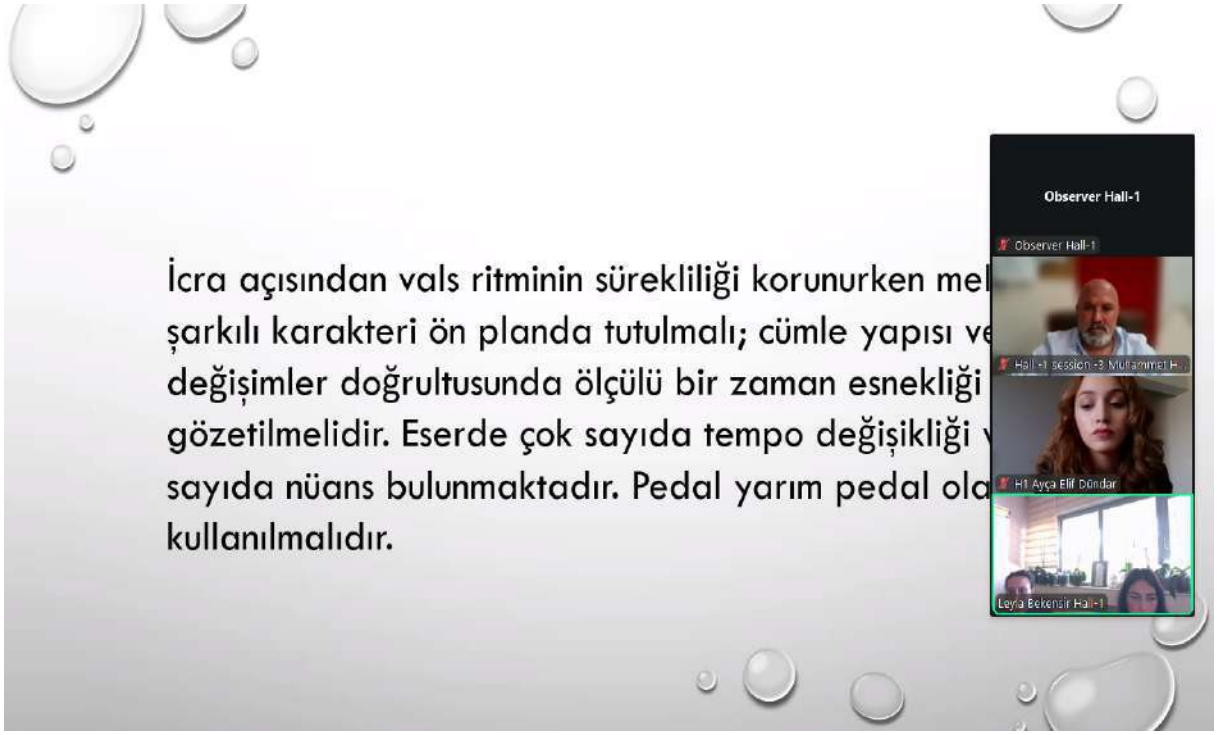




PHOTO GALLERY



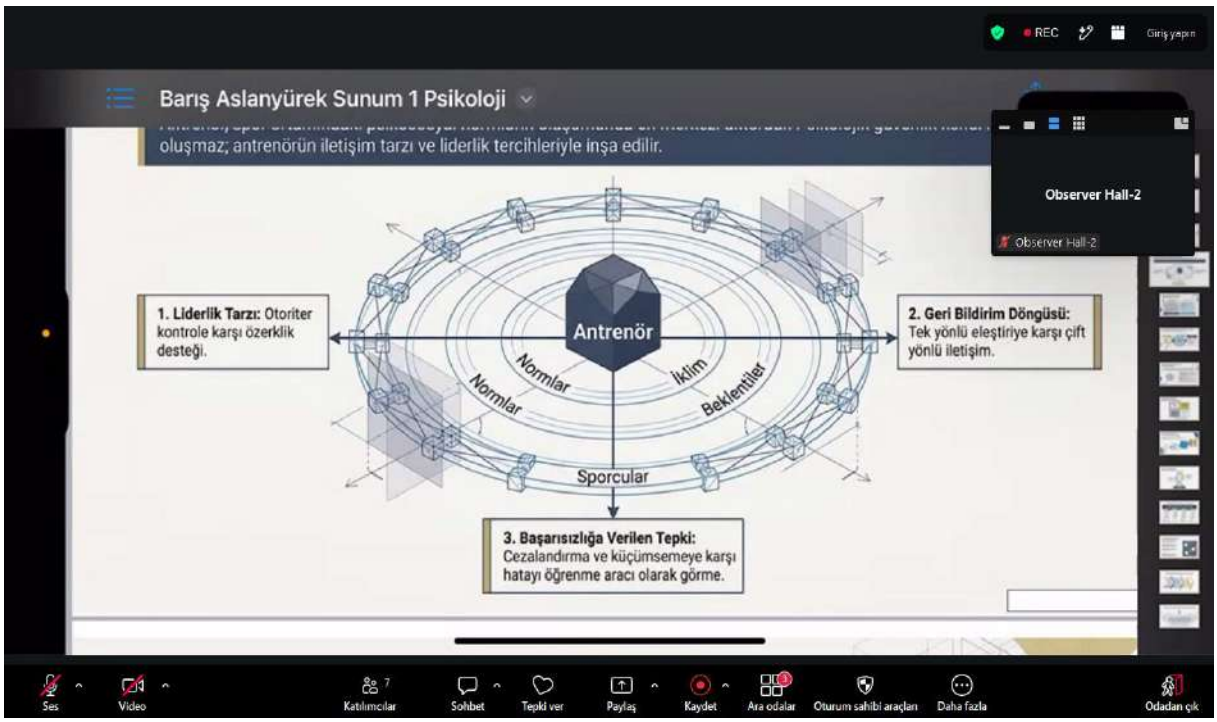
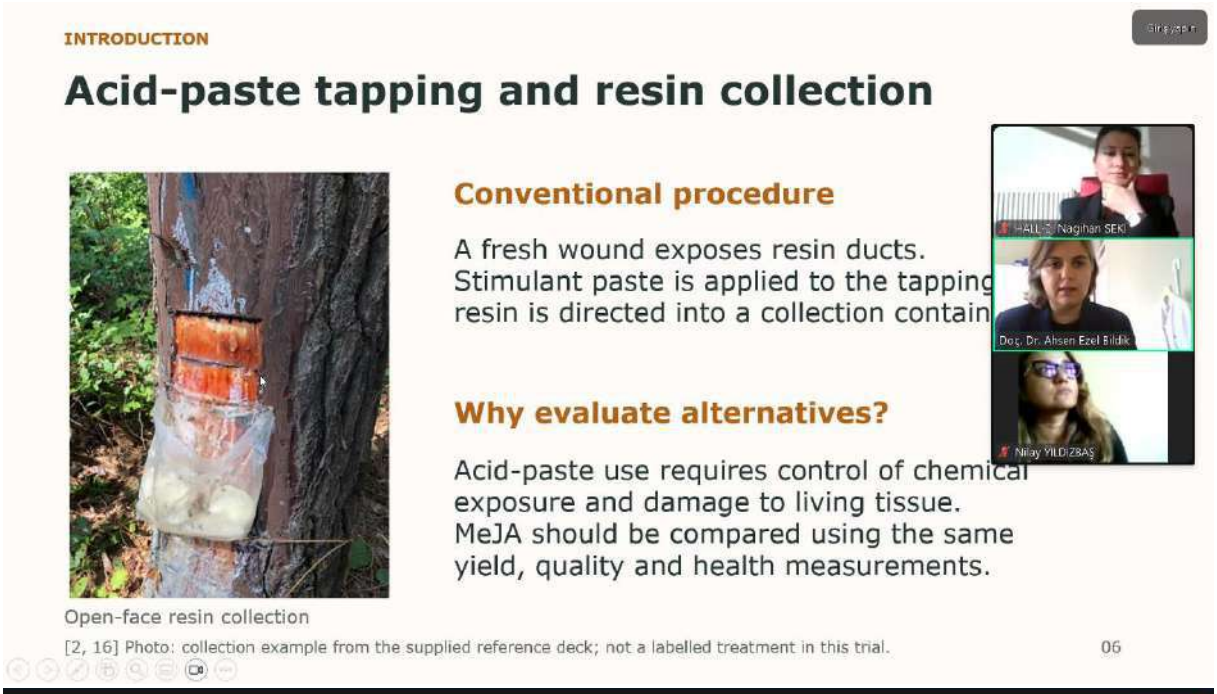


PHOTO GALLERY



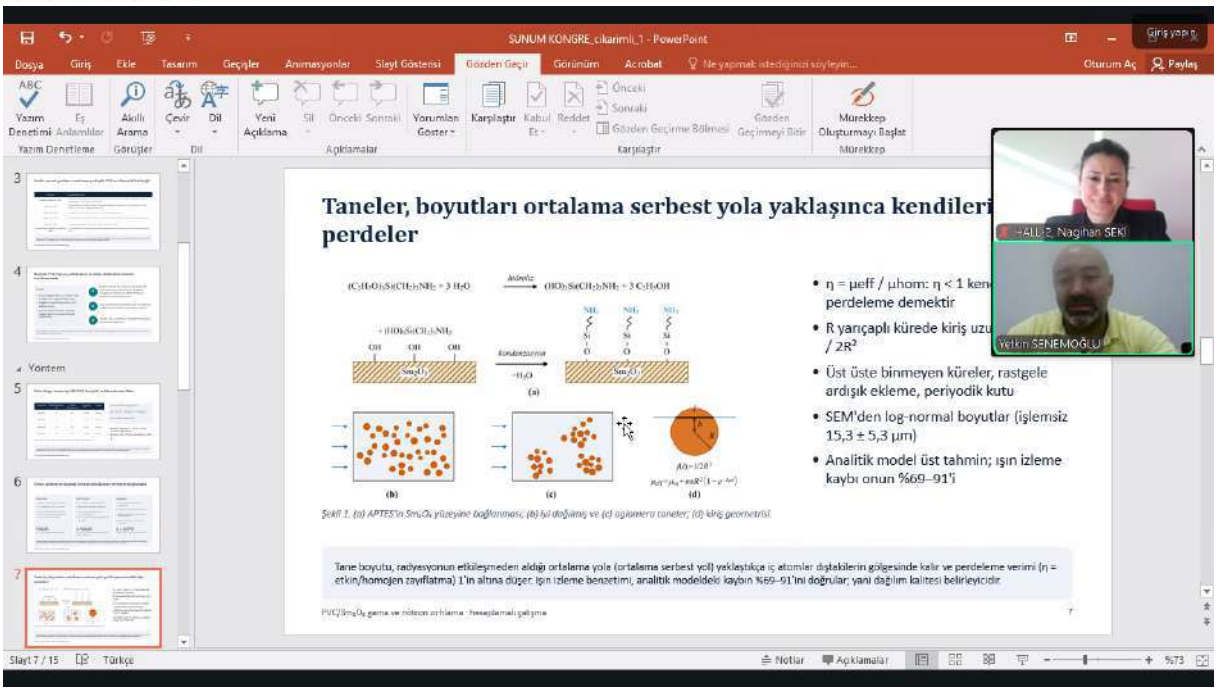


PHOTO GALLERY

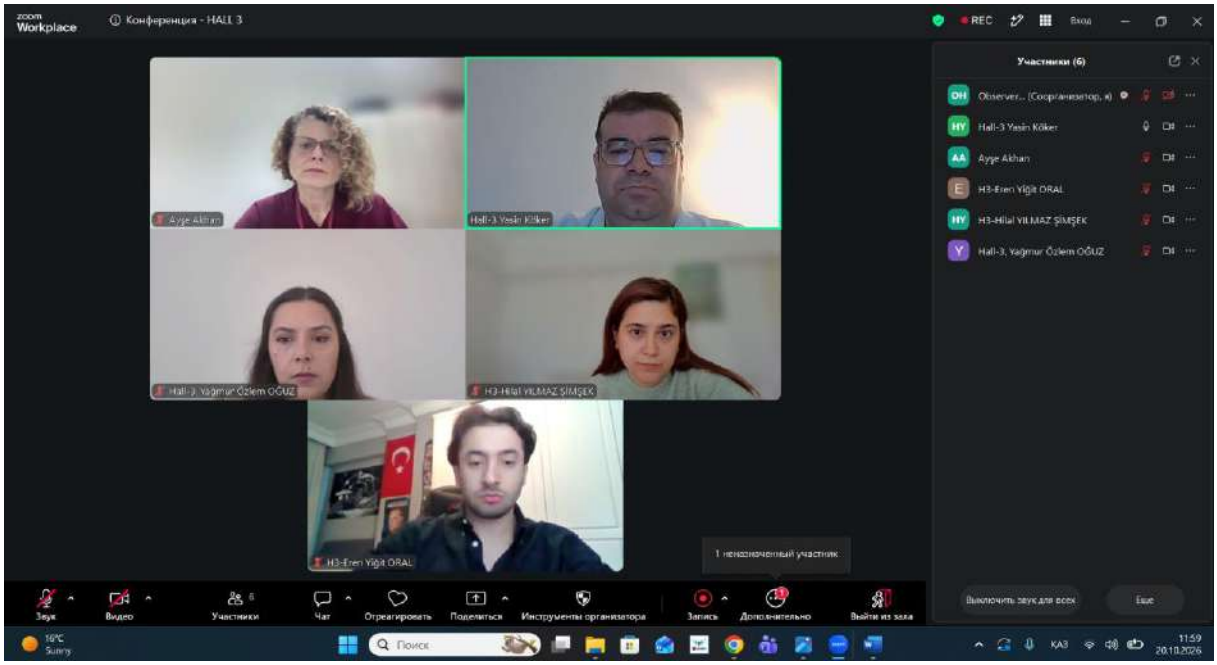
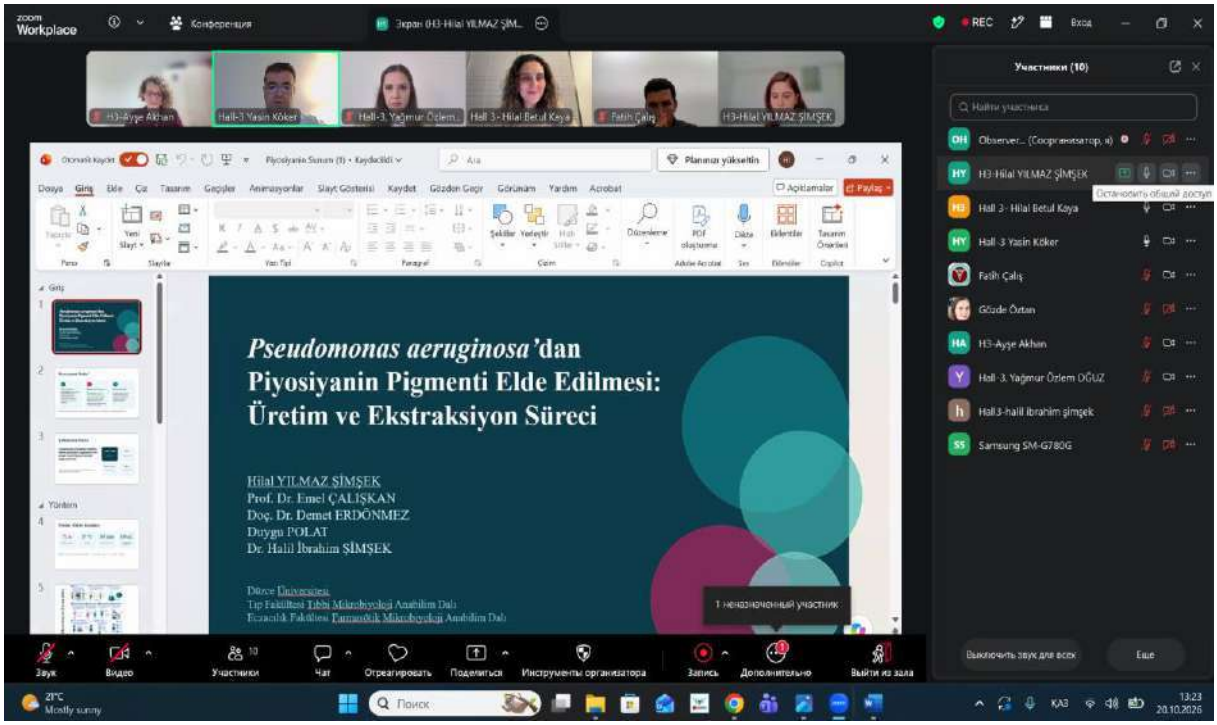




PHOTO GALLERY



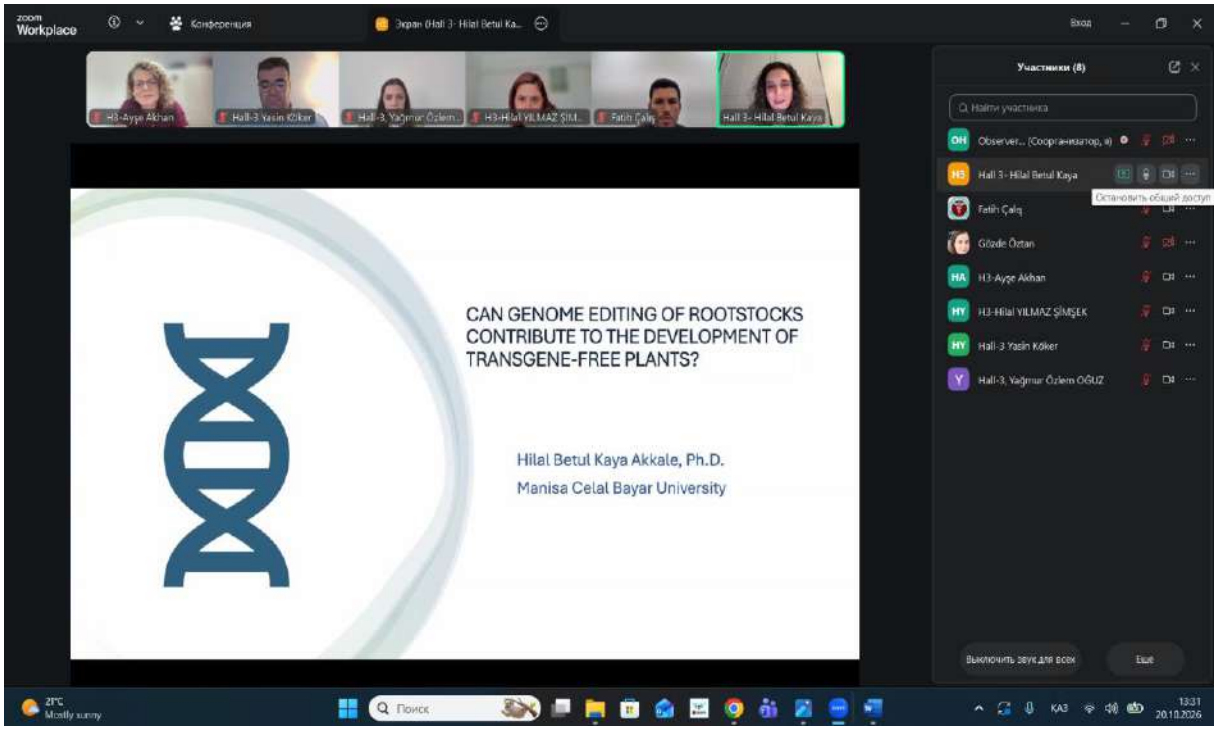
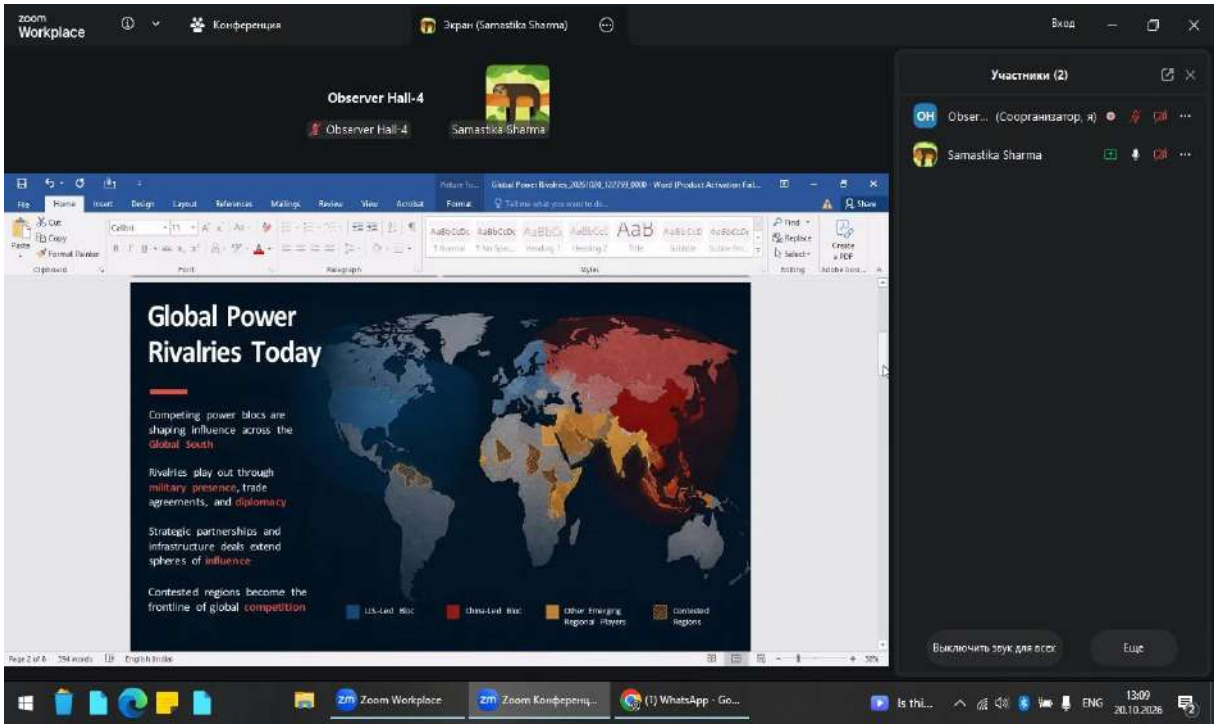


PHOTO GALLERY



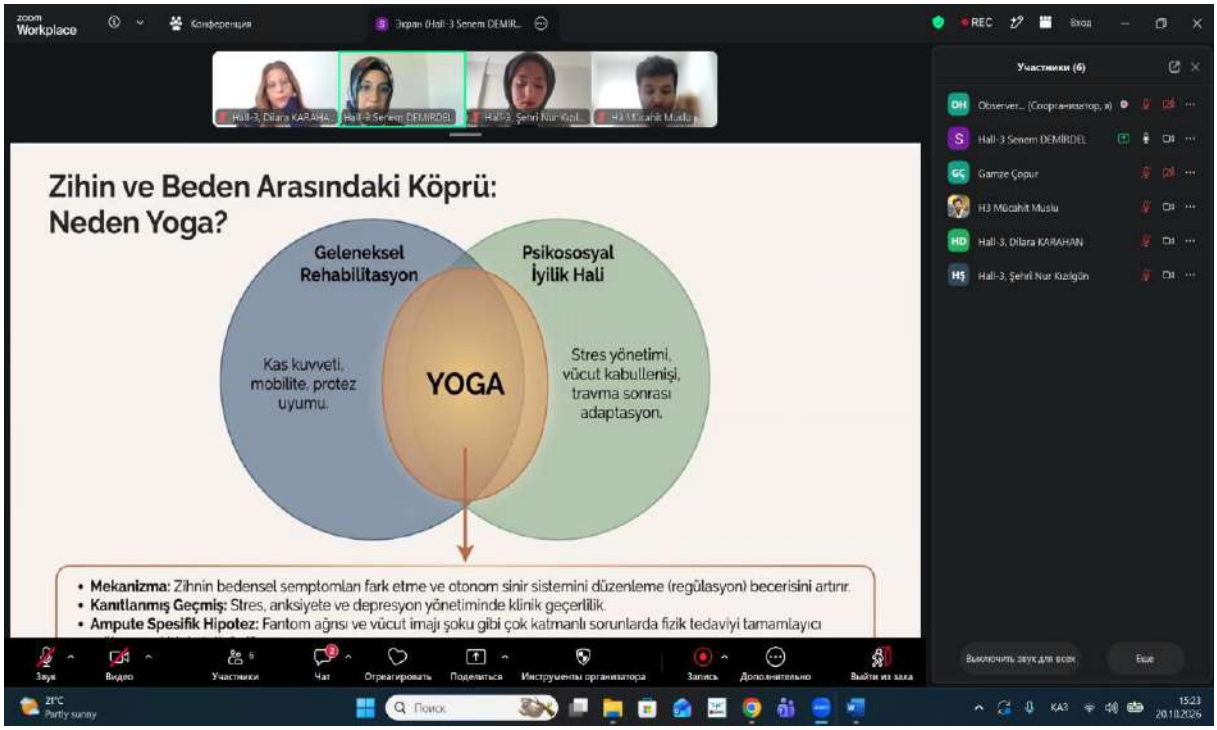
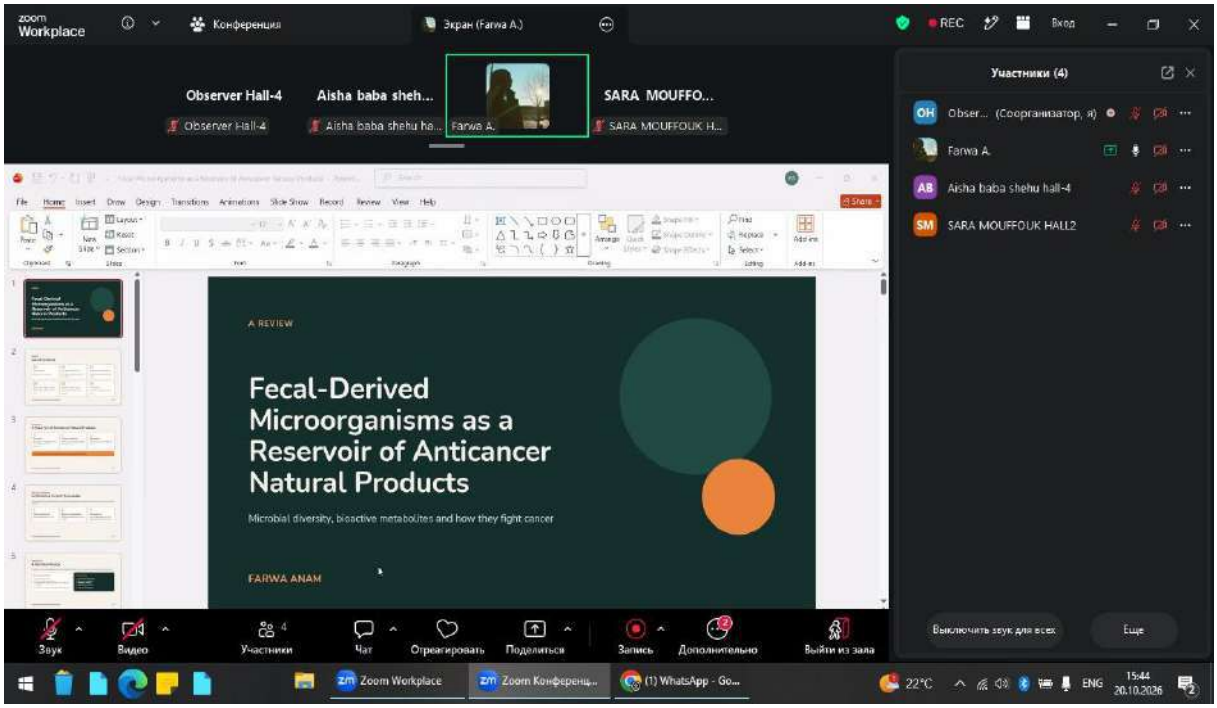


PHOTO GALLERY



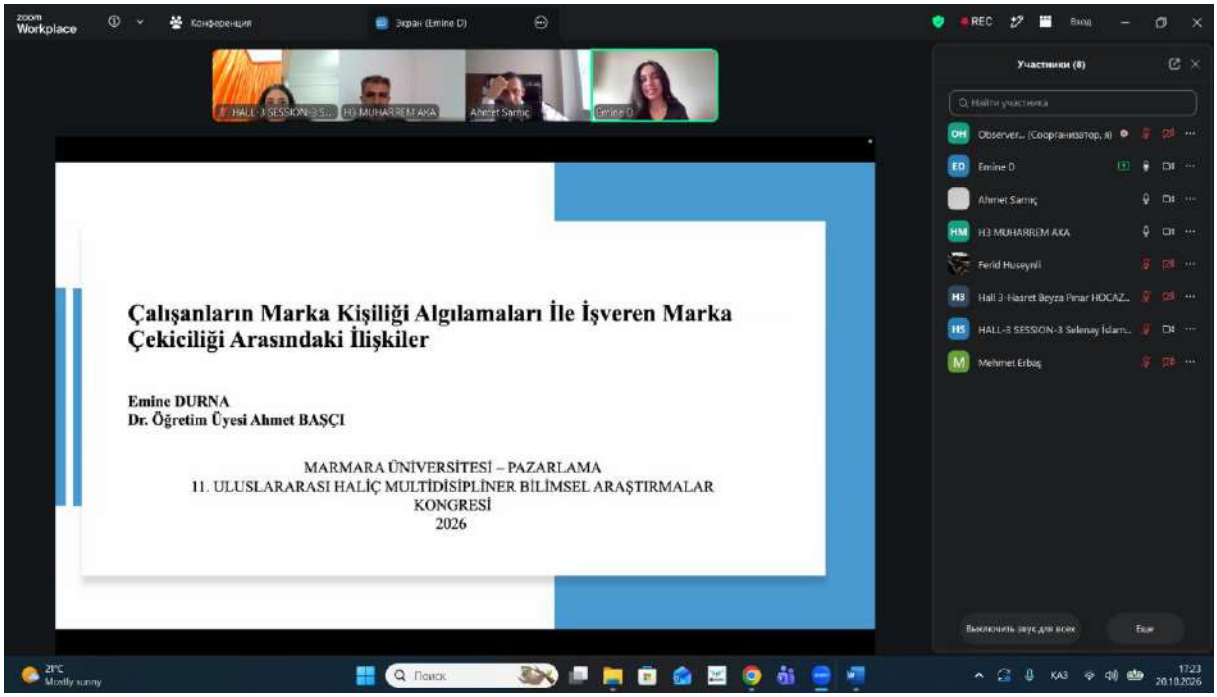
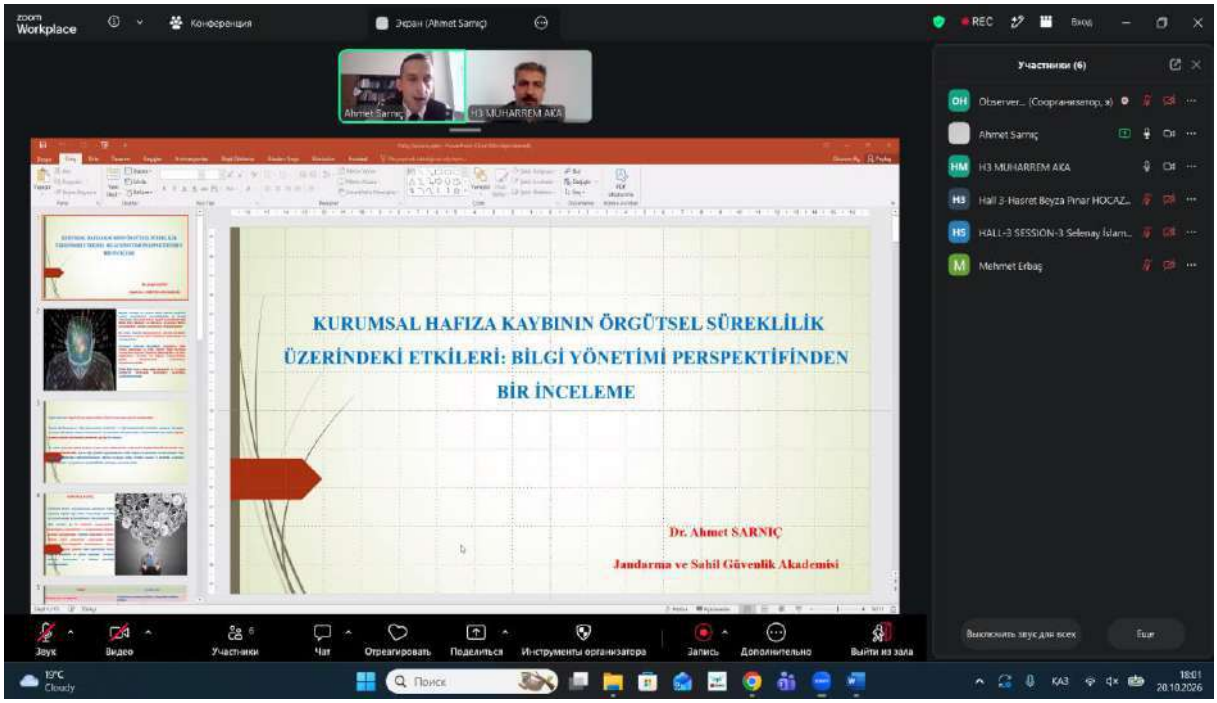


PHOTO GALLERY



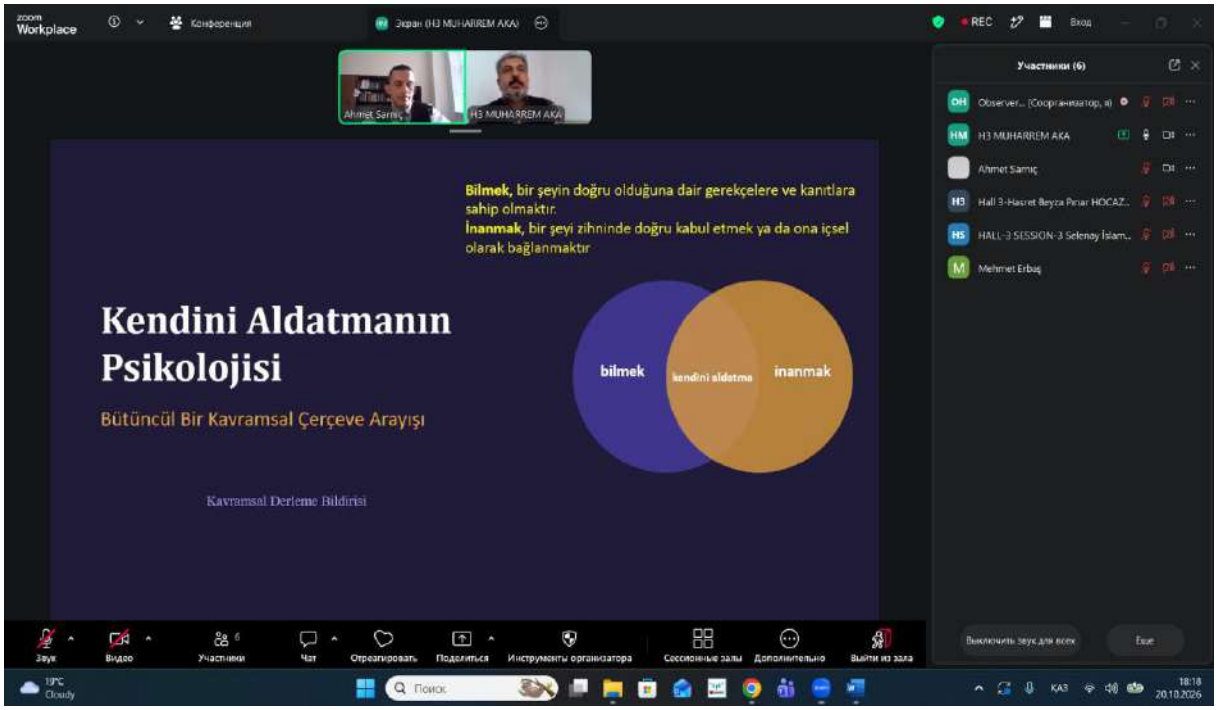
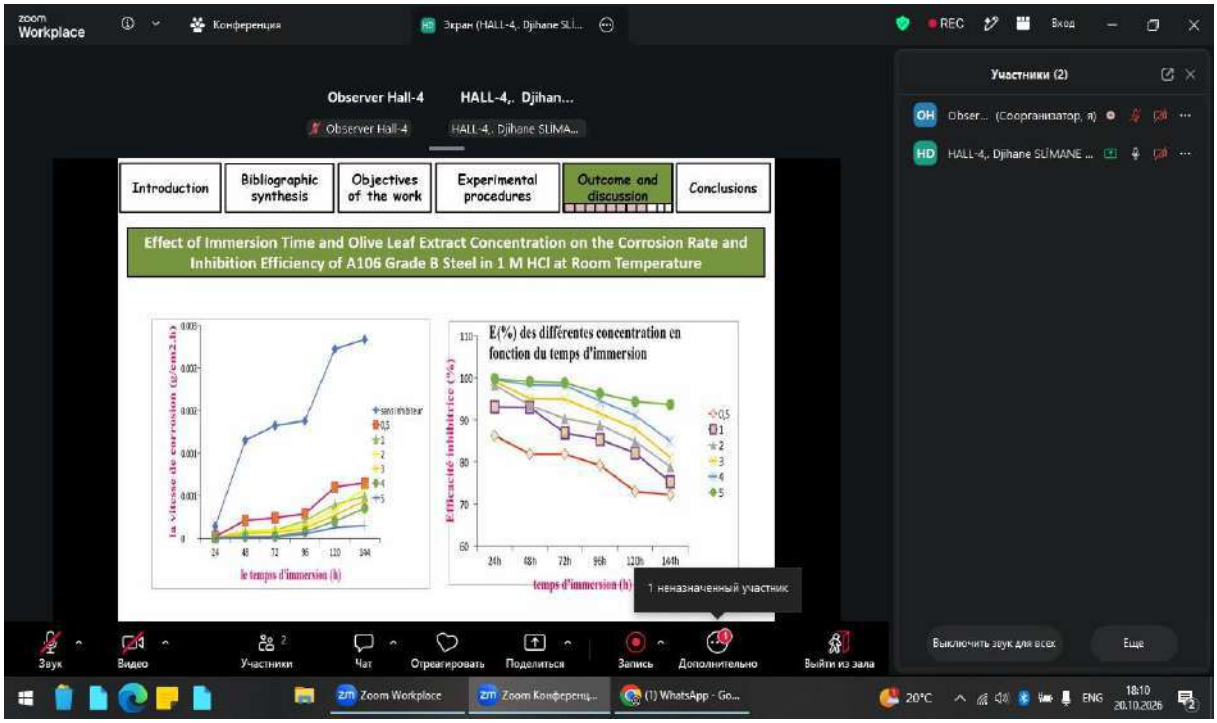


PHOTO GALLERY



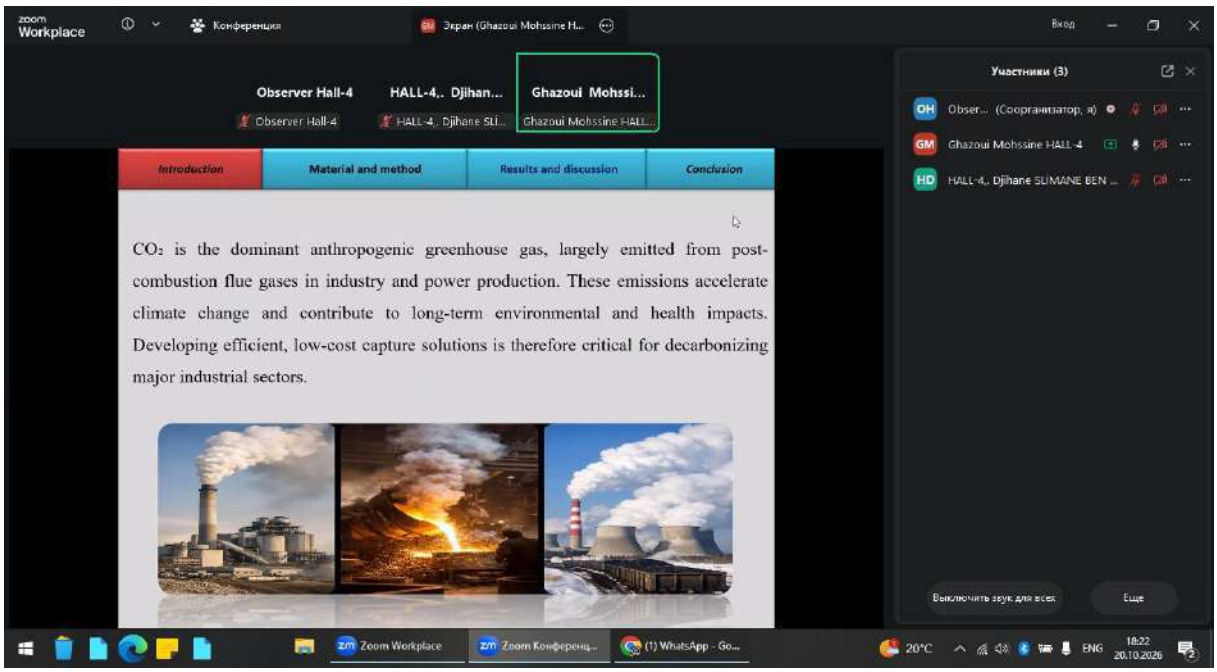


PHOTO GALLERY



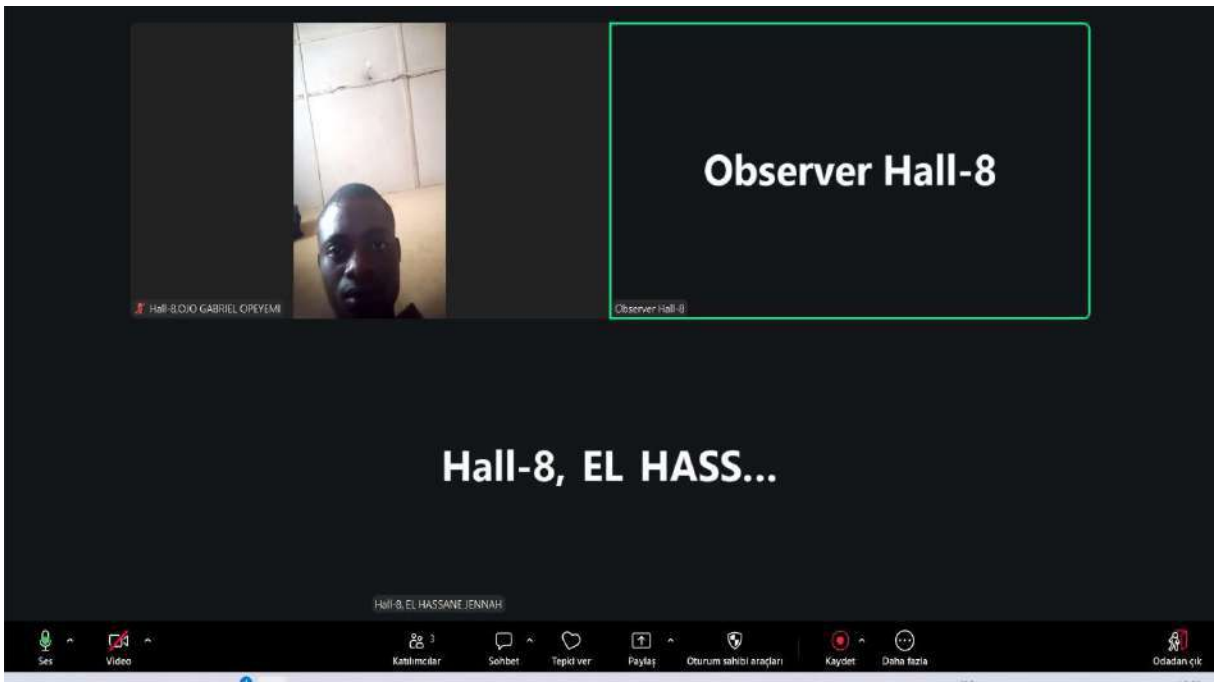


PHOTO GALLERY



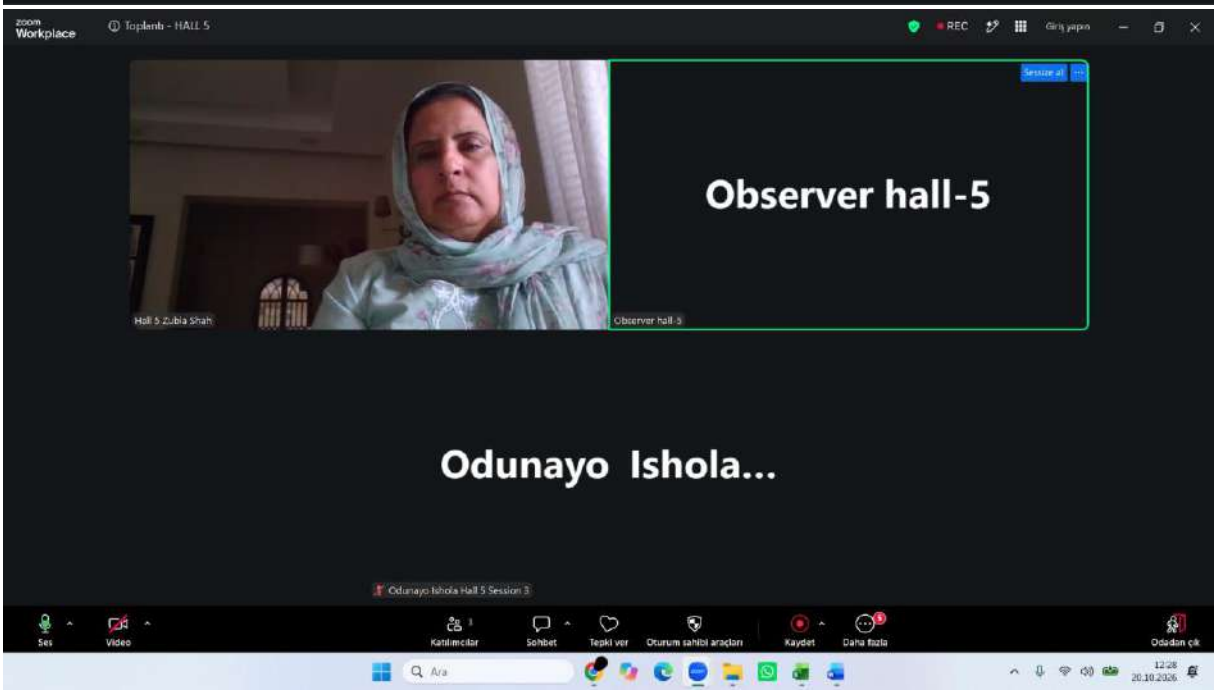
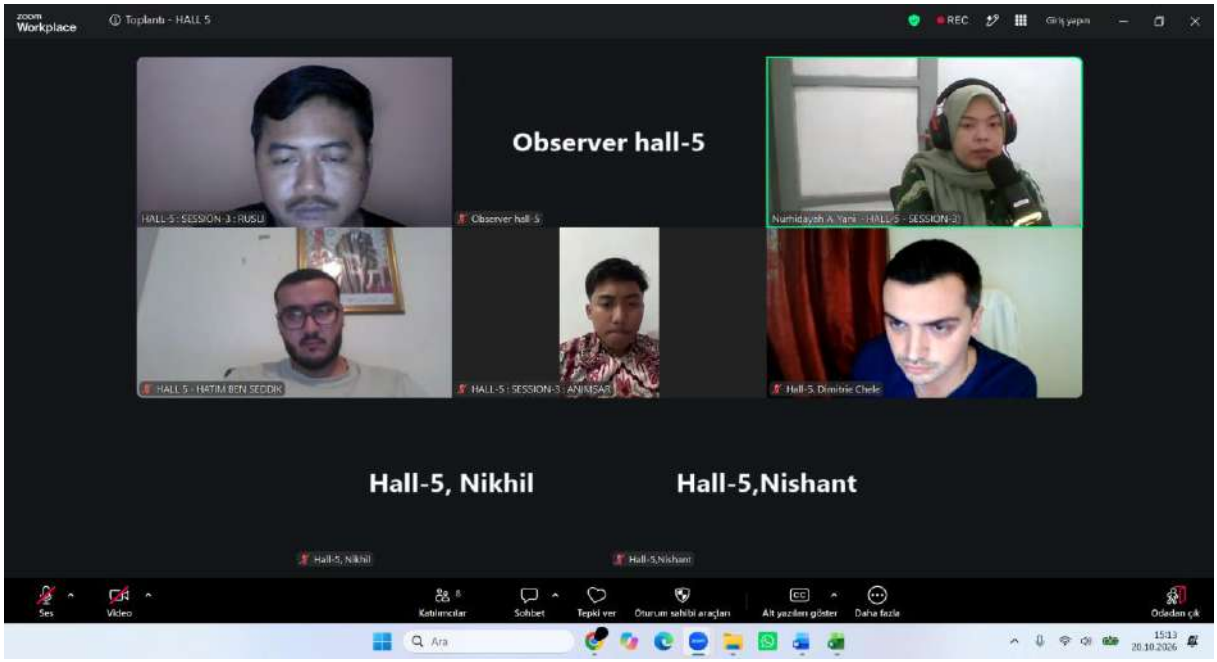


PHOTO GALLERY



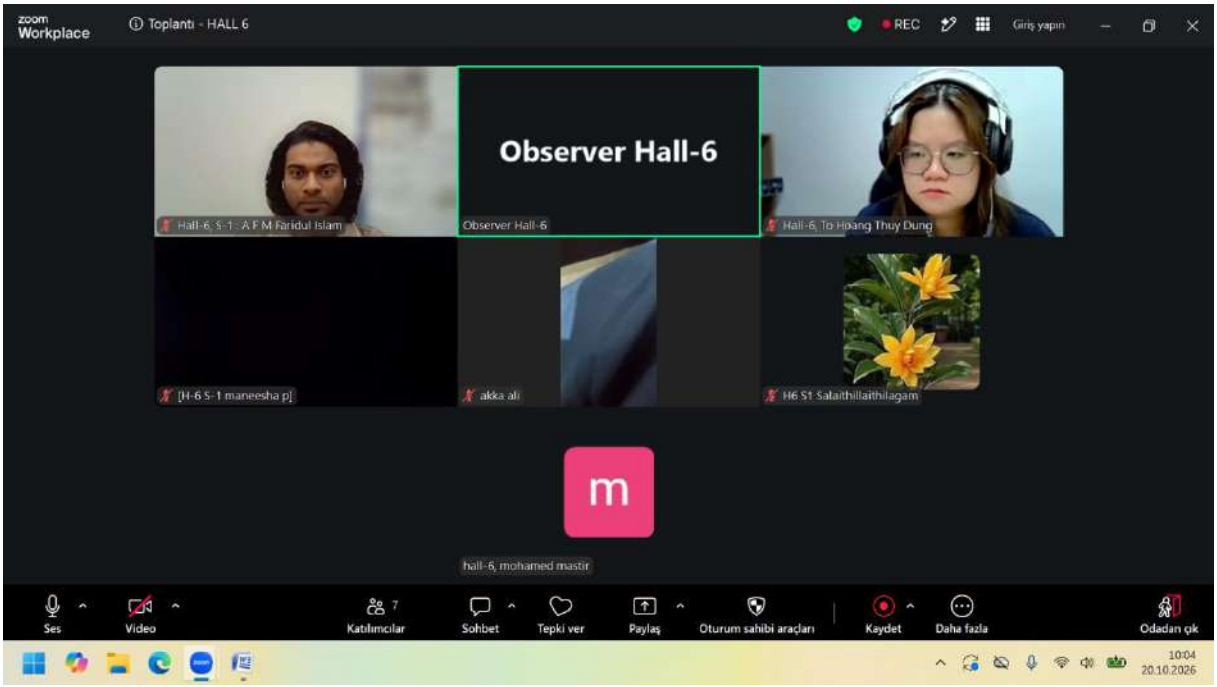
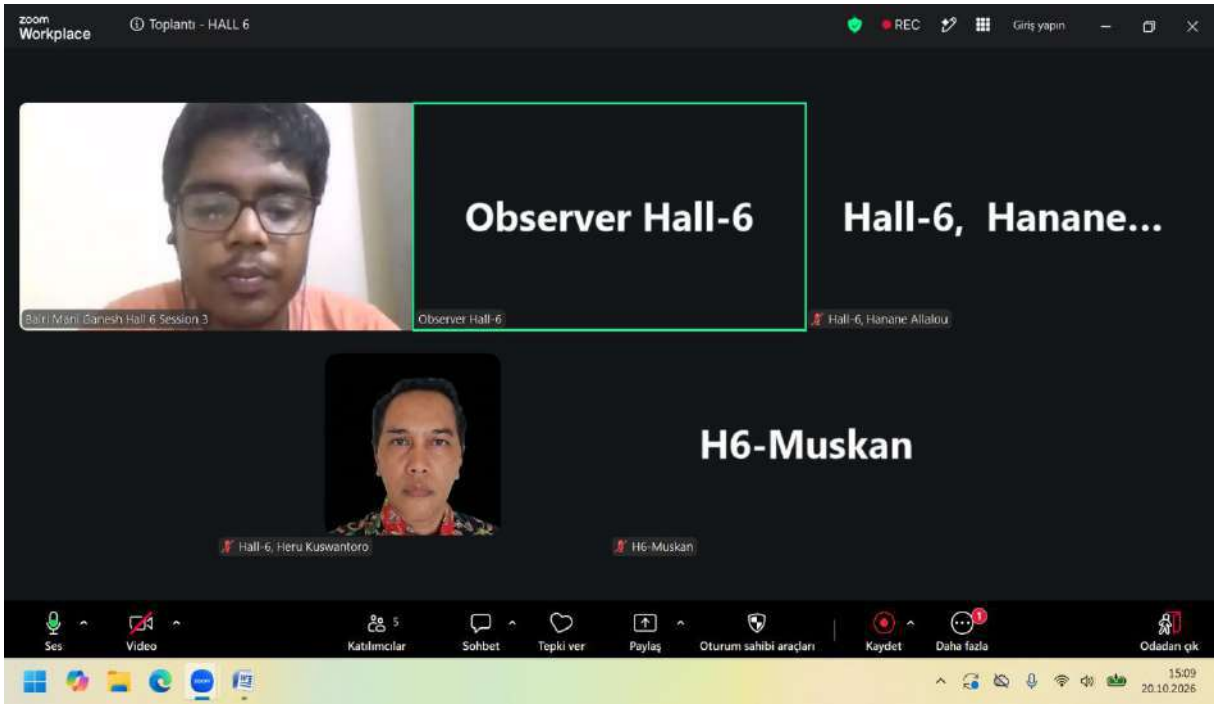


PHOTO GALLERY



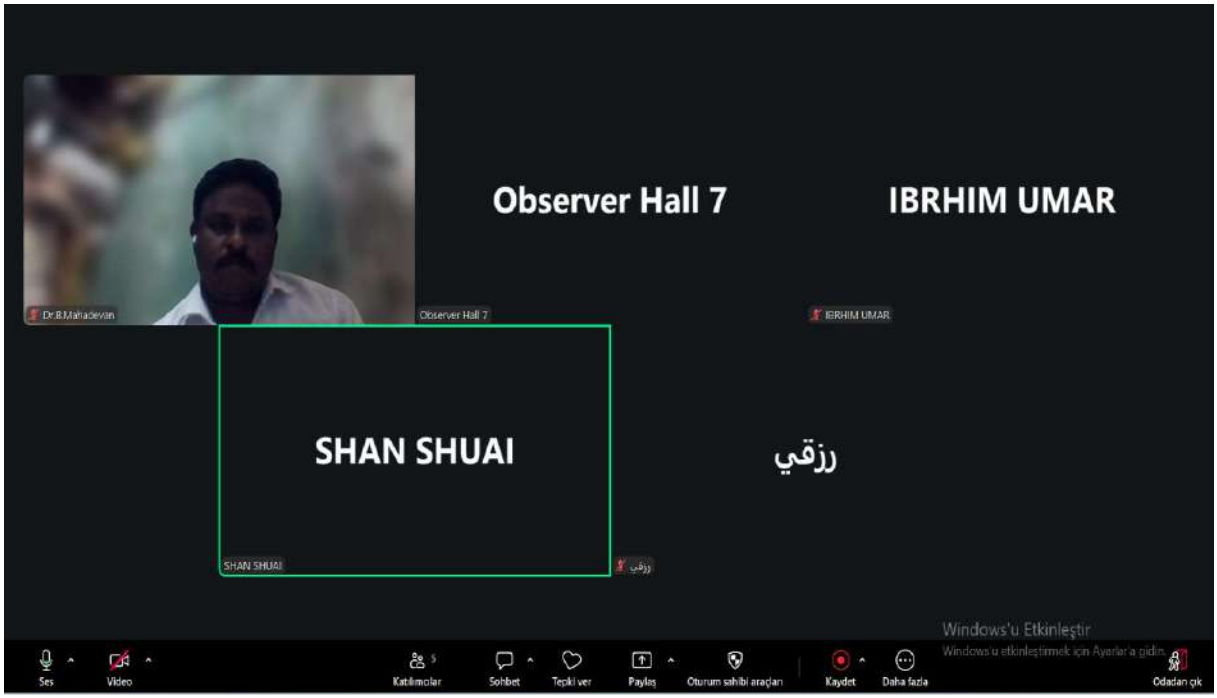
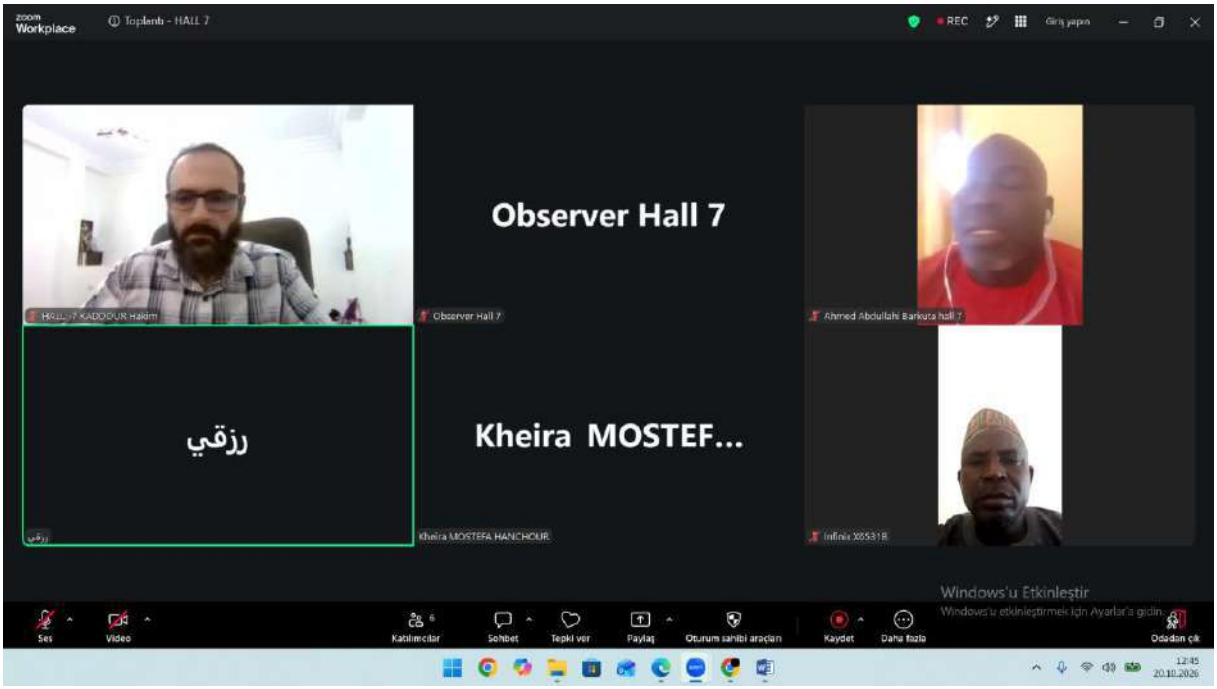


PHOTO GALLERY



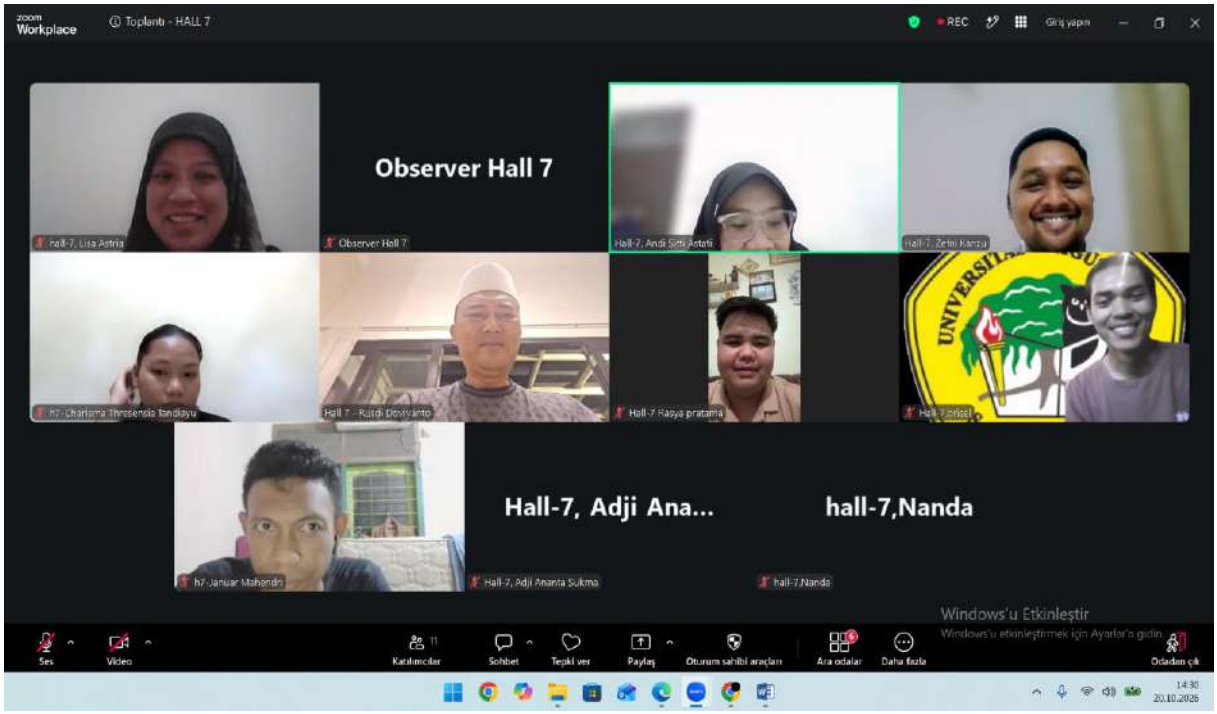


PHOTO GALLERY





11th INTERNATIONAL HALICH CONGRESS ON MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC RESEARCH

October 19-20, 2026 – Istanbul, Türkiye

CONGRESS PROGRAM

Online (with ZOOM Conference)

Meeting ID: 844 6001 0824

Passcode: 112233

https://us02web.zoom.us/j/84460010824?pwd=E5SNrfmbeHNWjfBdoNzEJxDIzBxGiI.1

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

- To be able to attend a meeting online, login via **https://zoom.us/join** site, enter ID "Meeting ID or Personal Link Name" and solidify the session.
- The Zoom application is free and no need to create an account.
- The Zoom application can be used without registration.
- The application works on tablets, phones and PCs.
- The participant must be connected to the session 5 minutes before the presentation time.
- All congress participants can connect live and listen to all sessions.
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

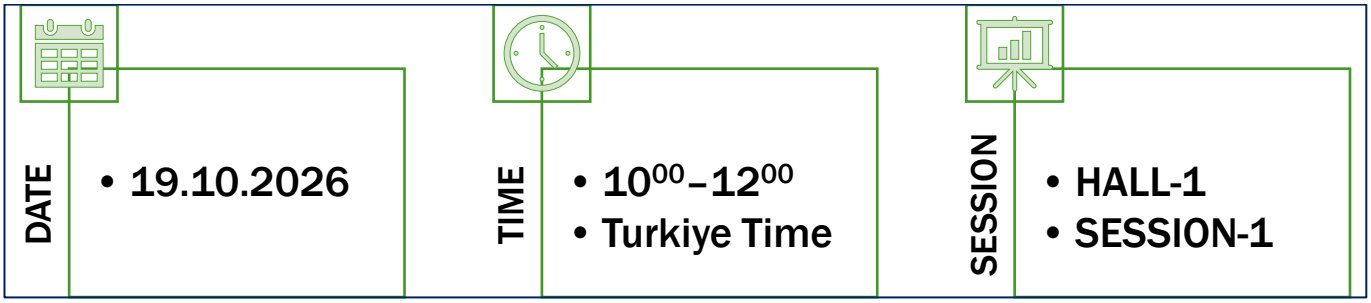
Points to Take into Consideration - TECHNICAL INFORMATION

- Make sure your computer has a microphone and is working.
- You should be able to use screen sharing feature in Zoom.
- Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress.
- Requests such as change of place and time will not be taken into consideration in the congress program.

Before you login to Zoom please indicate your name_surname and HALL number:

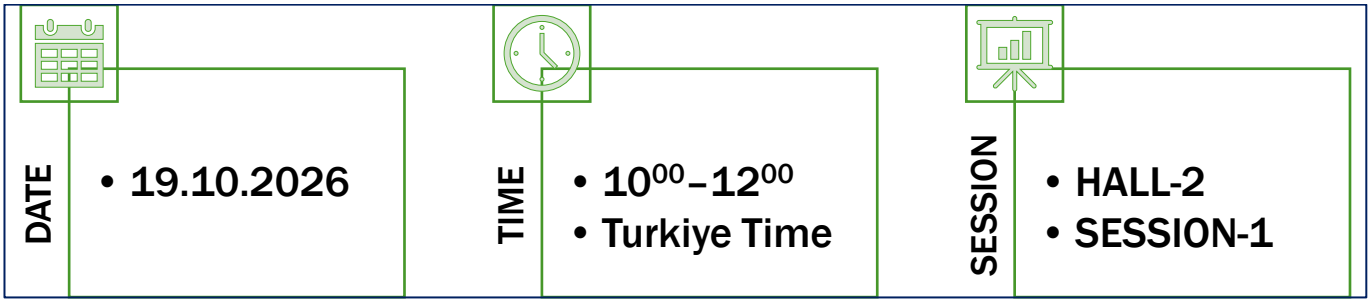
exp. Hall-1, Ayesha Riaz

Participant Countries: Türkiye, Kazakhstan, Azerbaijan, USA, Morocco, Nigeria, India, Iran, Albania, Republic of Belarus, Romania, Algeria, Lebanon, Georgia, Ukraine, Moldova, Bangladesh, Pakistan, Philippines, Serbia, Republic of Korea, Indonesia, Malaysia, Israel, Kosovo, TRNC



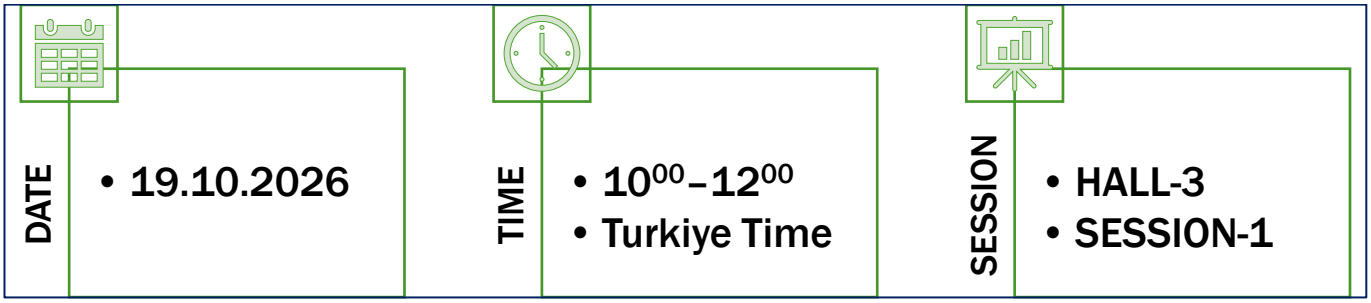
HEAD OF SESSION:

Research Assistant Beyza ÇİLLİ	Bülent Ecevit University	RETHINKING USER EXPERIENCE IN INDOOR–OUTDOOR TRANSITIONAL SPACES ON UNIVERSITY CAMPUSES
Asst. Prof. Dr. Manolya ÖZDEMİR DURAK Turan BİLGİN	Artvin Çoruh University	A NATURE-BASED MULTI-STAGE FLOOD BUFFER ZONE MODEL: A CONCEPTUAL PLANNING APPROACH IN THE CASE OF SUNDURA STREAM, HOPA
Assoc. Prof. Dr. Osman Salih YILMAZ Lec. Dr. Mehmet Serdar ORUÇ	Manisa Celal Bayar University	MULTI-YEAR INVENTORY OF FOREST AND MAQUIS FIRES IN MANISA USING SENTINEL-2 (2017–2024): BURN SEVERITY AND dNBR THRESHOLD SENSITIVITY
Prof. Dr. Derya ELMALI ŞEN Ayşe KELEŞ	Karadeniz Technical University	EXHIBITION ACTIVITIES AS A LEARNING ENVIRONMENT IN DESIGN
PhD İlker ERDÖNMEZ	Karabük University	AN OVERVIEW OF THE URBAN CLIMATE OF SAMSUN IN TERMS OF TEMPERATURE AND PRECIPITATION PARAMETERS
Dr. Neslihan ERDÖNMEZ PhD İlker ERDÖNMEZ	Ministry of National Education, Safranbolu 15 Temmuz Martyrs Anatolian High School Karabük University	THE RELATIONSHIP BETWEEN FROST EVENTS AND THE LENGTHS OF REAL AND ASTRONOMICAL SEASONS IN AMASYA CITY
Asst. Prof. Dr. Mustafa Haydar TERZİ Assoc. Prof. Dr. Erkan YILMAZER Asst. Prof. Dr. Özlem GÜLLÜ	Aksaray University	ROADSIDE SOIL CONTAMINATION BY POTENTIALLY TOXIC ELEMENTS AROUND AKSARAY, CENTRAL ANATOLIA, TÜRKİYE: SPATIAL PATTERNS AND RELATIONSHIPS WITH TRAFFIC, LAND USE, AND GEOLOGY
Res. Asst. Burcu Buram ÇOLAK	Zonguldak Bülent Ecevit University	THE EFFECT OF ADAPTIVE USER BEHAVIOUR AND PASSIVE CLIMATE CONTROL STRATEGIES ON THERMAL COMFORT IN ENCLOSED OFFICE SPACES

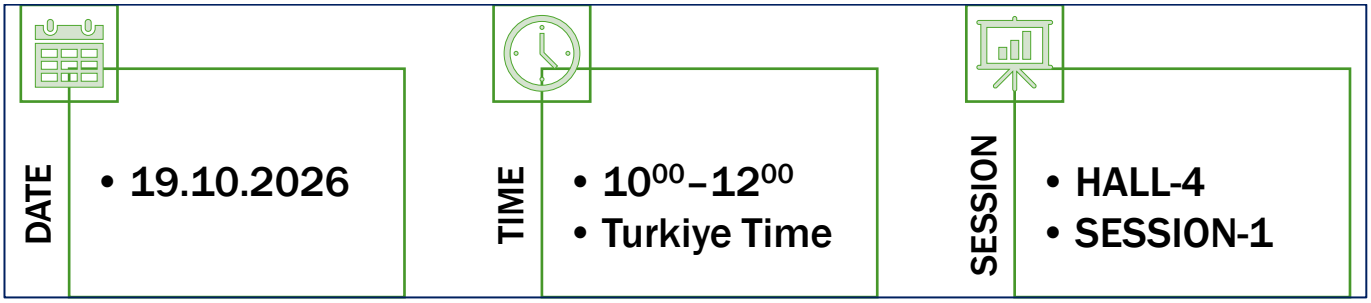


HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Saadet GÜLER

Dr. Seyfaddin JAFAROV	Nakhchivan State University	ANALYTICAL STUDIES OF CdSe;0.5%Ho NANOSTRUCTURES DOPED WITH RARE EARTH ELEMENT HOLMIUM (Ho) FOR OPTOELECTRONIC APPLICATIONS
Assoc. Prof. Dr. Saadet GÜLER Dr. Irmak DOĞAN	İzmir Kâtip Çelebi University	SYNTHESIS AND STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF NiO NANOPARTICLES ON STEELMAKING FLUE DUST VIA COPRECIPITATION
Dr. Irmak DOĞAN Assoc. Prof. Dr. Saadet GÜLER	İzmir Kâtip Çelebi University	SYNTHESIS AND STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF A HEMATITE/CORUNDUM COMPOSITE VIA IN SITU CO-PRECIPITATION
Cenk Cihan YERİŞKİN Prof. Dr. Hayriye Gökçen ELBİR Prof. Dr. Seçkin ALTINDAL YERİŞKİN	Gazi University	EFFECT OF MAGNETITE ADDITION ON THE ELECTRICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF GRAPHITE-FILLED NBR COMPOSITES
Doğukan BARLAS Assoc. Prof. Dr. Ali İhsan KILIÇ	Eskişehir Osmangazi University	PYCNONUCLEAR REACTİON OF 40Mg + 40Mg IN THE NEUTRON STAR CRUST
Zeynep Güneyin Yalçın	Eroğlu Clothing Design Center	DESIGN OF PLUS-SIZE DENIM TROUSERS TO DELAY CROTCH ABRASION
Dr. Razil Tofiq Mirzəyev	Azerbaijan University of Technology	METHOD FOR DETERMINING THE ELECTRICAL PROPERTIES OF FIBROUS MATERIALS
Asst. Prof. Dr. Fatma Zehra Engin Sağırlı Asst. Prof. Dr. Ali Beyit	Marmara University	PRODUCTION OF BIO-BASED LEATHER-LIKE MATERIALS FROM WASTE COFFEE GROUND



HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Mehmet ŞAHİN		
Jale Mammadova	Azerbaijan State Pedagogical University	PSYCHOLOGIAL CHARACTERISTICS OF TECHNOLOGY SUPPORTED LEARNING IN PRIMARY SCHOOL AGED CHILDREN
Feride SANÇMIŞ Prof. Dr. Mehmet ŞAHİN	İstanbul Aydın University Hakkari University	METAPHORICAL PERCEPTIONS OF THE CONCEPT OF 'FRIEND' AMONG PRESCHOOL CHILDREN AGED 4–6
Edanur KARA Assoc. Prof. Dr. Hasan KÜTÜK	Yildiz Technical University	THE EFFECT OF BIRTH ORDER AND EMOTION REGULATION SKILLS ON EMPATHY LEVELS OF PRIMARY SCHOOL STUDENTS
Lec. Zeynep TÜRKYILMAZ	İstanbul Medipol University	SOCIAL CAPITAL IN THE CONTEXT OF THE MODERN FAMILY
Asst. Prof. Dr. Melike PAK	Atatürk University	SECURE ATTACHMENT SUPPORTING APPROACHES AND SECURE-BASED PARENT-CHILD RELATIONSHIPS IN THE FOSTER CARE MODEL
Şule TEZCAN Res. Asst. Dr. Baran YAŞAR	Trakya University Sakarya University	EXPERIENCES OF TEACHERS OF STUDENTS WITH PHYSICAL DISABILITIES REGARDING ADAPTATIONS FOR PHYSICAL ACTIVITIES
Derya ERYILMAZ Asst. Prof. Dr. Derya BAYRI MENGİLLİ	Istanbul Provincial Directorate of Family and Social Services İstanbul Medipol University	BIOPSYCHOSOCIAL ASSESSMENT AND HARM PROFILING IN CHILD PROTECTION PRACTICE: A CASE-BASED REVIEW
Res. Asst. Gizem GEDİK	Adıyaman University	DISTINGUISHING AUTHENTIC FROM PSEUDO-FORGIVENESS: AN INTEGRATION OF PSYCHODYNAMIC AND SOCIAL-COGNITIVE APPROACHES

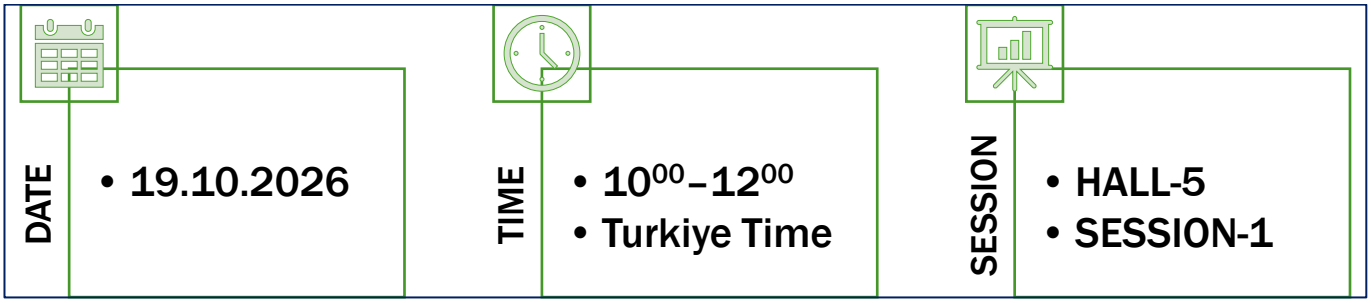


HEAD OF SESSION: Asst. Prof. Dr. Ümit Ferit ALDIM		
Olga SOKOLOVA	Ozyegin University	TERMS IN MOTION: BORROWING, SEMANTIC ADAPTATION, AND TRANSLATION IN PSYCHOLOGY AND PSYCHOANALYSIS
Asst. Prof. Dr. Ümit Ferit ALDIM	Fırat University	THE PLACE OF THE HOME LANGUAGE IN THE MULTILINGUAL PRIMARY CLASSROOM: THE INTERSECTION OF PEDAGOGICAL TRANSLANGUAGING AND CONTENT AND LANGUAGE INTEGRATED LEARNING
Asst. Prof. Dr. Ümit Ferit ALDIM	Fırat University	CONTENT OR LANGUAGE? VALIDITY AND FAIRNESS ISSUES IN DUAL-FOCUS ASSESSMENT IN PRIMARY EDUCATION
Asst. Prof. Dr. Hülya KÜÇÜKOĞLU	Yozgat Bozok University	WAITING AND FAILED COMMUNICATION IN SAMUEL BECKETT'S WAITING FOR GODOT
Asst. Prof. Dr. Nural SAVCI SÜRMELİ	Kars Kafkas University	THE 1934 ORHANGAZİ EAGLE-STORK INCIDENT: AN ANALYSIS OF THE SOCIAL CIRCULATION OF A COLLECTIVE NARRATIVE AND THE DISCOURSE OF SOLIDARITY
Asst. Prof. Dr. Mine DİLEK Res. Asst. Dr. Arif DEMİRER	Bartın University	THE SOCIÉTÉ DE GÉOGRAPHIE (FRENCH GEOGRAPHICAL SOCIETY) AND ITS ACTIVITIES IN AFRICA (1821–1900)
Beytunur TECİMER	Gazi University	TRENDS IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND EDUCATION RESEARCH IN TÜRKİYE: A CONTENT ANALYSIS OF STUDIES RETRIEVED FROM TR DİZİN AND YÖKTEZ, 2021–2026

Online (with ZOOM Conference)

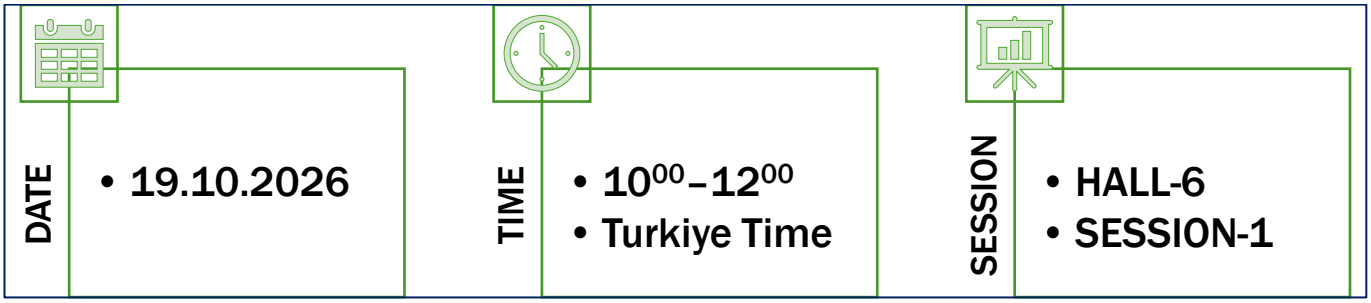
Meeting ID: 844 6001 0824 / Passcode: 112233

https://us02web.zoom.us/j/84460010824?pwd=E5SNrfmbeHNWjfBdoNzEJxDIzBxGil.1

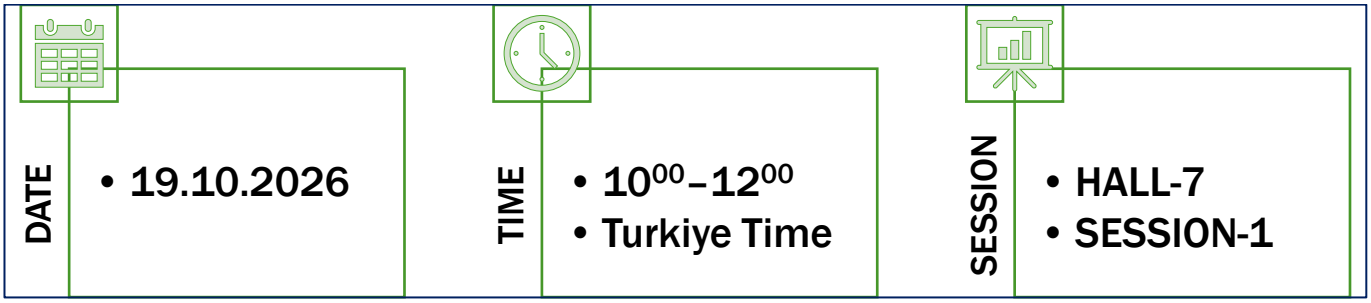


HEAD OF SESSION: Moses Adeolu AGOI

Asst. Prof. A.MAHESWARI Assoc. Prof. V.ANANTHASWAMY Res. Scholar J.ANANTHA JOTHI	Velammal College of Engineering and Technology The Madura College	A SEMI-ANALYTICAL STUDY ON HEPATITIS A VIRUS TRANSMISSION IN INDONESIA
Moses Adeolu AGOI Olayemi Grace ABIMBOLA Benjamin Oghomena OMOROJOR Ayodele Elizabeth AGOI Hendri Hermawan ADINUGRAHA	Lagos State University of Education Osun State College of Technology, Nigeria. Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan	CENTRAL BANK DIGITAL CURRENCIES: ECONOMIC IMPLICATIONS, COMPUTER ENGINEERING CHALLENGES, MONETARY POLICY TRANSMISSION, FINANCIAL STABILITY, AND DIGITAL FINANCIAL TRANSFORMATION
Moses Adeolu AGOI Olayemi Grace ABIMBOLA Olawale Adejumo OSUNLOYE Faith Oghenewveta ALUKO	Lagos State University of Education, Nigeria	HARNESSING ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND COMPUTING TECHNOLOGIES TO ADVANCE COMPUTER SCIENCE, INTEGRATED SCIENCE AND OTHER SCIENCE PEDAGOGY
PhD Student Ali BELGACEM Dr. Yahia ATIG Dr. Ahmed ZAHAF Prof. Dr. Djelloul BOUCHIHA	University of Naama University of Saida, Algeria	TEMPORAL KNOWLEDGE GRAPH COMPLETION AND REPAIR: METHODS, TRENDS, AND THE RESEARCH GAP
DR. MUHAMMAD FAISAL	Allama Iqbal Open University	ESTABLISHING A NATIONAL MULTI-AGENT AI ARCHITECTURE FOR PAKISTAN
DR. MUHAMMAD FAISAL	Allama Iqbal Open University	NATIONAL AI SAFETY, VERIFICATION AND MULTI-AGENT ASSURANCE FRAMEWORK
Dr. Taimoor Salahuddin Dr. Muhammad Awais	Mirpur University of Science and Technology, Pakistan	NUMERICAL ANALYSIS OF MAGNETOHYDRODYNAMIC COUPLE-STRESS NON-NEWTONIAN FLUID FLOW OVER A PARABOLOID SURFACE WITH CHEMICAL REACTION
Sahal Sathar	Marian Engineering College, India	STATISTICALLY RIGOROUS COMPARISON OF MACHINE LEARNING CLASSIFIERS ON SMALL TABULAR BENCHMARKS: REPEATED CROSS-VALIDATION, CORRECTED RESAMPLED TESTS AND RANK-BASED INFERENCE



HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Ananda Majumdar		
Prof. Dr. Ananda Majumdar	Harvard University	INTERSECTIONS OF RELIGION AND CULTURE IN CONTEMPORARY SOCIAL LIFE
OLONIYO ADESUNLOYE RICHARD PONZING FREEMAN	FEDERAL UNIVERSITY OF EDUCATION PANKSHIN, NIGERIA	HOW HAS NIGERIAN ECONOMY GONE THROUGH DYNAMICS SINCE INDEPENDENCE IN 1960
Kripa Varughese Wangkheirakpam Dr. Raf Raf Shakil Ansari	Sharda University	A POSTHUMAN READING OF TAYLOR SWIFT'S FOLKLORE
Oyebiyi Bukola Modupe Isiaka, Najeem Ayodeji(ACIB)	Federal University of Technology, Nigeria	IMPACT OF INSTITUTIONAL QUALITY ON FINANCIAL INCLUSION IN NIGERIA
Oke, Faith Victoria Isiaka, Najeem Ayodeji(ACIB)	Federal University of Technology, Nigeria	IMPACT OF CAPITAL STRUCTURE ON THE PERFORMANCE OF FIRMS IN THE NIGERIA BANKING SYSTEM
MANAR SOUHAIR	Mohammed V University, Morocco	QUANTITATIVE RESEARCH IN LINGUISTICS: METHODS, CHALLENGES, AND FUTURE DIRECTIONS
Ephraim M. O. ALAKPA Victory TUDEME	Ahmadu Bello University University of Benin, Nigeria	TAXIS AND CLAUSE COMPLEXING IN UNDERGRADUATE PROJECT ABSTRACTS: A SYSTEMIC FUNCTIONAL GRAMMATICAL ANALYSIS
Assoc. Prof. Klymenko Tetiana	Oles Honchar Dnipro National University	THE PROBLEM OF TRANSLATING TERMS DENOTING PERFUME COMPOSITION FROM ENGLISH INTO UKRAINIAN

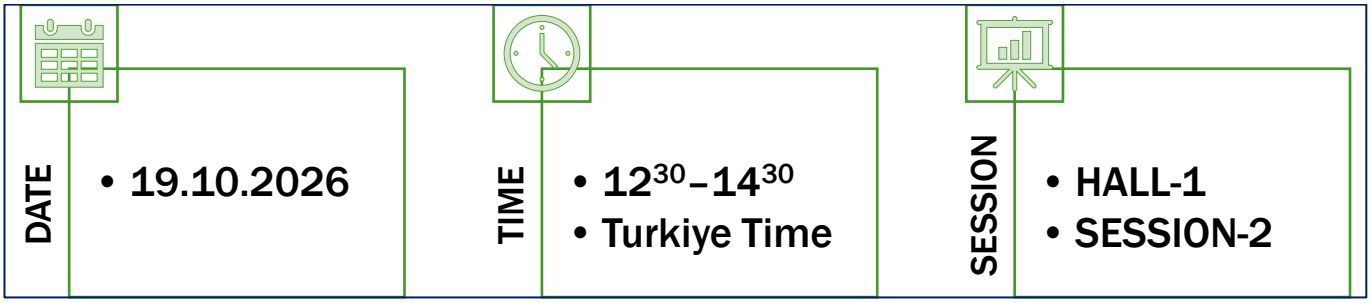


HEAD OF SESSION:		
Ahmed Osmane Khadija Zidan Hasnae Sabri Moustapha Belmouden	Agadir University Ibn Zohr University Cadi Ayyad, Morocco	TRICKLING FILTER EFFLUENT FOR MILLET IRRIGATION IN ARID NORTH AFRICA: HEALTH AND NUTRITIONAL IMPLICATIONS
Ahmed Osmane Khadija Zidan Hasnae Sabri Moustapha Belmouden	Agadir University Ibn Zohr University Cadi Ayyad, Morocco	PERFORMANCE OF NATURAL LAGOONS IN REMOVING ORGANIC LOAD, NUTRIENTS, AND PATHOGENIC INDICATORS FROM DOMESTIC WASTEWATER UNDER ARID MOROCCAN CLIMATE CONDITIONS
Associate Professor Rajeev Kumar	Manav Rachna International Institute of Research and Studies, India	MITIGATION OF WATER CONTAMINANTS FROM WASTEWATER BY NOVEL ADSORBENTS
Dr. Philip John AMEJI Dr Clifford Baba OKPANACHI Dr Ejike Onwudiegwu OKPALA	Federal University Lokoja Federal University of Applied Sciences, Nigeria	VIRTUAL SCREENING AND ADMET PROFILING OF 4-AMINO BENZOIC ACID DERIVATIVES AS POTENTIAL CANDIDATES AGAINST HEPATOCELLULAR CARCINOMA
Ahmed Osmane Khadija Zidan Hasnae Sabri Moustapha Belmouden	Agadir University Ibn Zohr University Cadi Ayyad, Morocco	TREATMENT EFFICACY OF NATURAL LAGOONS IN REDUCING ORGANIC LOAD, NUTRIENTS, AND PATHOGENIC INDICATORS IN DOMESTIC WASTEWATER UNDER ARID CONDITIONS IN MOROCCO
EL ISMAILI IFAKKOU Zaghloul Ahmed Bougharouine Ismail Chiban Mohamed Belghyti Driss	Ibn Tofail University Ibn Zohr University, Morocco	DESALINATED WATER AS A STRATEGIC RESOURCE FOR SUSTAINABLE REGIONAL DEVELOPMENT
Jyoti Bhattacharjee Subhasis Roy	University of Calcutta, India	BENZIMIDATE: A UNIQUE BUILDING BLOCK TOWARDS Ni(II)-CATALYZED ROUTE TO MONO- AND BIS-BENZAMIDES
Pr. Ahmed Boucherdoud Pr. Abdelkarim Seghier Dr. Meriem Bendjelloul Dr. Sarah Aichouni	University of Relizane	DESİGN AND CATALYTİC PERFORMANCE OF CuO@PANI NANOCOMPOSİTE FOR THE DEGRADATİON OF METHYLENE BLUE AND CONGO RED

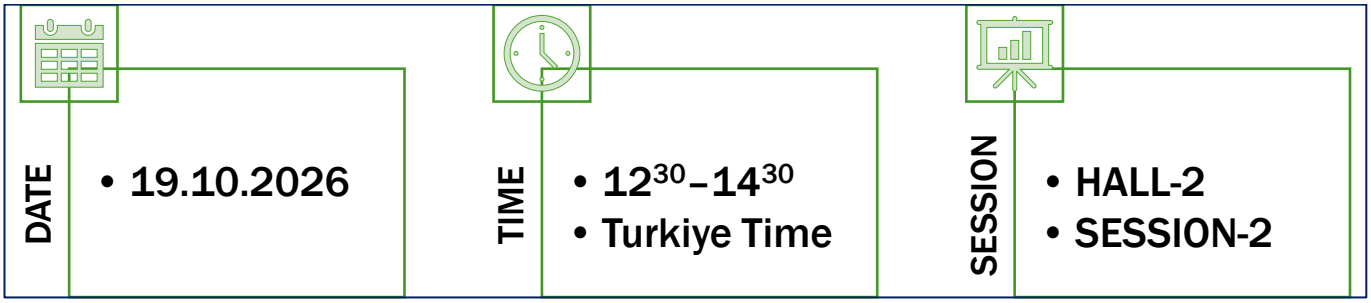
Online (with ZOOM Conference)

Meeting ID: 844 6001 0824 / Passcode: 112233

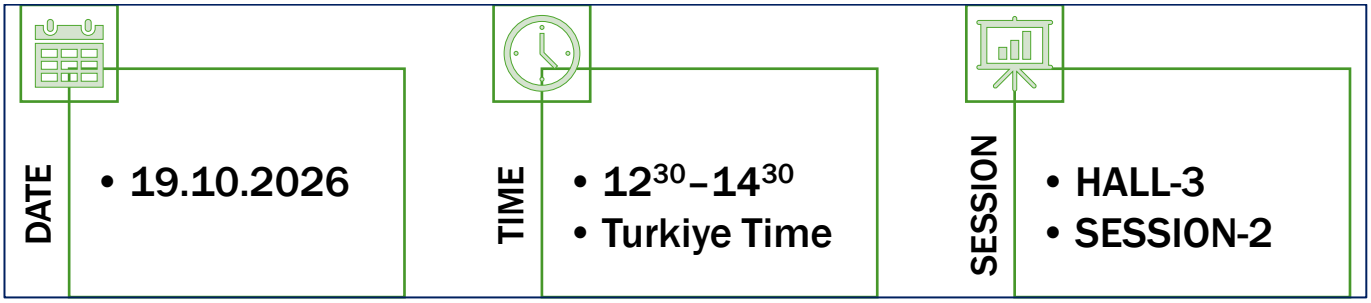
https://us02web.zoom.us/j/84460010824?pwd=E5SNrfmbeHNWjfBdoNzEJxDIzBxGil.1



HEAD OF SESSION:		
Emre ÇELİK Mehmet KARAYEL	Düzce University Karamanoğlu Mehmetbey University	LOAD FREQUENCY CONTROLLER DESIGN OF A TWO-AREA POWER SYSTEM INCLUDING PV GRID AND THERMAL GENERATOR USING STOCHASTIC FRACTAL SEARCH ALGORITHM
Emre ÇELİK Mehmet KARAYEL	Düzce University Karamanoğlu Mehmetbey University	EXTRACTION OF PHOTOVOLTAIC CELL PARAMETERS USING STOCHASTIC FRACTAL SEARCH ALGORITHM
Asst. Prof. Dr. Caner BALIM	Afyon Kocatepe University	MEAL LEVEL CARBON FOOTPRINT ESTIMATION FROM TURKISH RECIPE TEXT
Res. Asst. Alperen Cengiz Assoc. Prof. Dr. Mehmet Bilim Prof. Dr. Yasin Kabalcı	Niğde Ömer Halisdemir University	ANALYSIS OF QPSK SIGNALING IN BEAULIEU-XIE FADING CHANNELS WITH ERFC APPROXIMATION USING ARO AND ITS EXPERIMENTAL EVALUATION WITH THE AID OF USRP PLATFORMS
Assoc. Prof. Dr. Süleyman ADAK	Mardin Artuklu University	FUNDAMENTAL CONCEPTS AND DEFINITIONS RELATED TO HARMONIC COMPONENTS IN ELECTRICAL POWER SYSTEMS
Res. Asst. Alperen Cengiz Assoc. Prof. Dr. Mehmet Bilim Prof. Dr. Yasin Kabalcı	Niğde Ömer Halisdemir University	AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE SOURCES OF IMPLEMENTATION LOSS IN SOFTWARE-DEFINED RADIO MEASUREMENTS
Emir TOPAÇ Assoc. Prof. Dr. Göker AKSOY	Gebze Technical University Intetra Technology and IT Services Inc.	MULTI-ALPHABET LICENSE PLATE AND COUNTRY RECOGNITION USING MOBILEVITV2 WITH A SPATIAL TRANSFORMER NETWORK
Ramazan KARA Assoc. Prof. Dr. Volkan YAMAÇLI	Mersin University	COMPARISON OF CURRENT YOLO ARCHITECTURES ON THE SARD DATASET IN TERMS OF DETECTION ACCURACY AND COMPUTATIONAL PERFORMANCE FOR SEARCH-AND-RESCUE UAV IMAGERY

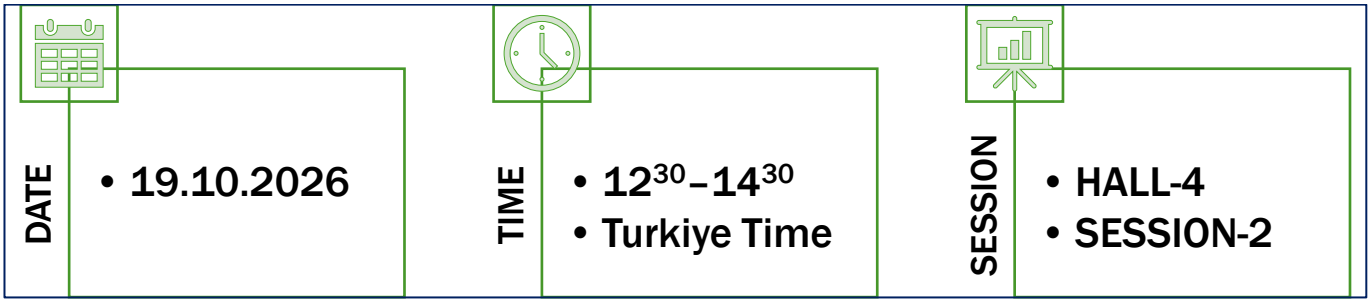


HEAD OF SESSION:		
Ömer Faruk AYABAKAN Assoc. Prof. Dr. Göker AKSOY	Gebze Technical University	OPERATIONAL PERFORMANCE ANALYSIS OF THE KOCAELI D-130 CORRIDOR FOR 2025-2035 USING VISSIM WIEDEMANN 99 PARAMETERS
Assoc. Prof. Dr. Göker AKSOY Abdulsamed ÇOMAKLI	Gebze Technical University	IDENTIFYING W74 CALIBRATION PRIORITIES USING THE VOLUME-PER-LANE INDICATOR IN A FIVE-INTERSECTION NETWORK IN SAKARYA
Assist. Prof. Dr. Serkan KARAKAŞ	Istanbul Bilgi University	THE ROLE OF AIS AND GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS IN MEASURING PORT OPERATIONAL PERFORMANCE: A PROPOSAL FOR A STANDARDISED MEASUREMENT FRAMEWORK
Lec. Dr. Elvan Deniz Lec. Nisa Nur Varınca Eren	Çanakkale Onsekiz Mart University Fatih Sultan Mehmet Vakıf University	FORECASTING CONTAINER THROUGHPUT AT AMBARLI PORT FOR 2026–2028: DECOUPLING FROM NATIONAL GROWTH AND A MODEL COMPARISON
Lec. Nisa Nur Varınca Eren Lec. Dr. Elvan Deniz	Fatih Sultan Mehmet Vakıf University Çanakkale Onsekiz Mart University	FORECASTING CONTAINER THROUGHPUT AT GEMLIK PORT FOR 2026–2028: CO-MOVEMENT WITH THE NATIONAL CYCLE, SHARE EROSION AND A MODEL COMPARISON
Assit. Prof. Dr. Gökçe TUĞDEMİR KÖK Res. Assist. Dr. Davut PEHLİVAN	Mersin University	AT-BERTH CO2 EMISSIONS OF PASSENGER AND RO-PAX SHIPS IN EU PORTS: EVIDENCE FROM MRV DATA
Res. Asst. Aleyna ULUCUTSOY Prof. Dr. Betül SARAÇ	Karadeniz Technical University	NUMERICAL INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF ANNULAR GROOVES ON THE RESISTANCE COMPONENTS OF THE DARPA SUBOFF BODY UNDER TURBULENT FLOW CONDITIONS
Mülayim Tufan YILMAZ Assoc. Prof. Dr. Göker AKSOY	Gebze Technical University	A DYNAMIC INCIDENT DETECTION ALGORITHM FOR MOTORWAYS BASED ON TOLL PASSAGE DATA

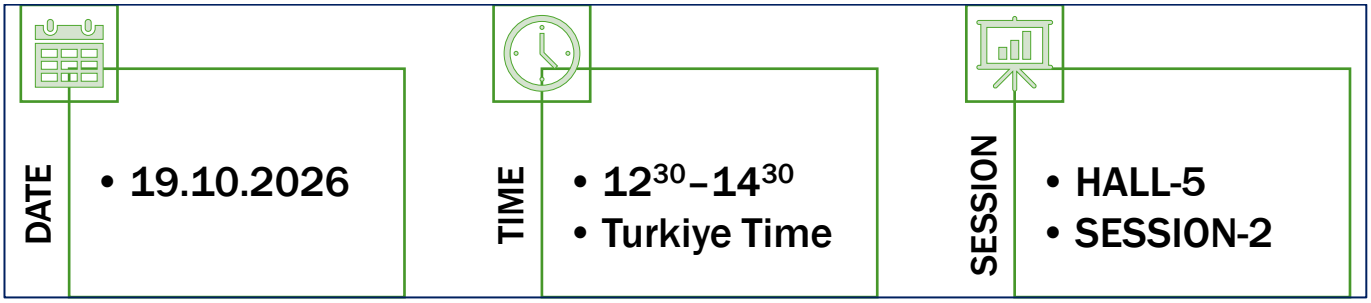


HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Özge UYSAL ŞAHİN

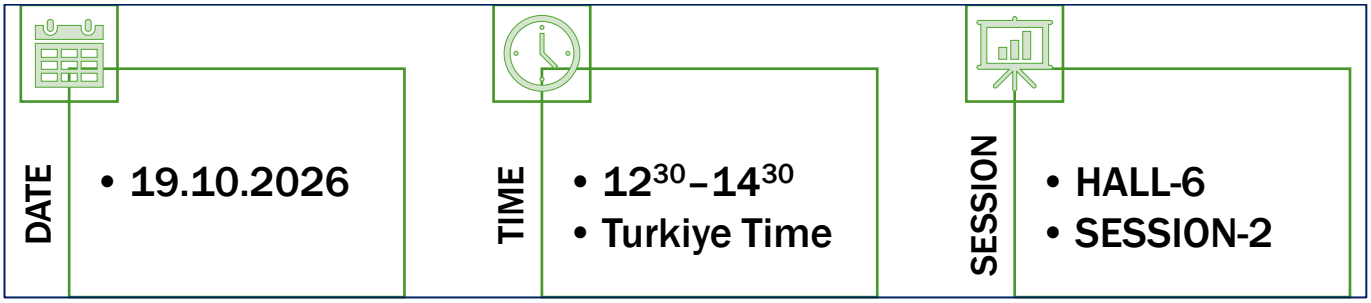
Prof. Dr. Özge UYSAL ŞAHİN	Çanakkale Onsekiz Mart University	MANAGING SCARCE RESOURCES IN HEALTH CARE ORGANIZATIONS: RESOURCE ALLOCATION, PRIORITY SETTING AND VALUE-BASED DECISION-MAKING
Asst. Prof. Dr. Abdulkadir EREN	İstanbul Medipol University	THE IMPACT OF BREAST CANCER AWARENESS MONTH ON INTERNET SEARCHES FOR BREAST CANCER AND SCREENING IN TÜRKİYE: A 10-YEAR GOOGLE TRENDS ANALYSIS
Asst. Prof. Dr. Abdulkadir EREN	İstanbul Medipol University	QUALITY, ACCURACY, AND READABILITY OF TURKISH RESPONSES FROM ARTIFICIAL INTELLIGENCE CHATBOTS TO FREQUENTLY ASKED PATIENT QUESTIONS ABOUT BREAST CANCER
PROF. DR. YUNUS EMRE ÖZTÜRK DURSUN ATEŞ	Selçuk University	THE RETURN OF INFECTIOUS DISEASES IN THE CONTEXT OF EPIDEMIOLOGICAL TRANSITION THEORY AND SYNDEMICS: A MICRO-MACRO ANALYSIS THROUGH TURKEY AND GLOBAL HEALTH DATA
PROF. DR. YUNUS EMRE ÖZTÜRK Melike GÖDEN	Selçuk University	HEALTH BEHAVIOR AND MACRO–MICRO INTERACTION
Oktay AĞIRBAŞ Asst. Prof. Dr. Mesut AKYOL	Ankara Yıldırım Beyazıt University	TÜRKİYE'DE HASTA MEMNUNİYETİ ARAŞTIRMALARININ META-ANALİTİK SENTEZİNDE YÖNTEMSEL YAKLAŞIM
Fatma DEMİREL Assoc. Prof. Dr. Emel FİLİZ	Selçuk University	5 YAŞ ALTI ÇOCUĞU OLAN ANNELERİN ÇOCUKLUK ÇAĞI AŞI OKURYAZARLIĞI DÜZEYLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ
Dr. Emrullah ŞANALAN Specialist Sema Nur ŞAHİN ARSLAN	Uskudar District Health Directorate	EVALUATION OF THE BIRTH RESULTS OF THOSE WHO HAVE THEIR FIRST PREGNANCY IN PRIMARY CARE
Assoc. Prof. Dr. Nesim Aladağ	Van Yuzuncu Yil University	THE IMPACT OF RANOLAZINE ON HEART RATE VARIABILITY AND EPICARDIAL FAT THICKNESS IN PATIENTS WITH STABLE CORONARY ARTERY DISEASE



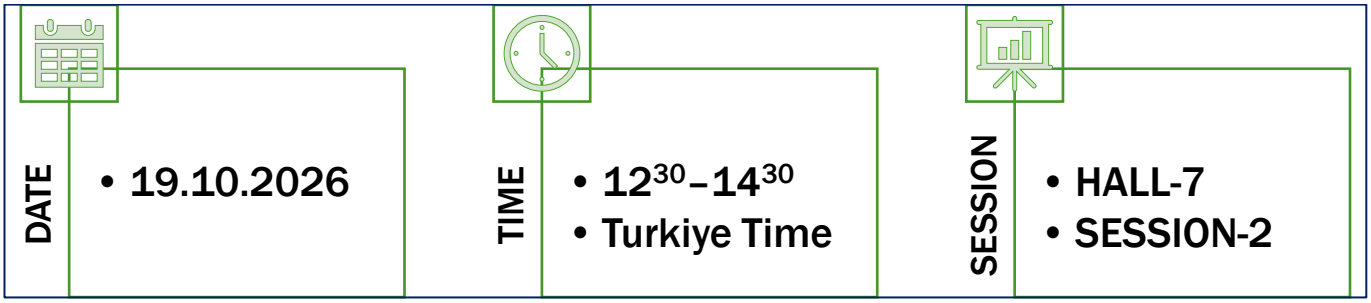
HEAD OF SESSION: Asst. Prof. Dr. Enver ÇIRACI		
Asst. Prof. Dr. Ferda TURGUT	Çukurova University	THE USE OF PHOTOBIOMODULATION IN VETERINARY SURGERY
Lec. Dr. Burcu GÜLTEKİN Asst. Prof. Dr. Ahmet AKKOCA	Necmettin Erbakan University	OPTIMAL CONDUCTION GEOMETRY AND MYELIN DISTRIBUTION DYNAMICS IN MYELINATED PERIPHERAL NERVE FIBERS
Asst. Prof. Dr. Enver ÇIRACI	Biruni University	MICROBIAL RIBOFLAVIN METABOLISM AND MAIT CELLS IN POSTMENOPAUSAL OSTEOPOROSIS
Gözde ÖZTAN	Istanbul University	IN SILICO PRE-CLINICAL VALIDATION OF BIOMARKERS IN PAPILLARY THYROID CARCINOMA: INTEGRATION OF CANCER-ALTERING PROPERTIES, BODY-FLUID DETECTABILITY, AND DRUGGABILITY
Şule Acar Duyan Süleyman Okudan Tuğba Sezer Muaz Belviranlı	Selçuk University	CURCUMIN ATTENUATES MONOSODIUM GLUTAMATE-INDUCED INFLAMMATORY, METABOLIC, AND APOPTOSIS-RELATED MOLECULAR ALTERATIONS IN RAT OCULAR TISSUE
Dr. Serkan Yenigürbüz	Health Sciences University, Sultan Abdulhamid Han Training and Research Hospital	URINARY STONE DISEASE IN PEDIATRIC PATIENTS WITH β-THALASSEMIA MAJOR
Aziz BAYRAM Prof. Dr. Muaz BELVİRANLI Prof. Dr. Nilsel OKUDAN Res. Asst. Dr. Tuğba SEZER	Selcuk University	EFFECT OF CROCIN SUPPLEMENTATION ON NEUROINFLAMMATION AND MITOCHONDRIAL BIOGENESIS IN A RAT MODEL OF AUTISM INDUCED BY PROPIONIC ACID



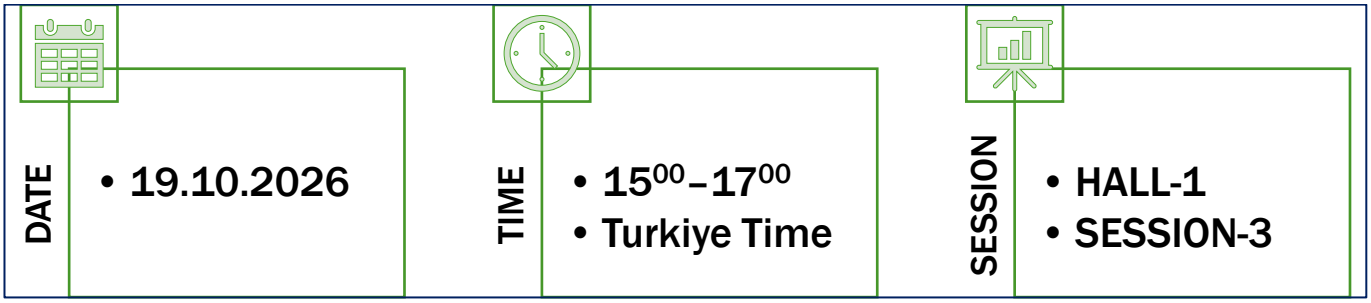
HEAD OF SESSION:		
Adeshola Mistura Opeyemi Amusa, Nureni, Adebayo (FCA)	Federal University of Technology	FISCAL POLICY AND INTERNATIONAL TRADE IN NIGERIA
Obiranti itunu Omoturayo Isiaka, Najeem Ayodeji(ACIB)	Federal University of Technology	IMPACT OF DIGITAL FINANCIAL INCLUSION ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN NIGERIA
Vyacheslav Prylyuk	Taras Shevchenko University of Kyiv, Ukraine	MARKETING COMMUNICATION STRATEGY OF INTERNATIONAL COMPANY –A CASE OF IKEA
Lawal, Olayinka Boluwatife Amusa, Nureni, Adebayo (FCA)	Federal University of Technology	IMPACT OF FINANCIAL INCLUSION ON THE FINANCIAL PERFORMANCE OF DEPOSIT MONEY BANK'S IN NIGERIA
Sekinat Ololade ABDULRASHEED	Federal University of Technology	LIQUIDITY MANAGEMENT AND PRODUCTIVITY OF NIGERIA BANKING SECTOR
Mustafa Narinder Pushkarna	University of Delhi	DOUBLE-TRUNCATED INVERTED TOPP–LEONE DISTRIBUTION (DTINTLD) AND REAL LIFE DATA ANALYSIS
Jolaogun, Fatimah odunayo Isiaka, Najeem Ayodeji (ACIB)	Federal University of Technology	IMPACT OF MACROECONOMIC INDICATORS ON NON-PERFORMING LOANS IN NIGERIA
Amusa, Nureni, Adebayo (FCA)	Federal University of Technology	IMPACT OF BANK LENDING ON THE PERFORMANCE OF DEPOSIT MONEY BANKS IN NIGERIA BANKING INDUSTRY



HEAD OF SESSION:		
Dr Priya Vinod Dr Melvin Victor	Christ University, India	THE TOOL IS NOT THE DIFFERENTIATOR: WHY IDEAS WILL DEFINE BRANDS IN THE AI ERA
Larisa POPA PhD. Anca CRISTEA	National Institute for Economic Research 'Costin C. Kirițescu' Hyperion University of Bucharest, Romania	HUMAN CAPITAL AS A STRATEGIC DRIVER OF ECONOMIC DEVELOPMENT IN ROMANIA: CHALLENGES AND POLICY PERSPECTIVES
PhD. Student Alexandra CRISTEA Assoc. Prof. Dr. Ivona RĂPAN PhD. Anca CRISTEA	Institute of National Economy Hyperion University of Bucharest, Romania	THE IMPACT OF AGILE STRATEGIES ON THE ECONOMIC PERFORMANCE OF PRIVATE CLINICS: AN EMPIRICAL ANALYSIS (2020–2025)
DR CHUKWUEMEKA G. EME	National Open University of Nigeria	LEADERSHIP STYLES AND EMPLOYEE PERFORMANCE IN NIGERIAN BUSINESS ORGANIZATIONS: EMPIRICAL REVIEW OF SELECTED SMEs IN LAGOS STATE
Ali Jahjah Issraa ELmir	Islamic University of Lebanon	CORPORATE GOVERNANCE AND FINANCIAL INSTITUTIONS IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE
Dr.Krishnaba Vaghela	GTU School of Management Studies	GLOBAL PERSPECTIVES ON WASTE MANAGEMENT PRACTICES AND POLICIES: A SYSTEMATIC REVIEW
Ephraim Augustine Mina, PhD	Federal Polytechnic Ekowe, Nigeria	IMPACT OF STRATEGIC PLANNING ON ORGANIZATIONAL COMPETITIVE ADVANTAGE: A STUDY OF GTCO, PORT HARCOURT RIVERS STATE
Tamanna Yasmin Munni Helal Uddin	Sher-e-Bangla Agricultural University (SAU) Hajee Mohammad Danesh Science and Technology University (HSTU), Bangladesh	TECHNO-ECONOMIC OPTIMIZATION OF SOLAR-POWERED IRRIGATION SYSTEMS FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE



HEAD OF SESSION:		
Dr. K. VIGNESH	Palar Agricultural College, India	LAYERED DOUBLE HYDROXIDE NANOPARTICLE-MEDIATED DELIVERY OF DOUBLE-STRANDED RNA FOR SUSTAINABLE CONTROL OF VIRAL VECTORS
Anas Hamdani Abdellatif Boutagayout Atman Adiba	National Institute of Agricultural Research, Morocco	GENOMIC PREDICTION MODELS FOR TREES
Loubna JRHAIDER Prof. Youssef NAIMI Dr. Fathalah ELWAHAB Prof. El Mostafa TACE	Hassan II University of Casablanca, Morocco Ibn Tofail University	GREEN EXTRACTION OF BIOACTIVE COMPOUNDS FOR NATURAL FOOD PRESERVATION: ADVANCES AND INDUSTRIAL PROSPECTS
Dr. Nour El Houda Derkaoui Dr. Smail Kannaoui Dr. Elwahab Fathalah Prof. Zırı Rabea Prof. Brhadda Najiba Prof. Loukili Abdechahid	University Ibn Tofail Regional Center for Teaching and Training Professions (CRMEF)	TECHNOLOGICAL PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE (TPACK) OF MATHEMATICS TEACHERS: GAPS AND PRIORITIES FOR TRAINING
Ibrahim Sani Dikko Sani Muhammad Nasir	Umaru Musa Yar'adua University Federal University Dutsin-Ma, Nigeria	BIOFORTIFICATION OF FIELD CROPS FOR GLOBAL FOOD AND NUTRITIONAL SECURITY: BIOCHEMICAL ADVANCES, ECONOMIC FEASIBILITY AND POLICY PERSPECTIVES
Fatima-ezzahra Jaayefar Jamila Dahmani	Ibn Tofail University, Morocco	VALORIZATION OF *lupinus pilosus* MURR.: A REVIEW OF ITS AGRONOMIC POTENTIAL AND TOLERANCE TO CALCAREOUS SOILS FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE
Fatima-ezzahra Jaayefar Jamila Dahmani	Ibn Tofail University, Morocco	VALORIZATION OF *gladiolus segetum* KER-GAWL: A REVIEW OF ITS PHYTOCHEMICAL DIVERSITY AND ANTIPROLIFERATIVE POTENTIAL
Dr. Iram Liaqat	Government College University	INHIBITORY EFFICACY OF HONEY AGAINST MULTISPECIES BACTERIAL BIOFILM
Ishanityasri Balasubramaniam Evyan Yang Chia-Yan	Nilai University, Malaysia	SOIL-DERIVED MICROORGANISMS FOR GREEN SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES

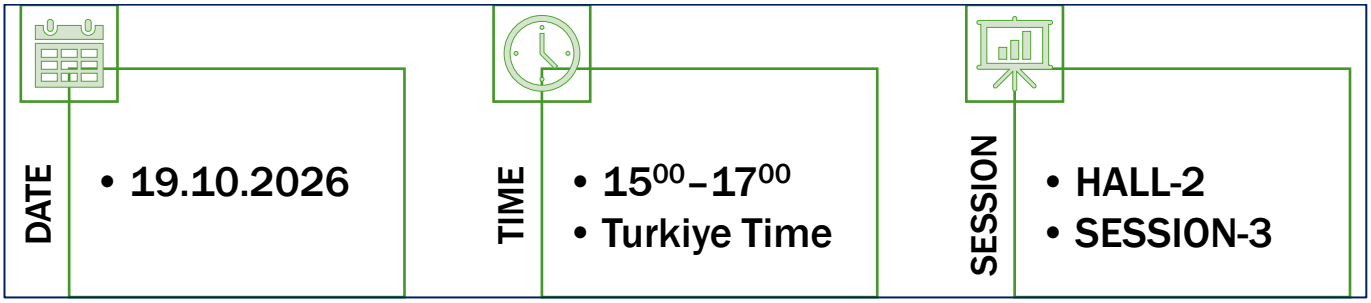


HEAD OF SESSION: Asst. Prof. Dr. Elif KAPLAN		
Assoc. Prof. Dr. Özlem AYDIN Lec. Nurten GÖKÇEK	Karadeniz Technical University Malatya Turgut Özal University	WATERPROOFING APPLICATIONS AND ISSUES IN WET AREAS OF EDUCATIONAL BUILDINGS
Res. Asst. Sinan Çelik Prof. Dr. Nilay Çoşgun	Gebze Technical University	MORTARLESS BUILDING TECTONICS: STRUCTURAL ANALYSIS OF DRYWALL SYSTEMS
Asst. Prof. Dr. Elif KAPLAN	Fenerbahçe University	EVALUATION OF LIGHTING CRITERIA AND VISUAL COMFORT IN MUSEUMS THROUGH CASE STUDIES
Assoc. Prof. Dr. Özlem AYDIN Lec. Nurten GÖKÇEK	Karadeniz Technical University Malatya Turgut Özal University	AN EVALUATION OF RESEARCH ON CLIMATE-SENSITIVE AND ENERGY-EFFICIENT DESIGN IN RURAL HOUSING IN TURKEY: A STUDY BASED ON GRADUATE THESES
Ekin Selen Yalmanlı Sebahat Sevde Özler Seden Acun Özgünler	Istanbul Technical University Maltepe University	USE OF MICROALGAE IN CEMENT-BASED BUILDING MATERIALS: A COMPARATIVE EVALUATION OF BINDER REPLACEMENT AND MICROBIAL CRACK HEALING APPROACHES
Lec. Dr. İZEL AKYEL-EREN	Dogus University	EXAMINING THE RELATIONSHIP BETWEEN CLIMATE RESILIENCE AND PROJECT MANAGEMENT PROCESSES IN GREEN SCHOOLS
Lec. Dr. ŞENAY EKŞİ	Dogus University	THE CONTRIBUTION OF TRADITIONAL TIMBER JOINT DETAILS TO SUSTAINABLE ARCHITECTURE
Asst. Prof. Dr. Resul ÖZLÜK	Balıkesir University	AN OPTIMIZATION-BASED APPROACH TO EVALUATING PARAMETERS AFFECTING THERMAL COMFORT CONDITIONS IN A LABORATORY ENVIRONMENT WITHIN AN EDUCATIONAL FACILITY
Asst. Prof. Dr. Aysun AYDIN SANCAROĞLU Assoc. Prof. Dr. Özlem AYDIN	Karadeniz Technical University	REWRITING URBAN MEMORY: DEMOLITION AND REPRESENTATION ALONG THE DEĞİRMENDERE–BOZTEPE AXIS IN TRABZON
Assoc. Prof. Dr. Özlem AYDIN Asst. Prof. Dr. Aysun AYDIN SANCAROĞLU	Karadeniz Technical University	THE IMPACT OF NEW ROADS ON URBAN CHANGE: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF THE INTERNATIONAL LITERATURE

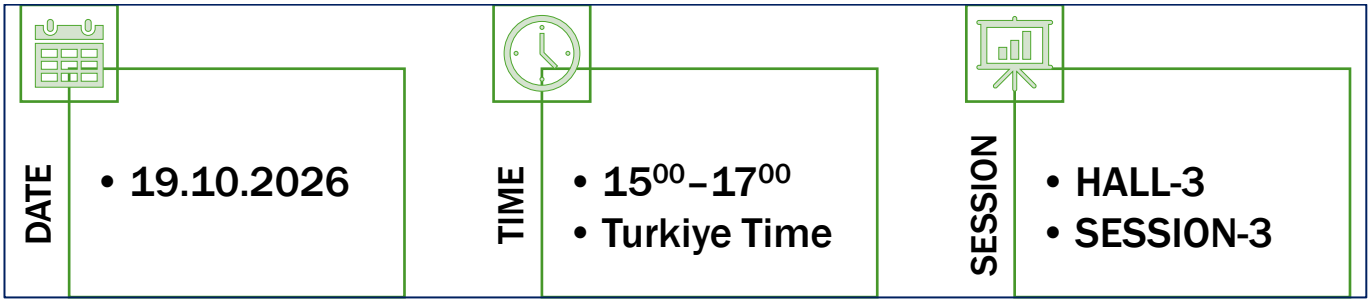
Online (with ZOOM Conference)

Meeting ID: 844 6001 0824 / Passcode: 112233

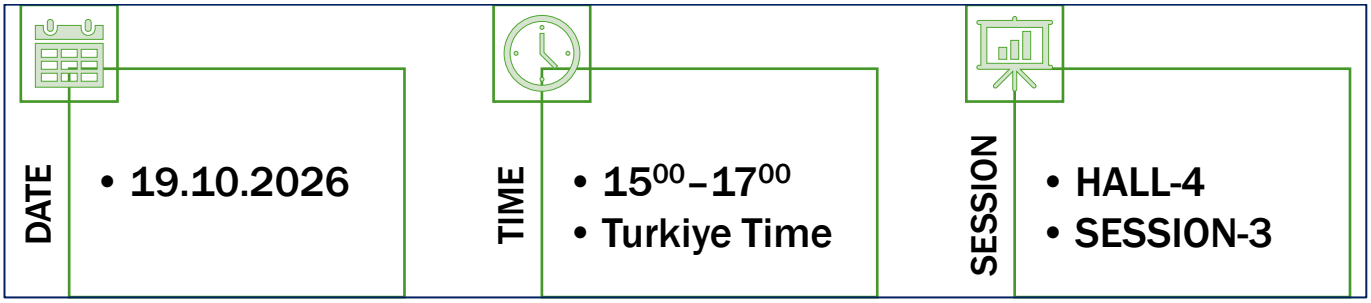
https://us02web.zoom.us/j/84460010824?pwd=E5SNrfmbeHNWjfBdoNzEJxDIzBxGiI.1



HEAD OF SESSION: Dr. Hakan ACAR		
Müge KINAY Hatice NAYMAN HAMAMCI Selim AREN	Yıldız Technical University	HOW HERDING TRANSLATES UNCERTAINTY PERCEPTION INTO RISK TAKING
Dr. Hakan ACAR	Burdur Mehmet Akif Ersoy University	DIGITAL STRESS AND ACADEMIC PROCRASTINATION AMONG COLLEGE STUDENTS: THE MEDIATING ROLE OF COGNITIVE FAILURES
Dr. Cihan KARA	Karabük University	THE EFFECTS OF ORGANIZATIONAL CLIMATE ON EMPLOYEES WORK-LIFE BALANCE
Aslıhan YILMAZ Assoc. Prof. Dr. Muhammet Fatih ALKAN	Tokat Gaziosmanpaşa University	'DIFFICULT DAYS' THROUGH TEACHERS' EYES: MEANINGS, CONTEXTS AND COPING STRATEGIES
Zehra GEYİK Prof. Dr. Serdar BOZKURT	Yıldız Technical University	THE ROLE OF ENVIRONMENTAL SELF-EFFICACY IN THE EFFECT OF GREEN TRANSFORMATIONAL LEADERSHIP ON ORGANIZATIONAL CITIZENSHIP BEHAVIOR FOR THE ENVIRONMENT
Dr. Cihan KARA	Karabük University	STRATEGIES FOR DEALING WITH EMPLOYEE RESISTANCE TO TECHNOLOGICAL TRANSFORMATION IN ORGANIZATIONS: THE MEDIATING ROLE OF CHANGE LEADERSHIP AND PSYCHOLOGICAL CONTRACT
Aleyna AYTEKİN Prof. Dr. Hülya KAYIHAN	Biruni University	OCCUPATIONAL PARTICIPATION AND SELF-REGULATION SKILLS IN UNIVERSITY STUDENTS: A COMPARISON BETWEEN RISKY AND NON-RISKY ALCOHOL USERS
PhD Candidate Hikmat HASANOV	Azerbaijan Tourism and Management University	LEVERAGING SPORT AND EVENT TOURISM FOR SMALL AND MEDIUM-SIZED TOURISM ENTERPRISES IN AZERBAIJAN: OPPORTUNITIES, CONSTRAINTS AND A POLICY FRAMEWORK

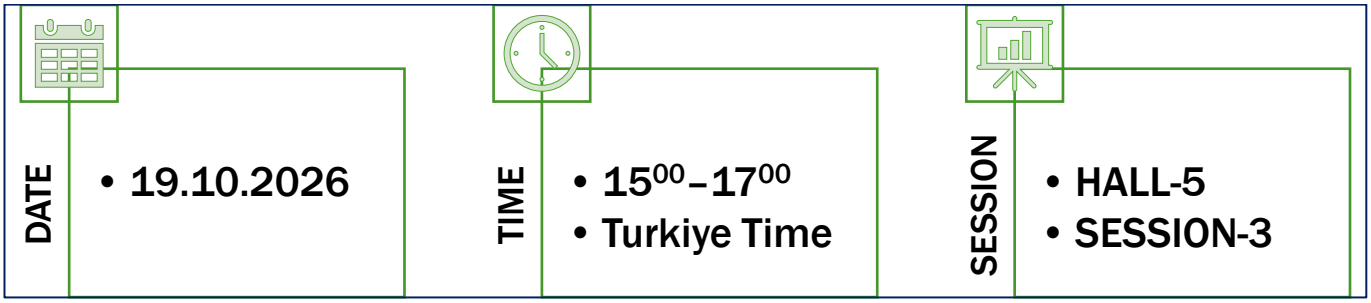


HEAD OF SESSION: Asst. Prof. Dr. İlkay ERARSLAN		
Dr. Uğur TARÇIN	Marmara University	THE ACADEMIA–GOVERNMENT–INDUSTRY GOLDEN TRIANGLE IN THE TURKISH DEFENCE INDUSTRY ECOSYSTEM: INSTITUTIONAL COORDINATION
Asst. Prof. Dr. Nazmi OCAK	Marmara University	LEGAL EVALUATION OF ASSOCIATION LEGAL PERSONALITY, ECONOMIC ENTERPRISES AND AFFILIATED COMPANIES
Res. Asst. Dr. Leyla ÇİFTÇİ	Bartın University	THE REFLECTION OF DEMOGRAPHIC CHANGE ON EDUCATION AND HEALTH SERVICES IN DEVELOPMENT PLANS
Dr. Vedat Akman Dr. Öznur Akman Asst. Prof. Dr. İlkay ERARSLAN	Plekhanov Russian University of Economics MEF University İstanbul Beykent University	ARTIFICIAL INTELLIGENCE ADOPTION AND PROFITABILITY AMONG COMPANIES LISTED IN THE UNITED ARAB EMIRATES
Assistant Professor Dr. Kıvanç UZUN Dr. Merve KARAMAN	Kırklareli University Republic of Türkiye Ministry of Justice	DIRECTORATES OF JUDICIAL SUPPORT AND VICTIM SERVICES IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE: OPPORTUNITIES, ETHICAL RISKS, AND PROFESSIONAL RESPONSIBILITIES
Researcher Zeynep YAVUZ Researcher Zeynep Nur Sandikci Researcher Serkan Cerk	Sipay Electronic Money and Payment Services Inc.	INSTANT PAYMENT INFRASTRUCTURES IN THE FINTECH ECOSYSTEM: ARCHITECTURAL APPROACHES FOR SEAMLESS TRANSFORMATION
Researcher Zeynep YAVUZ Researcher Zeynep Nur Sandikci Researcher Serkan Cerk	Sipay Electronic Money and Payment Services Inc.	INFORMATION EXTRACTION FROM FINANCIAL CAMPAIGN TEXTS WITH LARGE LANGUAGE MODELS: AN ERROR TAXONOMY AND A SOURCE-GROUNDING CHECK
Researcher Zeynep YAVUZ Researcher Alper ANAPALI Researcher Serkan CERK	Sipay Electronic Money and Payment Services Inc. Ideasoft Software Industry and Trade Joint Stock Company	AI AND CONTENT ORIGINALITY IN E-COMMERCE



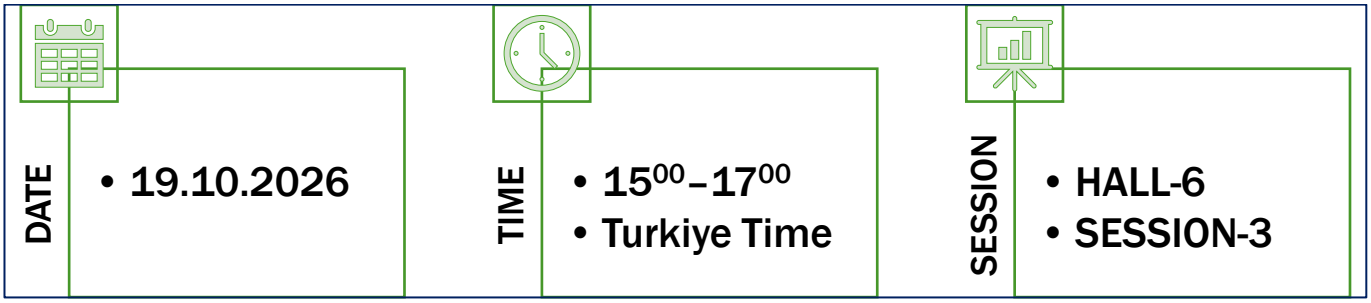
HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Mehmet Necat İZGİ

Assoc. Prof. Dr. Mehmet Necat İZGİ	Mardin Artuklu University	EFFECTS OF HARVEST TIME AND ENVIRONMENTAL PLASTICITY ON THE QUALITY OF HERBAL MEDICINAL RAW MATERIALS
Asst. Prof. Dr. Keziban YALÇIN DOKUMACI Alihan GÜNDOĞDU	Selçuk University Önallar Agricultural Machinery Inc. and Design Center	GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS), GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS (GNSS) AND MAP-BASED TECHNOLOGIES IN AGRICULTURAL SPRAYING SYSTEMS
Asst. Prof. Dr. Bekir CENGIL Alihan KARAMANLI	Çankiri Karatekin University Muğla Sıtkı Koçman University	PLANT HEALTH RISKS IN A CHANGING CLIMATE: AGROECOSYSTEM DYNAMICS AND CLIMATE-RESILIENT MANAGEMENT STRATEGIES
Asst. Prof. Dr. Bekir CENGIL	Çankiri Karatekin University	REDESIGNING THE FUTURE OF AGRICULTURAL PRODUCTION THROUGH TECHNOLOGY, EFFICIENCY, AND SUSTAINABILITY
Asst. Prof. Dr. Bekir CENGIL	Çankiri Karatekin University	CLIMATE-RESILIENT SYSTEM DESIGN FOCUSED ON COP31 ANTALYA: ECOSYSTEM ENGINEERING AND SCIENCE-ENGINEERING APPROACHES
Assoc. Prof. Dr. Elif Duygu KAYA Assoc. Prof. Dr. Ayşe TÜRKHAN	Igdır University	PURIFICATION AND CHARACTERIZATION OF POLYPHENOL OXIDASE FROM Marasmius oreades
Dr. Ahmet AKÇAY	Mardin Artuklu University	MICRORNAs AS BIOMARKERS OF HEAT STRESS IN LIVESTOCK: CURRENT EVIDENCE AND METHODOLOGICAL CHALLENGES
Dr. Ahmet AKÇAY	Mardin Artuklu University	MICRORNAs AS BIOMARKERS OF MASTITIS AND UDDER HEALTH IN DAIRY CATTLE: CURRENT EVIDENCE AND DIAGNOSTIC POTENTIAL
Iqbal Ali oglu Aliyev	Azerbaijan State Agricultural University	DISEASES AFFECTING BEECH TREES IN GÖYGÖL NATIONAL PARK



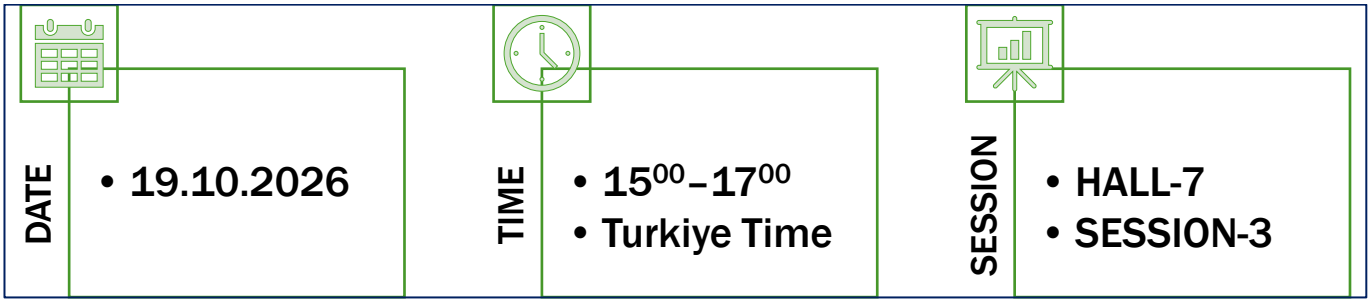
HEAD OF SESSION:

Prof. Dr. Dragan Katanić Olivera Savić, M.D.	Institute for Children and Youth Health Care of Vojvodina Oupatient Clinic, Serbia	INITIAL TREATMENT OF DIABETIC KETOACIDOSIS IN CHILDREN -THE SIMPLEST PROTOCOL-
Dr Samira Nasirzadeh Fatima Farzad	Ahlul Bayt International University, Iran	EQUITABLE ACCESS TO PRIMARY HEALTH CARE IN AFGHANISTAN: AN EVIDENCE-BASED ANALYSIS
Adeniregun Kehinde Adesoji	---	PREVALENCE OF GESTATIONAL DIABETES MELLITUS AMONG WOMEN IN OSUN STATE, NIGERIA
Mariami Managadze	Tbilisi State Medical University, Georgia	THE PROBLEM OF MICROPLASTICS IN ENVIRONMENTAL MEDICINE
Vicente T. Baylon III	Far Eastern University, Philippines	AN ASSESSMENT OF INDIGENOUS ETHNIC GROUP PERCEPTION OF BAYLON'S QUALITY PATIENT NURSING CARE THEORY IN SELECTED BARANGAY COMMUNITIES IN KALINGA PROVINCE IN THE PHILIPPINES
Assistant Professor. Dr. Mahvish Javed	Khyber Girls Medical college Peshawar	RADIOGRAPHIC ASSESSMENT OF CERVICAL RIB PREVALENCE IN KHYBER PAKHTUNKHWA, PAKISTAN
EL KAMMAA Ahmed BENKSIM Abdelhafid ABOU ELHASSAN Taoufik NEJMI Hicham	Cadi Ayyad University Regional Health Directorate, Morocco	KNOWLEDGE, ATTITUDES, AND PRACTICES REGARDING CARDIOPULMONARY RESUSCITATION AMONG HEALTHCARE PROFESSIONALS IN MARRAKECH, MOROCCO: A CROSS-SECTIONAL STUDY OF ASSOCIATED FACTORS
Muhammad Riaz Baig Chughtai Prof. Satheesh Babu Natranjan Associate Prof. Mazhar Ali	Lincoln University College, Malaysia Khairpur Medical College, Pakistan	EFFECT OF RESISTANCE- AND AEROBIC-BASED CARDIAC REHABILITATION ON RESTING HEART RATE AND CARDIAC WORKLOAD (RATE-PRESSURE PRODUCT) AFTER CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTING: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL



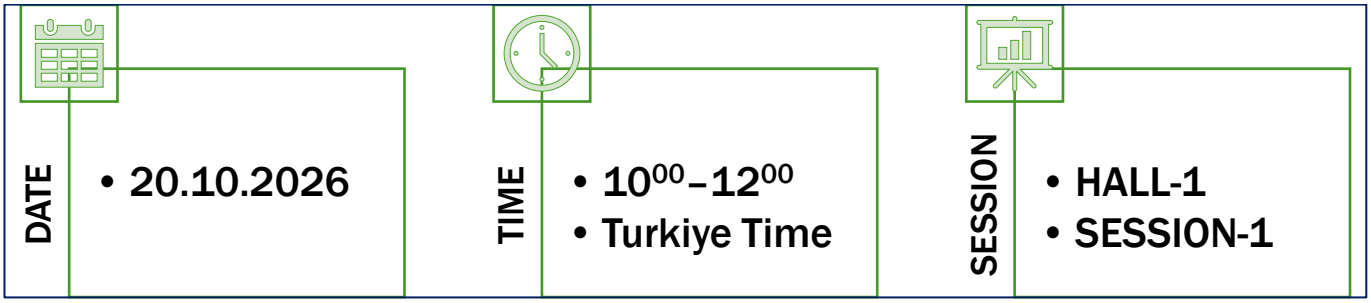
HEAD OF SESSION:

Prof. Asoc. Dr. Juliana BYLYKBASHI Tildi ÇADRI	University of Tirana, Albania	INTERGENERATIONAL SOLIDARITY AND SOCIAL PROTECTION IN AN AGEING SOCIETY: LEGAL CHALLENGES FOR YOUTH AND OLDER PERSONS – THE ALBANIAN PERSPECTIVE
Anjali Kumari Neha Berma Dr. Poonam Kumari	Central University of South Bihar, India	EL NINO AND CLIMATE JUSTICE: REASSESSING INDIA'S LEGAL FRAMEWORK FOR CLIMATE ADAPTATION AND DISASTER RESILIENCE
Riya Yadav Dr. Bhumika Sharma	Sharda University, India	A COMPARISON OF STATUTORILY RECOGNISED PERIOD LEAVES: A STUDY OF BEST PRACTICES
Noorjan MOSSAWI Professor Dr. Samira Nasirzadeh	Ahlul Bayt International University, Iran	DEVELOPING DECISION-MAKING SKILLS IN WOMEN
Noorjan MOSSAWI	Ahlul Bayt International University, Iran	SOCIAL RESILIENCE TRAINING FOR ACTIVE WOMEN
Noorjan MOSSAWI Professor Dr. Samira Nasirzadeh	Ahlul Bayt International University, Iran	WOMEN'S RIGHTS IN INTERNATIONAL DOCUMENTS AND CONVENTIONS
Huang Yi	Universiti Teknologi MARA (UiTM), Malaysia	MEASURING HIGH-QUALITY ECONOMIC DEVELOPMENT IN CHINA: A MULTIPLE INDICATORS MULTIPLE CAUSES APPROACH
ADEDEJI RACHEAL ADEJUMOKE	THE FEDERAL POLYTECHNIC ILARO	IMPACT OF BUDGET FINANCING ON EXCHANGE RATE IN NIGERIA

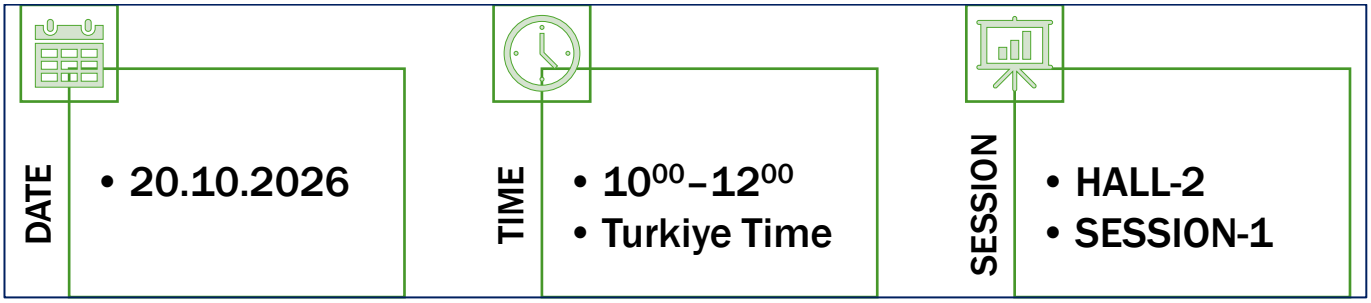


HEAD OF SESSION:

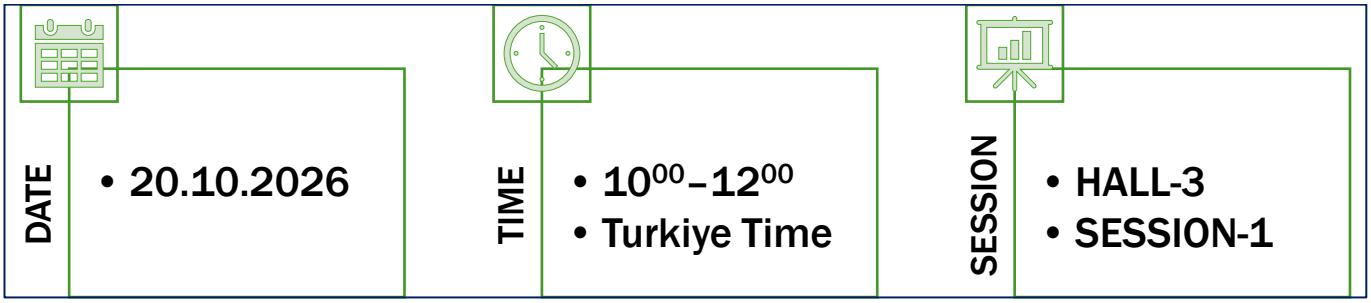
Ruslan SHEVERDIN Victor KAZAKEVICH	Belarusian State University, Republic of Belarus	FEATURES OF RENAL AND LUMBAR HEMODYNAMICS DURING MUSCLE CONTRACTION AND AFTER COFFEE INTAKE IN STUDENTS
Meknassia DEBBAL Tarık Mohammed CHAOUCHE Farah HADDOUCHI Farah DJELTI Souad SENHADJI	Abou-Bekr Belkaïd University, Algeria	THE SILENT PANDEMIC: ANTIMICROBIAL RESISTANCE TRANSMISSION THROUGH THE AGRI-FOOD CHAIN AND THE ROLE OF NATURAL ALTERNATIVES IN MITIGATION
Mrs. Bornare Ashwini	---	POLYHERBAL ORAL DISSOLVING FILMS : FORMULATION STRATEGIES & THERAPEUTIC POTENTIAL OF BOUGAINVILLEA & CILTORIA TERNATEA EXTRACT.
Ardeleanu Maria- Crinela Ardeleanu Helmina Nicoară Mircea Ciobîcă Alin Stelian	Alexandru Ioan Cuza" University, Romania	EFFECTS OF INCREASING DOSES OF GLUCOSE-FUNCTIONALIZED IRON OXIDE NANOPARTICLES ON SOCIABILITY IN ZEBRAFISH
Mr. Mohsin Fawad Dr. Rashna Mirza	Ibadat International University Quaid-i-Azam University, Pakistan	MULTIFUNCTIONAL LINCOMYCIN LOADED COPPER OXIDE NANOPARTICLES BASED ON NILE TILAPIA COLLAGEN GEL FOR THE TREATMENT OF BURN WOUNDS
Sulaiman Muhammad	National Biotechnology Research and Development Agency (NABRDA) Headquaters, Nigeria	PREVALENCE OF EIMERIA TENELLA ON EXOTIC CHICKENS AT ZONAL VETERINARY CLINIC FUNTUA, KATSINA STATE. NIGERIA
Natasha Ivanova Pavlina Andreeva-Gateva	Bulgarian Academy of Sciences Medical University of Sofia, Bulgaria	EFFECTS OF KB-R7943 ON DEPRESSION-LIKE BEHAVIOR IN A MODEL OF DIABETIC NEUROPATHIC PAIN IN FEMALE MICE
Natasha Ivanova Pavlina Andreeva-Gateva	Bulgarian Academy of Sciences Medical University of Sofia, Bulgaria	EFFECTS OF KB-R7943 ON NOCICEPTIVE BEHAVIOR IN A MODEL OF DIABETIC NEUROPATHIC PAIN IN FEMALE MICE



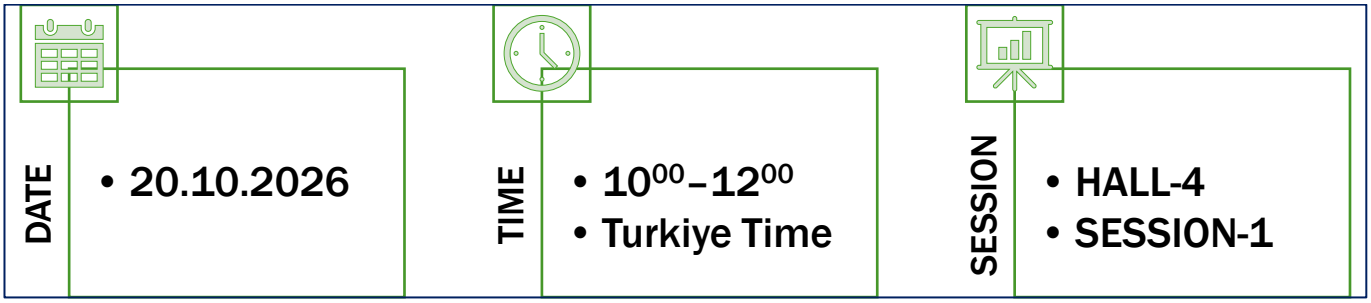
HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Cem ÖZKURT		
Lec. Vesile UZLU	Avrasya University	A GENERAL OVERVIEW OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE MEDIA AND THE PUBLIC IN THE CONTEXT OF NEW COMMUNICATION TECHNOLOGIES, THROUGH THE LENS OF THE USES AND SATISFACTIONS THEORY
Assoc. Prof. Dr. Cem ÖZKURT	Trabzon University	ON THE SOCIALIZED POLITICS OF GOODNESS
Asst. Prof. Dr. İlhan BİNGÖL	Bingöl University	REINTERPRETING ALIENATION THROUGH SIMMEL'S ANALYSES OF MODERNITY AND SOCIAL DISTANCE: A COMPARATIVE STUDY OF SOCIAL MEDIA
Dr. ŞEYMA OKUR	---	AN EVALUATION OF ZAHRIYA ILLUMINATIONS IN 16TH-CENTURY OTTOMAN MANUSCRIPTS OF THE QUR'AN
Asst. Prof. Dr. Halim YAR	Şırnak University	A COMMENTARY OF SAYYID WAHBĪ'S NAʿT TİTLED "NAʿT-I RESŪL-İ ḤUDĀ ʿALEYHİ'S-SELĀM"
Enes KESKİN	Erciyes University	ABŪ ʿABD ALLĀH MUḤAMMAD B. ʿALĪ AL-BALANSĪ AND HIS ŞILAT AL-JAMʿ WA-ʿĀ'ID AL-TADHYĪL
Res. Asst. Dr. Yıldırım Hasan SELEKOĞLU	Pamukkale University	ASSESSMENT OF THE ATALAR URBAN CONSERVATION AREA AND ITS SURROUNDINGS IN TERMS OF ARSON RISK
Asst. Prof. Dr. Mahmut ERDİL	Afyon Kocatepe University	INTRAFAMILIAL HOMICIDE–SUICIDE: A SOCIOLOGICAL EXAMINATION OF CONTROL, SEPARATION, AND GENDER
Prof.Dr. Muhittin Eliaçık	Kırıkkale University	THE SUBJECT OF RADÂ' (BREASTFEEDING) IN OTTOMAN FATWAS
Prof.Dr. Muhittin Eliaçık	Kırıkkale University	THE SUBJECT OF GIFT IN OTTOMAN FATWAS



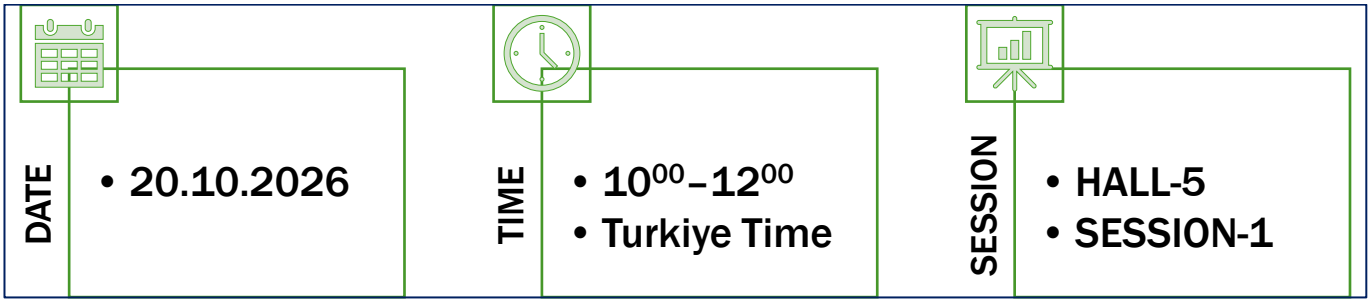
HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Semra ERPOLAT TAŞABAT		
Kamilya KAMIRDINOVA Asst. Prof. Dr. Sema AKIN BAŞ	Yıldız Technical University	SENTIMENT ANALYSIS OF TURKISH E-COMMERCE REVIEWS
Research Assistant Betül Sarı Aksakal	Manisa Celal Bayar University	DOES EVERY NATION HAVE AN ECONOMY OF ITS OWN? UNIVERSALITY AND HISTORICAL-NATIONAL SPECIFICITY IN ECONOMIC THOUGHT FROM FRIEDRICH LIST TO ZIYA GÖKALP
Asst. Prof. Dr. Alim YELBOĞA	Gümüşhane University	THE RELATIONSHIP BETWEEN POSTMATERIALISM AND TAX COMPLIANCE: A CROSS-COUNTRY ANALYSIS USING THE WORLD VALUES SURVEY
Asst. Prof. Dr. Fehime GÜNBEGİ	Balıkesir University	GEOECONOMIC FRAGMENTATION AND THE TRANSFORMATION OF GLOBAL VALUE CHAINS: IMPLICATIONS FOR EXTERNAL BALANCES IN DEVELOPING COUNTRIES AND LESSONS FOR TÜRKİYE
Assist. Prof. Dr. Özkan İMAMOĞLU	Amasya University	ASYMMETRIC EFFECTS OF GLOBAL SUPPLY CHAIN DISRUPTIONS ON FIRMS' WORKING CAPITAL REQUIREMENTS AND CASH CONVERSION PROCESSES
Prof. Dr. Semra ERPOLAT TAŞABAT İrem NIŞANCI	Mimar Sinan Fine Arts University	EFFICIENCY ANALYSIS IN THE TURKISH BANKING SECTOR USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS
Asst. Prof. Dr. Alperen AĞCA	Osmaniye Korkut Ata University	INTEREST PAYMENTS, NET LENDING AND PRICES IN TÜRKİYE: A COINTEGRATION ANALYSIS, 2007–2024
Prof. Dr. Semra ERPOLAT TAŞABAT	Mimar Sinan Fine Arts University	DETECTION OF SCIENTIFIC CLAIMS IN E-COMMERCE PRODUCT ADVERTISEMENTS: AN OCR-BASED TEXT MINING APPROACH



HEAD OF SESSION: Asst. Prof. Dr. Yasin KÖKER		
Eren Yiğit Oral Prof. Dr. Pınar Yılmaz	Marmara University	BIOCHEMICAL CHARACTERIZATION AND DETERMINATION OF ANTIBIOTIC RESISTANCE PROFILES OF ESCHERICHIA COLI ISOLATES OBTAINED FROM WHEY SAMPLES
Gözde ÖZTAN	Istanbul University	INTEGRATIVE SINGLE-NUCLEUS TRANSCRIPTOMIC AND THREE-DIMENSIONAL APOE STRUCTURE ANALYSIS IN ALZHEIMER'S AND PARKINSON'S DISEASE
Asst. Prof. Dr. Yasin KÖKER Res. Asst. Muhammed Emin YORULMAZ Prof. Dr. Hakan ÖMEROĞLU	Ufuk University	IMPLANT REMOVAL AND RETENTION PREFERENCES ACROSS COMMON PAEDIATRIC ORTHOPAEDIC TRAUMA SCENARIOS
Asst. Prof. Dr. Ayşe AKHAN	Karabük University	CARDIOPULMONARY ARREST AFTER ERCP IN AN ELDERLY MORBIDLY OBESE PATIENT WITH METABOLIC SYNDROME: A CASE REPORT
Fatih Çalış	Istanbul Medeniyet University, Göztepe Prof. Dr. Süleyman Yalçın City Hospital	CAN PATIENTS ACCESS RELIABLE INFORMATION IN THE FIELD OF NEUROSURGERY BY CONDUCTING SEARCHES IN TURKISH WEBSITES?
Yağmur Özlem OĞUZ Prof. Dr. Aydın RÜSTEMOĞLU	Aksaray University	GENETIC AND MOLECULAR BASIS OF ANTIMICROBIAL RESISTANCE IN HEALTHCARE-ASSOCIATED INFECTIONS
Hilal YILMAZ ŞİMŞEK Prof. Dr. Emel ÇALIŞKAN Prof. Dr. Demet ERDÖNMEZ Res. Asst. Duygu POLAT Res. Asst. Halil İbrahim ŞİMŞEK	Duzce University	PRODUCTION OF PYOCYANIN PIGMENT FROM PSEUDOMONAS AERUGINOSA: PRODUCTION AND EXTRACTION PROCESS
Asst. Prof. Hilal Betul KAYA	Manisa Celal Bayar University	CAN GENOME EDITING OF ROOTSTOCKS CONTRIBUTE TO THE DEVELOPMENT OF TRANSGENE-FREE PLANTS?

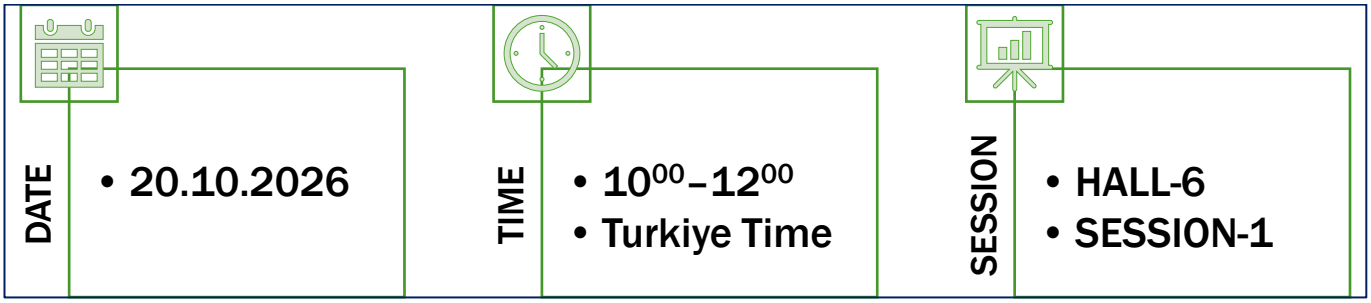


HEAD OF SESSION:		
Raimot Jumoke ADEJARE	Federal University of Technology	DIGITAL BANKING AND ECONOMIC GROWTH IN NIGERIA
Adekunle, Sukurat Olabisi Isiaka, Najeem Ayodeji (ACIB)	Federal University of Technology	IMPACT OF HUMAN CAPITAL DEVELOPMENT ON NIGERIA ECONOMIC GROWTH
Farah Faiaz Kazi	Jagannath University, Bangladesh	SELLING SUSTAINABILITY IN GLOBAL MARKETS: HOW BANGLADESHI FIRMS RESPOND TO INTERNATIONAL BUYER AND CONSUMER PRESSURE
Opeyemi Elizabeth OGUNBULE	Federal University of Technology	FRAUD INCIDENCE AND PROFITABILITY OF DEPOSIT MONEY BANKS IN NIGERIA
Salami, Mistura Jumoke Isiaka, Najeem Ayodeji(ACIB)	Federal University of Technology	EFFECT OF NON-PERFORMING LOANS ON THE PERFORMANCE OF DEPOSIT MONEY BANKS IN NIGERIA
Bukola Christianah OLAKUNLE	Federal University of Technology	CAPITAL MARKET AND ECONOMIC GROWTH IN NIGERIA
Oshunkoya, Pelumi Adedoyin Isiaka, Najeem Ayodeji(ACIB)	Federal University of Technology	IMPACT OF INSTITUTIONAL QUALITY ON STOCK MARKET PERFORMANCE IN NIGERIA
Samastika Sharma	University of Jammu	GEOPOLITICS, ECONOMIC DEVELOPMENT, AND SOCIAL INEQUALITY: EXAMINING THE IMPACT OF GLOBAL POWER RIVALRIES ON THE GLOBAL SOUTH



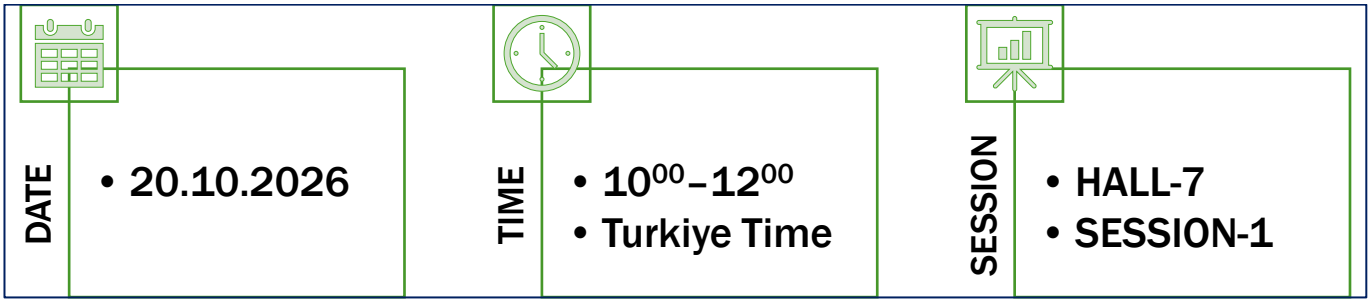
HEAD OF SESSION:

Evin KORKMAZ Başak ARI Dilay HACIDURSUNOĞLU ERBAŞ	Ataşehir Acıbadem Hospital Sakarya University of Applied Sciences	SURGICAL NURSING CARE IN BREAST RECONSTRUCTION AFTER MASTECTOMY
Exp. Dr. Atila GÜRGEN Exp. Semra AKSOY Prof. Dr. Demet Güleç ÖYEKÇİN	Private Ünye Çakırtepe Hospital Balıkesir Atatürk State Hospital Çanakkale Onsekiz Mart	BURNING MOUTH SYNDROME: A CASE REPORT
Exp. Dr. Atila GÜRGEN Exp. Semra AKSOY Exp. Dr. Deniz YILDIZ Prof. Dr. Kürşat ALTINBAŞ	Private Ünye Çakırtepe Hospital Balıkesir Atatürk State Hospital Bandırma Private Psychiatry Clinic	USE OF MOOD-STABILIZER MEDICINES DURING PREGNANCY AND FETAL EFFECTS: DISCUSSION THROUGH A BIPOLAR CASE
Tuba SAKALLI Asst. Prof. Dr. Gülden ÖZTÜRK SERTER	Ondokuz Mayıs University	AN EXAMINATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN PERFECTIONIST ATTITUDES AND TEST ANXIETY AMONG ADOLESCENTS
GAFAROV İSMAİL ADİL HASANOVA SEVİNC ELDAR HAJİYEVA SHABNAM AGAMURAD	Azerbaijan Medical University	AUTOMATIC LOCALIZATION OF STROKE LESIONS IN NEUROLOGICAL IMAGING



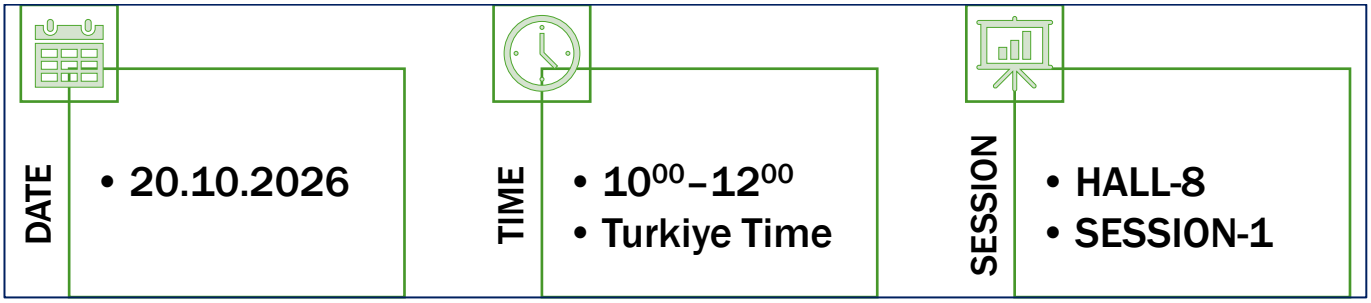
HEAD OF SESSION:

Mohamed Mastir Khalil El-Hami	Mohammed V University in Rabat, Morocco	EVALUATING PREDICTIVE MACHINE LEARNING MODELS FOR EMERGENCY RESOURCE ALLOCATION DURING FLOODS
Y. Sarayu Reddy Ajin. S T.Chiru Hasini Beerakayalu Vishnuvardhan Babu	R.M.K. Engineering College, India	MACHINE LEARNING-BASED SPECTRUM OCCUPANCY PREDICTION FOR COGNITIVE WIRELESS NETWORKS
Putluru Maneesha Dr.P.C. Praveen Kumar Dr. J. Salai Thillai Thilagam	G. Pulla Reddy Engineering College (Autonomous), India	ANALYSIS OF MICROSTRIP TRANSMISSION LINE STANDING WAVE PATTERNS AND IMPEDANCE CHARACTERISTICS ACROSS VARYING FREQUENCIES
Dr. Akka Ali Dr. Lallouani Hellali	Higher Normal School of Boussada University of M'sila, Algeria	PI CONTROLLER OPTIMIZATION BASED ON PSO AND BBO FOR QUADRUPLE TANK SYSTEM
Dr. Akka Ali Dr. Lallouani Hellali	Higher Normal School of Boussada University of M'sila, Algeria	FUZZY LOGIC CONTROLLER OPTIMIZED BY ACO FOR DECENTRALIZED SOURCE BASED ON A SOFC
Mounia GUESSOUM Naima OUALI Fatiha Smaili	Research Center in Industrial Technologies, Algeria	MICROSTRUCTURE, FRACTURE SURFACE, AND MAGNETIC BEHAVIOR OF A FERRITIC STAINLESS STEEL DEFORMED IN TENSION
Dung Hoang Thuy To Eun-Bi Kim Sadia Ameen	Jeonbuk National University, Republic of Korea La Trobe University, Australia	MgAlZnNiCo HIGH – ENTROPY LAYERED DOUBLE HYDROXIDE/ N- DOPED BIOCHAR COMPOSITE FOR ELECTROCHEMICAL DETECTION OF PFHxA
A F M Faridul Islam Eun-Bi Kim Sadia Ameen	Jeonbuk National University, Republic of Korea La Trobe University, Australia	PORTABLE RAPID DETECTION OF MYOGLOBIN USING AU@ZIF-L BASED SINGLE-ATOM CATALYST
Ilias Jennaoui M.M.S. Amadou El-Mostafa Bachaoui A. El Ghmari M. Biniz A. El Harti Sara Badrouss	Sultan Moulay Slimane University, Morocco	DEEP LEARNING-ASSISTED VEGETATION MAPPING FROM UAV IMAGERY IN THE MOROCCAN MIDDLE ATLAS



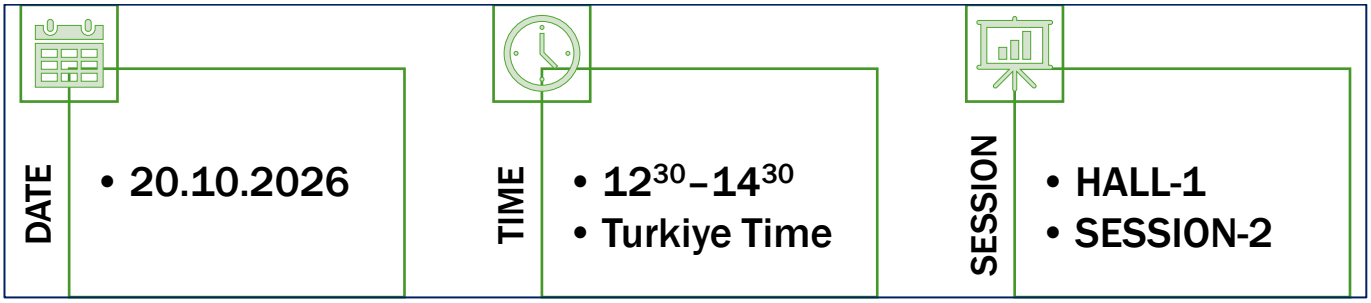
HEAD OF SESSION:

PAROSHA JAHA SHATUL	Universiti Putra Malaysia	ROLE OF RAJSHAHI UNIVERSITY IN LOCAL AND REGIONAL DEVELOPMENT
Ibrahim Umar Dr. Baba Wachiko Ahmed Yusuf Mundi Mohammed Bashir Is'mail	Umaru Sanda Ahmadu College of Education, Nigeria	THE CONCEPTUAL FRAMEWORK OF THE DETERMINANTS OF 21ST-CENTURY LEARNING AND INNOVATIVE SKILLS AMONG PRE-SERVICE COLLEGE OF EDUCATION SCIENCE TEACHERS IN NIGER STATE, NIGERIA
Associate Professor Iliichuk Liubomyra	Vasyl Stefanyk Carpathian National University, Ukraine	MICROLEARNING AS AN INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR ENSURING THE CONTINUITY OF THE EDUCATIONAL PROCESS
SHAN SHUAN	City University Malaysia	DIGITAL CONTEXT OF PSYCHOLOGICAL DISTRESS AMONG COLLEGE STUDENTS: THE RELATIONSHIP BETWEEN SMARTPHONE USE AND MENTAL HEALTH
Dr.B.MAHADEVAN	Vellalar College for Women (Autonomous), India	AWARENESS, ACCESSIBILITY, AND UTILIZATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS AMONG RESEARCH SCHOLARS IN HIGHER EDUCATION: A STUDY
AHMED ABDULLAHI BARKUTA AMINU GARBA (Ph.D)	UMARU SANDA AHMADU COLLEGE OF EDUCATION IBRAHIM BADAMASI BABANGIDA UNIVERSITY	INTEGRATING TECHNOLOGY-ASSISTED INSTRUCTION FOR STUDENTS WITH LEARNING DISABILITIES: A PATHWAY TO INCLUSIVE AND EFFECTIVE EDUCATION IN NIGERIA
EMMANUEL JOSEPH FUKJI CLEMENTINA HASHIMU BULUS (PHD)	University of Jos, Nigeria	EFFECT OF TEST ANXIETY REDUCTION STRATEGIES ON SECONDARY SCHOOL STUDENTS' ATTITUDE TOWARDS ECONOMICS IN MANGU LGA, PLATEAU STATE
Research Scholar Faseela Thoombath Dr Mohammad Tanweer	IASE Jamia Millia Islamia	TECHNOLOGY-ENHANCED PEDAGOGY FOR TEACHING ABSTRACT CHEMISTRY CONCEPTS AT THE SECONDARY SCHOOL LEVEL: A REVIEW



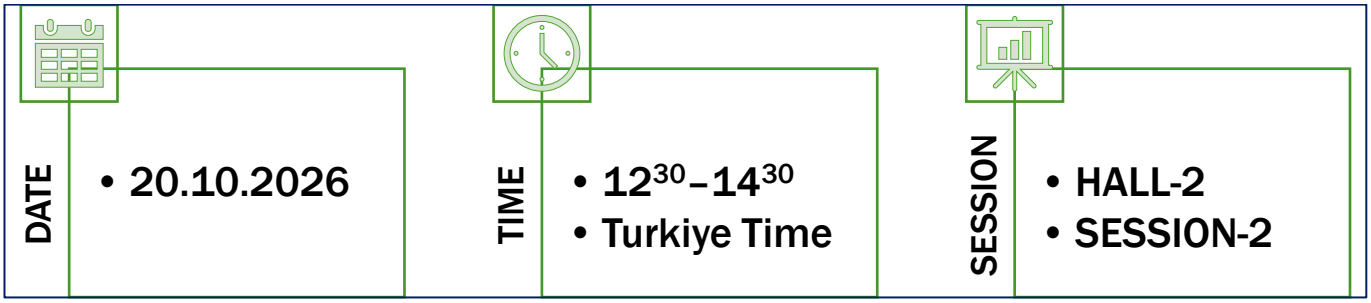
HEAD OF SESSION:

PhD. El Hassane JENNAH Prof. Lhoucine BEN TALEB Prof. Hamid EL MALALI Prof. Azeddine MOUHSEN	Hassan First University of Settat, Morocco	THE HEARTBEAT'S ALIBI: RETHINKING EXPLANATION DRIFT IN HOLTER ECG
Khalil Loukhssami Khadija El Hawary Sanaa Abaach Morad El Baz	Mohammed V University in Rabat, Morocco	POPULATION-DOMINATED ERGOTROPY IN A CAPACITIVELY COUPLED DOUBLE-QUANTUM-DOT BATTERY UNDER 1/F CHARGE NOISE
J. Samso Ebinazor Dr.T.Suresh Padmanabhan	E.G.S. Pillay Engineering College (Autonomous), India	SEPIC CONVERTER BASED INTELLIGENT BATTERY MANAGEMENT SYSTEM
Vetrivel. S Jenish Kumar. R Mohammad Yasin. T Bharathkumar. B Dr. T. Suresh Padmanabhan	E.G.S. Pillay Engineering College (Autonomous), India	IMPLEMENTATION OF CELL BALANCING TECHNIQUE OF BMS FOR ELECTRIC VEHICLES
Dr T. O. Esan. O. G Opeyemi	Bamidele Olumilua University of Education, Nigeria	DENSITY FUNCTIONAL THEORY AND MONTE CARLO SIMULATION OF SOME DERIVATIVES OF 1,2,4-TRIAZOLE-3-THIOL AS CORROSION INHIBITORS ON METAL SURFACES
Adebisi E. Enochoghene	University of Ibadan, Nigeria	THE GLOBAL CARBON CYCLE IN A CHANGING CLIMATE: SOURCES, SINKS, FEEDBACK MECHANISMS AND IMPLICATIONS FOR CLIMATE MITIGATION
Manal BASSIT Prof. Maria BOUDALIA	Mohammed V University in Rabat, Morocco	INSIGHTS INTO THE ELECTROCHEMICAL BEHAVIOR AND SURFACE EVOLUTION OF 316L STAINLESS STEEL IN SIMULATED PHYSIOLOGICAL CONDITIONS FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS
Driss El Ouai Abdelaziz Mojahid Khalil EL-HAMI Mohammed Ali Geawhari	Université Mohammed V de Rabat, Morocco	GEOPHYSICAL INVESTIGATION OF LANDSLIDE DEPTH IN NORTHERN MOROCCO USING SEISMIC REFRACTION

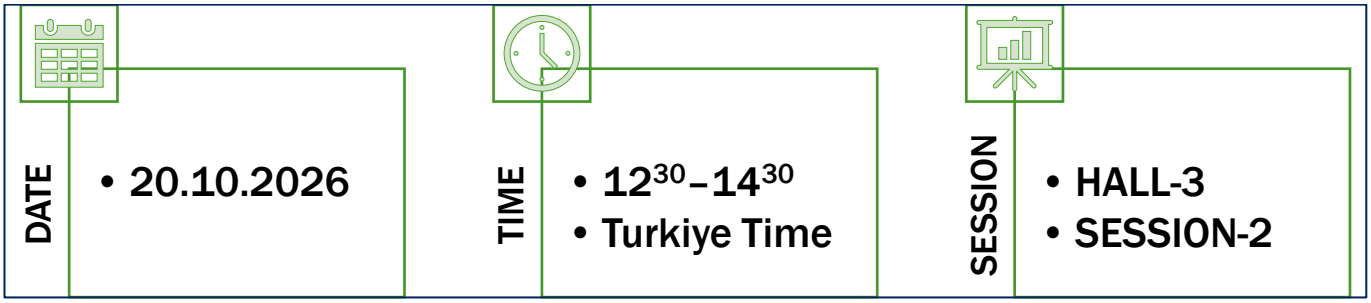


HEAD OF SESSION: Asst. Prof. Dr. Yasemin ATEŞ SARI

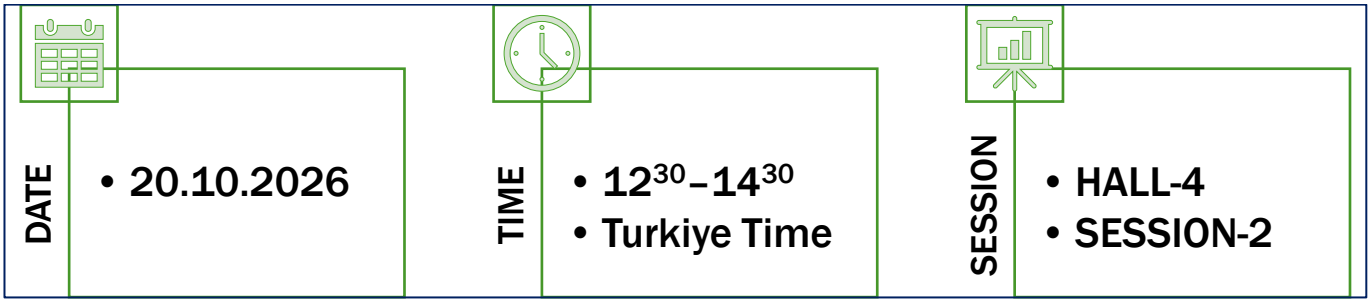
İnci SAMUR Assoc. Prof. Dr. Bahtışen KARTAL	Tokat Gaziosmanpaşa University	THE EFFECT OF SPIRITUAL COPING AND POSITIVE THINKING SKILLS AMONG MOTHERS OF CHILDREN WITH AUTISM ON PARENTAL BURNOUT
Asst. Prof. Dr. Yasemin ATEŞ SARI Asst. Prof. Dr. Sevilay Seda BAŞ	Ankara Yıldırım Beyazıt University	INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN POLYPHARMACY, DEPRESSION, COGNITIVE FUNCTIONS, AND FUNCTIONAL INDEPENDENCE IN GERIATRIC INDIVIDUALS
Şevval KALELİ Assoc. Prof. Alime SELÇUK TOSUN Prof. Dr. Neslihan LÖK	Selcuk University	INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS OF DIFFERENT EDUCATIONAL METHODS USED IN NURSING STUDENTS
Dr. Hilal KARTAL GÜNEN Dr. Büşra Nur ORHAN	Istanbul Provincial Health Directorate	PRONE CARDIYOPULMONARY RESUSCITATION: EVIDENCE, TECHNIQUE AND CLINICAL APPLICATIONS, AND NURSING CARE
Dr. Büşra Nur ORHAN Dr. Hilal KARTAL GÜNEN Dr. Gülşen Öztürk GENÇ	Istanbul Provincial Health Directorate Uskudar State Hospital	A BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF RESEARCH ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SURGICAL NURSING
Beyza Nur KIVANÇ Prof. Dr. Neslihan LÖK Assoc. Prof. Dr. Alime SELÇUK TOSUN	Selçuk University	THE ROLE OF PSYCHIATRIC NURSING IN THE MANAGEMENT OF CHRONIC MENTAL ILLNESSES
Beyza Nur KIVANÇ Prof. Dr. Neslihan LÖK Assoc. Prof. Dr. Alime SELÇUK TOSUN	Selçuk University	THE INVISIBLE BURDEN OF THE DIGITAL AGE: THE EFFECTS OF CONSTANT CONNECTIVITY ON MENTAL HEALTH
Nida PERKTAŞ Prof. Dr. Deniz TANYER	Selçuk University	IMPROVING WOMEN'S HEALTH THROUGH A BIOPSYCHOSOCIAL APPROACH



HEAD OF SESSION:		
Assoc. Prof. Dr. Serhat TURAN Ahmet SÖNMEZ	Balıkesir University	BEHAVIORAL REFLECTIONS OF AN ACTIVE LIFESTYLE: THE RELATIONSHIP BETWEEN PHYSICAL ACTIVITY AND SELF-CONTROL AMONG SPORTS SCIENCES FACULTY STUDENTS
Mustafa KILIÇ Prof. Dr. Sefa LÖK	Selçuk University	TAEKWONDO SPORCULARINDA ANTRENÖR DAVRANIŞLARI VE SPORCU TÜKENMİŞLİĞİ: KORUYUCU VE RİSK OLUŞTURUCU FAKTÖRLER
Barış İbrahim ASLANYÜREK Prof. Dr. Sefa LÖK	Karamanoğlu Mehmetbey University Selçuk University	ANTRENÖR-SPORCU İLİŞKİSİNDE PSİKOLOJİK GÜVENLİK: SPORCU İYİ OLUŞU VE PERFORMANS AÇISINDAN GÜNCEL BİR YAKLAŞIM
Barış İbrahim ASLANYÜREK Prof. Dr. Sefa LÖK	Karamanoğlu Mehmetbey University Selçuk University	YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ ANTRENMAN PLANLAMASI VE SPORCU PERFORMANSININ İZLENMESİ: ANTRENÖRLÜK UYGULAMALARI AÇISINDAN GÜNCEL BİR DERLEME
Asst. Prof. Dr. Abdullah KILCI Res. Asst. Muhammed AY Halil TEKİN Okan ÇİNTAY	Çukurova University İstanbul Esenyurt University	INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN BIOLOGICAL MATURATION GROWTH PARAMETERS SHOT VELOCITY AND AGILITY IN YOUNG FOOTBALL PLAYERS
Asst. Prof. Dr. Taha Gökmen ÜLGER Assoc. Prof. Dr. Emre ADIGÜZEL Asst. Prof. Dr. Şemsi Gül YILMAZ KOCAMAN	Bolu Abant İzzet Baysal University Karamanoğlu Mehmetbey University	THE SOCIAL REFLECTIONS OF CHANGES IN CULINARY CULTURE
Assoc. Prof. Dr. Emre ADIGÜZEL Asst. Prof. Dr. Taha Gökmen ÜLGER Asst. Prof. Dr. Şemsi Gül YILMAZ KOCAMAN	Karamanoğlu Mehmetbey University Bolu Abant İzzet Baysal University	THE INDIVIDUALIZATION OF EATING: THE SHIFT FROM COMMUNAL DINING TO SOLITARY EATING
Dietitian Specialist Selin BILDIR Asst. Prof. Dr. Asiye Yeter (GÜNGÖR) BAŞARAN Asst. Prof. Dr. Nezire İNCE	Eastern Mediterranean University	EVALUATION OF DAILY ENERGY INTAKE AND ALCOHOL CONSUMPTION AMONG YOUNG ADULTS: RISK OF DRUNKOREXIA
Lec. Tolga TUNÇEL Asst. Prof. Dr. Emre KILINÇ Res. Asst. Süleyman TUNÇEL	Ankara University Çukurova University İstanbul Nişantaşı University	MONITORING SPORTS ACTIVITIES USING WEARABLE TECHNOLOGIES AND IMAGE PROCESSING METHODS



HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Senem DEMİRDEL		
Gamze ÇOPUR Prof. Dr. Neslihan LÖK Assoc. Prof. Dr. Alime SELÇUK TOSUN	Selçuk University	CRISIS MANAGEMENT AND DE-ESCALATION APPROACHES IN PSYCHIATRY: ALTERNATIVES TO RESTRAINT AND SECLUSION
Gamze ÇOPUR Prof. Dr. Neslihan LÖK Assoc. Prof. Dr. Alime SELÇUK TOSUN	Selçuk University	DOUBLE STIGMA AMONG FORENSIC PSYCHIATRIC PATIENTS AND THE ROLE OF PSYCHIATRIC NURSES
Dilara KARAHAN Prof. Dr. Neslihan LÖK	Selçuk University	PRACTICES FOR PROMOTING FAMILY MENTAL HEALTH
Dilara KARAHAN Prof. Dr. Neslihan LÖK	Selçuk University	HEALING THROUGH MOVEMENT: THE PSYCHOSOCIAL EFFECTS OF PHYSICAL ACTIVITY IN PSYCHIATRIC PATIENTS
Assoc. Prof. Dr. Senem DEMİRDEL	Health Sciences University	EFFECTS OF YOGA TRAINING ON INDIVIDUALS WITH LOWER EXTREMITY AMPUTATION: A SYSTEMATIC REVIEW
Assoc. Prof. Dr. Senem DEMİRDEL	Health Sciences University	BIBLIOGRAPHIC ANALYSIS OF THESES ON MANAGEMET OF PHANTOM LIMB PAIN IN TURKEY
Şehri Nur KIZILGÜN Lec. Kübra ŞAHİN Lec. Hatice Nurseda KARAKAYA	Uskudar University	THE RELATIONSHIP BETWEEN FOOD ADDITIVES IN PACKAGED SNACKS AND ATTENTION DEFICIT HYPERACTIVITY DISORDER IN CHILDREN
Asst. Prof. Dr. Mücahit MUSLU	Kastamonu University	CHANGES IN ONLINE SEARCH INTEREST IN WEIGHT LOSS INJECTIONS IN TÜRKİYE FROM 2016 TO 2026: A GOOGLE TRENDS ANALYSIS



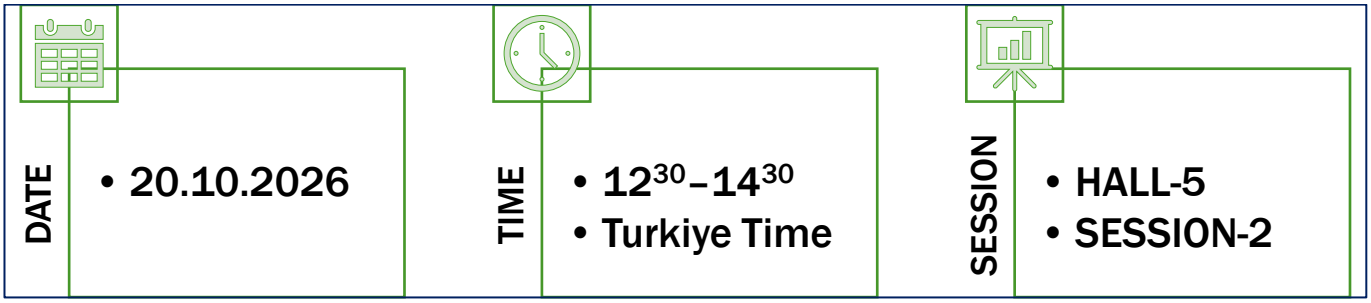
HEAD OF SESSION: Dr. SARA MOUFFOUK

Aisha Baba Shehu Shehu Abubakar Alhaji Aliyu Abdulkadir Isaiah Baba Musa	Federal Polytechnic Bida Federal University of Technology	EVALUATION OF GROWTH AND HISTOPATHOLOGICAL PARAMETERS IN CLARIAS GARIEPINUS EXPOSED TO CADMIUM AND DIETARY ESSENTIAL VITAMINS
Aisha Yakubu Faith Taiwo Okunlola	Federal University of Technology, Nigeria	ANTIVIRAL ACTIVITIES OF PETROLUEM ETHER PORTION OF CLOVE EXTRACT AGAINST NEWCASTLE DISEASE VIRUS
Asst.prof Dipak Dadasaheb Nalawade Jyoti Dattatray Anap	İnstitute of Pharmacy Kolpewadi	ROLE OF OXIDATIVE STRESS AND MITOCHONDRIAL DYSFUNCTION IN ALZHEIMER'S DISEASE
Farwa Anam	University of Veterinary and Animal Sciences	FECAL-DERIVED MICROORGANISMS AS A RESERVOIR OF ANTICANCER NATURAL PRODUCTS: A REVIEW OF MICROBIAL DIVERSITY, BIOACTIVE METABOLITES AND ANTICANCER MECHANISMS
Dr. SARA MOUFFOUK Dr. Chaima MOUFFOUK Dr. Hanane BOUKROUS	University of Batna 2 Mustapha Benboulaid, Algeria	CERVICAL CANCER AND VIRAL INFECTIONS: EPIDEMIOLOGICAL, CLINICAL, AND ANATOMOPATHOLOGICAL PROFILE
Ghita Elkarhat Samah Ait Benichou Salaheddine Redouane Abdelhamid Barakat Abdelaziz Soukri Bouchra El Khalfi Hassan Rouba	Hassan II University Institut Pasteur du Maroc	IDENTIFICATION OF DELETERIOUS MISSENSE VARIANTS OF SERINE PEPTIDASE INHIBITOR KAZAL TYPE 2 GENE AND THEIR IMPACT ON KAZAL DOMAIN STRUCTURE, STABILITY, FLEXIBILITY, AND DIMENSION
Dr. Valery V. Belakhov	Israel Institute of Technology	PROSPECTS FOR THE USE OF NEW SEMISYNTHETIC AMPHOTERICIN B DERIVATIVES AS POTENTIAL ANTIFUNGALS FOR TREATING OPPORTUNISTIC MYCOSES IN AIDS PATIENTS
Diksha Chopra Gurinder Kaur Walia Avtar Kaur Sidhu	Punjabi University High Altitude Regional Centre	INTEGRATIVE TAXONOMIC ASSESSMENT OF THECLINAE BUTTERFLIES IN NORTHWEST INDIA USING DNA BARCODING AND MOLECULAR PHYLOGENY

Online (with ZOOM Conference)

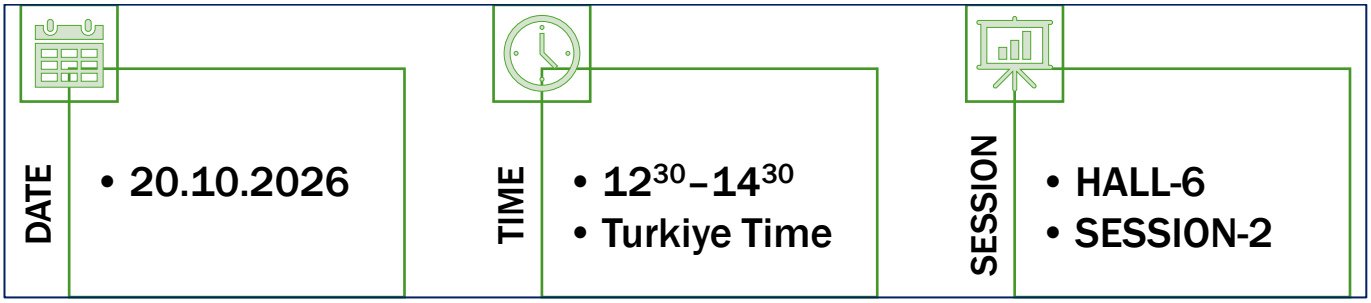
Meeting ID: 844 6001 0824 / Passcode: 112233

https://us02web.zoom.us/j/84460010824?pwd=E5SNrfmbeHNWjfBdoNzEJxDIzBxGil.1

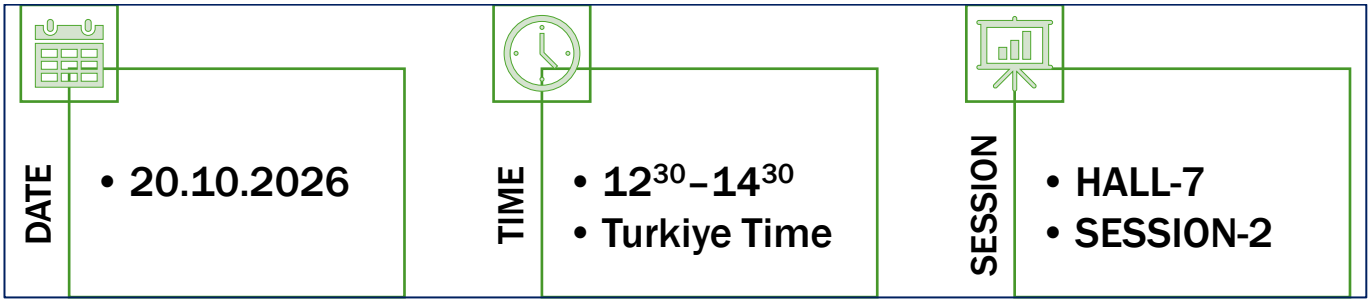


HEAD OF SESSION:

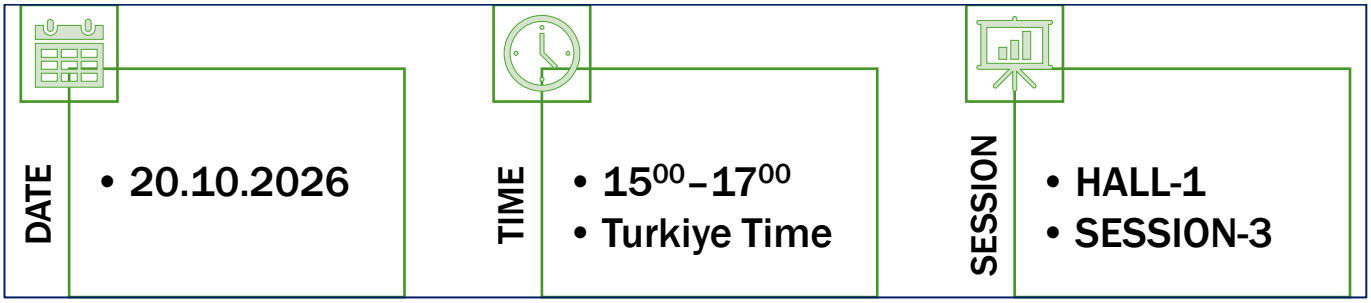
Assistant Professor Babita Gupta	Institute of Technology and Management	REVOLUTIONIZING CANCER DIAGNOSIS: THE POTENTIAL OF 3D PRINTED NANOSENSORS
N. Manjula perachi devi. S. Rubin thara	Bharath İnstitute of Higher Education and Research	PHARMACOGNOSY AND NATURAL PRODUCTS: EXPLORING NATURE'S POTENTIAL IN MODERN MEDICINE
Wafaa LAABBAR Halima GAMRANI	Cadi Ayyad University, Marrakech, Morocco Chouaib Doukkali University, Morocco	COULD CURCUMIN PROTECT THE BRAIN AGAINST OXIDATIVE STRESS AND NEURODEGENERATIVE DISEASES?
Prof. Assoc. Fehim HALİTİ Ass. Dr. Kaltrina VESELI	University of Prishtina, Kosovo	3D ASSESSMENT OF THE POSITION OF THE UPPER AND LOWER LIPS RELATIVE TO THE E-LINE IN ADOLESCENTS
Munevver Pazharbek	Saken Seifullin Kazakh Agro-Technical University, Kazakhstan	BEYOND INSULIN: THE BIOCHEMICAL MECHANISMS OF INSULIN RESISTANCE IN TYPE 2 DIABETES MELLITUS
Dr. Zuhairu Ado Aminu Haruna Ibrahim	Jigawa State College of Education and Legal Studies	INFLUENCE OF STRESSFUL LIFE AND AGGRESSIVENESS ON STUDENTS' WELL-BEING AND LEARNING OUTCOMES AMONG NIGERIA CERTIFICATE IN EDUCATION (NCE) STUDENTS IN JIGAWA STATE, NIGERIA
Dr. Zubia Shah	Khyber Girls Medical College, Pakistan	SERUM MYOSTATIN AS A POTENTIAL BIOMARKER OF SARCOPENIA IN MIDDLE-AGED ADULTS
Anum Hussain	RIPHAH INTERNATIONAL UNIVERSITY	PSYCHOLOGICAL RESILIENCE IN FLOOD AFFECTED COMMUNITIES OF PAKISTAN: COPING STRATEGIES AND MENTAL HEALTH OUTCOME
Mubashra Tariq Momina Javed Muhammad Safi Aslam	Government Graduate College Township (Boys)	ALEXITHYMIA, SOCIAL SUPPORT AND MENSTRUAL ATTITUDE IN FEMALE TEACHERS OF PUBLIC SECTORS SCHOOLS



HEAD OF SESSION:		
Umanyi Emmanuel peace chinwendu Engr. Oji Michael ugochukwu(MNSE) Mr. Onwuma uzoma Akajiaku Engr. Itam promise Thomas	---	BRIDGING THE SKILLS GAP BETWEEN ELECTRICAL/ELECTRONICS TECHNICAL EDUCATION AND INDUSTRY REQUIREMENTS IN NIGERIA
Umanyi Emmanuel peace chinwendu Engr. Oji Michael ugochukwu(MNSE) Mr. Onwuma uzoma Akajiaku Engr. Itam promise Thomas	---	CURRICULUM RESPONSIVENESS TO INDUSTRY 4.0 IN ELECTRICAL/ELECTRONICS TECHNOLOGY EDUCATION IN NIGERIA
Ahmad Abdullahi Tybo	Federal College of Education (Technical)	EMPLOYABILITY SKILLS REQUIRED OF ELECTRICAL/ELECTRONICS TECHNOLOGY GRADUATES FOR SELF-EMPLOYMENT IN NIGER STATE
Umanyi Emmanuel peace chinwendu Engr. Oji Michael ugochukwu(MNSE) Mr. Onwuma uzoma Akajiaku Engr. Itam promise Thomas	---	EFFECT OF PROTEUS SIMULATION SOFTWARE ON STUDENTS' ACQUISITION OF ELECTRONIC CIRCUIT DESIGN SKILLS IN TECHNICAL COLLEGES IN NIGER STATE, NIGERIA
Umanyi Emmanuel peace chinwendu Engr. Oji Michael ugochukwu(MNSE) Mr. Onwuma uzoma Akajiaku Engr. Itam promise Thomas	---	UTILIZATION OF MATLAB/SIMULINK FOR TEACHING ELECTRICAL CIRCUIT ANALYSIS IN TERTIARY INSTITUTIONS IN NORTH-CENTRAL NIGERIA
Ogunmilade J. O. (Ph.D) Adameji J. O. (Ph.D) Omoniyi O. J.	Ekiti State University Bamidele Olumilua University of Education, Nigeria	INDUSTRY 4.0 SKILLS AND THE FUTURE OF TECHNICAL AND VOCATIONAL EDUCATION IN NIGERIA
Prof. Hassan, A. M. Danladi A. Salihu	Federal University of Technology	CHALLENGES OF INTEGRATING ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO TECHNICAL AND VOCATIONAL EDUCATION AND TRAINING IN NIGERIA
Ahmad Abdullahi Tybo	Federal College of Education (Technical)	CHALLENGES OF INTEGRATING INTERNET OF THINGS (IoT) TECHNOLOGIES INTO ELECTRICAL AND ELECTRONICS TECHNOLOGY EDUCATION IN TERTIARY INSTITUTIONS IN NIGER STATE, NIGERIA



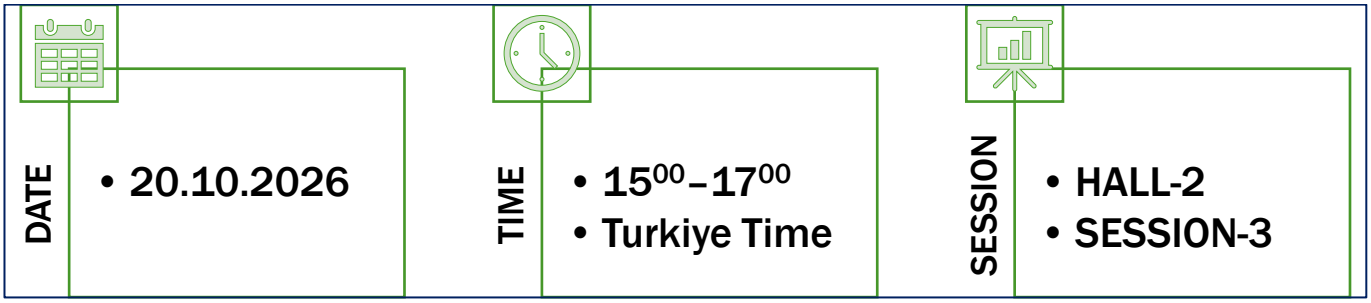
HEAD OF SESSION: **Prof. Dr. Mohamed Rezki**		
Dr. Kheira MOSTEFA HANCHOUR	Oran Graduate School of Economics, Algeria	AIR POLLUTION CONTROL THROUGH PDE-CONSTRAINED OPTIMIZATION AND NUMERICAL APPROXIMATION
Prof. Dr. Mohamed Rezki Dr. Samir Ladjouzi Dr. Mourad Benziane	Universiy of Bouira, Algeria	MACHINE LEARNING-BASED VIRTUAL METROLOGY FOR RAPID RECONSTRUCTION OF POWER DIODE FORWARD I–V CHARACTERISTICS UNDER THERMAL STRESS
Aishwarya S Reshma N Tharunikaa P Tarnekaa M Nivethitha S K Samiksha R K	R.M.K. Engineering College	IMPLEMENTATION OF SMART AGRICULTURE FOR EFFICIENT CULTIVATION IN HILLY REGIONS
Dr. Shama Islam Dr. S. S. Ashraf	School of Engineering Sciences and Technology	INFLUENCE OF BI ADDITION ON THE OPTICAL AND ELECTRICAL PROPERTIES OF QUATERNARY $In_3Te_7Bi_xSe_{90-x}$ THIN FILMS
PhD. Student. KADDOUR Hakim Prof. Dr. GOURINE Bachir Dr. SEDDIKI Mohamed Akram Prof. Dr. ILIAS Faiza	Ecole Nationale Supérieure des Sciences Géodésiques et des Techniques Spatiales, Algeria Ain Témouchent University University of Tlemcen	GAUSSIAN SPLATTING VS. SFM FOR PLANT 3D RECONSTRUCTION: ADVANTAGES AND LIMITS
Aliyu Sani	Umaru Musa Yar'adua University	ULTRASONIC AND PHOTOLUMINESCENCE PROPERTIES OF Eu 2 O 3 -DOPED ZINC BORO-TELLURITE GLASS FOR ADVANCED PHOTONIC APPLICATIONS
Mareena Khurshed	University of the Punjab	USE OF GEOSPATIAL TECHNIQUES TO ASSESS SPATIO-TEMPORAL FLOOD RISK PATTERNS OF THE RIVER RAVI-PUNJAB-PAKISTAN
Prof. A.M. Hassan	Federal University of Technology, Nigeria	EFFECTS OF PROJECT-BASED LEARNING ON STUDENTS' PRACTICAL SKILLS ACQUISITION IN WOODWORK TECHNOLOGY IN NIGER STATE



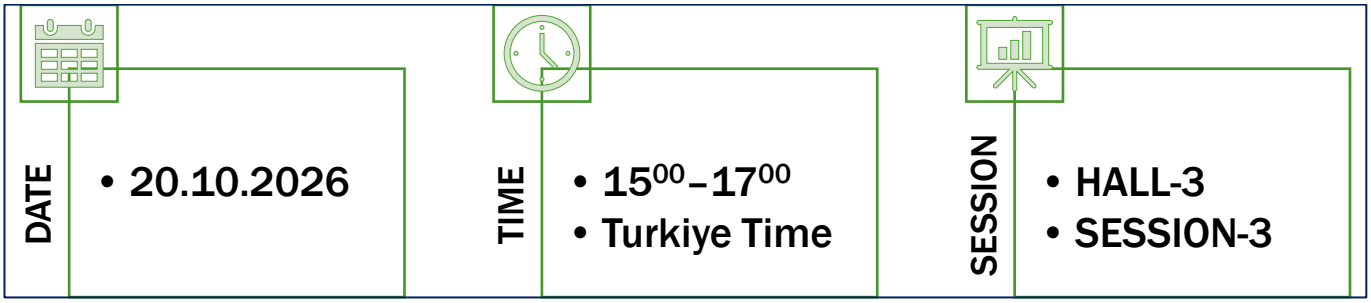
HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Muhammet Hanifi ZENGİN

Assoc. Prof. Dr. Ahmet ÖZTEKİN Ayça Elif DÜNDAR	Erciyes University	THE ARTISTIC QUALITY OF AI-GENERATED IMAGES: A CONTENT ANALYSIS BASED ON RUDOLF ARNHEIM'S PRINCIPLES OF VISUAL PERCEPTION
Lec. Dr. Berrak Elif TOSUN Assoc. Prof. Dr. Leyla BEKENSİR	Ankara University	MUSICAL STRUCTURE AND PERFORMANCE CHARACTERISTICS IN PIANO WORKS BY SELECTED FEMALE COMPOSERS OF THE LATE 19TH AND EARLY 20TH CENTURIES: A COMPARATIVE STUDY
Asst. Prof. Dr. Özlem DOĞAN	Erciyes University	THE D MINOR PRELUDE AND FUGUE IN DMITRI SHOSTAKOVICH'S CYCLE OF "24 PRELUDES AND FUGUES" OP. 87: CHARACTERISTICS OF POLYPHONIC THINKING
Assoc. Prof. Dr. Halil DAŞKESEN Assoc. Prof. Dr. Muhammet Hanifi ZENGİN	Atatürk University Kafkas University	FLASH THE TRANSFORMATION OF MOB PROTESTS INTO CONTEMPORARY ART PRACTICE AND THE RE-CREATION OF SPACE
Prof. Dr. Emel Funda TÜRKMEN Lec. İmren ÖZ KESER Seçkin Seçil BAŞARAN	Çanakkale Onsekiz Mart University Çanakkale AKÇANSA Fine Arts High School	THE MUSIC EDUCATORS' WORKSHOP AS A PROFESSIONAL GATHERING MODEL
İmren ÖZ KESER Prof. Dr. Uğur TÜRKMEN	Çanakkale Onsekiz Mart University	AN EXAMINATION OF UNDERGRADUATE STUDENTS' VIEWS ON THE ENTREPRENEURSHIP AND CAREER DEVELOPMENT COURSE IN PROFESSIONAL MUSIC EDUCATION
Assoc. Prof. Dr. Muhammet Hanifi ZENGİN Assoc. Prof. Dr. Halil DAŞKESEN	Kafkas University Atatürk University	FOUND OBJECTS AND NATURE IN THE ART OF ABDULLAH AL SAADI

Online (with ZOOM Conference)
Meeting ID: 844 6001 0824 / Passcode: 112233
https://us02web.zoom.us/j/84460010824?pwd=E5SNrfmbeHNWjfBdoNzEJxDIzBxGiI.1

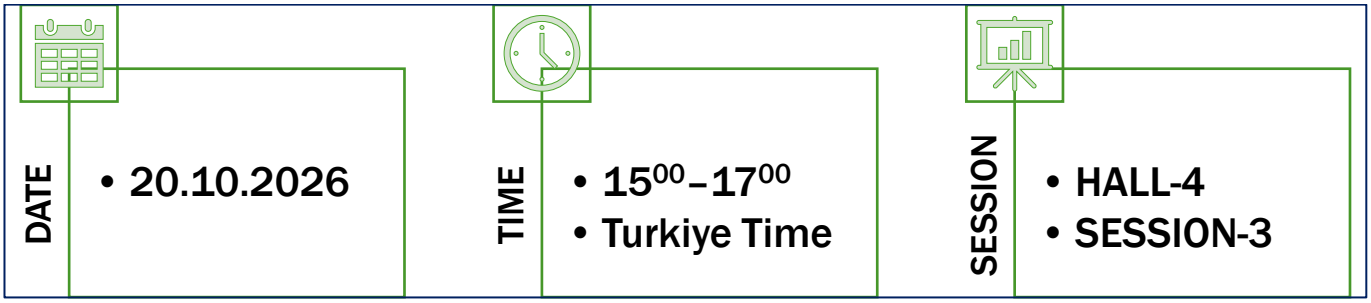


HEAD OF SESSION: Asst. Prof. Dr. Nagihan SEKİ		
Prof. Dr. Adil ELİK Prof. Dr. Nail ALTUNAY Res. Asst. Seçkin FESLİYAN MAZLUM ÇOBAN	Sivas Cumhuriyet University	ANALİTİK KİMYADA YEŞİL SÜREÇ: YENİ NESİL ÇÖZÜCÜLERİN ÖRNEK HAZIRLAMA SÜREÇLERİNDEKİ ROLÜ
Prof. Dr. Adil ELİK Prof. Dr. Nail ALTUNAY Res. Asst. Seçkin FESLİYAN MAZLUM ÇOBAN	Sivas Cumhuriyet University	BİYOLOJİK ÖRNEKLER İÇİN YEŞİL MİKROEKSTAKSİYON ÇÖZÜCÜLERİ
Ayşe ATILGAN Hatice BÜLBÜL Şükriye Rüveyda KARKI Sema SARIDANIŞMET	Kayseri Şeker Fabrikası A.Ş.	EVALUATION OF VEGETATIVE AND REPRODUCTIVE GROWTH STAGES IN CHICORY (CICHORIUM INTYBUS L.) IN TERMS OF ROOT INULIN YIELD
Lec. Dr. Yetkin SENEMOĞLU	Zonguldak Bülent Ecevit University	GAMMA AND NEUTRON SHIELDING OF PVC/Sm 2 O 3 COMPOSITES AND THE PREDICTED EFFECT OF APTES FILLER TREATMENT: A COMPUTATIONAL STUDY
Asst. Prof. Dr. Nagihan SEKİ	Karabük University	WOODY FLORA OF KARABÜK UNIVERSITY DEMİR ÇELİK CAMPUS: TAXONOMIC DIVERSITY AND CLIMATE-RESILIENT LANDSCAPE
Assoc. Prof. Dr. Ahsen Ezel BİLDİK DAL Asst. Prof. Dr. Nilay TULUKCU YILDIZBAŞ	İstanbul University– Cerrahpaşa	METHYL JASMONATE AS AN ALTERNATIVE STIMULANT TO ACID PASTE IN Pinus brutia AND Pinus pinaster: OLEORESIN YIELD, TURPENTINE COMPOSITION, AND RECOMMENDATIONS FOR TAPPING GUIDELINES
Beyza Miraç KELKİT AYDIN Prof. Dr. Ali Tolga ÖZDEN	Çanakkale Onsekiz Mart University	FROM SINGLE BUILDINGS TO NEIGHBORHOODS: SCALE CHANGE IN URBAN TRANSFORMATION



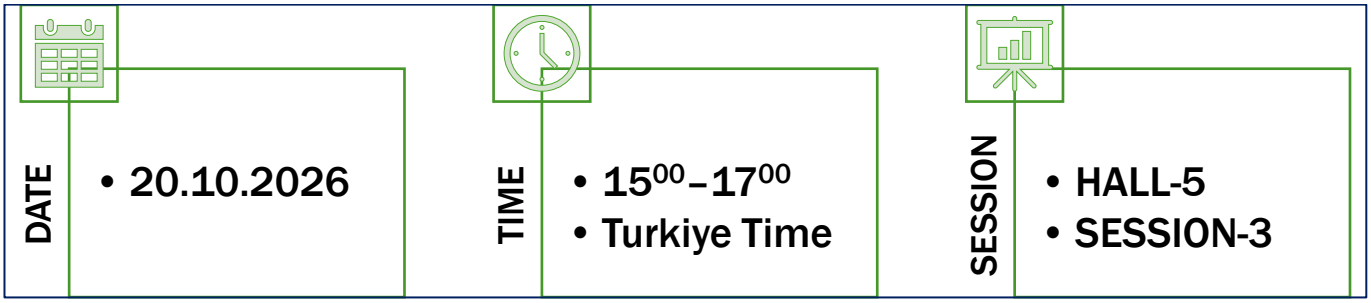
HEAD OF SESSION:

Selenay İSLAMOĞLU Assoc. Prof. Dr. Kamer Ilgın Çakıroğlu	Recep Tayyip Erdoğan University	DETERMINANTS OF PURCHASE INTENTION TOWARD LUXURY COSMETIC BRANDS: PERCEIVED EPHEMERALITY, CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY, PERCEIVED EXCLUSIVITY, AND BRAND PRESTIGE
Emine DURNA Asst. Prof. Dr. Ahmet BAŞCI	Marmara University	THE RELATIONSHIP BETWEEN EMPLOYEES' PERCEPTIONS OF BRAND PERSONALITY AND EMPLOYER BRAND ATTRACTIVENESS
Farid HUSEYNLİ Asst. Prof. Dr. Beylem ÇELİK Dr. Abdullah Kürşat MERTER	İstanbul Gedik University Gebze Technical University	AN EMPIRICAL INVESTIGATION ON THE RELATIONSHIP BETWEEN EXPORT ACTIVITY AND FIRM VALUE IN BORSA ISTANBUL REAL SECTOR FIRMS
Hasret Beyza Pınar Hocazade Mehmet ERBAŞ	Şölen Çikolata Sanayi ve Ticaret A.Ş.	HIGH-PROTEIN AND FUNCTIONAL FILLED CEREAL-BASED EXTRUDED SNACK
Hasret Beyza Pınar Hocazade Mehmet ERBAŞ	Şölen Çikolata Sanayi ve Ticaret A.Ş.	PROMOTING RECYCLABILITY IN THE FLEXIBLE PACKAGING INDUSTRY: MONO-POLYMER LAMINATION STRUCTURES AND BARRIER APPLICATIONS
Dr. Ahmet SARNIÇ	Gendarmerie and Coast Guard Academy	THE EFFECTS OF ORGANIZATIONAL MEMORY LOSS ON ORGANIZATIONAL CONTINUITY: A REVIEW FROM A KNOWLEDGE MANAGEMENT PERSPECTIVE
Assoc. Prof. Dr. Muharrem AKA	Kilis 7 Aralık University	THE PSYCHOLOGY OF SELF-DECEPTION: A SEARCH FOR A HOLISTIC CONCEPTUAL FRAMEWORK
Assoc. Prof. Dr. Muharrem AKA	Kilis 7 Aralık University	THE PSYCHOLOGY OF HYPOCRISY: DEFENDING THE SELF BEHIND THE MASKS

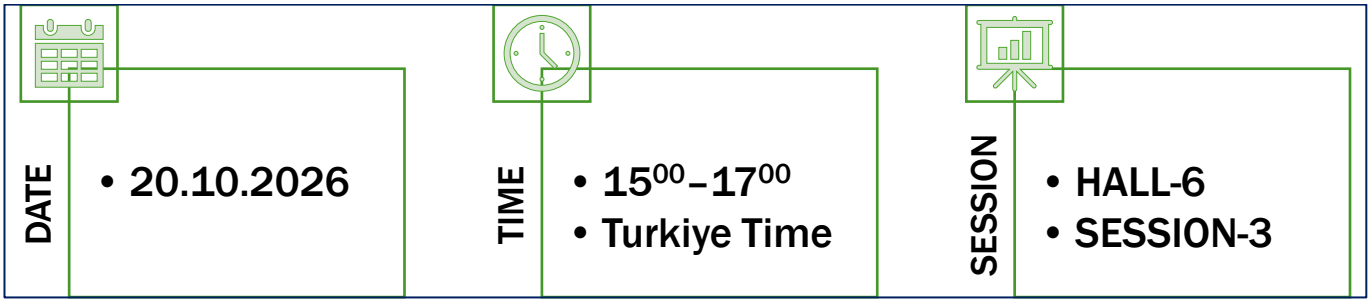


HEAD OF SESSION: Dr. Djihane SLİMANE BEN ALİ

Mohssine Ghazoui Aboubacar Sidigh Sylla Otmane Boudouch Safa Aharrouy Siham Dabali Safa Aharrouy Reda Elkacmi	Sultan Moulay Slimane University Chouaib Doukkali University, Morocco	DEVELOPMENT AND EVALUATION OF ACTIVATED FOR CO_2 ADSORPTION: A MECHANISTIC AND RSM APPROACH
Dr. Djihane SLİMANE BEN ALİ Dr. , Ahlem Sarra SAADİ Dr. Noureddine DAİF	Université 20 Août 1955, Algeria	OLIVE LEAF EXTRACT AS AN ECO-FRIENDLY CORROSION INHIBITOR FOR MILD STEEL IN HYDROCHLORIC ACID MEDIUM
Dr. Djihane SLİMANE BEN ALİ Dr. Ahlem Sarra SAADİ Pr. Ferial Krid Dr. Noureddine DAİF	Université 20 Août 1955, Algeria	ADVANCED MATERIALS AND MODERN DETECTION TECHNOLOGIES FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION
Dr.Ahlem Sarra SAADI Dr. Djihane SLIMANE BEN ALI	Université 20 Août 1955, Algeria	INVESTIGATION OF PLANT EXTRACTS AS GREEN CORROSION INHIBITORS FOR CARBON STEEL IN 1% HCL SOLUTION
Y. Chnika A. Jabar L. Bahmad R. Ahl Laamara	Mohammed V University in Rabat, Morocco Hassan II University of Casablanca, Morocco	THE MAGNESIUM TETRAGONAL HYDRIDES XMGH4 FOR SUSTAINABLE HYDROGEN STORAGE
Fatima Charboub Abdallah Albourine Rachid Ait Akbour	Ibn Zohr University Laboratory of Industrial Engineering Energy and Environment (LI3E)	DEVELOPMENT OF A GREEN HYBRID PHOTOCATALYSIS–ADSORPTION PROCESS BASED ON EUCALYPTUS-DERIVED MATERIALS FOR THE SIMULTANEOUS TREATMENT OF PESTICIDES AND HEAVY METALS IN CONTAMINATED WATER
Sumayya Akram Prof. Dr. Matloob Ahmad Dr. Sana Aslam	Government College University Pakistan Government College Women University	EXPLORING THE ANTICANCER POTENTIAL OF PLANT, MARINE, AND SYNTHETIC GLYCOSIDES

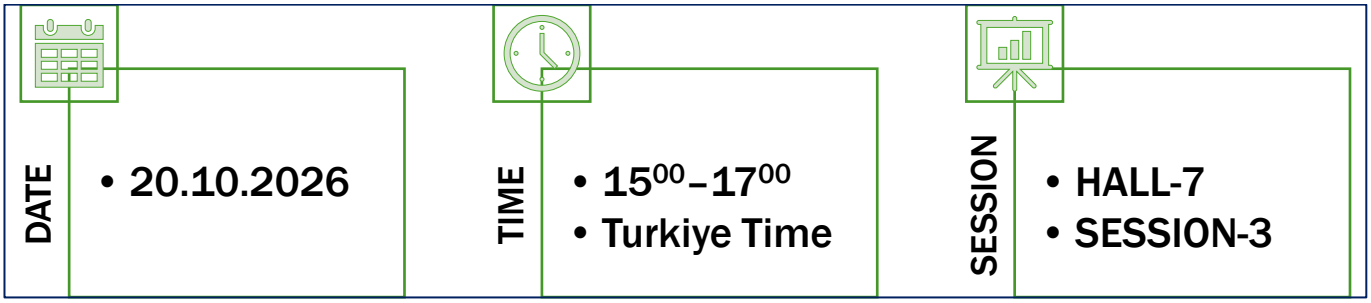


HEAD OF SESSION:		
PhD Candidate Hatim BENSEDDIK	Abdelmalek Essaâdi University, Morocco	WHAT DRIVES COMPETENCY DEVELOPMENT IN PHYSICAL EDUCATION? UNPACKING THE MOTIVATION–ENGAGEMENT PATHWAY
Rusli Nurhidayah A. Yani Animsar Achmad	Institut 'Aisyiyah Sulawesi Selatan	THE ROLE OF HUMAN RESOURCE COMPETENCIES IN SUPPORTING UNIVERSITY QUALITY ASSURANCE AND ACCREDITATION
Roxana Mihaela Moisoiu Prof. Colegiul German	U.S.P.E.E 'C. Stere' Crişinau, Moldova	HAPPINESS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN WORLD HISTORY
Thasneem K. A. Gowhar Ahmad Wani Shifanath A. S.	B.S. Abdur Rahman Crescent Institute of Science and Technology	POPULATION AGEING AND HEALTHCARE EXPENDITURE: COMPARATIVE EVIDENCE FROM TÜRKIYE AND INDIA
Sorina Corman	Lucian Blaga University of Sibiu, Romania	BEYOND INSTITUTIONAL RELOCATION: RESIDENT CHOICE AND COMMUNITY INCLUSION IN DISABILITY SERVICES IN ROMANIA
OMOWUNMI FLORENCE IDOWU	Federal University of Technology	IMPACT OF MONETARY POLICY ON ECONOMIC GROWTH IN NIGERIA
Odunayo Kafayat, ISHOLA	Federal University of Technology	BANK LENDING AND GROWTH OF RETAIL SECTOR IN NIGERIA
Prof. Dr. Habil. C. Popescu Dr. D. Chele	Alexandru Ioan Cuza University of Iaşi, Romania	INFORMATION OVERLOAD AND DECISION PARALYSIS IN INVESTMENT PROCESSES
Nikhil Nishant	SRM University	AWARENESS AND ADOPTION OF SUSTAINABLE INVESTMENT PRACTICES AMONG YOUNG INVESTORS



HEAD OF SESSION:

Gowridevi V S. Suresh	SRM Institute of Science and Technology	ANALYZING THE POTENTIAL OF MICROALGAL NANOPARTICLE IN COMBATING MDR BACTERIAL INDUCED ANTIMICROBIAL RESISTANCE
Asst. Prof. Sushanta Kumar Tarai	Kalinga Institute of Social Sciences (KISS), India	INTEGRATING INDIGENOUS KNOWLEDGE SYSTEMS INTO SUSTAINABLE AGRICULTURAL DEVELOPMENT: A FRAMEWORK FOR CLIMATE RESILIENCE IN RURAL INDIA
H. Mary Henrietta Bairi Mani Ganesh	R.M.K. Engineering College	CLIMATE VARIABILITY, ADAPTATION STRATEGIES, AND THE SOCIO-ECONOMIC TRANSFORMATION OF SMALLHOLDER AGRICULTURE IN INDIA
Muskan Barinderjit Singh Sahil Chaudhary	I.K. Gujral Punjab Technical University, India	EFFECT OF DRYING TECHNIQUES ON THE PHYSICOCHEMICAL AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF JAMUN SEED POWDER AND ITS APPLICATION IN BAKERY FOOD SYSTEM
Miss. Farida Oktaviani Dr. Oetami Dwi Hajoeningtijas Dr. Gayuh Prasetyo Budi Dr. Heru Kuswantoro	Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Indonesia National Research and Innovation Agency – BRIN	GENOTYPE-SPECIFIC RESPONSES OF SOYBEAN (GLYCINE MAX L.) TO ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGAL INOCULUM DOSES
Aliza Naeem Bushra Niaz Farhan Saeed Muhammad Afzaal Ali Imran	Government College University Faisalabad	SUSTAINABLE VALORIZATION OF RED BEETROOT POMACE BIOACTIVES THROUGH NANOENCAPSULATION FOR ENHANCED QUALITY OF FRESH PLUM JUICE
Sawaira Zafar Muhammad Kashif Zahoor	Government College University Faisalabad, Pakistan	RNAi-MEDIATED SILENCING OF CYTOCHROME P450 GENE CYP6AE44 INDUCES MORTALITY AND DEVELOPMENTAL DISRUPTION IN SPODOPTERA FRUGIPERDA
ALLALOU HANANE KHALFI NORA CHABANI AICHA	Laboratory of Bioinformatics, Applied Microbiology, and Biomolecules M'Hamed Bougara University of Boumerdès, Algeria	INFLUENCE OF CLARIFICATION ON THE ANTIOXIDANT, ANTIBACTERIAL AND ANTICORROSION ACTIVITIES OF NIGELLA SATIVA L. SEED OIL



HEAD OF SESSION: Assistant Professor Farhana Naz		
IDRIS WALIYULLAHI OMOTOLA C.J. EZE	Federal University of Technology	INTEGRATION OF ACCEPTABLE CULTURAL BUILDING ELEMENTS IN THE DESIGN OF A FILM PRODUCTION COMPLEX IN ILORIN, KWARA STATE
Assistant Professor Farhana Naz	Lahore College for Women University University of Melbourne	BEYOND WORKPLACE DESIGN: UNDERSTANDING THE IMPACT OF INTERIOR ENVIRONMENTS ON EMPLOYEE HEALTH AND WELL-BEING
Maske M. M. Patil N. K. Patil R. B.	Sanjay Ghodawat University (SGU) Rajarambapu Institute of Technology Walchand College of Engineering	ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR CORROSION ASSESSMENT OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES: A CRITICAL REVIEW
Rajeshwar Mali Atharva Shejawale M. M. Maske	Rajarambapu Institute of Technology	STUDY OF HYDRATION PRODUCTS IN CONCRETE: A CRITICAL REVIEW
Ar. Dr. Omer Shujat Bhatti Prof. Dr. Muhammad Asad Ghufran Ar. Rashid Ali Khan Ar. Aleena Sohail Ar. Fahad Khan	School of Architecture & Planning, Pakistan	EVALUATION OF ENVIRONMENTAL FACTORS IN MIDRISE APARTMENTS. A CASE OF CAPITAL SQUARE BUILDING IN B-17 ISLAMABAD
Nafiu AK Oluwadare AO	Abdullahi Fodiyo University of Science and Technology University of Ibadan, Nigeria	VARIATION IN SELECTED PHYSICAL PROPERTIES OF TERMINALIA LEIOCARPA (Dc.) BAILL. WOOD FROM THE SAVANNAH ZONES OF KEBBI AND OYO, NIGERIA
Rasya Pratama Gunadi Nanda Wahyu Alexander Brisel Padidi Andi Sitti Astati	Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda, Indonesia	COMMUNITY ENVIRONMENTAL AWARENESS AND RIPARIAN LAND-USE COMPLIANCE ALONG THE KARANG MUMUS RIVER, SAMARINDA
Adji Ananta Sukma Aqmal Nabil Nabawi Lisa Astria Milasari	Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda, Indonesia	URBAN IDENTITY AND SPATIAL CHARACTER OF THE ISLAMIC CENTER CORRIDOR IN SAMARINDA, INDONESIA
Charisma T. Tandiayu Januar Mahendri Rusdi Doviyanto Zefni Kanzu	Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda, Indonesia	LOCAL CULTURAL IDENTITY AND URBAN DEVELOPMENT IN PAMPANG CULTURAL VILLAGE, SAMARINDA: STRATEGIES FOR SUSTAINABLE SPATIAL PLANNING

CONTENTS

FULL TEXTS

AUTHOR	TITLE	NO
Abdulkadir EREN	THE IMPACT OF BREAST CANCER AWARENESS MONTH ON INTERNET SEARCHES FOR BREAST CANCER AND SCREENING IN TÜRKİYE: A 10-YEAR GOOGLE TRENDS ANALYSIS	1
Abdulkadir EREN	QUALITY, ACCURACY, AND READABILITY OF TURKISH RESPONSES FROM ARTIFICIAL INTELLIGENCE CHATBOTS TO FREQUENTLY ASKED PATIENT QUESTIONS ABOUT BREAST CANCER	7
Abdulsamed ÇOMAKLI Göker AKSOY	IDENTIFYING W74 CALIBRATION PRIORITIES USING THE VOLUME-PER-LANE INDICATOR IN A FIVE-INTERSECTION NETWORK IN SAKARYA	13
Ahmad Abdullahi Tybo	EMPLOYABILITY SKILLS REQUIRED OF ELECTRICAL/ELECTRONICS TECHNOLOGY GRADUATES FOR SELF-EMPLOYMENT IN NIGER STATE	23
Ahmad Abdullahi Tybo	CHALLENGES OF INTEGRATING INTERNET OF THINGS (IoT) TECHNOLOGIES INTO ELECTRICAL AND ELECTRONICS TECHNOLOGY EDUCATION IN TERTIARY INSTITUTIONS IN NIGER STATE, NIGERIA	33
AHMED ABDULLAHI BARKUTA AMINU GARBA	INTEGRATING TECHNOLOGY-ASSISTED INSTRUCTION FOR STUDENTS WITH LEARNING DISABILITIES: A PATHWAY TO INCLUSIVE AND EFFECTIVE EDUCATION IN NIGERIA	42
Ahmet AKÇAY	MICRORNAs AS BIOMARKERS OF HEAT STRESS IN LIVESTOCK: CURRENT EVIDENCE AND METHODOLOGICAL CHALLENGES	52
Aisha Baba Shehu Shehu Abubakar Alhaji Aliyu Abdulkadir Isaiah Baba Musa	EVALUATION OF GROWTH AND HISTOPATHOLOGICAL PARAMETERS IN CLARIAS GARIEPINUS EXPOSED TO CADMIUM AND DIETARY ESSENTIAL VITAMINS	58
Aleyna ULUCUTSOY Betül SARAÇ	NUMERICAL INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF ANNULAR GROOVES ON THE RESİSTANCE COMPONENTS OF THE DARPA SUBOFF BODY UNDER TURBULENT FLOW CONDITIONS	66
Ali Jahjah Issraa ELmir	CORPORATE GOVERNANCE AND FINANCIAL INSTITUTIONS IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE	80
Alim YELBOĞA	THE RELATIONSHIP BETWEEN POSTMATERIALISM AND TAX COMPLIANCE: A CROSS-COUNTRY ANALYSIS USING THE WORLD VALUES SURVEY	87
Alperen Ağca	INTEREST PAYMENTS, NET LENDING AND PRICES IN TÜRKİYE: A COINTEGRATION ANALYSIS, 2007–2024	102

Alperen Cengiz Mehmet Bilim Yasin Kabalcı	ANALYSIS OF QPSK SIGNALING IN BEAULIEU-XIE FADING CHANNELS WITH ERFC APPROXIMATION USING ARO AND ITS EXPERIMENTAL EVALUATION WITH THE AID OF USRP PLATFORMS	114
Alperen Cengiz Mehmet Bilim Yasin Kabalcı	AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE SOURCES OF IMPLEMENTATION LOSS IN SOFTWARE-DEFINED RADIO MEASUREMENTS	123
Ananda Majumdar	INTERSECTIONS OF RELIGION AND CULTURE IN CONTEMPORARY SOCIAL LIFE	133
Atila Gürgen Semra Aksoy Deniz Yıldız Kürşat Altınbaş	GEBELİKTE DUYGUDURUM DÜZENLEYİCİLER: BİPOLAR BOZUKLUK OLGUSUNDA LİTYUM VE VALPROAT MARUZİYETİNİN GÜNCEL KANITLARLA DEĞERLENDİRİLMESİ	148
Aysun AYDIN SANCAROĞLU Özlem AYDIN	KENTSEL BELLEĞİN YENİDEN YAZILMASI: TRABZON DEĞİRMENDEREBOZTEPE AKSINDA YIKIM VE TEMSİL	153
Ayşe AKHAN	CARDIOPULMONARY ARREST AFTER ERCP IN AN ELDERLY MORBIDLY OBESE PATIENT WITH METABOLIC SYNDROME: A CASE REPORT	168
Barış İbrahim ASLANYÜREK Sefa LÖK	PSYCHOLOGICAL SAFETY IN THE COACH-ATHLETE RELATIONSHIP: A CONTEMPORARY APPROACH REGARDING ATHLETE WELL-BEING AND PERFORMANCE	175
Barış İbrahim ASLANYÜREK Sefa LÖK	AI-POWERED TRAINING PLANNING AND ATHLETE PERFORMANCE MONITORING: A CURRENT REVIEW FROM THE PERSPECTIVE OF COACHING PRACTICES	181
Bekir CENGİL Alihan KARAMANLI	PLANT HEALTH RISKS IN A CHANGING CLIMATE: AGROECOSYSTEM DYNAMICS AND CLIMATE-RESILIENT MANAGEMENT STRATEGIES	188
Bekir CENGİL	CLİMATE-RESILIENT INNOVATIVE SYSTEM DESIGN THROUGH SCIENCE AND ENGINEERING APPROACHES: FOCUSING ON THE COP31 ANTALYA CLIMATE SUMMIT	198
Beytunur TECİMER	TRENDS IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND EDUCATION RESEARCH IN TÜRKİYE: A CONTENT ANALYSIS OF STUDIES RETRIEVED FROM TR DİZİN AND YÖKTEZ, 2021–2026	204
Beyza Miraç Kelkit Aydın Ali Tolga Özden	TEK YAPIDAN MAHALLEYE: KENTSEL DÖNÜŞÜMDE ÖLÇEK DEĞİŞİMİ	218
Beyza Nur KIVANÇ Neslihan LÖK Alime SELÇUK TOSUN	DİJİTAL ÇAĞIN GÖRÜNMEYEN YÜKÜ: SÜREKLİ BAĞLANTIDA OLMANIN RUH SAĞLIĞINA ETKİLERİ	230
Beyza Nur KIVANÇ Neslihan LÖK Alime SELÇUK TOSUN	THE ROLE OF PSYCHIATRIC NURSING IN THE MANAGEMENT OF CHRONIC MENTAL ILLNESSES	240
Cem ÖZKURT	ON THE SOCIALIZED POLITICS OF GOODNESS	250
Cenk Cihan YERİŞKİN Hayriye Gökçen ELBİR Seçkin ALTINDAL YERİŞKİN	EFFECT OF MAGNETITE ADDITION ON THE ELECTRICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF GRAPHITE-FILLED NBR COMPOSITES	255
Derya ELMALI ŞEN Ayşe KELEŞ	EXHIBITION ACTIVITIES AS A LEARNING ENVIRONMENT IN DESIGN	263

Dilara KARAHAN Neslihan LÖK	HEALING THROUGH MOVEMENT: THE PSYCHOSOCIAL EFFECTS OF PHYSICAL ACTIVITY IN PSYCHIATRIC PATIENTS	273
Dilara KARAHAN Neslihan LÖK	PRACTICES FOR PROMOTING FAMILY MENTAL HEALTH	282
Saadet GÜLER Irmak DOĞAN	SYNTHESIS AND STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF NiO NANOPARTICLES ON STEELMAKING FLUE DUST VIA COPRECIPITATION	301
Süleyman Adak	ELEKTRİK GÜÇ SİSTEMLERİNDE HARMONİK BİLEŞENLER İÇİN TEMEL KAVRAMLAR VE TANIMLARLAR	309
Doğukan Barlas Ali İhsan Kılıç	PYCNONUCLEAR REACTION OF ^{40}**Mg**+^{40}**Mg** IN THE NEUTRON STAR CRUST	326
CHUKWUEMEKA G. EME	LEADERSHIP STYLES AND EMPLOYEE PERFORMANCE IN NIGERIAN BUSINESS ORGANIZATIONS: EMPIRICAL REVIEW OF SELECTED SMEs IN LAGOS STATE	337
T. O. Esan. O. G Opeyemia	DENSITY FUNCTIONAL THEORY AND MONTE CARLO SIMULATION OF SOME DERIVATIVES OF 1,2,4-TRIAZOLE-3-THIOL AS CORROSION INHIBITORS ON METAL SURFACES	359
Ahmet AKÇAY	MICRORNAs AS BIOMARKERS OF MASTITIS AND UDDER HEALTH IN DAIRY CATTLE: CURRENT EVIDENCE AND DIAGNOSTIC POTENTIAL	383
Betül Sarı Aksakal	HER MİLLETİN KENDİNE MAHSUS BİR İKTİSADI MI VARDIR? FRIEDRICH LIST'TEN ZİYA GÖKALP'E İKTİSADİ DÜŞÜNCEDE EVRENSELLİK VE TARİHSEL-ULUSAL ÖZGÜLLÜK	390
Cihan KARA	STRATEGIES FOR DEALING WITH EMPLOYEE RESISTANCE TO TECHNOLOGICAL TRANSFORMATION IN ORGANIZATIONS: THE MEDIATING ROLE OF CHANGE LEADERSHIP AND PSYCHOLOGICAL CONTRACT	413
Cihan KARA	THE EFFECTS OF ORGANIZATIONAL CLIMATE ON EMPLOYEES WORK-LIFE BALANCE	422
Irmak DOĞAN Saadet GÜLER	SYNTHESIS AND STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF A HEMATITE/CORUNDUM COMPOSITE VIA IN SITU COPRECIPITATION	429
Resul Özlük	AN OPTIMIZATION-BASED APPROACH TO EVALUATING PARAMETERS AFFECTING THERMAL COMFORT CONDITIONS IN A LABORATORY ENVIRONMENT WITHIN AN EDUCATIONAL FACILITY	438
Vedat Akman Öznur Akman İlkay ERARSLAN	ARTIFICIAL INTELLIGENCE ADOPTION AND PROFITABILITY AMONG COMPANIES LISTED IN THE UNITED ARAB EMIRATES	445
Seyfaddin JAFAROV	NALYTICAL STUDIES OF CdSe;0.5%Ho NANOSTRUCTURES DOPED WITH RARE EARTH ELEMENT HOLMIUM (Ho) FOR OPTOELECTRONIC APPLICATIONS	455
Dragan Katanić Olivera Savić	INITIAL TREATMENT OF DIABETIC KETOACIDOSIS IN CHILDREN -THE SIMPLE PROTOCOL	462

Ekin Selen Yalmanlı Sebahat Sevde Özler Seden Acun Özgünler	USE OF MICROALGAE IN CEMENT-BASED BUILDING MATERIALS: A COMPARATIVE EVALUATION OF BINDER REPLACEMENT AND MICROBIAL CRACK HEALING APPROACHES	468
El Hassane JENNAH Hamid EL MALALI Lhoucine BEN TALEB Azeddine MOUHSEN	THE HEARTBEAT'S ALIBI: RETHINKING EXPLANATION DRIFT IN HOLTER ECG	479
Elvan Deniz Nisa Nur Varınca Eren	FORECASTING CONTAINER THROUGHPUT AT AMBARLI PORT FOR 2026–2028: DECOUPLING FROM NATIONAL GROWTH AND A MODEL COMPARISON	492
Emine DURNA Ahmet BAŞCI	THE RELATIONSHIP BETWEEN EMPLOYEES' PERCEPTIONS of BRAND PERSONALITY and EMPLOYER BRAND ATTRACTIVENESS	505
Emir TOPAÇ Göker AKSOY	MULTI ALPHABET LICENSE PLATE AND COUNTRY RECOGNITION USING MOBILEVITV2 WITH A SPATIAL TRANSFORMER NETWORK	531
Ephraim Augustine Mina	IMPACT OF STRATEGIC PLANNING ON ORGANIZATIONAL COMPETITIVE ADVANTAGE: A STUDY OF GUARANTEE TRUST HOLDING COMPANY RIVERS STATE, NIGERIA	540
Eren Yiğit Oral Pınar Yılmaz	BIOCHEMICAL CHARACTERIZATION AND DETERMINATION OF ANTIBIOTIC RESISTANCE PROFILES OF ESCHERICHIA COLI ISOLATES OBTAINED FROM WHEY SAMPLES	552
Farah Faiaz Kazi	SELLING SUSTAINABILITY IN GLOBAL MARKETS: HOW BANGLADESHI FIRMS RESPOND TO INTERNATIONAL BUYER AND CONSUMER PRESSURE	560
Farida Oktaviani Oetami Dwi Hajoeningtijas Gayuh Prasetyo Budi1 Heru Kuswantoro	GENOTYPE-SPECIFIC RESPONSES OF SOYBEAN (Glycine max L.) TO ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGAL INOCULUM DOSES	579
Farwa Anam	FECAL-DERIVED MICROORGANISMS AS A RESERVOIR OF ANTICANCER NATURAL PRODUCTS: A REVIEW OF MICROBIAL DIVERSITY, BIOACTIVE METABOLITES AND ANTICANCER MECHANISMS	593
Fatma DEMİREL Emel FİLİZ	ASSESSMENT OF CHILDHOOD VACCINATION LITERACY LEVELS AMONG MOTHERS WITH CHILDREN UNDER 5 YEARS OF AGE	608
Fehime Günbegi	GEOECONOMIC FRAGMENTATION AND THE TRANSFORMATION OF GLOBAL VALUE CHAINS: IMPLICATIONS FOR EXTERNAL BALANCES IN DEVELOPING COUNTRIES AND LESSONS FOR TÜRKİYE	632
Feride SANÇMIŞ Mehmet ŞAHİN	METAPHORICAL PERCEPTIONS OF THE CONCEPT OF "FRIEND" AMONG PRESCHOOL CHILDREN AGED 4–6	643
GAFAROV İSMAİL ADİL HASANOVA SEVİNC ELDAR HAJİYEVA SHABNAM AGAMURAD	AUTOMATIC LOCALIZATION OF STROKE LESIONS IN NEUROIMAGING	656

Gamze ÇOPUR Neslihan LÖK Alime SELÇUK TOSUN	PSİKİYATRİDE KRİZ YÖNETİMİ VE GERİLİMİ AZALTMA (DEESKALASYON)YAKLAŞIMLARI: KISITLAMA VE İZOLASYONA ALTERNATİFLER	668
Gamze ÇOPUR Neslihan LÖK Alime SELÇUK TOSUN	ADLİ PSİKİYATRİ HASTALARINDA ÇİFTE DAMGALANMA VE PSİKİYATRİ HEMŞİRESİNİN ROLÜ	679
Gökçe TUĞDEMİR KÖK Davut PEHLİVAN	AT-BERTH CO_2 EMISSIONS OF PASSENGER AND RO-PAX SHIPS IN EU PORTS: EVIDENCE FROM MRV DATA	689
Gözde ÖZTAN	IN SILICO PRE-CLINICAL VALIDATION OF BIOMARKERS IN PAPILLARY THYROID CARCINOMA: INTEGRATION OF CANCER-ALTERING PROPERTIES, BODY-FLUID DETECTABILITY, AND DRUGGABILITY	699
Gözde ÖZTAN	INTEGRATIVE SINGLE-NUCLEUS TRANSCRIPTOMIC AND THREEDIMENSIONAL APOE STRUCTURE ANALYSIS IN ALZHEIMER'S AND PARKINSON'S DISEASE	714
Hakan ACAR	DIGITAL STRESS AND ACADEMIC PROCRASTINATION AMONG COLLEGE STUDENTS: THE MEDIATING ROLE OF COGNITIVE FAILURES	726
Halil DAŞKESEN Muhammet Hanifi ZENGİN	FLASH MOB EYLEMLERİNİN ÇAĞDAŞ SANAT PRATİĞİNE DÖNÜŞÜMÜ VE MEKÂNIN YENİDEN ÜRETİMİ	744
Halim YAR	A COMMENTARY OF SAYYID WAHBĪ'S NAʿT TITLED "NAʿT-I RESŪL-I ḤUDĀ ʿALEYHI'S-SELĀM"	754
Hilal YILMAZ ŞİMŞEK Emel ÇALIŞKAN Demet ERDÖNMEZ Duygu POLAT Halil İbrahim ŞİMŞEK	PSEUDOMONAS AERUGINOSA'DAN PİYOSİYANİN PİGMENTİ ELDE EDİLMESİ: ÜRETİM VE EKSTRAKSİYON SÜRECİ	771
Ibrahim Umar Baba Wachiko Ahmed Yusuf Mundi Mohammed Bashir Is'mail	THE CONCEPTUAL FRAMEWORK OF THE DETERMINANTS OF 21STCENTURY LEARNING AND INNOVATIVE SKILLS AMONG PRE-SERVICE COLLEGE OF EDUCATION SCIENCE TEACHERS IN NIGER STATE, NIGERIA	779
İlhan BİNGÖL	REINTERPRETING ALIENATION THROUGH SIMMEL'S ANALYSES OF MODERNITY AND SOCIAL DISTANCE: A COMPARATIVE STUDY OF SOCIAL MEDIA	792
İlker ERDÖNMEZ	AN OVERVIEW OF THE URBAN CLIMATE OF SAMSUN IN TERMS OF TEMPERATURE AND PRECIPITATION PARAMETERS	803
İmren Öz Keser Uğur Türkmen	AN EXAMINATION OF UNDERGRADUATE STUDENTS' VIEWS ON THE ENTREPRENEURSHIP AND CAREER DEVELOPMENT COURSE IN PROFESSIONAL MUSIC EDUCATION	813
Ishanityasri Balasubramaniam Evyan Yang Chia-Yan	SOIL-DERIVED MICROORGANISMS FOR GREEN SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES	824
Juliana BYLYKBASHI Tildi ÇADRI	INTERGENERATIONAL SOLIDARITY AND SOCIAL PROTECTION IN AN AGEING SOCIETY: LEGAL CHALLENGES FOR YOUTH AND OLDER PERSONS – THE ALBANIAN PERSPECTIVE	835

Keziban YALÇIN DOKUMACI Alihan GÜNDOĞDU	GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS), GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS (GNSS) AND MAP-BASED TECHNOLOGIES IN AGRICULTURAL SPRAYING SYSTEMS	847
Leyla ÇİFTÇİ	THE REFLECTION OF DEMOGRAPHIC CHANGE ON EDUCATION AND HEALTH SERVICES IN DEVELOPMENT PLANS	864
Manolya ÖZDEMİR DURAK Turan BİLGİN	A NATURE-BASED MULTI-STAGE FLOOD BUFFER ZONE MODEL: A CONCEPTUAL PLANNING APPROACH IN THE CASE OF SUNDURA STREAM, HOPA	875
Maske M. M Patil N. K Patil R. B	ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR CORROSION ASSESSMENT OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES: A CRITICAL REVIEW	897
Mazlum ÇOBAN Adil ELİK Nail ALTUNAY Seçkin FESLİYAN	BİYOLOJİK ÖRNEKLER İÇİN YEŞİL MİKROEKSTRAKSİYON ÇÖZÜCÜLERİ GREEN MICROEXTRACTION SOLVENTS FOR BIOLOGICAL SAMPLES	910
Mazlum ÇOBAN Adil ELİK Nail ALTUNAY Seçkin FESLİYAN	GREEN PROCESSES IN ANALYTICAL CHEMISTRY: THE ROLE OF NEXTGENERATION SOLVENTS IN SAMPLE PREPARATION	922
Melike GÖDEN YUNUS EMRE ÖZTÜRK	HEALTH BEHAVIOR AND MACRO–MICRO INTERACTION	931
Mine DİLEK Arif DEMİRER	THE SOCIÉTÉ DE GÉOGRAPHIE (FRENCH GEOGRAPHICAL SOCIETY) AND IT'S ACTIVITIES IN AFRICA (1821–1900)	940
Moses Adeolu AGOI Olayemi Grace ABIMBOLA Olawale Adejumo OSUNLOYE Faith Oghenewveta ALUKO	HARNESSING ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND COMPUTING TECHNOLOGIES TO ADVANCE COMPUTER SCIENCE, INTEGRATED SCIENCE AND OTHER SCIENCE PEDAGOGY	948
Moses Adeolu AGOI Olayemi Grace ABIMBOLA Benjamin Oghomena OMOROJOR Ayodele Elizabeth AGOI Hendri Hermawan ADINUGRAHA	CENTRAL BANK DIGITAL CURRENCIES: ECONOMIC IMPLICATIONS, COMPUTER ENGINEERING CHALLENGES, MONETARY POLICY TRANSMISSION, FINANCIAL STABILITY, AND DIGITAL FINANCIAL TRANSFORMATION	963
Muhammet Hanifi ZENGİN Halil DAŞKESEN	ABDULLAH AL SAADİ'NİN SANAT PRATİĞİNDE BULUNTU-TOPLANAN NESNELER VE DOĞA	979
Muharrem AKA	KENDİNİ ALDATMANIN PSİKOLOJİSİ: BÜTÜNCÜL BİR KAVRAMSAL ÇERÇEVE ARAYIŞI	991
Muharrem AKA	İKİYÜZLÜLÜĞÜN PSİKOLOJİSİ: MASKELERİN ARKASINDAKİ BENLİĞİN SAVUNULMASI	1013
Muhittin Eliaçık	THE SUBJECT OF GIFT IN OTTOMAN FATWAS	1030
Muhittin Eliaçık	THE SUBJECT OF RADÂ' (BREASTFEEDING) IN OTTOMAN FATWAS	1035
Mustafa KILIÇ Sefa LÖK	TAEKWONDO SPORCULARINDA ANTRENÖR DAVRANIŞLARI VE SPORCU TÜKENMİŞLİĞİ: KORUYUCU VE RİSK OLUŞTURUCU FAKTÖRLER	1039
Mücahit MUSLU	CHANGES IN ONLINE SEARCH INTEREST IN WEIGHT LOSS INJECTIONS IN TÜRKİYE FROM 2016 TO 2026: A GOOGLE TRENDS ANALYSIS	1044
Mülayim Tufan YILMAZ Göker AKSOY	A DYNAMIC INCIDENT DETECTION ALGORITHM FOR MOTORWAYS BASED ON TOLL PASSAGE DATA	1053

Nazmi OCAK	LEGAL EVALUATION OF ASSOCIATION LEGAL PERSONALITY, ECONOMIC ENTERPRISES AND AFFILIATED COMPANIES	1063
Nesim Aladağ	THE IMPACT OF RANOLAZINE ON HEART RATE VARIABILITY AND EPICARDIAL FAT THICKNESS IN PATIENTS WITH STABLE CORONARY ARTERY DISEASE	1081
Neslihan ERDÖNMEZ İlker ERDÖNMEZ	THE RELATIONSHIP BETWEEN FROST EVENTS AND THE LENGTHS OF REAL AND ASTRONOMICAL SEASONS IN AMASYA CITY	1090
Nida PERKTAŞ Deniz TANYER	IMPROVING WOMEN'S HEALTH THROUGH A BIOPSYCHOSOCIAL APPROACH	1104
Nikhil Nishant	AWARENESS AND ADOPTION OF SUSTAINABLE INVESTMENT PRACTICES AMONG YOUTH INVESTORS	1112
Nisa Nur Varınca Eren Elvan Deniz	FORECASTING CONTAINER THROUGHPUT AT GEMLIK PORT FOR 2026–2028: CO-MOVEMENT WITH THE NATIONAL CYCLE, SHARE EROSION AND A MODEL COMPARISON	1122
Ogunmilade J. O Adameji J. O Omoniyi O. J	INDUSTRY 4.0 SKILLS AND THE FUTURE OF TECHNICAL AND VOCATIONAL EDUCATION IN NIGERIA	1135
Oktay AĞIRBAŞ Mesut AKYOL	TÜRKİYE'DE HASTA MEMNUNİYETİ ARAŞTIRMALARININ META-ANALİTİK SENTEZİNDE YÖNTEMSEL YAKLAŞIM	1146
Olga SOKOLOVA Ozyegin University, School of Languages, F	TERMS IN MOTION: BORROWING, SEMANTIC ADAPTATION, AND TRANSLATION IN PSYCHOLOGY AND PSYCHOANALYSIS	1156
OLONIYO ADESUNLOYE RICHARD PONZING FREEMAN	HOW HAS NIGERIAN ECONOMY GONE THROUGH DYNAMICS SINCE INDEPENDENCE IN 1960	1163
Ömer Faruk AYABAKAN Göker AKSOY	OPERATIONAL PERFORMANCE ANALYSIS OF THE KOCAELI D-130 CORRIDOR FOR 2025-2035 USING VISSIM WIEDEMANN 99 PARAMETERS	1169
Özge UYSAL ŞAHİN	MANAGING SCARCE RESOURCES IN HEALTH CARE ORGANIZATIONS: RESOURCE ALLOCATION, PRIORITY SETTING AND VALUE-BASED DECISION-MAKING	1179
Özkan İMAMOĞLU	ASYMMETRIC EFFECTS OF GLOBAL SUPPLY CHAIN DISRUPTIONS ON FIRMS' WORKING CAPITAL REQUIREMENTS AND CASH CONVERSION PROCESSES	1193
Özlem AYDIN Nurten GÖKÇEK	EĞİTİM YAPILARINDA ISLAK HACİM SU YALITIM UYGULAMALARI VE SORUNLARI	1201
Özlem DOĞAN	DMİTRİ SHOSTAKOVİCH'İN "24 PRELÜD VE FÜG" OP. 87 DÖNGÜSÜNDEKİ RE MİNÖR PRELÜD VE FÜG: POLİFONİK DÜŞÜNCENİN ÖZELLİKLERİ	1212
Hassan, A. M Danladi A. Salihu	CHALLENGES OF INTEGRATING ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO TECHNICAL AND VOCATIONAL EDUCATION AND TRAINING IN NIGERIA	1219

Ramazan KARA Volkan YAMAÇLI	ARAMA-KURTARMA AMAÇLI İHA GÖRÜNTÜLERİNDE GÜNCEL YOLO MİMARİLERİNİN SARD VERİ SETİ ÜZERİNDE DOĞRULUK VE HESAPLAMA PERFORMANSI AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI	1229
Sandhya K. M Moon Moon Hussain	SOCIO-ECONOMIC DETERMINANTS AND RESIDUAL HEALTH INEQUALITIES IN KERALA	1237
Semra ERPOLAT TAŞABAT İrem NIŞANCI	EFFICIENCY ANALYSIS IN THE TURKISH BANKING SECTOR USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS	1250
Semra ERPOLAT TAŞABAT	DETECTION OF SCIENTIFIC CLAIMS IN E-COMMERCE PRODUCT ADVERTISEMENTS: AN OCR-BASED TEXT MINING APPROACH	1264
Serhat TURAN Ahmet SÖNMEZ	AKTİF YAŞAMIN DAVRANIŞSAL YANSIMALARI: SPOR BİLİMLERİ FAKÜLTESİ ÖĞRENCİLERİNDE FİZİKSEL AKTİVİTE VE ÖZ KONTROL İLİŞKİSİ	1288
Serkan Yenigürbüz	URINARY STONE DISEASE IN PEDIATRIC PATIENTS WITH β-THALASSEMIA MAJOR	1295
Sinan Çelik Nilay Coşgun	HARÇSIZ YAPI TEKTONİĞİ: KURU DUVAR SİSTEMLERİNİN YAPISAL ANALİZİ	1300
Şevval KALELİ Alime SELÇUK TOSUN Neslihan LÖK	INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS OF DIFFERENT EDUCATIONAL METHODS USED IN NURSING STUDENTS	1311
Şeyma OKUR	AN EVALUATION OF ZAHRİYA ILLUMINATIONS IN 16TH-CENTURY OTTOMAN MANUSCRIPTS OF THE QUR'AN	1319
Şule Acar Duyan Süleyman Okudan Tuğba Sezer Muaz Belviranlı	CURCUMIN ATTENUATES MONOSODIUM GLUTAMATE-INDUCED INFLAMMATORY, METABOLIC, AND APOPTOSIS-RELATED MOLECULAR ALTERATIONS IN RAT OCULAR TISSUE	1331
Taha Gökmen ÜLGER Emre ADIGÜZEL Şemsi Gül YILMAZ KOCAMAN	THE SOCIAL REFLECTIONS OF CHANGES IN CULINARY CULTURE	1336
Thasneem K. A Gowhar Ahmad Wani Shifanath A. S	POPULATION AGEING AND HEALTHCARE EXPENDITURE: COMPARATIVE EVIDENCE FROM TÜRKIYE AND INDIA	1345
Tolga TUNÇEL Emre KILINÇ Süleyman TUNÇEL	SPORTİF FAALİYETLERİN GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLER VE GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ İLE İZLENMESİ	1358
Tuba SAKALLI Gülden ÖZTÜRK SERTER	AN EXAMINATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN PERFECTIONIST ATTITUDES AND TEST ANXIETY AMONG ADOLESCENTS	1369
Uğur TARÇIN	THE ACADEMIA–GOVERNMENT–INDUSTRY GOLDEN TRIANGLE IN THE TURKISH DEFENCE INDUSTRY ECOSYSTEM: INSTITUTIONAL COORDINATION	1386
Umanyi Emmanuel peace chinwendu Oji Michael ugochukwu Onwuma uzoma Akajiaku Itam promise Thomas	BRIDGING THE SKILLS GAP BETWEEN ELECTRICAL/ELECTRONICS TECHNICAL EDUCATION AND INDUSTRY REQUIREMENTS IN NIGERIA	1393

Umanyi Emmanuel peace chinwendu Oji Michael ugochukwu Onwuma uzoma Akajiaku Itam promise Thomas	CURRICULUM RESPONSIVENESS TO INDUSTRY 4.0 IN ELECTRICAL/ELECTRONICS TECHNOLOGY EDUCATION IN NIGERIA	1405
Umanyi Emmanuel Peace Chinwendu Oji Michael Ugochukwu Onwuma Uzoma Akajiaku Itam Promise Thomas	EFFECT OF PROTEUS SIMULATION SOFTWARE ON STUDENTS' ACQUISITION OF ELECTRONIC CIRCUIT DESIGN SKILLS IN TECHNICAL COLLEGES IN NIGER STATE, NIGERIA	1414
Ümit Ferit ALDIM	CONTENT OR LANGUAGE? VALIDITY AND FAIRNESS ISSUES IN DUALFOCUS ASSESSMENT IN PRIMARY EDUCATION	1424
Ümit Ferit ALDIM	THE PLACE OF THE MOTHER TONGUE IN THE MULTILINGUAL PRIMARY CLASSROOM: THE INTERSECTION OF PEDAGOGICAL TRANSLANGUAGING AND CONTENT AND LANGUAGE INTEGRATED LEARNING	1436
Yağmur Özlem OĞUZ Aydın RÜSTEMOĞLU	GENETIC AND MOLECULAR BASIS OF ANTIMICROBIAL RESISTANCE IN HEALTHCARE-ASSOCIATED INFECTIONS	1448
Yasemin ATEŞ SARI Sevilay Seda BAŞ	GERİATRİK BİREYLERDE POLİFARMASİ, DEPRESYON, KOGNİTİF FONKSİYONLAR VE FONKSİYONEL BAĞIMSIZLIK ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ	1461
Yıldırım Hasan SELEKOĞLU	ATALAR KENTSEL SİT ALANI VE ÇEVRESİNİN KUNDAKLAMA RİSKİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ	1470
Aslıhan YILMAZ Muhammet Fatih ALKAN	"DIFFICULT DAYS" THROUGH TEACHERS' EYES: MEANINGS, CONTEXTS, AND COPING STRATEGIES	1482
Atila Gürgen Semra Aksoy Demet Güleç Öyekçin	YANAN AĞIZ SENDROMUNDA PSİKİYATRİK EŞ BELİRTİLER VE ESSİTALOPRAM TEDAVİSİNE YANIT: BİR OLGU SUNUMU	1500
Aziz BAYRAM Muaz BELVİRANLI Nilsel OKUDAN Tuğba SEZER	SIÇANLARDA PROPİYONİK ASİT İLE OLUŞTURULAN OTİZM MODELİNDE KROSİN TAKVİYESİNİN NÖROİNFLAMASYON VE MİTOKONDRİYAL BİYOGENEZ ÜZERİNE ETKİSİ	1504
Bekir CENGİL	REDESIGNING THE FUTURE OF AGRICULTURAL PRODUCTION THROUGH TECHNOLOGY, EFFICIENCY, AND SUSTAINABILITY	1509
Ahmet SARNIÇ	THE EFFECTS OF ORGANIZATIONAL MEMORY LOSS ON ORGANIZATIONAL CONTINUITY: A REVIEW FROM A KNOWLEDGE MANAGEMENT PERSPECTIVE	1515
DURSUN ATEŞ YUNUS EMRE ÖZTÜRK	THE RETURN OF INFECTIOUS DISEASES IN THE CONTEXT OF EPIDEMIOLOGICAL TRANSITION THEORY AND SYNDEMICS: A MICRO-MACRO ANALYSIS THROUGH TURKEY AND GLOBAL HEALTH DATA	1522
Emel Funda TÜRKMEN İmren ÖZ KESER Seçkin Seçil BAŞARAN	THE MUSIC EDUCATORS' WORKSHOP AS A PROFESSIONAL GATHERING MODEL	1527
Emre ADIGÜZEL Taha Gökmen ÜLGER Şemsi Gül YILMAZ KOCAMAN	THE INDIVIDUALIZATION OF EATING: THE SHIFT FROM COMMUNAL DINING TO SOLITARY EATING	1546

Emre ÇELİK Mehmet KARAYEL	LOAD FREQUENCY CONTROLLER DESIGN OF A TWO-AREA POWER SYSTEM INCLUDING PV GRID AND THERMAL GENERATOR USING STOCHASTIC FRACTAL SEARCH ALGORITHM	1554
Emre ÇELİK Mehmet KARAYEL	EXTRACTION OF PHOTOVOLTAIC CELL PARAMETERS USING STOCHASTIC FRACTAL SEARCH ALGORITHM	1562
Farid HUSEYNLİ Beylem ÇELİK Abdullah Kürşat MERTER	BORSA İSTANBUL REEL SEKTÖR FİRMALARINDA İHRACAT FAALİYETİ VE FİRMA DEĞERİ İLİŞKİSİ ÜZERİNE AMPİRİK BİR İNCELEME	1572
Iqbal Ali oglu Aliyev	DISEASES AFFECTING BEECH TREES IN GÖYGÖL NATIONAL PARK	1587
Müge KINAY Hatice NAYMAN HAMAMCI Selim AREN	HOW HERDING TRANSLATES UNCERTAINTY PERCEPTION INTO RISK TAKING	1591
Osman Salih YILMAZ Mehmet Serdar ORUÇ	MULTI-YEAR INVENTORY OF FOREST AND MAQUIS FIRES IN MANISA USING SENTINEL-2 (2017–2024): BURN SEVERITY AND dNBR THRESHOLD SENSITIVITY	1600
Özlem AYDIN Nurten GÖKÇEK	TÜRKİYE'DE KIRSAL KONUTLARDA İKLİM DUYARLI VE ENERJİ ETKİN TASARIM ARAŞTIRMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ: LİSANSÜSTÜ TEZLER ÜZERİNDEN BİR İNCELEME	1612
Rusli Nurhidayah A. Yani Animsar Achmad	THE ROLE OF HUMAN RESOURCE COMPETENCIES IN SUPPORTING UNIVERSITY QUALITY ASSURANCE AND ACCREDITATION	1627
Senem DEMİRDEL	EFFECTS OF YOGA TRAINING ON INDIVIDUALS WITH LOWER EXTREMITY AMPUTATION: A SYSTEMATIC REVIEW	1647
Senem DEMİRDEL	BIBLIOGRAPHIC ANALYSIS OF THESES ON MANAGEMET OF PHANTOM LIMB PAIN IN TURKEY	1653
Şule TEZCAN Baran YAŞAR	EXPERIENCES OF TEACHERS OF STUDENTS WITH PHYSICAL DISABILITIES REGARDING ADAPTATIONS FOR PHYSICAL ACTIVITIES	1659
Umanyi Emmanuel peace chinwendu Oji Michael ugochukwu Onwuma uzoma Akajiaku Itam promise Thomas	UTILIZATION OF MATLAB/SIMULINK FOR TEACHING ELECTRICAL CIRCUIT ANALYSIS IN TERTIARY INSTITUTIONS IN NORTH-CENTRAL NIGERIA	1667
Vesile UZLU	A GENERAL OVERVIEW OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE MEDIA AND THE PUBLIC IN THE CONTEXT OF NEW COMMUNICATION TECHNOLOGIES, THROUGH THE LENS OF THE USES AND SATISFACTIONS THEORY	1675
Yetkin SENEMOĞLU	GAMMA AND NEUTRON SHIELDING OF PVC/Sm2O3 COMPOSITES AND THE PREDICTED EFFECT OF APTES FILLER TREATMENT: A COMPUTATIONAL STUDY	1683
Zeynep Yavuz Zeynep Nur Sandıkcı Serkan Cerk	ANLIK ÖDEME SİSTEMLERİNDE KESİNTİSİZ ALTYAPI DÖNÜŞÜMÜ: TCMB FAST VE SİFAST ÖRNEĞİ	1702

Zeynep Yavuz Zeynep Nur Sandıkcı Serkan Cerk	FİNANSAL KAMPANYA METİNLERİNDEN BÜYÜK DİL MODELİ İLE BİLGİ ÇIKARIMINDA HATALAR VE MODEL GÜVENİNİN GÜVENİLİRLİĞİ	1713
Zeynep Yavuz Alper Anapalı Serkan Cerk	YAPAY ZEKÂ İLE ÜRETİLEN ÜRÜN İÇERİKLERİNDE ÖZGÜNLÜK: BİR LİTERATÜR İNCELEMESİ	1724
Hülya KÜÇÜKOĞLU	WAITING AND FAILED COMMUNICATION IN SAMUEL BECKETT'S WAITING FOR GODOT	1734

MEME KANSERİ FARKINDALIK AYININ TÜRKİYE'DE MEME KANSERİ VE TARAMASINA YÖNELİK İNTERNET ARAMALARINA ETKİSİ: 10 YILLIK GOOGLE TRENDS ANALİZİ
THE IMPACT OF BREAST CANCER AWARENESS MONTH ON INTERNET SEARCHES FOR BREAST CANCER AND SCREENING IN TÜRKİYE: A 10-YEAR GOOGLE TRENDS ANALYSIS

Dr. Öğr. Üyesi Abdulkadir EREN
İstanbul Medipol Üniversitesi, Medipol Mega Üniversite Hastanesi, Radyoloji Bölümü

ÖZET

Meme kanseri farkındalık ayı olan Ekim ayında yürütülen kampanyaların toplumun meme kanseri ve taramasına yönelik ilgisini ne ölçüde etkilediği yeterince bilinmemektedir. Bu çalışmada, farkındalık ayının Türkiye'de meme kanseri ve meme kanseri taramasına yönelik internet arama davranışı üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Google Trends kullanılarak Türkiye'de Ocak 2016 – Ekim 2025 dönemine ait "meme kanseri", "mamografi", "meme muayenesi" ve "meme ultrasonu" terimlerinin aylık göreli arama hacimleri (0-100) elde edilmiştir. Ekim ayı değerleri diğer aylarla Mann-Whitney U testi ile karşılaştırılmış, her yıl için Ekim ayının diğer ayların ortalamasına göre artış yüzdesi hesaplanmış ve yıllar içindeki eğilim Spearman korelasyon analiziyle değerlendirilmiştir. Çalışmada kişisel veri kullanılmadığından etik kurul onayı gerekmemiştir. Ekim ayında "meme kanseri" (medyan 80'e karşı 51; p<0,001), "mamografi" (21'e karşı 17; p=0,007) ve "meme muayenesi" (3'e karşı 2; p<0,001) aramaları diğer aylara göre anlamlı olarak yüksek bulunmuş, "meme ultrasonu" aramalarında ise anlamlı fark saptanmamıştır (p=0,098). Ekim ayındaki ortalama artış "meme kanseri" için %52,1, "mamografi" için %22,4 olup en düşük artış 2020-2022 döneminde gözlenmiştir. Çalışma süresince "mamografi" (rho=0,72; p=0,019) ve "meme ultrasonu" (rho=0,87; p<0,001) aramalarında anlamlı artış eğilimi saptanmıştır. Sonuç olarak meme kanseri farkındalık ayı, Türkiye'de meme kanserine yönelik çevrim içi ilgiyi belirgin şekilde artırmakta, ancak bu artış tarama yöntemlerine yönelik aramalara sınırlı ölçüde yansımaktadır. Farkındalık kampanyalarının tarama davranışını teşvik eden mesajlarla desteklenmesi önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Meme Kanseri, Mamografi, Farkındalık Ayı, Google Trends, İnfodemiyoloji

ABSTRACT

The extent to which campaigns conducted during Breast Cancer Awareness Month in October influence public interest in breast cancer and screening remains unclear. This study aimed to evaluate the impact of the awareness month on internet search behavior related to breast cancer and breast cancer screening in Türkiye. Monthly relative search volumes (0-100) for the terms "breast cancer," "mammography," "breast examination," and "breast ultrasound" (searched in Turkish) in Türkiye between January 2016 and October 2025 were obtained from Google Trends. October values were compared with those of other months using the Mann-Whitney U test, the percentage increase in October relative to the mean of the other months was calculated for each year, and temporal trends were assessed using Spearman correlation analysis. Ethics committee approval was not required, as no personal data were used. Searches for "breast cancer" (median 80 vs. 51; p<0.001), "mammography" (21 vs. 17; p=0.007), and "breast examination" (3 vs. 2; p<0.001) were significantly higher in October than in other months,

whereas no significant difference was found for “breast ultrasound” (p=0.098). The mean October increase was 52.1% for “breast cancer” and 22.4% for “mammography,” with the lowest increases observed during 2020-2022. Searches for “mammography” (rho=0.72; p=0.019) and “breast ultrasound” (rho=0.87; p<0.001) showed significant upward trends over the study period. In conclusion, Breast Cancer Awareness Month substantially increases online interest in breast cancer in Türkiye; however, this increase is only modestly reflected in searches for screening methods. Awareness campaigns may benefit from messages that actively encourage screening behavior.

Keywords: Breast Cancer, Mammography, Awareness Month, Google Trends, Infodemiology

GİRİŞ

Meme kanseri, dünyada kadınlarda en sık tanı alan ve kanser kaynaklı ölümlerin önde gelen nedenlerinden biri olan kanserdir; GLOBOCAN 2022 verilerine göre tüm yeni kanser olgularının %11,6’sını oluşturmaktadır [1]. Meme kanserine bağlı mortalitenin azaltılmasında en etkili yaklaşım, hastalığın mamografi taraması ile erken evrede saptanmasıdır. Türkiye’de toplum tabanlı tarama programı kapsamında 40-69 yaş arası kadınlara iki yılda bir mamografi önerilmekte ve bu hizmet Kanser Erken Teşhis, Tarama ve Eğitim Merkezleri (KETEM) ile birinci basamak sağlık kuruluşlarında ücretsiz olarak sunulmaktadır [2].

Her yıl Ekim ayında düzenlenen meme kanseri farkındalık ayı, hastalığa ilişkin toplumsal bilinci artırmayı ve kadınları taramaya yönlendirmeyi amaçlayan en köklü sağlık kampanyalarından biridir. Uluslararası çalışmalar, farkındalık ayının meme kanserine yönelik çevrim içi ilgiyi her yıl düzenli olarak artırdığını göstermiştir [3]. Ancak bu ilginin tarama ve tanı davranışına ne ölçüde yansıdığı tartışmalıdır; Amerika Birleşik Devletleri’nde kampanyanın erken yıllarında Ekim sonrasında tanı sayılarında artış gözlenirken, tarama programlarının yerleşmesiyle bu etkinin azaldığı bildirilmiştir [4]. Türkiye’de farkındalık ayı döneminde yürütülen tarama kampanyalarını değerlendiren sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır [5].

İnternet arama verilerinin halk sağlığı amacıyla analiz edilmesi “infodemiyoloji” olarak tanımlanmaktadır [6]. Google Trends, belirli terimlere yönelik arama ilgisinin zaman ve coğrafyaya göre değişimini ücretsiz ve anonim olarak sunan bir araçtır ve sağlık araştırmalarında giderek artan sıklıkta kullanılmaktadır [7,8]. Bu yöntem, toplumun bir sağlık konusuna yönelik ilgisini doğrudan anket gerektirmeden, geniş bir zaman diliminde izleme olanağı sağlar.

Bu çalışmanın amacı, meme kanseri farkındalık ayının Türkiye’de meme kanseri ve meme kanseri taramasına yönelik internet arama davranışı üzerindeki etkisini 10 yıllık Google Trends verileriyle değerlendirmek ve farkındalık ayında artan ilginin hastalığa yönelik genel aramalar ile tarama yöntemlerine yönelik aramalar arasında farklılık gösterip göstermediğini ortaya koymaktır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Gereç ve Yöntem

Bu retrospektif infodemiyoloji çalışmasında, Google Trends (trends.google.com) üzerinden Türkiye’ye ait aylık göreli arama hacmi verileri Ekim 2026’da indirilmiştir. Arama terimleri olarak toplumun hastalığa yönelik genel ilgisini temsil eden “meme kanseri” ile tarama ve tanıya yönelik eylem odaklı ilgiyi temsil eden “mamografi”, “meme muayenesi” ve “meme ultrasonu” seçilmiştir. Terimler birbirine göre ölçeklenebilmeleri için aynı karşılaştırma penceresinde, bölge “Türkiye” ve kategori “Sağlık” olarak sorgulanmıştır. Analize Ocak 2016 – Ekim 2025 dönemine ait 118 aylık veri noktası dahil edilmiştir. Google Trends değerleri,

seçilen dönem ve bölgedeki en yüksek arama ilgisine göre 0-100 arasında normalize edilmiş göreli değerlerdir; 0 değeri yeterli arama hacmi bulunmadığını gösterir [8].

Ayrıca "meme kanseri" terimiyle birlikte en çok aranan ve en hızlı yükselen ilişkili sorgular ile terimlerin il bazında göreli dağılımı aynı platformdan elde edilmiştir. Her terim için Ekim ayı değerleri diğer ayların değerleriyle Mann-Whitney U testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Her yıl için Ekim ayı değerinin aynı yılın diğer aylarının ortalamasına göre yüzde artışı hesaplanmış; Ekim artışındaki ve yıllık ortalama arama ilgisindeki zamansal eğilimler Spearman korelasyon analiziyle değerlendirilmiştir. Farkındalık ayının sonraki aya taşan etkisini incelemek için Kasım ayı değerleri, Ekim ve Kasım dışındaki aylarla karşılaştırılmıştır. Veriler medyan (çeyrekler arası aralık, ÇAA) olarak sunulmuş; $p<0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. Analizler Python (SciPy) ile yapılmıştır. Çalışmada kamuya açık, anonim ve kümelenmiş veriler kullanıldığı, insan katılımcı veya kişisel veri bulunmadığı için etik kurul onayı gerekmemiştir.

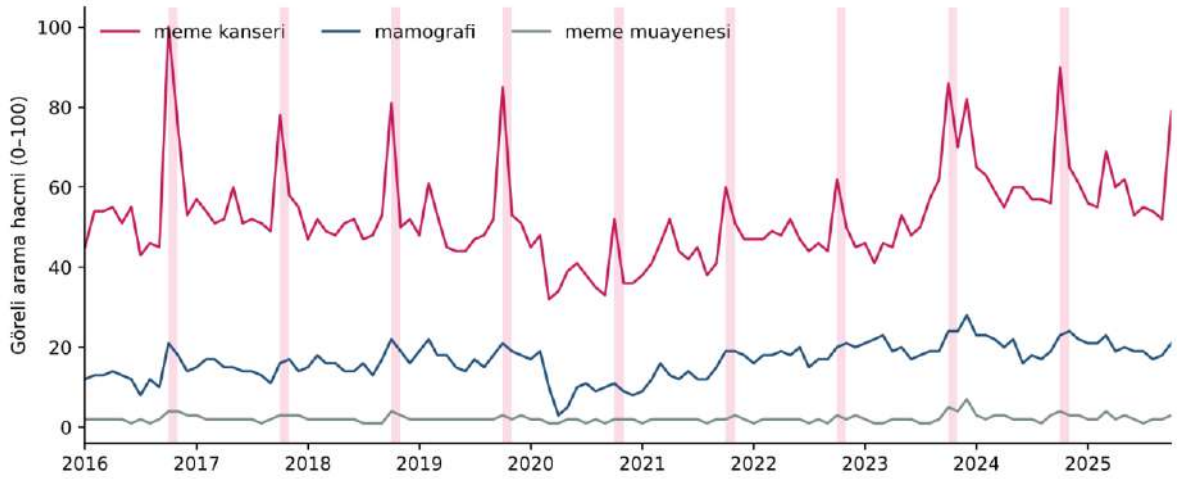
Bulgular

Dört terimin Ekim ayı ve diğer aylardaki arama ilgisi Tablo 1'de özetlenmiştir. Ekim ayında "meme kanseri" aramaları diğer aylara göre belirgin olarak yüksek bulunmuştur [medyan 80 (ÇAA 66-86) ve 51 (45-55); $p<0,001$]. Benzer şekilde "mamografi" [21 (19-22) ve 17 (14-19); $p=0,007$] ve "meme muayenesi" [3 (3-4) ve 2 (2-2); $p<0,001$] aramaları Ekim ayında anlamlı olarak artmıştır. "Meme ultrasonu" aramalarında ise anlamlı bir Ekim etkisi saptanmamıştır ($p=0,098$). On yıllık seyir ve her yıl tekrarlayan Ekim zirveleri Şekil 1'de görülmektedir.

Tablo 1. Arama terimlerinin Ekim ayı ve diğer aylardaki göreli arama hacimleri (Ocak 2016 – Ekim 2025)

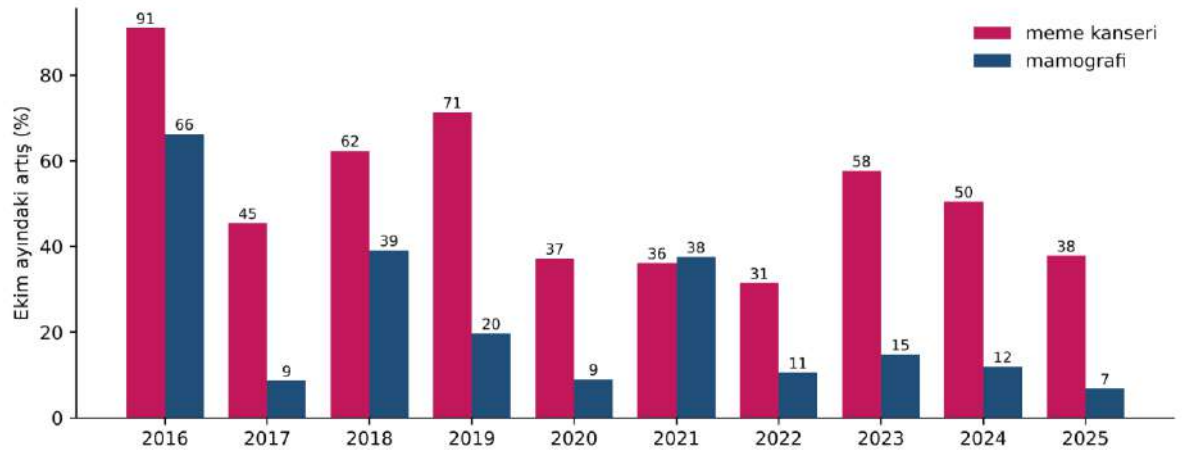
Arama terimi	Ekim, medyan (ÇAA)	Diğer aylar, medyan (ÇAA)	p	Ort. Ekim artışı (%)
Meme kanseri	80 (66-86)	51 (45-55)	<0,001	52,1
Mamografi	21 (19-22)	17 (14-19)	0,007	22,4
Meme muayenesi	3 (3-4)	2 (2-2)	<0,001	60,2*
Meme ultrasonu	2 (1-3)	1 (1-2)	0,098	35,3*

ÇAA: çeyrekler arası aralık. p değerleri Mann-Whitney U testi ile hesaplanmıştır. *Düşük mutlak arama hacmi nedeniyle yüzde değerler yıldan yıla geniş dalgalanma göstermektedir ve dikkatle yorumlanmalıdır.



Şekil 1. Türkiye'de "meme kanseri", "mamografi" ve "meme muayenesi" terimlerinin aylık göreli arama hacmi (Ocak 2016 – Ekim 2025). Pembe alanlar her yılın Ekim ayını göstermektedir.

Ekim ayındaki ortalama artış "meme kanseri" için %52,1 iken, tarama yöntemini doğrudan temsil eden "mamografi" için %22,4 olarak hesaplanmıştır. Diğer bir deyişle farkındalık ayı, hastalığa yönelik genel ilgiyi tarama yöntemine yönelik ilgiye göre yaklaşık 2,3 kat daha fazla artırmıştır. Yıllara göre Ekim artışları Şekil 2'de gösterilmiştir. "Meme kanseri" için en yüksek Ekim artışı 2016'da (%91,0), en düşük artışlar ise 2020-2022 döneminde (%31,4-37,2) gözlenmiştir. Ekim artışının yıllar içinde azalma eğiliminde olduğu görülmekle birlikte bu eğilim istatistiksel olarak anlamlı değildir ("meme kanseri" için rho=-0,47, p=0,174; "mamografi" için rho=-0,48, p=0,162).



Şekil 2. "Meme kanseri" ve "mamografi" aramalarında her yıl Ekim ayı değerinin aynı yılın diğer aylarının ortalamasına göre yüzde artışı.

Farkındalık ayının etkisinin bir kısmı Kasım ayına da taşmıştır: Kasım ayındaki "mamografi" (p=0,035) ve "meme muayenesi" (p<0,001) aramaları, Ekim ve Kasım dışındaki aylara göre anlamlı olarak yüksek bulunurken, "meme kanseri" aramalarında bu fark anlamlılık düzeyine ulaşmamıştır (p=0,082). Uzun dönemli eğilimler incelendiğinde, yıllık ortalama "mamografi" (rho=0,72; p=0,019) ve "meme ultrasonu" (rho=0,87; p<0,001) aramalarında çalışma süresince anlamlı bir artış saptanmıştır; "meme kanseri" aramalarında ise anlamlı bir eğilim izlenmemiştir (p=0,293). Tüm terimlerde 2020 yılı ortalama ilgisinin en düşük düzeyde olduğu dikkati çekmiştir.

İlişkili sorgular incelendiğinde, "meme kanseri" ile birlikte en çok aranan sorgunun "meme kanseri belirtileri" (göreli değer 100) olduğu, bunu "meme kanseri nedir" (28) ve tedaviye yönelik sorguların izlediği görülmüştür. Taramaya yönelik "mamografi" (5), "meme kanseri taraması" (3) ve "ketem" (2) sorguları ise düşük düzeyde kalmıştır. Bununla birlikte en hızlı yükselen sorgular arasında "meme kanseri farkındalık ayı" (%600), "meme kanseri taraması" (%200) ve "ketem" (%110) yer almıştır. İl bazında, dört terim içinde "mamografi" aramalarının payı Yalova (%32), Aydın (%29), Uşak ve İstanbul'da (%27) en yüksek; Tunceli (%0), Kilis (%10) ve Hakkâri'de (%11) en düşük bulunmuştur. Tarama terimlerinin payının Batı illerinde daha yüksek, Doğu ve Güneydoğu illerinde daha düşük olduğu dikkati çekmiştir.

Tartışma

Bu çalışmada, meme kanseri farkındalık ayının Türkiye'de meme kanserine yönelik çevrim içi ilgiyi her yıl düzenli ve belirgin şekilde artırdığı gösterilmiştir. Bu bulgu, farkındalık ayının

internet arama aktivitesini düzenli olarak artırdığını bildiren uluslararası çalışmalarla uyumludur [3]. Çalışmamızın asıl katkısı ise bu artışın tarama yöntemine yönelik aramalara orantılı biçimde yansımadığını göstermesidir: Ekim ayında hastalığa yönelik ilgi ortalama %52 artarken, mamografi aramalarındaki artış %22 düzeyinde kalmıştır. İlişkili sorgularda da kullanıcıların ağırlıklı olarak belirtilere ve hastalığın tanımına yöneldiği, taramaya ilişkin sorguların ise sınırlı kaldığı görülmüştür. Bu durum, farkındalık kampanyalarının bilgi arayışını tetiklediğini ancak bu ilginin bir bölümünün eyleme, yani taramaya katılıma dönüşmediğini düşündürmektedir.

Kampanyaların belirtilere odaklanan mesajları, toplumda meme kanserinin "belirti verdiğinde fark edilen" bir hastalık olarak algılanmasına katkıda bulunuyor olabilir. Oysa taramanın amacı belirti ortaya çıkmadan hastalığı saptamaktır. Bu nedenle Ekim kampanyalarında "belirtileri tanıyın" mesajının yanı sıra "belirti beklemeden mamografi çektirin" mesajının, randevu alma yolları ve KETEM gibi ücretsiz hizmetlerin bilgisiyle birlikte daha görünür kılınması önerilebilir. "Meme kanseri taraması" ve "ketem" sorgularının en hızlı yükselen sorgular arasında yer alması ise bu yönde olumlu bir eğilimin başladığını göstermektedir. Mamografi ve meme muayenesi aramalarının Kasım ayında da yüksek seyretmesi, farkındalık ayında başlayan tarama niyetinin bir kısmının sonraki aya taşındığını düşündürmektedir.

Ekim artışının en düşük olduğu 2020-2022 dönemi COVID-19 pandemisine denk gelmektedir. Pandemi döneminde meme kanseri tarama hacimlerinin ve tanı sayılarının dünya genelinde belirgin şekilde azaldığı bildirilmiştir [9]. Bulgularımız, pandeminin taramalarla birlikte bu konudaki çevrim içi ilgiyi de azalttığını ve farkındalık ayının etkisini zayıflattığını düşündürmektedir. Öte yandan mamografi ve meme ultrasonu aramalarının on yıl boyunca anlamlı olarak artması, toplumda meme görüntüleme yöntemlerine yönelik bilgi talebinin genel olarak yükseldiğine işaret etmektedir. İl bazında tarama terimlerinin payındaki Batı-Doğu farkı, ileride bölgesel tarama katılımı ve sağlık okuryazarlığı verileriyle birlikte değerlendirilmesi gereken bir bulgudur.

Çalışmanın bazı kısıtlılıkları bulunmaktadır. Google Trends mutlak arama sayılarını değil göreli değerleri sunmakta, verileri örnekleme yoluyla oluşturmakta ve aramaları yapanların demografik özelliklerini vermemektedir [7,8]. İnternet erişimi ve Google kullanımı tüm toplumu eşit biçimde temsil etmemekte; yaşlı ve kırsal kesimdeki kadınlar bu verilerde daha az temsil ediliyor olabilir. Arama ilgisi doğrudan tarama katılımı anlamına gelmemektedir; bu nedenle bulgularımızın gerçek mamografi çekim sayılarıyla karşılaştırılması gerekmektedir. "Meme muayenesi" ve "meme ultrasonu" terimlerinin düşük arama hacmi, bu terimlere ait yüzde değişimlerin yorumunu sınırlamaktadır. Son olarak 2025 yılına ait veriler Ekim ayında sona erdiğinden yıllık ortalamalar bu yıl için 10 aya dayanmaktadır.

SONUÇ

Meme kanseri farkındalık ayı, Türkiye'de meme kanserine yönelik çevrim içi ilgiyi her yıl belirgin şekilde artırmaktadır; ancak bu artış, mamografi gibi tarama yöntemlerine yönelik aramalara sınırlı ölçüde yansımaktadır. Farkındalık ayında artan ilginin taramaya katılıma dönüştürülebilmesi için kampanyaların belirti odaklı mesajlarının, belirti beklemeden düzenli mamografi çektirmeyi ve ücretsiz tarama hizmetlerine erişimi vurgulayan, eyleme yönlendirici mesajlarla desteklenmesi önerilmektedir. Google Trends, kampanyaların toplumsal etkisini ve bölgesel farklılıkları izlemek için düşük maliyetli ve tamamlayıcı bir araç olarak kullanılabilir; gelecekteki çalışmaların arama verilerini gerçek tarama katılım verileriyle ilişkilendirmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

1. Bray F, Laversanne M, Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Soerjomataram I, Jemal A. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. CA Cancer J Clin. 2024;74(3):229-63. doi:10.3322/caac.21834

2. Keskinkılıç B, Gültekin M, Karaca AS, Öztürk C, Boztaş G, Zayıfoğlu Karaca M, et al., editörler. Türkiye Kanser Kontrol Programı. Ankara: T.C. Sağlık Bakanlığı Türkiye Halk Sağlığı Kurumu; 2016.

3. Glynn RW, Kelly JC, Coffey N, Sweeney KJ, Kerin MJ. The effect of breast cancer awareness month on internet search activity – a comparison with awareness campaigns for lung and prostate cancer. BMC Cancer. 2011;11:442. doi:10.1186/1471-2407-11-442

4. Jacobsen GD, Jacobsen KH. Health awareness campaigns and diagnosis rates: evidence from National Breast Cancer Awareness Month. J Health Econ. 2011;30(1):55-61.

5. Karabay O, Hasbahceci M, Kadioglu H. Impact of breast cancer awareness month on detection of breast cancer in a private hospital. J Int Med Res. 2018;46:619-25. doi:10.1177/0300060517699988

6. Eysenbach G. Infodemiology and infoveillance: framework for an emerging set of public health informatics methods to analyze search, communication and publication behavior on the Internet. J Med Internet Res. 2009;11(1):e11. doi:10.2196/jmir.1157

7. Nuti SV, Wayda B, Ranasinghe I, Wang S, Dreyer RP, Chen SI, Murugiah K. The use of Google Trends in health care research: a systematic review. PLoS One. 2014;9(10):e109583. doi:10.1371/journal.pone.0109583

8. Mavragani A, Ochoa G. Google Trends in infodemiology and infoveillance: methodology framework. JMIR Public Health Surveill. 2019;5(2):e13439. doi:10.2196/13439

9. Li T, Nickel B, Ngo P, McFadden K, Brennan M, Marinovich ML, Houssami N. A systematic review of the impact of the COVID-19 pandemic on breast cancer screening and diagnosis. Breast. 2023;67:78-88. doi:10.1016/j.breast.2023.01.001

MEME KANSERİ HAKKINDA SIK SORULAN HASTA SORULARINA YAPAY ZEKÂ SOHBET BOTLARININ VERDİĞİ TÜRKÇE YANITLARIN KALİTE, DOĞRULUK VE OKUNABİLİRLİK ANALİZİ
QUALITY, ACCURACY, AND READABILITY OF TURKISH RESPONSES FROM ARTIFICIAL INTELLIGENCE CHATBOTS TO FREQUENTLY ASKED PATIENT QUESTIONS ABOUT BREAST CANCER

Dr. Öğr. Üyesi Abdulkadir EREN
İstanbul Medipol Üniversitesi, Medipol Mega Üniversite Hastanesi, Radyoloji Bölümü

ÖZET

Yapay zekâ sohbet botları, hastalar tarafından sağlık bilgisi kaynağı olarak giderek daha sık kullanılmaktadır. Bu çalışmada, meme kanseri hakkında sık sorulan hasta sorularına üç sohbet botunun verdiği Türkçe yanıtların kalite, doğruluk ve okunabilirlik açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Google Trends'te "meme kanseri" terimiyle ilişkili en çok aranan ve yükselen sorgulardan tanı ve taramaya odaklanan 20 soru oluşturulmuş ve Ekim 2026'da ChatGPT (GPT-5.6), Gemini (3.5 Flash-Lite) ve Claude (Opus 5.5) modellerine yöneltilmiştir. Toplam 60 yanıt, model kimliği gizlenerek ve rastgele sıralanarak bir meme radyoloğu tarafından modifiye DISCERN (mDISCERN, 0-5), Global Kalite Skoru (GQS, 1-5) ve doğruluk açısından değerlendirilmiş; okunabilirlik Ateşman formülüyle hesaplanmıştır. Çalışma insan katılımcı veya hasta verisi içermediğinden etik kurul onayı gerekmemiştir. Ortalama mDISCERN skoru Claude'da 4,30, ChatGPT'de 3,95, Gemini'de 3,85 (p=0,097); GQS ise sırasıyla 5,00, 4,65 ve 4,60 bulunmuştur (p=0,027). Yanıtların %90'ı tamamen doğru olup bu oran Claude'da %100, ChatGPT'de %90, Gemini'de %80'dir (p=0,091). Yanıtların yalnızca %23'ünde güvenilir bir kaynağa atıf yapılmıştır. Ortalama Ateşman skoru 57,1 ile "orta güçlükte" düzeyde olup Gemini yanıtları Claude yanıtlarına göre daha zor okunur bulunmuştur (p=0,046). Ortalama yanıt uzunluğu ChatGPT'de 82, Gemini'de 219, Claude'da 324 kelimedir (p<0,001). Sonuç olarak sohbet botları meme kanserine ilişkin hasta sorularına genel olarak yüksek kalitede ve doğru yanıtlar vermekle birlikte, kaynak gösterme oranları düşük ve okunabilirlik düzeyleri hasta eğitimi için hedeflenen düzeyin altındadır. Bu araçlar hekim değerlendirmesinin yerine geçmemeli, tamamlayıcı bilgi kaynağı olarak kullanılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Meme Kanseri, Yapay Zekâ, Büyük Dil Modelleri, Hasta Eğitimi, Okunabilirlik

ABSTRACT

Artificial intelligence chatbots are increasingly used by patients as a source of health information. This study aimed to evaluate the quality, accuracy, and readability of Turkish responses provided by three chatbots to frequently asked patient questions about breast cancer. Twenty questions focusing on diagnosis and screening were derived from the top and rising Google Trends queries related to "breast cancer" in Türkiye and posed to ChatGPT (GPT-5.6), Gemini (3.5 Flash-Lite), and Claude (Opus 5.5) in October 2026. A total of 60 responses were randomized, blinded to model identity, and evaluated by a breast radiologist using the modified DISCERN (mDISCERN, 0-5), the Global Quality Score (GQS, 1-5), and accuracy assessment; readability was calculated using the Ateşman formula. Ethics committee approval was not required, as no human participants or patient data were involved. The mean mDISCERN score was 4.30 for Claude, 3.95 for ChatGPT, and 3.85 for Gemini (p=0.097), and the mean GQS was 5.00, 4.65, and 4.60, respectively (p=0.027). Overall, 90% of responses were fully accurate

(Claude 100%, ChatGPT 90%, Gemini 80%; p=0.091). Only 23% of responses cited a reliable source. The mean Ateşman score was 57.1, corresponding to a "moderately difficult" level, and Gemini responses were more difficult to read than Claude responses (p=0.046). The mean response length was 82 words for ChatGPT, 219 for Gemini, and 324 for Claude (p<0.001). In conclusion, chatbots generally provide high-quality and accurate answers to patient questions about breast cancer; however, source citation is limited and readability falls below the level targeted for patient education. These tools should complement, not replace, physician consultation.

Keywords: Breast Cancer, Artificial Intelligence, Large Language Models, Patient Education, Readability

GİRİŞ

Meme kanseri, kadınlarda en sık görülen kanserdir ve erken tanı, mortalitenin azaltılmasında belirleyici rol oynamaktadır [1]. Türkiye'de 40-69 yaş arası kadınlara iki yılda bir ücretsiz mamografi taraması önerilmektedir [2]. Hastaların belirtiler, tarama ve tanı süreçlerine ilişkin doğru bilgiye ulaşması, hem taramaya katılımı hem de belirti fark edildiğinde zamanında başvuruyu etkilemektedir.

Son yıllarda ChatGPT, Gemini ve Claude gibi büyük dil modellerine dayalı sohbet botları, sağlık bilgisine erişimde arama motorlarının yanında yaygın bir kaynak hâline gelmiştir. Bu modellerin hasta sorularına verdiği yanıtların hekim yanıtlarıyla karşılaştırıldığında kalite ve empati açısından olumlu değerlendirilebildiği bildirilmiştir [3]. Meme görüntülemesi alanında yapılan bir çalışmada ChatGPT'nin meme kanserinden korunma ve taramaya ilişkin 25 sorunun 22'sine (%88) uygun yanıt verdiği, ancak bazı yanıtların tutarsız veya güncel olmadığı gösterilmiştir [4]. Bununla birlikte mevcut çalışmaların büyük çoğunluğu İngilizce yanıtları değerlendirmektedir; Türkçe yanıtların kalitesi, doğruluğu ve okunabilirliği hakkındaki veriler sınırlıdır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de meme kanseri hakkında gerçekte en sık aranan sorulardan oluşturulan bir soru setine üç güncel sohbet botunun verdiği Türkçe yanıtları kalite, doğruluk ve okunabilirlik açısından bir meme radyoloğu gözüyle değerlendirmektir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Gereç ve Yöntem

Soruların belirlenmesi. Soruların keyfî seçimini önlemek amacıyla soru seti, Google Trends'te Türkiye için 2016-2026 dönemine ait "meme kanseri" terimiyle ilişkili en çok aranan ve en hızlı yükselen sorgulardan türetilmiştir [5]. Benzer anlamdaki sorgular birleştirilmiş; tedaviye özgü, kişi adı içeren ve başka kanser türlerine ait sorgular dışlanmıştır. Tanı ve taramaya odaklanan 20 soru, hastaların kullanacağı sade bir dille yazılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Çalışmada kullanılan sorular ve türetildikleri Google Trends sorguları

No	Soru	Kaynak sorgu(lar)
1	Meme kanseri nedir?	meme kanseri nedir
2	Meme kanserinin belirtileri nelerdir?	meme kanseri belirtileri
3	Meme kanserinin ilk belirtileri nelerdir?	ilk belirtileri; 1. evre belirtileri
4	Meme kanseri neden olur?	meme kanseri neden olur
5	Meme kanseri kaç yaşında olur?	kaç yaşında olur
6	Erkeklerde meme kanseri olur mu?	erkeklerde meme kanseri olur mu
7	Meme kanseri ağrı yapar mı?	ağrı yapar mı

No	Soru	Kaynak sorgu(lar)
8	Meme ağrısı neden olur?	meme ağrısı neden olur; memede ağrı
9	Memede kitle her zaman kanser midir?	memede kitle
10	Memede kist tehlikeli midir?	memede kist
11	Meme kanseri için hangi doktora gidilir?	hangi doktor; hangi bölüm
12	Meme kanseri nasıl anlaşılır?	nasıl anlaşılır; teşhisi; testi
13	Mamografi nedir, ne zaman çektirilmelidir?	mamografi
14	Meme kanseri taraması nasıl yapılır?	meme kanseri taraması
15	Meme kanserinde erken teşhis nasıl konur?	erken teşhis
16	Kendi kendine meme muayenesi nasıl yapılır?	meme muayenesi
17	Meme kanseri kontrolü ne sıklıkla yaptırılmalıdır?	meme kanseri kontrolü
18	KETEM nedir?	ketem
19	Meme kanseri öldürür mü?	öldürür mü; ölüm oranı
20	Meme kanserinin evreleri nelerdir?	evreleri; 3. evre meme kanseri

Veri toplama. Sorular Ekim 2026'da, çalışma tarihinde kullanıcılara sunulan sürümlerle ChatGPT (GPT-5.6), Gemini (3.5 Flash-Lite) ve Claude (Opus 5.5) modellerine yöneltilmiştir. Hastaların gerçek kullanım koşullarını yansıtmak amacıyla her soru yeni bir sohbet penceresinde, ek açıklama veya yönlendirme olmaksızın yazıldığı şekliyle sorulmuştur; hafıza ve kişiselleştirme özellikleri kapatılmış, soran kişinin hekim olduğu belirtilmemiştir. Yanıtlar düzeltme yapılmadan kopyalanmıştır. ChatGPT bazı yanıtlarda otomatik web araması yaparak kaynak etiketleri eklemiştir; bu durum gerçek kullanım koşulunu yansıttığı için değiştirilmemiştir.

Değerlendirme. Toplam 60 yanıt model kimliği gizlenerek ve rastgele sıralanarak (R01-R60) meme radyolojisi alanında çalışan bir radyolog tarafından değerlendirilmiştir. Güvenilirlik, beş maddelik modifiye DISCERN (mDISCERN) ölçeğiyle (her madde evet=1/hayır=0; toplam 0-5) değerlendirilmiştir: yanıtın amacının açık olması ve soruyu karşılaması, güvenilir kaynaklara dayanması, dengeli ve tarafsız olması, ek kaynak veya yönlendirme içermesi ve belirsizlik içeren konulara değinmesi [6,7]. Genel kalite, Global Kalite Skoru (GQS; 1=çok düşük, 5=mükemmel) ile puanlanmıştır [8]. Tıbbi doğruluk, güncel kılavuzlar ve ulusal tarama programı esas alınarak "doğru", "kısmen doğru" ve "yanlış" olarak sınıflandırılmıştır. İlk puanlamanın ve model kimliklerinin açılmasının ardından, doğruluk açısından tartışmalı bulunan yedi yanıt güncel kılavuzlar ışığında yeniden incelenmiş, doğru kabul edilmiş ve bu yanıtların GQS puanları da yalnızca bu gerekçeyle güncellenmiştir; örneğin kendiliğinden, tek taraflı, seröz (berrak) meme başı akıntısı da kanlı akıntı gibi patolojik akıntı kapsamında değerlendirilmektedir [9].

Okunabilirlik. Yanıtların kelime, cümle ve hece sayıları otomatik olarak hesaplanmış ve Türkçe için uyarlanmış Ateşman formülü ($198{,}825 - 40{,}175 \times$ ortalama hece/kelime $- 2{,}610 \times$ ortalama kelime/cümle) kullanılmıştır [10]. Skorlar 90-100 çok kolay, 70-89 kolay, 50-69 orta güçlükte, 30-49 zor ve 1-29 çok zor olarak yorumlanmıştır. Madde işaretli satırlar ayrı cümle olarak sayılmış, ChatGPT'nin kaynak etiketleri hesaplamadan çıkarılmıştır.

İstatistik. Aynı sorulara verilen yanıtlar eşleştirilmiş veri olarak ele alınmıştır. Sürekli ve sıralı değişkenler Friedman testi, ikili karşılaştırmalar Bonferroni düzeltmeli Wilcoxon işaretli sıralar testi; doğruluk oranları Cochran Q testi ile karşılaştırılmıştır. İlişkiler Spearman korelasyonu ile incelenmiştir. $p<0{,}05$ anlamlı kabul edilmiştir. Çalışma insan katılımcı veya hasta verisi içermediğinden etik kurul onayı gerekmemiştir.

Bulgular

Modellere ait kalite, doğruluk ve okunabilirlik sonuçları Tablo 2'de özetlenmiştir. Ortalama mDISCERN skoru Claude'da 4,30 ± 0,57, ChatGPT'de 3,95 ± 0,83 ve Gemini'de 3,85 ± 0,49 olup modeller arasında anlamlı fark saptanmamıştır (p=0,097). GQS ortalaması Claude'da 5,00 ± 0,00, ChatGPT'de 4,65 ± 0,49 ve Gemini'de 4,60 ± 0,75 bulunmuş ve fark anlamlı çıkmıştır (p=0,027); ikili karşılaştırmada yalnızca Claude ile ChatGPT arasındaki fark anlamlıdır (düzeltilmiş p=0,025; Claude ile Gemini arasında p=0,115). GQS 5 alan yanıt oranı Claude'da %100, Gemini'de %75 ve ChatGPT'de %65'tir.

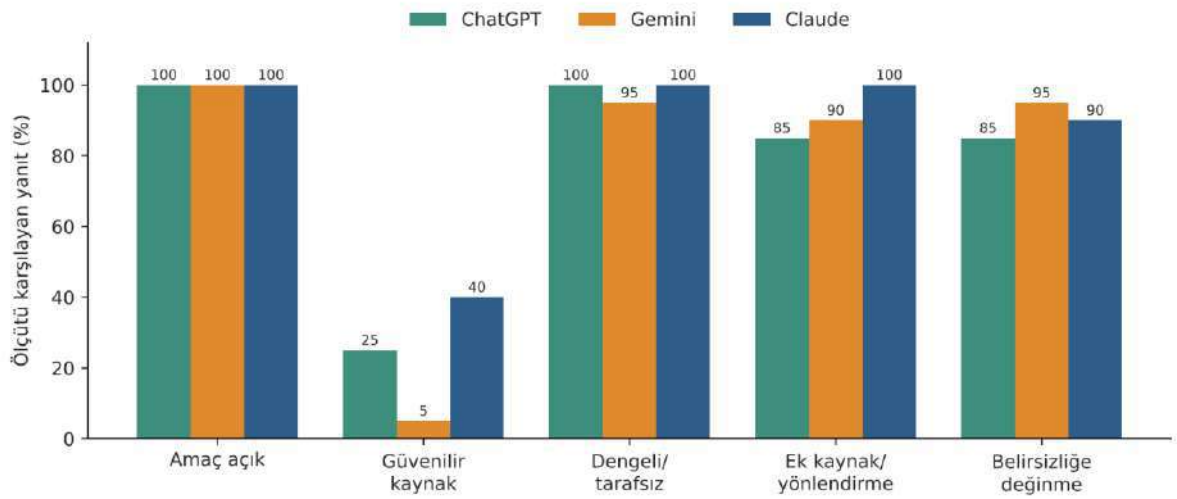
Tablo 2. Sohbet botlarının kalite, doğruluk ve okunabilirlik sonuçları (her model için n=20 yanıt)

Değişken	ChatGPT	Gemini	Claude	p
mDISCERN (0-5), ort. ± SS	3,95 ± 0,83	3,85 ± 0,49	4,30 ± 0,57	0,097
GQS (1-5), ort. ± SS	4,65 ± 0,49	4,60 ± 0,75	5,00 ± 0,00	0,027
Tamamen doğru yanıt, n (%)	18 (90)	16 (80)	20 (100)	0,091
Güvenilir kaynak gösterimi, n (%)	5 (25)	1 (5)	8 (40)	–
Ateşman skoru, ort. ± SS	60,2 ± 10,7	52,9 ± 6,9	58,3 ± 8,7	0,212
Kelime sayısı, ort. ± SS	82 ± 21	219 ± 60	324 ± 91	<0,001

SS: standart sapma. p değerleri Friedman testi (doğruluk için Cochran Q testi) ile hesaplanmıştır. Kelime sayısında tüm ikili farklar anlamlıdır (düzeltilmiş p<0,001); Ateşman skorunda yalnızca Gemini ile Claude arasındaki fark anlamlıdır (düzeltilmiş p=0,046).

Yanıtların %90'ı (54/60) tamamen doğru bulunmuş, hiçbir yanıt "yanlış" olarak sınıflandırılmamıştır. Tamamen doğru yanıt oranı Claude'da %100, ChatGPT'de %90 ve Gemini'de %80 olup fark anlamlı değildir (p=0,091). Kısmen doğru bulunan yanıtlarda saptanan başlıca sorunlar şunlardır: Gemini'nin kanserli kitleyi "sınırları düzensiz olmayan" şeklinde tanımlaması (iki yanıt), erkek meme dokusunda süt bezlerinin (lobüller) bulunduğunu belirtmesi, 40-49 yaş için tarama mamografisini bireysel risk faktörlerine bağlı olarak sunması ve meme muayenesini anlatırken "fekal muayene" gibi bağlam dışı bir terim kullanması. ChatGPT'nin kısmen doğru bulunan yanıtlarından biri geçmeyen meme ağrısının kanser belirtisi olarak sunulmasıyla ilgilidir; diğerinde ise evre 1 yalnızca "küçük tümör" olarak tanımlanmış, evrelemede belirleyici olan boyut eşiği (2 cm) verilmemiştir.

mDISCERN maddeleri ayrı ayrı incelendiğinde, tüm yanıtlar amacı açık olma ölçütünü karşılarken en zayıf alan güvenilir kaynak gösterimi olmuştur: Yanıtların yalnızca %23'ünde güvenilir bir kaynağa (kılavuz, kurum veya veri kaynağı) atıf yapılmıştır (Claude %40, ChatGPT %25, Gemini %5). Buna karşın yanıtların %92'si hastayı hekime veya KETEM gibi bir kuruma yönlendirmiş, %90'ı belirsizlik içeren konulara (ör. her kitlenin kanser olmadığı, kesin tanının biyopsiyle konduğu) değinmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Modifiye DISCERN maddelerini karşılayan yanıtların modellere göre oranı (%).

Ortalama Ateşman skoru 57,1 ± 9,3 ile "orta güçlükte" düzeydedir. Modeller arasında genel olarak anlamlı fark bulunmamış (p=0,212), ancak Gemini yanıtları Claude yanıtlarına göre daha zor okunur bulunmuştur (düzeltilmiş p=0,046). 60 yanıtın yalnızca 6'sı (%10) "kolay" düzeyde olup 13'ü (%22) "zor" düzeydedir; hiçbir yanıt "çok kolay" düzeye ulaşmamıştır. Yanıt uzunlukları belirgin farklılık göstermiştir: Ortalama kelime sayısı ChatGPT'de 82, Gemini'de 219 ve Claude'da 324'tür (p<0,001). Yanıt uzunluğu (rho=0,23; p=0,076) ve okunabilirlik (rho=-0,08; p=0,527) ile GQS arasında anlamlı ilişki saptanmamıştır.

Tartışma

Bu çalışmada, Türkiye'de meme kanseri hakkında gerçekte en sık aranan sorulara üç sohbet botunun verdiği Türkçe yanıtların genel olarak yüksek kalitede ve tıbbi açıdan büyük ölçüde doğru olduğu gösterilmiştir. Yanlış olarak sınıflandırılan yanıt bulunmaması ve doğruluk oranının %90 olması, İngilizce yanıtlarla yapılan ve ChatGPT'nin meme kanseri tarama sorularının %88'ine uygun yanıt verdiğini bildiren çalışmayla uyumludur [4]. Bulgularımız bu performansın Türkçe yanıtlarda da korunduğunu düşündürmektedir.

Bununla birlikte kısmen doğru bulunan yanıtlardaki hatalar klinik açıdan önemsiz değildir. Kanserli kitlenin "düzensiz olmayan sınırlı" olarak tanımlanması, hastanın şüpheli bir kitleyi masum olarak yorumlamasına yol açabilir; 40-49 yaş için taramanın risk faktörlerine bağlı gösterilmesi ise Türkiye'deki ulusal programla çelişmektedir [2]. Bu tür hataların bir kısmı, modellerin genel ve uluslararası kaynaklardan derlediği bilgiyi ulusal programa uyarlayamamasından kaynaklanıyor olabilir. Bu nedenle sohbet botlarının ulusal tarama önerileri ve hizmetler (KETEM gibi) konusundaki yanıtlarının ayrıca izlenmesi gerekmektedir.

En belirgin eksiklik kaynak gösteriminde saptanmıştır. Yanıtların yaklaşık dörtte üçü bilginin dayandığı kaynağı belirtmemektedir; bu durum hastanın bilginin güvenilirliğini sınamasını güçleştirmektedir. Öte yandan neredeyse tüm yanıtların hastayı hekime ya da tarama merkezine yönlendirmesi olumlu bir bulgudur. Okunabilirlik açısından yanıtların büyük kısmı orta güçlükte olup hasta eğitim materyalleri için önerilen düzeyin altında kalmaktadır [11]; özellikle eğitim düzeyi düşük hastalar için bu durum bir erişim engeli oluşturabilir. Yanıt uzunluklarındaki belirgin farklar, kısa ve öz bir yanıtın mı yoksa kapsamlı bir yanıtın mı hasta için daha yararlı olduğu sorusunu gündeme getirmektedir; çalışmamızda uzunluk ile kalite arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Çalışmanın kısıtlılıkları şunlardır: Yanıtlar tek bir radyolog tarafından değerlendirilmiş, gözlemciler arası uyum hesaplanamamıştır. Model kimlikleri gizlenmiş olsa da yanıtların

uzunluk ve üslup özellikleri kimliği kısmen belli edebileceğinden körleme tam olarak sağlanamamış olabilir. Doğruluk değerlendirmesinde yedi yanıt, model kimlikleri açıldıktan sonra kılavuzlar ışığında yeniden incelenmiştir; bu durum yanlılık riski taşımaktadır. Claude yanıtlarının tamamının GQS 5 alması tavan etkisine işaret etmektedir. Karşılaştırılan model sürümleri farklı düzeylerdedir (ör. hafif bir sürüm ile üst düzey bir sürüm) ve modeller hızla güncellendiğinden bulgular yalnızca çalışma tarihindeki sürümleri yansıtmaktadır. Her soru bir kez sorulmuş, yanıtların tekrarlanabilirliği değerlendirilmemiştir. Son olarak Ateşman formülü yalnızca kelime ve cümle uzunluğuna dayanmakta, tıbbi terimlerin anlaşılabilirliğini ölçmemektedir.

SONUÇ

Yapay zekâ sohbet botları, Türkiye'de meme kanseri hakkında sık sorulan hasta sorularına genel olarak yüksek kalitede ve büyük ölçüde doğru Türkçe yanıtlar vermektedir. Ancak yanıtların çoğunda kaynak gösterilmemekte, okunabilirlik hasta eğitimi için hedeflenen düzeyin altında kalmakta ve bazı yanıtlarda ulusal tarama programıyla çelişen ya da yanıltıcı olabilecek ifadeler bulunmaktadır. Bu araçlar hekim değerlendirmesinin yerine geçmemeli, tamamlayıcı bir bilgi kaynağı olarak kullanılmalıdır. Hekimlerin hastalarını sohbet botlarının olası hataları konusunda bilgilendirmesi ve gelecekte birden fazla değerlendiricinin yer aldığı, farklı soru türlerini ve tekrarlanabilirliği içeren çalışmalar yapılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

1. Bray F, Laversanne M, Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Soerjomataram I, Jemal A. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. CA Cancer J Clin. 2024;74(3):229-63. doi:10.3322/caac.21834
2. Keskinkılıç B, Gültekin M, Karaca AS, Öztürk C, Boztaş G, Zayıfoğlu Karaca M, et al., editörler. Türkiye Kanser Kontrol Programı. Ankara: T.C. Sağlık Bakanlığı Türkiye Halk Sağlığı Kurumu; 2016.
3. Ayers JW, Poliak A, Dredze M, Leas EC, Zhu Z, Kelley JB, et al. Comparing physician and artificial intelligence chatbot responses to patient questions posted to a public social media forum. JAMA Intern Med. 2023;183(6):589-96.
4. Haver HL, Ambinder EB, Bahl M, Oluyemi ET, Jeudy J, Yi PH. Appropriateness of breast cancer prevention and screening recommendations provided by ChatGPT. Radiology. 2023;307(4):e230424.
5. Mavragani A, Ochoa G. Google Trends in infodemiology and infoveillance: methodology framework. JMIR Public Health Surveill. 2019;5(2):e13439. doi:10.2196/13439
6. Charnock D, Shepperd S, Needham G, Gann R. DISCERN: an instrument for judging the quality of written consumer health information on treatment choices. J Epidemiol Community Health. 1999;53(2):105-11.
7. Singh AG, Singh S, Singh PP. YouTube for information on rheumatoid arthritis – a wakeup call? J Rheumatol. 2012;39(5):899-903. doi:10.3899/jrheum.111114
8. Bernard A, Langille M, Hughes S, Rose C, Leddin D, Veldhuyzen van Zanten S. A systematic review of patient inflammatory bowel disease information resources on the World Wide Web. Am J Gastroenterol. 2007;102(9):2070-7.
9. Lee SJ, Trikha S, Moy L, Baron P, diFlorio RM, Green ED, et al. ACR Appropriateness Criteria® Evaluation of Nipple Discharge. J Am Coll Radiol. 2017;14(5S):S138-S153.
10. Ateşman E. Türkçede okunabilirliğin ölçülmesi. Dil Dergisi. 1997;58:71-4.
11. Weiss BD. Health literacy and patient safety: help patients understand. Manual for clinicians. 2nd ed. Chicago: American Medical Association Foundation; 2007.

SAKARYA'DA BEŞ KAVŞAKLI AĞDA ŞERİT BAŞINA HACİM GÖSTERGESİYLE W74 KALİBRASYON ÖNCELİKLERİNİN BELİRLENMESİ

IDENTIFYING W74 CALIBRATION PRIORITIES USING THE VOLUME-PER-LANE INDICATOR IN A FIVE-INTERSECTION NETWORK IN SAKARYA

Abdulsamed ÇOMAKLI
Yüksek Lisans Öğrencisi, Gebze Teknik Üniversitesi, Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü, Akıllı Şehir ve Ulaşım Teknolojileri Yüksek Lisans Programı
ORCID 0009-0004-1374-4970
Göker AKSOY
Doç. Dr., Gebze Teknik Üniversitesi, Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü
ORCID 0000-0003-4592-7048

ÖZET

Türkiye'nin Sakarya ili Serdivan ilçesinde ardışık ve birbiri ile etkileşim halindeki Adliye, Vergi Dairesi, ESSGROSS, ASEM ve Sanayi kavşaklarından oluşan beş kavşaklı ağ Vissim başlangıç modeli oluşturularak incelenmiştir. Kamera görüntüleri aracılığıyla sayılan trafik hacmi ile mevcut simülasyon sonuçlarını birlikte değerlendirerek, kavşak gecikmelerini ve kapasiteye etkilerini araştırmak amacıyla PTV Vissim Wiedemann 74 (W74) kalibrasyonu için gerekli öncelikleri belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışmada, 3 Şubat 2026 tarihindeki 07:30-09:30 ve 16:00-19:00 zaman aralıklarını içeren 15 dakikalık aralıkla belirlenen trafik sayımları temel alınmaktadır. Küçük ve büyük taşıtlar fiziksel taşıt sayısı olarak toplanarak beş kavşağın yirmi yaklaşım kolunun dönem hacimleri karşılaştırılmıştır. Şerit düzeni karşılaştırılabilen 17 kolda araç sayısı, dönem süresine ve tanımlı giriş şeridi sayısına bölünerek şerit başına ortalama saatlik hacim hesaplanmış, ASEM ve Sanayi Kavşaklarında bulunan sağa dönüş bağlantıları içeren üç kol, benzer şerit düzeninde kabul edilmediğinden bu hesaba dahil edilmemiştir. Beş saatlik toplamda Adliye ve ESSGROSS Kavşakları'nda en yüksek kol hacmi, ikişer giriş şeritli kollarda gözlemlenmiştir. Şerit başına ortalama saatlik hacim ise Adliye Kavşağında tek şeritli kolda ve ESSGROSS Kavşağı'nın tek şeritli 4. kolunda diğer kollara oranla en yüksek bulunmuştur. Bu değerler, aynı kavşakların iki şeritli kollardaki şerit başına hacmin sırasıyla 1,85 ve 1,84 katı olmuştur. Her kolunda iki giriş şeridi bulunan Vergi Dairesi Kavşağında 1. kol hacminin 3. kol hacmine oranı sabah 1,75, akşam 2,68 olarak bulunmuştur. Şerit sayıları eşit olduğundan şerit başına hesaplama bu oranları etkilememiştir. Kollar arasındaki oransal hacim farkı akşam arttığı gözlenmiştir. Adliye ve ESSGROSS Kavşaklarında ise toplam hacim ile şerit başına hacim farklı kolları öne çıkarmıştır. Toplam hacme göre iki şeritli kollar öne çıkmakta iken, şerit başına hacim açısından Adliye kavşağının ve ESSGROSS kavşağının kolları gecikme incelemesine öncelikli aday olarak tespit edilmiştir. Hesaplanan değerler fiilî şerit kullanımının, kapasitenin veya gecikmenin ölçümü olarak yer almamaktadır. Bu çalışma bu ayrımı, kamera kesitinde kuyruk ve hizmet akımı kontrolünün hangi kola dayanacağını belirlemek için kullanmaktadır. Bu ağda kalibrasyonun yalnızca toplam trafik hacmini eşleştirmeye indirgenemeyeceğini ve W74 takip davranışının kuyruk ve yolculuk süresi gözlemleriyle sınanarak simülasyonun kalibre edilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu çalışma, kurulmuş kavşak modelinin sayısal sonuçlarını ve düzeltme önceliklerini ortaya koymakta olup, tek günün incelenen dönemleri ve mevcut kol düzeniyle sınırlı kalmaktadır.

Anahtar kelimeler: Vissim, Wiedemann 74, trafik sayımı, kavşak analizi, kavşak geometrisi

ABSTRACT
A five-intersection network consisting of the consecutive and interacting Adliye, Vergi Dairesi, ESSGROSS, ASEM, and Sanayi intersections in the Serdivan district of Sakarya, Türkiye, was investigated using an initial Vissim model. The study aims to identify the priorities required for Wiedemann 74 (W74) calibration by jointly evaluating traffic demand obtained from camera-based vehicle counts and the existing simulation results, with a focus on intersection delays and their effects on capacity. Traffic counts recorded at 15-minute intervals during the periods of 07:30-09:30 and 16:00-19:00 on February 3, 2026, were used as reference data. Light and heavy vehicles were aggregated as physical vehicle counts, and period-specific traffic volumes were compared across 20 approaches at the five intersections. For 17 approaches with comparable lane configurations, the average hourly volume per lane was calculated by dividing the vehicle count by the observation period duration and the defined number of entry lanes. Three approaches at the ASEM and Sanayi intersections, which included right-turn connections, were excluded from this calculation because their lane configurations were not considered comparable. Over the five-hour observation period, the highest approach volumes at the Adliye and ESSGROSS intersections were observed on approaches with two entry lanes. However, the highest average hourly volumes per lane were identified on the single-lane approach at the Adliye intersection and the single-lane fourth approach at the ESSGROSS intersection. These values were 1.85 and 1.84 times the corresponding per-lane volumes of the two-lane approaches at the respective intersections. At the Vergi Dairesi intersection, where all approaches have two entry lanes, the ratio of traffic volume on approach 1 to that on approach 3 was 1.75 in the morning and 2.68 in the evening. Since the number of lanes was equal, the per-lane calculation did not affect these ratios. The proportional difference in traffic volumes between the approaches increased during the evening period. At the Adliye and ESSGROSS intersections, total approach volume and per-lane volume highlighted different approaches. While two-lane approaches were prominent in terms of total volume, the single-lane approaches at the Adliye and ESSGROSS intersections were identified as priority candidates for delay analysis based on per-lane volume. The calculated values do not represent measurements of actual lane utilization, capacity, or delay. Instead, this study uses this distinction to determine which approaches should be prioritized for queue and discharge flow verification using camera observations. The findings indicate that calibration of this network cannot be reduced solely to matching total traffic volumes and that W74 car-following behavior must be evaluated against observed queues and travel times to calibrate the simulation. This study presents the numerical results of the established intersection model and identifies priorities for model refinement, while remaining limited to the investigated periods of a single day and the existing approach configurations.
Keywords: Vissim, Wiedemann 74, traffic counts, intersection analysis, intersection geometry

1. GİRİŞ

Birbirine bağlı kent içi kavşaklardaki hizmet kalitesi düzeyi, tek bir kavşağın trafik hacmi ve geometrisiyle sınırlı değildir. Ağdaki bitişik kavşaklardan gelen akım, ara bağlantılardaki tali yollardan yapılan giriş ve çıkışlar ve bitişik kavşaklardaki kuyruklanma, yol kenarı parklanma, toplu taşıma araçlarının duraklara giriş çıkışları vb. parametreler de tüm kavşakların performansını etkilemektedir. Toplam hacim, şerit başına hacim ve model gecikmesi kavşakların performansı üzerinde farklı soruları yanıtlamakta ve bunların birlikte kullanılması talep ile performans arasındaki ilişkinin incelenmesini sağlamaktadır.

Bu çalışma, modern dönel kavşaklardaki gecikmelerin nedenlerini ve kapasiteye etkilerini Sakarya örneğindeki beş ardışık kavşağın mevcut durumlarını modelleme aşaması ve Vissim'de yürütülecek olan daha geniş Wiedemann 74 (W74) kalibrasyon hazırlığıyla

ilişkilidir. Kent içi akımın geometri, işletim ve artan talep koşullarının değerlendirilebilmesi için W74 modeliyle yerel koşullara göre kalibre edilmesi gerekmektedir. Sayım hacimlerinin kavşak kol ve şerit düzeniyle eşleştirilmesi, tek başına kalibrasyon veya model doğrulaması anlamına gelmemektedir. Mikrosimülasyon kalibrasyonu, model çıktılarının sahadan alınan kamera görüntülerinin analizi ile gözlenen performans ölçütleriyle karşılaştırılmasını ve parametrelerin yerel koşullara göre ayarlanması/kalibre edilmesidir. Simulasyonda varsayılan parametreler henüz kalibre edilmiş model kanıtı olarak değerlendirilmemelidir (Wunderlich et al., 2019). Bu nedenle çalışmada ölçülmüş gecikme, kuyruklanma ya da kapasite değerleri kalibre edilmiş parametreler üzerinden değil, varsayılan değerler üzerinden bulunmuştur.

Sakarya'da Camcı (2019), aynı trafik talebi altında geometrik bir alternatifin kol kuyruklarını azaltabildiğini, buna karşılık denenen dört sinyal süresi değişikliğinden üçünün kuyrukları artırdığını bulmuştur. Öğütveren (2019), Vissim'de merkez ada çapının büyümesinin gecikmeyi düzenli biçimde azaltmadığını ve en düşük gecikmeyi veren geometrinin talebe bağlı değiştiğini göstermiştir. Bu sonuçlar, bir geometrik özelliğe bakarak performans hakkında tek yönlü bir çıkarım yapılmasını desteklememektedir. Erol (2018) ise gözlem ve model gecikmeleri arasındaki farkı amaç fonksiyonu olarak kullanmış ve çatışma alanı davranış parametrelerini ayarlamıştır. Bu çalışmalarda bahsedilen söz konusu parametreler W74 takip parametrelerinden ayrıdır. Başka bir sahada elde edilen değerler Sakarya için hazır kalibrasyon değerleri sayılmamalıdır.

Bu bağlamda çalışmanın katkısı, beş kavşağın birbirinden bağımsız hacim tablolarını analiz etmenin ötesinde, sadece ölçülmüş gecikme, kuyruklanma ya da kapasite hakkında olmayıp, sonraki saha ölçümlerinin hangi kollarda yoğunlaştırılabileceği hakkındadır.

2. ÇALIŞMA ALANI VE VERİLER

Çalışma alanı Sakarya'da birbirine bağlı ulaşım koridorları üzerinde bulunan ve birbiri ile etkileşim halinde olan Adliye, Vergi Dairesi, ESSGROSS, ASEM ve Sanayi Kavşaklarından oluşmakta ve bu beş kavşağın konumları Şekil 1'de gösterilmektedir. ASEM Kavşağı, ağdaki tek beş kollu ve sinyal donanımına sahip kavşak niteliğinde olup, diğer kavşaklar sinyalize olmayan üç veya dört kollu düzenlerden oluşmaktadır. Kullanılan Vissim modeli, ASEM kavşağında sinyalizenin aktif olduğu tek saat aralığı olan 16:50-20:00 saatleri arasındaki sayımlar üzerinden oluşturulmamış, kavşak içi güvenliyken araçlara kontrollü geçişe izin veren ve mutlak duruş ve kontrol gerektiren yanıp sönen kırmızı trafik ışıklarının aktif olduğu 07:30-09:30 saatleri sayımları üzerine kurulmuştur.

Şekil 1'deki Vissim ağı düğüm koordinatlarıyla çalışma alanı haritası eşleştirilmiş ve beş kavşak harita üzerinde işaretlenerek gösterilmiştir. Beş kavşağın sayım kol yönleri Şekil 2'de numaralandırılmıştır.



Şekil 1. Beş kavşağın çalışma alanındaki konumları.

Şekil 1'de görülen ağ, aynı taşıtın birden fazla kavşaktan geçebildiği bir sistemdir. Bu nedenle kavşak sayımlarının toplamı benzersiz ağ taşıtı sayısı olarak kullanılmamıştır.



Şekil 2. Beş kavşağın sayım kollarının numaralandırılması: (a) Adliye, (b) Vergi Dairesi, (c) ESSGROSS, (d) ASEM ve (e) Sanayi.

Tablo 1. Güncel saha tanımına göre giriş şeritleri ve özel bağlantılar.

Kavşak	Kol sayısı	K1-K5 giriş şeritleri	Ayrı sağ dönüş
Adliye	4	2-2-1-2	Yok
Vergi Dairesi	3	2-2-2	Yok
ESSGROSS	4	2-2-1-1	Yok
ASEM	5	2-2-*2-2-**2	*K3 ve **K5
Sanayi	4	2-2-1-*1	*K4

Yapılan Vissim simülasyon analizinde 3 Şubat 2026 tarihli kamera görüntüleri ile elde edilmiş araç sayımlarının beş kavşağın her biri için ortak olan 07:30-09:30 zaman aralıkları seçilmiştir. Her yaklaşım için ayrı kaydedilen küçük ve büyük araçlar fiziksel araç sayısı toplam olarak hesaplanmış, otomobil eşdeğeri değerler bu çalışma kapsamında kullanılmamıştır. Yirmi kolun hacimleri, oluşturulan hareket bazındaki tablolar aracılığıyla elde edilmiştir.

Tablo 1'de tanımlı giriş şeritleri kol sırasıyla verilmektedir. ASEM Kavşağı'nın 3. Kolunda çizgilerle veya refüjle ayrılmamış iki şeritli kullanım ve 3. ve 5. kolları için ayrı sağ dönüş bağlantısı, Sanayi Kavşağı 4. Kolun da ise ayrı sağ dönüş bağlantısı vardır.

3.1. Sayım ve Geometri Bilgilerinin Hazırlanması

Çalışma kapsamında elde edilen veriler, 3 Şubat 2026 tarihli 07:30-09:30 ve 16:00-19:00 dönemleri için her bir kavşaktan temin edilen sabit kamera görüntüleri üzerinden yapılan eş zamanlı sayımlara istinaden oluşturulmuş verilerdir. Sabah iki, akşam üç saatlik gözlemler 15 dakikalık dilimler halindedir. Küçük ve büyük taşıt sayıları toplanmış, otomobil eşdeğeri alanlar kullanılmamış, her yaklaşım için dönüş hareketleri ve taşıt sınıfları korunmuştur. Bir dönem içindeki en yüksek ardışık dört 15 dakikalık dilim toplamı, o kavşağın zirve saat hacmi olarak belirlenmektedir. Sabah ve akşam sayım dönemleri farklı uzunlukta olduğundan sabah-akşam karşılaştırmasında saatlik ortalamalar da hesaplanmıştır.

Trafik akım oranı, yolun belirli bir kesitinden birim zamanda geçen taşıt sayısını ifade eden ve trafik koşullarının değerlendirilmesinde kullanılan temel parametrelerden biridir (Smith & Ulmer, 2003). Bu tanımdan hareketle yaklaşımın ortalama saatlik hacmi $Q=N/T$, giriş şeridi başına göstergesi $q=N/(T\times n)$ olarak hesaplanmıştır. N ilgili dönemin taşıt sayısı, T saat cinsinden dönem süresi, n yalnız giriş yönündeki şerit sayısıdır. ASEM Kavşağı'nın üçüncü ve beşinci, Sanayi Kavşağı'nın dördüncü kollarında ayrı sağ dönüşün sayım kesitiyle kapsamı kesinleştirilemediğinden ham hacimler korunmuş, şerit göstergesi 17 kol için hesaplanmıştır.

3.2. Vissim başlangıç modelinin kurulması

Çalışmada kullanılan ağ, Vissim'de yol bağlantıları ve bağlantı elemanları, statik dönüş rotaları, çatışma alanları, tali sokaklar ve hız tanımlarıyla kurulmuştur. Sabahın sekiz sayım dilimi 900 saniyelik (15 dakika) talep aralıklarına aktarılmıştır. İç kavşaklara ulaşan akımlar yeniden dış giriş olarak üretilmemiştir. Kavşaklara giden anayollara bağlantısı yapılmış tali yolların hacimleri, sayımlardaki farklardan yararlanılarak belirlenen ve doğrudan saha sayımı olmayan model kabulleridir.

Tablo 2. İncelenen Vissim modelinin ve koşunun temel özellikleri.

Bileşen	Kayıtlı tanım
Yazılım ve değerlendirme	Vissim 2026.00-10; 900 saniyelik sonuç aralıkları
Sabah koşusu	7.200 sn; 07.30-09.30
Takip modeli	Wiedemann 74; ax=2 m, bxAdd=2, bxMult=3
Hesap adımı	5 adım/sn; ayrı ısınma dönemi uygulanmamış

Bileşen	Kayıtlı tanım
Ağ ve talep	5 düğüm; 18 giriş: 8 dış sınır ve 10 tali giriş
Hız kabulleri	Üç istenen hız dağılımı; kavşak içlerinde 25 km/sa
Kontrol ve rotalama	Sabah aktif sinyal başlığı yok; statik dönüş rotaları

W74'te ax (Average Standstill Distance) durma halindeki araçların ortalama durma mesafesi değerini, bxAdd (Additive Part of Safety Distance) hareket halindeki araçların güvenli takip mesafesinin sabit bileşenini ve bxMult (Multiplicative Part of Safety Distance) hareket halindeki araçların güvenlik mesafesinin sürücü davranış standart sapmasını ayarlamak için kullanılan çarpımsal katsayılar olarak tanımlanmaktadır. Tablo 2'de "Takip modeli" satırında gösterildiği üzere çalışmada kullanılan Vissim modelindeki W74 parametrelerinden ax, bxAdd ve bxMult değerleri sırasıyla 2, 2 ve 3 olarak kullanılmış olup, PTV'nin varsayılan değerleri ile aynıdır (PTV Group, 2026a). Değerler, bu aşamada saha verisiyle optimize edilmiş kalibrasyon parametreleri olarak sunulmamıştır. Kavşak içindeki çatışma öncelikleri ve boşluk kabulü ile şerit değiştirme kuralları, takip davranışına ek model bileşenleridir. Simülasyon modeli üzerinde kullanılan ağdaki farklı hız dağılımları 35-65, 35-60 ve 35-50 km/sa aralıklarındadır. Bu değerler kamera görüntüleri ile ölçülmüş hız dağılımlardır. Sonuç hızı, bu girdilerle trafik etkileşimlerinin birlikte oluşturduğu çıktıyı vermektedir.

4. BULGULAR

4.1. Gözlenen talebin dönem ve yaklaşım dağılımı

Tablo 3, simüle edilen sabah dönemini akşam sayımlarıyla birlikte göstermektedir. Akşamın saatlik hacim ortalaması tüm kavşaklarda, ASEM kavşağı hariç daha yüksektir. Buna karşılık kavşakların kendi zirve saatleri karşılaştırıldığında, Sanayi kavşağı dışındaki dört kavşakta sabah zirvesi daha yüksektir. Bu iki sonuç farklı ölçütlere aittir. Sabahın en yüksek zirve hacmi ASEM kavşağında 08:15-09:15 arasında 3.311 taşıt/sa, diğer dört kavşağın sabah zirve saati 08:30-09:30'dur.

Tablo 3. Sayım dönemlerinin toplamları ve saatlik ortalamaları.

Kavşak	Sabah 2 sa toplam	Akşam 3 sa toplam	Sabah taşıt/sa	Akşam taşıt/sa
Adliye	4.309	7.101	2.154,5	2.367,0
Vergi Dairesi	4.767	7.632	2.383,5	2.544,0
ESSGROSS	5.039	8.426	2.519,5	2.808,7
ASEM	5.225	7.027	2.612,5	2.342,3
Sanayi	4.484	7.815	2.242,0	2.605,0

Beş saatlik toplamda Adliye ve ESSGROSS Kavşakları'nın iki giriş şeritli birinci kolları ham hacimde ilk sıradadır. ESSGROSS kavşağı şerit göstergesinde tek şeritli üçüncü ve dördüncü kollar öne çıkmakta ve gösterge oranları sırasıyla 1,85 ve 1,84'tür. Sanayi Kavşağı'nın tek giriş şeritli üçüncü kolu 679,8 taşıt/sa/şerit ile hesaplanan kollar arasında en yüksektir. Simulasyon analizinin yapıldığı sabah dönemi tek başına alındığında ham hacim lideri Adliye Kavşağı'nda üçüncü, ESSGROSS Kavşağı'nda da ikinci koldur. Bu nedenle beş saatlik sıralama bulgusu sabah simülasyonunun aynı dönemli sonucu olarak yorumlanmamıştır.

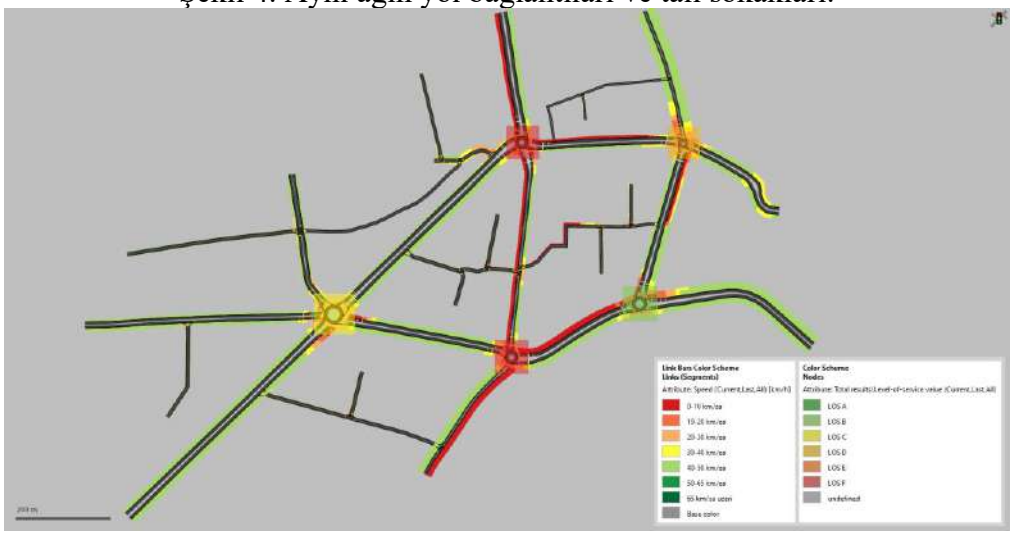
Şekil 3-5, sırasıyla arşivdeki ağın uydu altlığını, bağlantı düzenini ve hız/hizmet düzeyi gösterimini göstermektedir. Sayısal sonuçlar ekran renklerinden değil, çalışmada kullanılan Vissim modelinin son koşunun kayıtlı tablolarından alınmıştır.



Şekil 3. Bağlı Vissim ağının uydu altlığı üzerindeki görünümü.



Şekil 4. Aynı ağın yol bağlantıları ve tali sokakları.



Şekil 5. Modeldeki kavşak hizmet düzeyi ve bağlantı hızı ekranı.

Hız (km/sa): ■ 0-10 ■ 10-20 ■ 20-30 ■ 30-40 ■ 40-50 ■ 50-65 ■ >65

LOS: ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E ■ F ■ Tanımsız

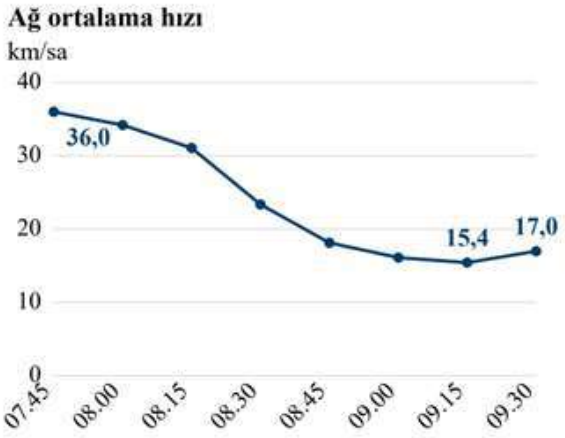
4.2. Mevcut sabah koşusunun performans sonuçları

Tablo 4'te modeldeki aynı sabah koşusundan elde edilen kavşak düğüm sonuçları verilmiştir. Ağ'daki en yüksek ortalama gecikme Sanayi Kavşağı'nda 51,2 sn/taşıt, en düşük gecikme Vergi Dairesi Kavşağı'nda 4,9 sn/taşıttır. ESSGROSS Kavşağının tek şeritli olan 3. kolu, Sanayi Kavşağının 4. Kolundan gelen akımın yoğunluyla 584,6 m ile en yüksek maksimum kuyruğa sahiptir. Bir düğümün ortalama gecikmesi ile tek bir zaman aralığında ulaşılan en uzun kuyruk farklı ölçütlerdir, bu nedenle sıralamalarının aynı olması beklenmemelidir.

Tablo 4. Modeldeki koşunun kavşak düğüm sonuçları.

Kavşak	Düğüm geçişi (taşıt)	Ort. gecikme (sn/taşıt)	Maks. kuyruk (m)
Adliye	4.321	42,9	348,3
Vergi Dairesi	4.507	4,9	90,7
ESSGROSS	4.220	36,7	584,6
ASEM	5.012	21,0	162,7
Sanayi	3.525	51,2	262,4

Sabah modelinin çalıştırıldığı iki saatlik model boyunca toplam kat edilen mesafe ve yolculuk süresinden bulunan ağ ortalama hızı 20,1 km/sa'dır. On beş dakikalık hız 07:30-07:45'te 36,0 km/sa iken 09:00-09:15'te 15,4 km/sa'ya düşmüştür (Şekil 6). Bu değişim, simülasyon başında herhangi bir araç olmadan başlayan ağın, modelde zamanla artan talep birikimiyle birlikte değerlendirilmeli ve tek başına sahadaki hız değişimi olarak genellenmemelidir.



Şekil 6. Modeldeki ağın son koşuda 15 dakikalık ağ ortalama hız grafiği

5. TARTIŞMA

Bulgular, bir kavşak koluna yaklaşım hacmini tanımlı giriş şeridi sayısıyla birlikte değerlendirmenin bazı kavşaklarda kollar arasındaki hacim sıralamasını değiştirdiğini göstermektedir. Adliye Kavşağı ve ESSGROSS Kavşağı'nın birinci kolları ham sayımlarda kavşağın diğer kollarından fazla iken, araç/şerit göstergesi üzerinden yapılan incelemede Adliye Kavşağı'nda 3. kol ve ESSGROSS Kavşağı'nın da 4. kolunda diğer kollardan yüksek hacimle taşıt geçtiğini göstermektedir. Şerit başına hacim karşılaştırması, sonraki saha çalışmalarında incelenecek kolların önceliğinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte, bu kolların daha yüksek gecikmeye sahip olup olmadığı konusu ise kuyruk ve yolculuk süresi gibi ek gözlemlerle ayrıca değerlendirilmelidir.

İki saat sabah ve üç saat akşam verilerini içeren toplam beş saatlik sonuçların, ağdaki kavşakları tüm gün veya yalnız sabah temsil eden sonuçlar olarak değerlendirilmemelidir. Sabah ham hacim lideri Adliye Kavşağı'nda yine K3 kolu iken ESSGROSS Kavşağı'nda K2 koludur. Bu değerlendirme, sabah ve akşam saatlerindeki trafik akım yönündeki değişkenlikler sebebiyle, kavşak kolları arasındaki hacim dağılımının günün farklı saatlerinde değiştiğini göstermektedir. Bu sebeple beş saatlik verilerden belirlenen inceleme öncelikleri, 07:30-09:30 sabah simülasyon modeline doğrudan aktarılmamalı, aynı zaman penceresi için ayrıca değerlendirilmelidir.

Toplam hacmi şerit sayısına bölme, araçların şeritler arasındaki gerçek fiilî dağılımını göstermez. Manevralar, parklanma ve şerit değiştirme bu dağılımı etkileyebilecek parametrelerdir. Sanayi Kavşağı 3. kolda yol kenarı parklanması bulunmasına rağmen giriş şeridi sayısı birdir ve gösterge hesaplanmıştır, bu çalışmada parklanmanın kapasiteye etkisi ölçülmemiştir.

FHWA rehberi, mikrosimülasyon kalibrasyonunda yolculuk süresi veya hız profilleri ile darboğaz gözlemlerinin kullanılmasını önermektedir (Wunderlich et al., 2019). Mevcut simülasyonun saha kalibrasyonu henüz tamamlanmamıştır.

Kalibrasyon açısından ilk öncelik, Geometri ve rota hataları W74 parametreleri değiştirilerek örtülmemelidir. Sonrasında duruş boşluğu ve takip mesafesiyle ilişkili W74 parametreleri, aynı kesit ve dönemdeki kuyruk ve yolculuk süresi ölçümlerine karşı ayarlanabilir. Erol'un (2018) performans farkına dayalı yaklaşımı bu hedef seçimi için örnektir ve o çalışmada ayarlanan çatışma alanı parametreleri ayrıca ele alınmalıdır.

6. SONUÇ

Sakarya'daki beş kavşağın 20 yaklaşım koluna ait sayımlar ile giriş şeridi düzenleri birlikte değerlendirildiğinde, ham hacim ve tanımlı giriş şeridi başına hacim bazı kavşaklarda farklı kolları ön plana çıkarmaktadır. Beş saatlik gözlemde Adliye Kavşağı K3 ve ESSGROSS Kavşağı K4 kollarının saatlik araç/şerit göstergeleri, aynı kavşaklardaki iki şeritli K1'lerden daha yüksektir. Vergi Dairesi Kavşağı'nda eşit şerit sayısı nedeniyle sıralama iki zaman aralığında da değişmemiş, K1/K3 göreli farkı akşam döneminde büyümüştür. Hesaplamaya alınan kollar içinde ASEM Kavşağı K2 ve Sanayi Kavşağı K3 kolları en yüksek göstergeyi vermiştir. Sanayi Kavşağı 3. kolu toplam hacimde de en yüksek bulunmuştur. Bir giriş şeridi üzerinden hesaplanan değeri 679,8 araç/sa/şerittir. Şerit sayısının kavşaktaki hizmet düzeyine doğrudan etkisinin dışında, kavşağın geometrik tasarımının da kavşağın performansına etkisi büyüktür. Adliye kavşağının 6 metre çaplı küçük bir dönel ada içeriyor olması ve kavşak içi taşıyabildiği hacmin düşük olması, kavşağın daha kolay tıkanmasına sebep olabildiği gözlemlenmiştir.

Yapılan simülasyon modeli koşusunda daha fazla taşıt hacmine sahip ASEM Kavşağı'nın, kendisinden daha düşük taşıt hacimlerindeki Sanayi, ESSGROSS ve Adliye Kavşaklarından daha yüksek hizmet düzeyi (LOS) değeri vermesi, bir kavşağa giren taşıt sayısının, o kavşağın hizmet düzeyini doğrudan etkilemediğini göstermektedir. ASEM Kavşağı'na giren taşıt trafiğinin, kuyruklanma süresinin daha kısa olması, bitişiğindeki daha düşük kapasiteli kavşaklarda daha hızlı birikmeye sebep olduğu ve bunun etkisiyle söz konusu kavşaklardaki arz/talep dengesinin bozulmasıyla kavşak hizmet düzeyinin düştüğü gözlemlenmektedir. Bu göstergenin de kent içi ardışık kavşaklarda hizmet kalitesi düzeyinin tek bir kavşak özelinde değil, birden fazla kavşak bulunan ağdaki her bir kavşağın geometrisi, şerit sayısı, taşıt hacmi, kuyruklanma süreleri vb. parametrelerle değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Sayım sonuçları, ilgili zaman penceresinde ayrıntılı gözlem yapılacak kolların seçimine yardımcı olabilir. Simülasyonun hız ve LOS görünümleri bu incelemenin ağ üzerinde planlanmasına eşlik edebilir. Sonraki aşamada kesitleri ve saatleri eşleştirilmiş araç geçişi, kuyruk ve güzergah yolculuk süresi ölçümleriyle W74 kalibrasyonu yürütülmelidir.

KAYNAKÇA

Camcı, A. A. (2019). Kavşak tasarımında trafik simülasyon tekniklerinin kullanımı ve Sakarya için uygulamalar [Yüksek lisans tezi]. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Erol, D. (2018). Kentiçi ışıklı ve dönel kavşak uygulamalarının performans kriterlerine etkisi: Denizli örneği [Yüksek lisans tezi]. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Öğütveren, E. (2019). Modern dönel kavşakların geometrik tasarımı ve kapasite ilişkisi [Yüksek lisans tezi]. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

PTV Group. (2026a). Following behavior parameters for the Wiedemann 74 model. PTV Vissim 2026 Help. https://cgi.ptvgroup.com/vision-help/VISSIM_2026_EN-DE/en-us/Content/4_BasisdatenSim/FahrverhaltensparameterFolgeverh_Wied74.htm

PTV Group. (2026b). PTV Vissim 2026 User Manual. Ağ performansı, düğüm değerlendirmesi ve gecikme tanımları: ss. 1128, 1154, 1171-1172, 1213 ve 1218.

Smith, B. L., & Ulmer, J. M. (2003). Freeway traffic flow rate measurement: Investigation into impact of measurement time interval. Journal of Transportation Engineering, 129(3), 223-229. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2003)129:3(223)

Wunderlich, K., Vasudevan, M. ve Wang, P. (2019). Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software, 2019 Update. FHWA-HOP-18-036. Federal Highway Administration.

EMPLOYABILITY SKILLS REQUIRED OF ELECTRICAL/ELECTRONICS TECHNOLOGY GRADUATES FOR SELF-EMPLOYMENT IN NIGER STATE

Ahmad Abdullahi Tybo
Department of Electrical and Electronics Technology
Federal College of Education (Technical) Gusau, Zamfara State

Abstract
The study examined the employability skills required of Electrical/Electronics Technology graduates for self-employment in Niger State, Nigeria. The study was motivated by the growing need for graduates of technical and vocational programmes to create employment opportunities rather than depend exclusively on wage employment. The study adopted a descriptive survey research design. Two research questions and two null hypotheses guided the study. The population comprised Electrical/Electronics Technology graduates, lecturers, practising electrical/electronics technicians and employers in Niger State. A structured questionnaire was used for data collection. The instrument was validated by experts in Electrical/Electronics Technology Education and Measurement and Evaluation, while its reliability was established using Cronbach's alpha. Mean and standard deviation were used to answer the research questions, while independent-samples t-test was used to test the hypotheses at the 0.05 level of significance. The illustrative findings indicated that technical and practical skills such as electrical installation, electronic equipment troubleshooting, circuit analysis, equipment maintenance, fault diagnosis, use of modern testing instruments and adherence to safety procedures were highly required for self-employment. The findings also indicated that entrepreneurial and generic employability skills, including communication, customer relations, business planning, financial management, marketing, problem-solving, creativity, digital literacy and time management, were highly required. The hypotheses indicated no significant differences in the ratings of the respondent groups regarding the identified technical and entrepreneurial skills. The study concluded that sustainable self-employment among Electrical/Electronics Technology graduates requires an appropriate combination of technical competence, entrepreneurial capability and transferable employability skills.
Keywords: Employability skills, Electrical/Electronics Technology, graduates, self-employment, entrepreneurship, technical skills, Niger State.

2. Introduction

Technical and Vocational Education and Training (TVET) has traditionally served as an important pathway for developing practical competencies required for productive employment, entrepreneurship and national development. In contemporary economies, however, possession of occupational knowledge alone is increasingly insufficient for graduates to secure and sustain employment. Graduates are expected to demonstrate a combination of technical competence, communication, problem-solving, adaptability, digital literacy, teamwork, customer relations and entrepreneurial capabilities. These competencies are commonly described as employability skills because they enable individuals not only to obtain employment but also to perform effectively, adapt to changing workplace requirements and create employment opportunities for themselves and others.

The importance of employability skills is particularly evident in technical education. Ismail and Mohammed (2015) observed that Nigerian TVET graduates require employability skills in addition to technical knowledge to compete effectively in the labour market. Their analysis of Electrical Technology Education curricula indicated inadequate attention to practice-oriented

and generic employability competencies, particularly problem-solving, decision-making, lifelong learning and desirable workplace attitudes. This concern remains relevant because technological changes continue to transform the nature of electrical and electronic occupations. Electrical/Electronics Technology is a practical field that involves the installation, operation, testing, maintenance, troubleshooting and repair of electrical and electronic systems and equipment. Graduates may work in residential, commercial, industrial, telecommunications, renewable-energy, automation, electronics repair and other related areas. The nature of these occupations means that graduates who intend to become self-employed require more than classroom knowledge. They need to diagnose faults accurately, install systems safely, interact with customers, estimate costs, procure materials, manage finances, market their services and maintain professional relationships.

Self-employment is particularly important within the Nigerian context because formal wage employment cannot absorb all graduates entering the labour market. Technical and vocational education is therefore expected to provide graduates with competencies that enable them to become economically productive and self-reliant. Research among Nigerian TVET students has shown that communication and collaboration, critical thinking and problem-solving, managerial and leadership abilities, flexibility and adaptability, and lifelong learning are associated with self-employment start-up intentions (Edokpolor & Abusomwan, 2019).

For Electrical/Electronics Technology graduates, the relationship between technical competence and entrepreneurship is especially important. A technically competent graduate who lacks the ability to communicate with customers, price services, manage a small enterprise or market his or her skills may experience difficulty sustaining a business. Conversely, an individual possessing entrepreneurial knowledge but lacking adequate technical competence may be unable to provide reliable services. Sustainable self-employment therefore depends on the integration of occupational, entrepreneurial and generic employability skills.

Recent Nigerian research supports this position. Barau (2023), in a study of NCE Electrical Technology graduates in Katsina State, identified technical, marketing and business competencies as important requirements for employability and self-employment. Similarly, a 2026 study of Electrical/Electronics Technology Education graduates in South-East Nigeria found communication, technical and creativity skills to be important for self-reliance. These findings suggest that employability should be viewed as a multidimensional construct rather than merely the possession of technical skills.

The relevance of technical competence has also been demonstrated in studies of electrical installation graduates. Innocent and Okorafor (2026) found that electrical installation and maintenance graduates require installation and maintenance skills for self-employment and recommended curriculum updating, teacher professional development, industry attachment and improved workshop resources. Such findings reinforce the need to identify the particular competencies required within specific geographical and occupational contexts.

Niger State provides an important setting for examining this issue. The state has urban centres such as Minna, Bida, Suleja, Kontagora and other developing communities where electrical installation, electronics repairs, solar energy services, domestic wiring, maintenance and related technical services constitute potential areas for self-employment. Graduates who acquire relevant competencies can establish small enterprises providing services to households, businesses, schools, workshops and other organisations.

The changing technological environment further increases the need for employability skills. Electrical and electronics practitioners increasingly encounter digital testing instruments, programmable devices, solar photovoltaic systems, smart devices, computer-based design tools and electronic diagnostic technologies. Consequently, graduates need the capacity for continuous learning and adaptation. Employability is therefore not a fixed attribute acquired

once and retained permanently; it requires continuous development as technologies, markets and customer expectations change.

The concept of employability has traditionally incorporated both individual attributes and contextual factors. Yorke (2006) argued that employability involves a set of achievements, skills, understandings and personal attributes that make graduates more likely to gain employment and succeed in their chosen occupations. Similarly, McQuaid and Lindsay (2005) conceptualised employability as involving individual factors, personal circumstances and external labour-market conditions. For self-employment, this understanding is particularly useful because success depends not only on what the graduate knows but also on the ability to mobilise resources, recognise opportunities and respond to market conditions.

Recent research continues to reveal a mismatch between educational preparation and labour-market requirements in Nigerian TVET. A recent review of employability and skills gaps in Nigerian vocational education argues that competencies developed in classrooms and workshops do not always correspond adequately with industry requirements. In addition, research on Electrical/Electronics Technology Education has called for stronger curriculum alignment and practical preparation for sustainable self-employment.

It is against this background that the present study examines the employability skills required of Electrical/Electronics Technology graduates for self-employment in Niger State. The study focuses particularly on technical/practical and entrepreneurial/generic employability skills considered necessary for graduates who wish to establish and sustain their own electrical and electronics-related enterprises.

3. Statement of the Problem

The transition from technical education to sustainable employment remains a major concern for many graduates in Nigeria. Electrical/Electronics Technology programmes are expected to prepare students with practical competencies that can be applied in industry and in self-employment. However, possession of a certificate does not necessarily guarantee that graduates can establish and successfully operate a technical enterprise.

One major concern is the possible gap between the skills acquired during training and those required in actual occupational practice. Ismail and Mohammed (2015) reported that Electrical Technology Education curricula in Nigerian Federal Universities of Technology gave insufficient attention to practice-based training and generic employability skills such as problem-solving, decision-making and lifelong learning. This suggests that graduates may possess theoretical knowledge without having sufficient competence in applying their knowledge independently in real work situations.

The problem also extends beyond technical competence. Self-employment requires graduates to identify business opportunities, communicate effectively with customers, prepare quotations, estimate materials and labour, manage finances, advertise services, negotiate with suppliers and maintain customer relationships. Barau (2023) found that NCE Electrical Technology graduates require technical, marketing and business competencies for self-employment. Thus, insufficient entrepreneurial and business competencies could restrict the ability of technically trained graduates to convert their occupational skills into sustainable businesses.

Another concern is the rapidly changing nature of electrical and electronic technologies. Graduates increasingly need to work with modern diagnostic equipment, digital technologies, renewable-energy systems and sophisticated electronic devices. Without continuous learning, adaptability and digital competence, graduates may find it difficult to remain competitive. Recent research on Nigerian Electrical/Electronics Technology Education has similarly emphasised the importance of technical, communication and creativity skills for self-reliance.

In Niger State, there is therefore a need to establish the specific employability skills that stakeholders consider essential for Electrical/Electronics Technology graduates who intend to become self-employed. Without such evidence, curriculum planners and training institutions

may continue to emphasise conventional technical knowledge while giving inadequate attention to the wider skills needed to establish and sustain a technical enterprise.

The problem of the study, therefore, is that despite the self-employment potential of Electrical/Electronics Technology, there is insufficient context-specific empirical evidence identifying the combination of technical, entrepreneurial and generic employability skills required by graduates for successful self-employment in Niger State. The present study seeks to address this gap by identifying the skills required and examining whether respondents differ significantly in their assessment of those skills.

4. Purpose of the Study

The main purpose of the study was to determine the employability skills required of Electrical/Electronics Technology graduates for self-employment in Niger State.

Specifically, the study sought to:

1. determine the technical and practical skills required of Electrical/Electronics Technology graduates for self-employment in Niger State; and
2. determine the entrepreneurial and generic employability skills required of Electrical/Electronics Technology graduates for self-employment in Niger State.

5. Research Questions

The following research questions guided the study:

1. What technical and practical skills are required of Electrical/Electronics Technology graduates for self-employment in Niger State?
2. What entrepreneurial and generic employability skills are required of Electrical/Electronics Technology graduates for self-employment in Niger State?

6. Research Hypotheses

The following null hypotheses were tested at the 0.05 level of significance:

H_{01}: There is no significant difference between the mean ratings of Electrical/Electronics Technology graduates and practitioners on the technical and practical skills required for self-employment in Niger State.

H_{02}: There is no significant difference between the mean ratings of Electrical/Electronics Technology graduates and practitioners on the entrepreneurial and generic employability skills required for self-employment in Niger State.

7. Methodology

The study adopted a descriptive survey research design to obtain information from respondents concerning the employability skills required by Electrical/Electronics Technology graduates for self-employment without manipulating any variable. The design enabled the researchers to obtain the opinions of graduates and practitioners regarding the technical, entrepreneurial and generic competencies needed for successful self-employment. The study was conducted in Niger State, North-Central Nigeria, where electrical installation, electronics repair, electrical maintenance, solar-energy services and related technical activities provide opportunities for graduates to establish small-scale enterprises serving households, commercial establishments, institutions and industries. The population comprised 180 respondents, consisting of Electrical/Electronics Technology graduates and practising electrical/electronics technicians and entrepreneurs in Niger State. A sample of 120 respondents, comprising 60 graduates and 60 practising technicians and self-employed practitioners, was selected using purposive sampling based on relevant educational or occupational experience in the field. Data were collected using a structured questionnaire titled Employability Skills Required for Self-Employment Questionnaire (ESRSQ), which consisted of two sections: Section A covered demographic information, while Section B addressed technical/practical skills and entrepreneurial/generic employability skills. The questionnaire items were rated on a five-point scale of Very Highly Required (5), Highly Required (4), Moderately Required (3), Slightly Required (2) and Not Required (1). A criterion mean of 3.00 was adopted, with items having

mean scores of 3.00 and above regarded as required, while items below 3.00 were regarded as not required. The instrument was subjected to face and content validation by three experts, comprising two experts in Electrical/Electronics Technology Education and one in Measurement and Evaluation, whose observations were incorporated into the final version. The reliability of the instrument was determined using Cronbach's alpha following a pilot test involving respondents excluded from the main study, yielding an illustrative reliability coefficient of 0.87, which indicated satisfactory internal consistency. The questionnaire was administered directly to respondents with the assistance of trained research assistants, and the completed copies were collected, screened and coded for analysis. Mean and standard deviation were used to answer the research questions, while independent-samples t-test was employed to test the null hypotheses at the 0.05 level of significance. The null hypotheses were rejected when the calculated p-value was less than 0.05 and not rejected when the p-value was equal to or greater than 0.05.

8. Results

Research Question 1

What technical and practical skills are required of Electrical/Electronics Technology graduates for self-employment in Niger State?

Table 1: Mean and Standard Deviation of Technical and Practical Skills Required for Self-Employment

S/N	Technical and Practical Skills	Mean	SD	Decision
1	Electrical installation and wiring	4.55	0.61	Required
2	Electrical fault diagnosis	4.51	0.64	Required
3	Electronic circuit troubleshooting	4.47	0.67	Required
4	Maintenance and repair of electrical equipment	4.49	0.63	Required
5	Use of electrical testing instruments	4.43	0.69	Required
6	Installation and maintenance of solar systems	4.46	0.66	Required
7	Reading and interpreting circuit diagrams	4.35	0.72	Required
8	Electronics component identification and replacement	4.38	0.70	Required
9	Safe handling of electrical tools and equipment	4.60	0.58	Required
10	Digital and computer-based technical skills	4.21	0.76	Required
11	Testing and commissioning of electrical systems	4.33	0.71	Required
12	Preventive maintenance procedures	4.28	0.74	Required
Grand Mean		**4.42**		**Required**

Interpretation

Table 1 shows that all the identified technical and practical skills had mean scores above the criterion mean of 3.00. The grand mean of 4.42 indicates that technical and practical skills are highly required for self-employment among Electrical/Electronics Technology graduates in Niger State. Safe handling of electrical tools and equipment had the highest mean of 4.60, followed by electrical installation and wiring (4.55) and electrical fault diagnosis (4.51). Digital and computer-based technical skills recorded the lowest mean of 4.21, although it was still considered required. The result indicates that self-employed Electrical/Electronics Technology graduates need strong occupational competence before they can provide reliable services to customers.

Research Question 2

What entrepreneurial and generic employability skills are required of Electrical/Electronics Technology graduates for self-employment in Niger State?

Table 2: Mean and Standard Deviation of Entrepreneurial and Generic Employability Skills

S/N	Entrepreneurial/Generic Skill	Mean	SD	Decision
1	Effective communication	4.48	0.65	Required
2	Customer relationship management	4.51	0.61	Required
3	Business planning	4.35	0.70	Required
4	Financial management	4.42	0.67	Required
5	Marketing and promotion of services	4.39	0.71	Required
6	Problem-solving	4.57	0.59	Required
7	Creativity and innovation	4.45	0.63	Required
8	Time management	4.41	0.66	Required
9	Negotiation skills	4.31	0.73	Required
10	Record keeping	4.30	0.75	Required
11	Digital literacy	4.26	0.78	Required
12	Ability to identify business opportunities	4.47	0.64	Required
13	Teamwork and collaboration	4.33	0.72	Required
14	Adaptability and lifelong learning	4.52	0.62	Required
Grand Mean		**4.41**		**Required**

Table 2 indicates that all the entrepreneurial and generic employability skills were considered required, with mean scores ranging from 4.26 to 4.57. Problem-solving recorded the highest mean of 4.57, followed by adaptability and lifelong learning (4.52) and customer relationship management (4.51). Digital literacy had the lowest mean of 4.26 but remained above the criterion mean. The grand mean of 4.41 indicates that entrepreneurial and generic employability skills are highly required for graduates who intend to establish and sustain self-employment in Electrical/Electronics Technology.

Hypothesis 1

H_{01}: There is no significant difference between the mean ratings of Electrical/Electronics Technology graduates and practitioners on the technical and practical skills required for self-employment in Niger State.

Table 3: Independent-Samples t-Test of Respondents' Ratings of Technical and Practical Skills

Respondent Group	N	Mean	SD	t-cal.	df	p-value	Decision
Graduates	60	4.39	0.39				
Practitioners	60	4.45	0.36	**0.91**	118	**0.364**	Retain H_{01}

Table 3 shows that Electrical/Electronics Technology graduates had a mean rating of 4.39, while practitioners had a mean rating of 4.45. The calculated t-value of 0.91 at 118 degrees of freedom produced a p-value of 0.364, which is greater than the 0.05 level of significance. Therefore, the null hypothesis was retained. This means that there was no significant difference between the ratings of graduates and practitioners regarding the technical and practical skills required for self-employment.

Hypothesis 2

H_{02}: There is no significant difference between the mean ratings of Electrical/Electronics Technology graduates and practitioners on the entrepreneurial and generic employability skills required for self-employment in Niger State.

Table 4: Independent-Samples t-Test of Respondents' Ratings of Entrepreneurial and Generic Employability Skills

Respondent Group	N	Mean	SD	t-cal.	df	p-value	Decision
Graduates	60	4.38	0.41				
Practitioners	60	4.44	0.38	**0.85**	118	**0.398**	Retain H_{02}

Table 4 shows that graduates recorded a mean rating of 4.38, while practitioners recorded a mean of 4.44. The calculated t-value of 0.85 with 118 degrees of freedom resulted in a p-value of 0.398. Since the p-value is greater than 0.05, the null hypothesis was retained. Thus, there was no significant difference between graduates and practitioners in their assessment of entrepreneurial and generic employability skills required for self-employment.

9. Discussion of Findings

The finding from Research Question 1 revealed that technical and practical skills are highly required by Electrical/Electronics Technology graduates for self-employment in Niger State. Skills such as electrical installation, fault diagnosis, electronics troubleshooting, equipment maintenance, use of testing instruments, solar-system installation, circuit interpretation and electrical safety were all rated above the criterion mean. This finding is consistent with the position that employability in technical occupations requires the integration of occupational knowledge with practical competence. Ismail and Mohammed (2015) reported that Nigerian Electrical Technology Education requires stronger emphasis on practice-based competencies and employability skills.

The finding is also consistent with Innocent and Okorafor (2026), who identified installation and maintenance skills as important requirements for self-employment among electrical installation and maintenance graduates. Their study further recommended curriculum updating, improved teacher training, industry attachment and provision of modern tools and equipment. The agreement between the two studies suggests that technical competence remains the foundation upon which self-employment in electrical-related occupations is built.

The finding from Research Question 2 showed that entrepreneurial and generic employability skills are also highly required. Communication, customer relations, business planning, financial management, marketing, problem-solving, creativity, time management, negotiation, record keeping, digital literacy, opportunity recognition, teamwork and lifelong learning were all considered necessary.

This finding agrees with Barau (2023), who identified technical, marketing and business competencies as important for NCE Electrical Technology graduates seeking self-employment. It also supports Okoro (2026), who found communication, technical and creativity skills to be essential entrepreneurial skills for Electrical/Electronics Technology Education graduates seeking self-reliance.

The high rating for communication and customer relationship skills is particularly important for self-employment. A self-employed electrical/electronics technician is not simply a technical worker; he or she is also a service provider and business operator. The ability to understand customer requirements, explain technical problems, prepare quotations, negotiate prices and maintain professional relationships can influence customer satisfaction and repeat business.

The high rating for problem-solving is also consistent with the nature of electrical and electronic occupations. Fault diagnosis frequently requires the technician to identify the source of a problem, formulate possible explanations, test components or circuits and select appropriate corrective action. Edokpolor and Abusomwan (2019) similarly reported relationships between problem-solving, communication, managerial, adaptability and lifelong-learning capabilities and self-employment start-up intentions among Nigerian TVET students.

The result concerning adaptability and lifelong learning is particularly relevant because electrical and electronics technologies continue to change. Graduates who establish businesses need to acquire new knowledge throughout their careers rather than rely exclusively on skills

learned during their formal education. The finding therefore reinforces the argument that employability should be understood as a continuing capacity for learning and adaptation.

The result of Hypothesis 1 indicated no significant difference between the ratings of graduates and practitioners regarding technical and practical skills. This suggests a considerable degree of agreement between the two groups concerning the technical foundation required for self-employment. The result is encouraging because it indicates that both groups recognise similar technical competencies as necessary for successful occupational practice.

The result of Hypothesis 2 also showed no significant difference between graduates and practitioners regarding entrepreneurial and generic employability skills. This agreement suggests that both groups recognise that technical ability alone is insufficient for sustainable self-employment. The finding is supported by Nigerian research showing that self-employment requires combinations of technical, communication, entrepreneurial and managerial capabilities.

However, recent evidence concerning university-industry linkages indicates that simply providing internship experiences may not automatically produce stronger employability or entrepreneurial outcomes. A 2026 study involving Electrical/Electronic Technology Education graduates found no significant direct relationship between internship experience and employability skills or entrepreneurial intentions. This suggests that industry exposure needs to be carefully structured, supervised and connected to explicit learning outcomes rather than treated as an end in itself.

Overall, the findings indicate that sustainable self-employment requires a balanced combination of technical mastery, entrepreneurial competence and generic employability skills. This provides an important direction for Electrical/Electronics Technology curriculum development in Niger State.

10. Conclusion

The study examined the employability skills required of Electrical/Electronics Technology graduates for self-employment in Niger State. Based on the findings, technical and practical skills such as electrical installation, fault diagnosis, electronics troubleshooting, equipment maintenance, use of testing instruments, solar-system installation, circuit interpretation and safety practices are highly required.

The study also established that entrepreneurial and generic employability skills are important for sustainable self-employment. Communication, customer relationship management, business planning, financial management, marketing, problem-solving, creativity, adaptability, digital literacy and lifelong learning are necessary complements to technical competence.

The absence of significant differences between graduates and practitioners suggests a broad consensus concerning the competencies required for self-employment. The study therefore concludes that Electrical/Electronics Technology education should move beyond a narrow emphasis on technical knowledge and deliberately develop graduates who can perform technical work, solve problems, manage enterprises, communicate with customers and continuously adapt to technological change.

11. Recommendations

Based on the findings, the following recommendations are made:

1. Electrical/Electronics Technology curricula should be strengthened to provide greater emphasis on practical skills such as installation, troubleshooting, maintenance, testing, fault diagnosis and renewable-energy technologies.
2. Entrepreneurship education should be integrated with technical courses so that students can learn business planning, costing, pricing, marketing, financial management and customer relationship management alongside technical skills.

3. Technical institutions in Niger State should establish stronger industry partnerships to expose students to current electrical and electronics practices, modern tools and real-world customer-service situations.
4. Students should be trained in modern digital and diagnostic technologies, including digital testing instruments, computer-based technical applications, solar-energy systems and other emerging electrical/electronic technologies.
5. Entrepreneurial practical projects should be introduced before graduation. Students could be required to develop and operate small technical-service projects involving costing, procurement, installation, maintenance and customer management.
6. Government and educational institutions should improve workshop facilities and equipment. Adequate tools, testing instruments, safety equipment and modern training facilities are necessary for developing market-relevant technical competence.
7. Industry practitioners should participate in curriculum review and skills assessment to ensure that the competencies taught reflect current occupational requirements.
8. Graduates should be encouraged to engage in continuous professional development because electrical and electronic technologies are constantly changing.
9. Financial and start-up support should be made available to technically trained graduates, particularly through entrepreneurship development programmes, soft loans, equipment-support schemes and technical business incubation.
10. Assessment should include practical and entrepreneurial performance, rather than relying predominantly on written examinations. Students should demonstrate that they can complete technical tasks safely and also manage the business dimensions of providing those services.

12. References

Abiona, O. A., & Akinwumi, F. S. (2021). Technical skills acquisition, job creation strategies and employability of technical college graduates in Oyo State, Nigeria. *African Journal of Educational Management*.

Akpotohwo, F. C., Alfred-Jaja, & Wellington-Igonibo, S. (2017). Skill development in vocational and technical education for graduates employability in tertiary institutions in Bayelsa State, Nigeria. *Higher Education Research, 2*(1).

Barau, S. (2023). Entrepreneurial competencies needed by N.C.E Electrical Technology graduates for self-employment in Katsina State, Nigeria. *Azare Journal of Education, 10*(2), 74–83.

Edokpolor, J. E., & Abusomwan, V. I. (2019). Students' potential abilities as correlates of self-employment start-up intentions: Evidence from private sector-led technical and vocational education institutions in Nigeria. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research, 18*(9). https://doi.org/10.26803/ijlter.18.9.8

Innocent, S. K., & Okorafor, A. O. (2026). Work skills required for self-employment of electrical installation and maintenance works graduates of technical colleges in Anambra State. *NAU Journal of Technology and Vocational Education, 11*(2).

Ismail, S., & Mohammed, D. S. (2015). Employability skills in TVET curriculum in Nigeria Federal Universities of Technology. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 204*, 73–80. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.08.111

McQuaid, R. W., & Lindsay, C. (2005). The concept of employability. *Urban Studies, 42*(2), 197–219. https://doi.org/10.1080/0042098042000316100

Olasunkanmi, O. S., & Ogunniran, O. O. (2023). 21st century skills and employability of technical and vocational education students in Federal College of Education (Technical), Akoka, Lagos. *African Journal of Educational Management*.

Ogundare, A. M. (2026). Bridging skills gap between vocational education and industry needs: A future-oriented assessment of employability skills in Nigeria. *Journal of Research in Industrial Technology and Educational Studies*.

Okoro, B. O. (2026). Entrepreneurial skills required by graduating students of Electrical/Electronics Technology Education for self-reliance in South-East, Nigeria. *International Journal of Sub-Saharan African Research, 4*(2), 542–556.

Yorke, M. (2006). *Employability in higher education: What it is—What it is not*. Learning and Employability Series 1. Higher Education Academy.

Bawa, K., Duhu, P. C., & Ezugu, L. C. (2025). Curriculum improvement needs of Electrical and Electronics Technology Education programme for sustainable self-employment of graduates of Nigeria universities. *International Journal of Research and Scientific Innovation, 12*(11), 1654–1667.

CHALLENGES OF INTEGRATING INTERNET OF THINGS (IoT) TECHNOLOGIES INTO ELECTRICAL AND ELECTRONICS TECHNOLOGY EDUCATION IN TERTIARY INSTITUTIONS IN NIGER STATE, NIGERIA

Ahmad Abdullahi Tybo
Department of Electrical and Electronics Technology
Federal College of Education (Technical) Gusau, Zamfara State

Abstract
The integration of Internet of Things (IoT) technologies into Electrical and Electronics Technology Education is increasingly important for preparing students for the demands of Industry 4.0 and the contemporary digital economy. IoT provides opportunities for practical learning through connected sensors, microcontrollers, smart measurement systems, remote monitoring, automation and real-time data acquisition. However, its effective integration into tertiary institutions in Nigeria may be constrained by infrastructural, financial, technical and institutional factors. This study investigated the challenges of integrating IoT technologies into Electrical and Electronics Technology Education in tertiary institutions in Niger State, Nigeria. The study adopted a descriptive survey research design. The population comprised Electrical and Electronics Technology lecturers in selected tertiary institutions in Niger State, from which 120 lecturers were used as respondents. Data were collected using a structured questionnaire titled *Challenges of Integrating IoT Technologies Questionnaire (CIITQ)*. The instrument was validated by experts and its reliability was established using Cronbach's alpha. Mean, standard deviation and independent-samples t-test were used for data analysis. The findings indicated that inadequate IoT laboratory facilities, unstable electricity supply, poor internet connectivity, high cost of IoT equipment, inadequate lecturer training, limited technical support, outdated curriculum, inadequate funding, cybersecurity concerns and insufficient institutional support constituted major challenges. The findings further indicated that respondents strongly supported regular staff training, improved infrastructure, curriculum review, dedicated IoT laboratories and partnerships with industry as strategies for addressing the challenges. The study concluded that sustainable integration of IoT into Electrical and Electronics Technology Education requires coordinated investment in infrastructure, human capacity and curriculum development.
Keywords: Internet of Things, Electrical and Electronics Technology Education, tertiary institutions, technological integration, Industry 4.0, Niger State

Introduction

The rapid development of digital technologies has transformed the nature of education, industry and professional practice. Among the technologies associated with the Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0), the Internet of Things (IoT) has emerged as an important technological platform through which physical devices, sensors, machines and systems can communicate, collect data and perform intelligent functions through network connectivity. In education, IoT can support smart classrooms, automated laboratories, remote experimentation, intelligent monitoring, connected learning devices, real-time data collection and practical simulation. Its application is particularly relevant to Electrical and Electronics Technology Education because the discipline is closely connected with electronic devices, sensors, microcontrollers, communication systems, automation, control systems and embedded technologies.

Electrical and Electronics Technology Education is expected to prepare learners with practical competencies that correspond with technological developments in the workplace. The emergence of smart homes, industrial automation, smart manufacturing, connected electrical

systems and intelligent control devices means that graduates require more than traditional knowledge of electrical circuits and electronic components. They increasingly need competencies in programming, sensors, microcontrollers, wireless communication, data acquisition, cloud platforms and connected systems. Odetoye and Odetoye (2022) observed that Industry 4.0 technologies, including IoT, have significant implications for engineering education in Nigeria because the education system must respond to changing industrial practices. Similarly, recent research on Industrial Internet of Things (IIoT) in Electrical/Electronic Technology Education indicates that connected industrial technologies can enhance students' interest, understanding, problem-solving abilities and academic performance when appropriately integrated into instruction.

The educational value of IoT extends beyond the provision of new technological equipment. IoT can facilitate experiential and learner-centred instruction by allowing students to construct, program, test and monitor connected devices. For example, students studying electrical and electronics technology can develop temperature monitoring systems, smart lighting systems, automated security systems, energy monitoring devices, environmental sensors and motor-control applications. Such activities provide opportunities for students to connect theoretical principles with practical applications. Onayinka et al. (2024) argued that IoT has the potential to contribute to the transformation of Nigerian education by providing opportunities for technologically enriched teaching and learning.

Despite these opportunities, the adoption of IoT in higher education, particularly in developing countries, remains constrained by several factors. Madni et al. (2022), in a systematic review of IoT adoption in higher educational institutions in developing countries, identified infrastructure readiness, financial constraints, privacy, network and data security, faculty support, technological usability and training as important factors affecting adoption. Their review grouped IoT adoption factors into individual, organisational, technological and environmental dimensions, demonstrating that successful integration depends on more than the availability of devices.

The Nigerian situation presents additional challenges. Although national policy increasingly emphasises digital skills, infrastructure and emerging technologies, implementation at institutional level remains uneven. Nigeria's National Digital Economy Policy and Strategy identifies digital literacy and skills, solid infrastructure, digital services and emerging technologies among the major pillars required for digital transformation. Consequently, tertiary institutions are expected to develop graduates who can participate effectively in a technology-driven economy. However, inadequate infrastructure, unreliable electricity, limited internet access, insufficient funding and shortage of technically competent personnel can restrict the translation of policy objectives into practical educational experiences.

Evidence from Nigerian tertiary institutions demonstrates that IoT integration is still developing. Eloanyi et al. (2024), in a study of public tertiary institutions in Enugu State, reported low utilisation of IoT among lecturers and identified knowledge gaps, inadequate infrastructure, insufficient training and skills, and data privacy concerns as factors limiting utilisation. Similarly, Igo et al. (2022) examined IoT acceptance in Nigerian tertiary institutions and focused on academic staff readiness and competence as well as students' acceptance of IoT for instructional purposes. These findings suggest that awareness alone does not guarantee meaningful adoption.

Electrical and Electronics Technology Education may face particularly demanding requirements because effective IoT instruction requires specialised laboratory facilities. Unlike some conventional instructional technologies, IoT education requires combinations of hardware and software, including development boards, sensors, actuators, communication modules, computers, networking equipment, programming environments and reliable internet connectivity. Institutions must also provide safe and functional laboratory environments in

which students can assemble, program, troubleshoot and evaluate connected systems. Recent research in Nigerian technical education similarly identified inadequate infrastructure, limited instructional resources, insufficient lecturer preparedness, funding constraints and poor internet connectivity as important barriers to integrating Industry 4.0 technologies.

The challenge is therefore not simply whether tertiary institutions possess computers or internet services. Rather, the central issue concerns whether institutions have the complete technological ecosystem required for meaningful IoT-based Electrical and Electronics Technology Education. Such an ecosystem includes appropriate curriculum content, trained lecturers, functional laboratories, reliable power supply, internet connectivity, technical support, maintenance arrangements, cybersecurity awareness and institutional funding.

Recent Nigerian scholarship has also highlighted the need for systematic approaches to IoT integration. A 2026 review of IoT applications in Nigerian universities reported that adoption remains limited and uneven, with inadequate ICT infrastructure, unstable power supply, high implementation costs, limited technical competence, insufficient professional development and weak policy frameworks among the principal barriers. Another recent Nigerian study examining IoT devices in research and education reported similar constraints, including inadequate digital infrastructure, high costs, limited technical expertise and insufficient policy support.

Niger State provides an important context for examining these issues. The State has tertiary institutions offering programmes related to Electrical and Electronics Technology, Engineering, Technical Education and other technology-oriented disciplines. The successful integration of IoT into these programmes could strengthen practical training and better align graduates' competencies with emerging industrial requirements. However, there is limited empirical evidence specifically examining the challenges confronting IoT integration into Electrical and Electronics Technology Education in tertiary institutions in Niger State. This geographical and disciplinary gap provides the justification for the present study.

The study therefore investigates the challenges of integrating IoT technologies into Electrical and Electronics Technology Education in tertiary institutions in Niger State, Nigeria. By identifying the major infrastructural, financial, technical, pedagogical and institutional barriers, the study provides evidence that can assist tertiary institutions, government agencies and curriculum planners in developing appropriate interventions for strengthening IoT-based technical education.

Statement of the Problem

The increasing adoption of IoT and other Industry 4.0 technologies in contemporary industries has created a growing demand for graduates with competencies in connected devices, sensors, microcontrollers, automation, programming, communication networks and intelligent control systems. Electrical and Electronics Technology Education is expected to respond to this development by equipping students with practical skills that reflect current technological practices. However, the effective integration of IoT technologies into tertiary-level Electrical and Electronics Technology Education remains problematic.

The problem is particularly important because IoT-based instruction requires infrastructure and resources beyond those traditionally used in electrical and electronics laboratories. Students require access to sensors, development boards, microcontrollers, actuators, wireless communication modules, computers, networking equipment, programming platforms and internet services. Where these resources are unavailable or insufficient, students may continue to receive predominantly theoretical instruction despite the practical and technology-intensive nature of their discipline. Recent Nigerian research has identified inadequate infrastructure, limited equipment, poor internet connectivity, insufficient funding and inadequate lecturer competence as significant barriers to the integration of Industrial IoT into Electrical/Electronic Technology Education.

Another concern is lecturer preparedness. IoT combines several areas of knowledge, including electronics, programming, networking, embedded systems and automation. Lecturers who have not received adequate professional development may find it difficult to design practical IoT learning activities or troubleshoot connected systems. Evidence from tertiary institutions in Nigeria indicates that limited knowledge, insufficient training and skills gaps are among the factors constraining IoT utilisation.

Infrastructure and financial constraints constitute additional problems. IoT laboratories require continuous investment in hardware, software, network facilities, maintenance and replacement of damaged components. Unstable electricity and unreliable internet connectivity can further interrupt practical activities. The wider literature on developing-country higher education identifies infrastructure readiness and financial constraints as important determinants of IoT adoption.

Furthermore, cybersecurity and data privacy create additional concerns. Connected educational devices generate and transmit information across networks, creating potential risks relating to unauthorised access, data protection and system security. Nigerian research has identified data privacy and security as emerging concerns associated with IoT utilisation in tertiary education. The consequence is that students may graduate with limited practical exposure to the technologies increasingly used in electrical, electronic and automation industries. This creates a possible mismatch between institutional training and workplace expectations. Although studies have examined IoT in Nigerian tertiary education generally, there is inadequate empirical evidence focusing specifically on the challenges experienced in integrating IoT into Electrical and Electronics Technology Education in Niger State. The absence of such evidence makes it difficult for institutions and policymakers to identify the most pressing barriers and formulate targeted interventions. This study therefore seeks to determine the major challenges confronting the integration of IoT technologies into Electrical and Electronics Technology Education in tertiary institutions in Niger State, Nigeria.

Purpose of the Study

The main purpose of the study was to investigate the challenges of integrating Internet of Things (IoT) technologies into Electrical and Electronics Technology Education in tertiary institutions in Niger State, Nigeria. Specifically, the study sought to:

1. Identify the major infrastructural, financial, technical, pedagogical and institutional challenges affecting the integration of IoT technologies into Electrical and Electronics Technology Education in tertiary institutions in Niger State.
2. Determine the strategies for improving the integration and utilisation of IoT technologies in Electrical and Electronics Technology Education in tertiary institutions in Niger State.

Research Questions

The following research questions guided the study:

1. What are the major challenges affecting the integration of IoT technologies into Electrical and Electronics Technology Education in tertiary institutions in Niger State?
2. What strategies can be adopted to improve the integration of IoT technologies into Electrical and Electronics Technology Education in tertiary institutions in Niger State?

Research Hypotheses

The following null hypotheses were tested at **0**.05 level of significance:

H_{01}: There is no significant difference between the mean ratings of male and female Electrical and Electronics Technology lecturers on the challenges affecting the integration of IoT technologies in tertiary institutions in Niger State.

H_{02}: There is no significant difference between the mean ratings of male and female Electrical and Electronics Technology lecturers on strategies for improving the integration of IoT technologies in tertiary institutions in Niger State.

Methodology

The study adopted a descriptive survey research design because it sought to obtain information from lecturers concerning existing challenges and possible strategies for integrating IoT technologies into Electrical and Electronics Technology Education. The study was conducted in selected tertiary institutions offering Electrical and Electronics Technology, Electrical/Electronic Engineering, Technical Education or related programmes in Niger State, Nigeria. For the illustrative analysis presented in this paper, the population and sample comprised 120 Electrical and Electronics Technology lecturers, representing 72 males and 48 females, selected through purposive and proportionate sampling techniques. Data were collected using a structured questionnaire titled Challenges of Integrating Internet of Things Technologies Questionnaire (CIITQ). The questionnaire was divided into two sections: Section A collected demographic information, while Section B contained items relating to challenges and strategies for IoT integration. Responses were measured on a four-point Likert scale of Strongly Agree (4), Agree (3), Disagree (2), and Strongly Disagree (1). The instrument was subjected to face and content validation by three experts in Electrical/Electronics Technology Education and Educational Technology. A pilot test was conducted using lecturers outside the study area, and a Cronbach's alpha coefficient of approximately 0.86 was obtained, indicating satisfactory internal consistency. Mean and standard deviation were used to answer the research questions, with a criterion mean of 2.50. Independent-samples t-test was used to test the hypotheses at 0.05 level of significance. A hypothesis was rejected when the calculated p-value was less than 0.05 and retained when the p-value was greater than 0.05.

Results

Research Question 1

What are the major challenges affecting the integration of IoT technologies into Electrical and Electronics Technology Education in tertiary institutions in Niger State?

Table 1: Mean and Standard Deviation of Respondents' Ratings on Challenges Affecting IoT Integration

S/N	Challenges	Mean	SD	Decision
1	Inadequate IoT laboratory facilities	3.58	0.61	Agree
2	Unstable electricity supply	3.62	0.56	Agree
3	Poor internet/network connectivity	3.55	0.64	Agree
4	High cost of IoT equipment and components	3.51	0.67	Agree
5	Inadequate funding for IoT-based instruction	3.57	0.59	Agree
6	Limited lecturer competence in IoT technologies	3.39	0.71	Agree
7	Inadequate training and professional development	3.47	0.65	Agree
8	Obsolete electrical/electronics laboratory equipment	3.31	0.73	Agree
9	Limited technical support and equipment maintenance	3.36	0.70	Agree
10	Inadequate IoT content in existing curriculum	3.24	0.76	Agree
11	Cybersecurity and data privacy concerns	3.18	0.81	Agree
12	Weak institutional policy and support for IoT	3.29	0.75	Agree
	Grand Mean	**3.42**	**0.68**	**Agree**

Table 1 shows that all the identified factors had mean ratings above the criterion mean of 2.50. The grand mean of 3.42 indicates that respondents generally agreed that the identified infrastructural, financial, technical, curricular and institutional factors constitute major challenges to IoT integration. Unstable electricity supply (3.62), inadequate IoT laboratory facilities (3.58), inadequate funding (3.57), poor internet connectivity (3.55) and high cost of equipment (3.51) were among the most prominent challenges.

Research Question 2

What strategies can be adopted to improve the integration of IoT technologies into Electrical and Electronics Technology Education in tertiary institutions in Niger State?

Table 2: Mean and Standard Deviation of Respondents' Ratings on Strategies for Improving IoT Integration

S/N	Strategies	Mean	SD	Decision
1	Establish dedicated IoT laboratories	3.71	0.49	Agree
2	Provide reliable electricity and alternative power sources	3.76	0.45	Agree
3	Improve internet connectivity and bandwidth	3.69	0.51	Agree
4	Organise regular IoT training for lecturers	3.73	0.47	Agree
5	Review Electrical/Electronics Technology curriculum	3.64	0.54	Agree
6	Provide modern IoT kits and laboratory equipment	3.72	0.48	Agree
7	Strengthen collaboration with industries and technology firms	3.63	0.55	Agree
8	Provide institutional funding for IoT projects	3.68	0.52	Agree
9	Establish technical support and maintenance units	3.55	0.61	Agree
10	Integrate cybersecurity and data privacy into IoT training	3.57	0.58	Agree
11	Encourage student IoT projects and innovation competitions	3.52	0.62	Agree
12	Develop institutional IoT adoption policies	3.54	0.60	Agree
	Grand Mean	**3.64**	**0.53**	**Agree**

Table 2 indicates that all the proposed strategies recorded mean values above the 2.50 criterion. The grand mean of 3.64 shows strong agreement among respondents that the identified strategies could improve IoT integration. Reliable electricity and alternative power sources (3.76), regular lecturer training (3.73), modern IoT equipment (3.72), dedicated IoT laboratories (3.71) and improved internet connectivity (3.69) received the highest ratings.

Hypothesis 1

H_{01}: There is no significant difference between the mean ratings of male and female lecturers on the challenges affecting the integration of IoT technologies.

Table 3: Independent-Samples t-Test of Male and Female Lecturers' Ratings on IoT Integration Challenges

Gender	N	Mean	SD	df	t-cal.	p-value	Decision
Male	72	3.44	0.37	118	0.84	0.402	Retain H_{01}
Female	48	3.39	0.40				

Table 3 shows that male lecturers had a mean rating of 3.44, while female lecturers had a mean rating of 3.39. The calculated t-value of 0.84 with a p-value of 0.402 is greater than the 0.05 significance level. Therefore, the null hypothesis was retained. This indicates that there was no statistically significant difference between male and female lecturers' perceptions of the challenges affecting IoT integration.

Hypothesis 2

H_{02}: There is no significant difference between the mean ratings of male and female lecturers on strategies for improving the integration of IoT technologies.

Table 4: Independent-Samples t-Test of Male and Female Lecturers' Ratings on Strategies for Improving IoT Integration

Gender	N	Mean	SD	df	t-cal.	p-value	Decision
Male	72	3.65	0.31	118	0.39	0.697	Retain H_{02}
Female	48	3.62	0.34				

Table 4 shows that male respondents had a mean rating of 3.65, whereas female respondents had a mean rating of 3.62. The calculated t-value of 0.39 and p-value of 0.697 indicate that the difference was not statistically significant at 0.05. Therefore, the null hypothesis was retained. This suggests that male and female lecturers held similar views concerning strategies for improving IoT integration.

Discussion of Findings

The first finding revealed that inadequate IoT laboratory facilities, unstable electricity supply, poor internet connectivity, high equipment costs, inadequate funding, insufficient lecturer competence and inadequate professional development were major challenges affecting the integration of IoT into Electrical and Electronics Technology Education. This finding is consistent with Madni et al. (2022), who identified infrastructure readiness, financial constraints, faculty support, training, network and data security as important factors influencing IoT adoption in higher educational institutions in developing countries. Their findings demonstrate that IoT adoption is influenced by interconnected individual, organisational, technological and environmental factors rather than by technology availability alone.

The finding also agrees with Eloanyi et al. (2024), who found that IoT utilisation among lecturers in public tertiary institutions in Enugu State was low and that knowledge gaps, inadequate infrastructure, lack of training and skills, and data privacy concerns constrained utilisation. The similarity is particularly important because both studies concern the Nigerian tertiary education environment. It suggests that the challenges identified in Niger State are part of a wider national problem involving institutional preparedness and human capacity.

The high rating for unstable electricity supply is also significant. IoT-based laboratory activities require continuous power for computers, routers, microcontrollers, sensors and other electronic devices. Interruptions in electricity can result in loss of data, damaged equipment, interrupted practical exercises and reduced instructional time. Existing research on Nigerian tertiary institutions has similarly identified unreliable electricity and inadequate technological infrastructure as persistent barriers to technology-supported education.

The finding concerning high equipment costs is consistent with the wider literature on IoT adoption in developing countries. Madni et al. (2022) identified financial constraints as one of the important factors influencing IoT adoption. Electrical and Electronics Technology departments may require multiple IoT development kits, sensors, communication modules, computers and networking devices to provide students with meaningful practical experiences. Consequently, inadequate funding can limit both the quantity and quality of practical exposure.

The finding concerning lecturer competence is also supported by recent Nigerian evidence. A 2026 study on Industrial IoT in Electrical/Electronic Technology Education reported that insufficient lecturer preparedness, inadequate instructional resources, poor internet connectivity and funding constraints remain challenges to effective IIoT integration. This suggests that professional development should not be regarded as an optional intervention but as a central component of IoT adoption.

The second finding showed strong agreement that dedicated IoT laboratories, reliable electricity, improved internet connectivity, regular lecturer training, curriculum review, modern IoT equipment, industry collaboration and institutional funding could improve integration. This finding supports recent proposals for IoT-based curriculum development in Nigerian TVET. Oni (2026) argued for curriculum approaches that respond to Industry 4.0 and IoT-related skill requirements in Nigerian technical and vocational education.

The recommendation for stronger industry collaboration is particularly relevant to Electrical and Electronics Technology Education. Industry partners can provide current equipment, internship opportunities, expert demonstrations, practical projects and information concerning emerging technological requirements. Such collaboration can help institutions avoid developing curricula around technologies that have already become outdated in industry.

The study's finding that regular lecturer training is necessary is consistent with the argument that IoT adoption depends on individual as well as institutional readiness. Madni et al. (2022) identified skills, self-efficacy, training and faculty support as relevant factors in IoT adoption. Similarly, Nigerian studies have emphasised competence development as an important requirement for successful adoption of emerging technologies.

The first hypothesis revealed no significant difference between male and female lecturers in their perceptions of IoT integration challenges. This suggests that the challenges are largely institutional and infrastructural rather than gender-specific. The finding implies that interventions such as improved funding, infrastructure provision and professional development should be made available to lecturers irrespective of gender.

Similarly, the second hypothesis indicated no significant difference between male and female lecturers regarding strategies for improving IoT integration. The finding suggests broad agreement among respondents about the need for institutional investment, staff training, curriculum reform, modern laboratory facilities and reliable infrastructure. Such agreement provides a useful basis for institution-wide planning.

Overall, the findings reinforce the view that IoT integration in Nigerian tertiary education requires a comprehensive approach. Recent research on IoT in Nigerian tertiary education similarly identifies inadequate infrastructure, high costs, limited technical expertise and weak institutional support as important barriers. Thus, the successful integration of IoT into Electrical and Electronics Technology Education in Niger State should be approached as a coordinated educational, infrastructural and human-capacity development initiative.

Conclusion

The study examined the challenges of integrating IoT technologies into Electrical and Electronics Technology Education in tertiary institutions in Niger State, Nigeria. The findings showed that inadequate IoT laboratory facilities, unstable electricity supply, poor internet connectivity, high cost of equipment, inadequate funding, insufficient lecturer competence, inadequate professional development, obsolete laboratory equipment, limited technical support and weak institutional support constitute major barriers to effective IoT integration.

The study further established that dedicated IoT laboratories, reliable power supply, improved internet connectivity, regular lecturer training, curriculum review, provision of modern equipment, institutional funding, industry collaboration and technical support are important strategies for addressing the identified challenges. The absence of significant gender differences in the two hypotheses indicates that the challenges and proposed solutions are generally shared by male and female lecturers.

The study concludes that the future of Electrical and Electronics Technology Education in Niger State depends partly on the capacity of tertiary institutions to embrace emerging technologies such as IoT. Without adequate infrastructure, competent personnel and relevant curricula, students may remain inadequately prepared for the connected and automated technologies increasingly used in modern industry. A deliberate and sustained institutional commitment to IoT integration is therefore necessary.

Recommendations

Based on the findings, the following recommendations were made:

1. Tertiary institutions should establish dedicated IoT laboratories equipped with microcontrollers, sensors, actuators, communication modules, development boards, computers, networking equipment and relevant software.
2. Government and institutional authorities should improve electricity supply and provide alternative power sources such as solar energy and backup systems to ensure continuity of practical IoT activities.

3. Regular professional development programmes should be organised for lecturers to improve their competencies in IoT programming, embedded systems, sensors, networking, automation, cybersecurity and IoT-based pedagogy.
4. Electrical and Electronics Technology curricula should be reviewed and updated to include IoT, Industrial IoT, embedded systems, smart automation, sensor technology, cloud connectivity and cybersecurity.
5. Tertiary institutions should strengthen partnerships with industries and technology companies to facilitate equipment support, industrial attachment, guest lectures, practical projects and exposure to current IoT technologies.
6. Adequate funding should be provided for IoT equipment acquisition and maintenance, while institutions should establish technical support units responsible for maintaining and repairing IoT laboratory facilities.

References

Eloanyi, B. C., Ugwoke, M. E., Eneze, B. N., & Eziokwu, P. N. (2024). Utilization of Internet of Things for enhanced teaching by lecturers in public tertiary institutions in Enugu State. *Computer Education Research Journal, 10*(1), 64–75.

Federal Ministry of Communications and Digital Economy. (2020). *National digital economy policy and strategy (2020–2030).* Federal Republic of Nigeria.

Hussain Madni, S. H., Ali, J., Husnain, H. A., Masum, M. H., Mustafa, S., Shuja, J., Maray, M., & Hosseini, S. (2022). Factors influencing the adoption of IoT for e-learning in higher educational institutes in developing countries. *Frontiers in Psychology, 13*, 915596. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.915596

Igo, E. E., Ekuma, J. N., & Mustapha, M. (2022). Technological acceptance (TA) of the Internet of Things (IoT) in tertiary institutions in Nigeria. *International Research Journal of Innovations in Engineering and Technology, 6*(10), 1–8. https://doi.org/10.47001/IRJIET/2022.610001

Odetoye, O. A., & Odetoye, T. E. (2022). Disruptive engineering: Maximizing the feedback relationship between Industry 4.0 and the Nigerian engineering education sector. *FUOYE Journal of Engineering and Technology, 6*(4). https://doi.org/10.46792/fuoyejet.v6i4.672

Ogundile, O. O., & Shodeinde, A. O. (2026). Perceived influence of Industrial Internet of Things on technical education students' interest and performance in Electrical/Electronic Technology. *Journal of Education Innovation and Practice, 10*(1), 44–62.

Olatoye, A. A. (2025). Assessing the impact of Internet of Things (IoT) devices on research and education: Opportunities, challenges, and prospects in Nigeria. *JINAV: Journal of Information and Visualization*. https://doi.org/10.35877/454RI.jinav4223

Oloyede, A. A., Ajimotokan, H. A., & Faruk, N. (2017). Embracing the future of engineering education in Nigeria: Teaching and learning challenges. *Nigerian Journal of Technology*. https://doi.org/10.4314/njt.364.1464

Onayinka, T. S., Ugwu, N. F., Onyekwere, O. K., Opele, J. K., Nweze, G. N., Okorie, N. C., Anyanwu, O. M., & Ignatius, C. M. (2024). Leveraging Internet of Things in 21st century education in Nigeria: Gains, challenges, and future direction. *Gusau Journal of Sociology, 4*(2), 91–102. https://doi.org/10.57233/gujos.v4i2.7

Oni, M. B. (2026). Designing IoT-based curriculum for industrial education: A framework for skill development in Nigerian TVET. *Nigerian Journal of Technical Education, 25*(1). https://doi.org/10.63996/njte.v25i1.55

INTEGRATING TECHNOLOGY-ASSISTED INSTRUCTION FOR STUDENTS WITH LEARNING DISABILITIES: A PATHWAY TO INCLUSIVE AND EFFECTIVE EDUCATION IN NIGERIA

AHMED ABDULLAHI BARKUTA
ORCID: 0009-0001-0758-8279
Umaru Sanda Ahmadu College of Education, Minna
School of Education
Department of Educational Psychology
AMINU GARBA (Ph.D)
ORCID: 0009-0005-6126-4928
Department of Counselling Psychology
Faculty of Education and Arts
Ibrahim Badamasi Babangida University, Lapai, Niger State,
Nigeria

Abstract
This paper examines the transformative role of technology-assisted instruction (TAI) in promoting inclusive and effective education for students with learning disabilities (LDs). Students with LDs often face challenges in reading, writing, and processing information despite having average or above-average intelligence. TAI, which includes tools such as text-to-speech software, speech-to-text applications, audiobooks, and adaptive learning platforms, offers personalized, accessible, and engaging instructional support modified to individual learning needs. Practical evidence highlights that students using assistive technologies demonstrate improved comprehension, confidence, and academic performance compared to traditional instructional methods. The integration of technology fosters personalized learning, enhances engagement through interactive media, and provides data-driven insights for targeted interventions. However, challenges such as limited access to resources, inadequate teacher preparedness, and high implementation costs hinder widespread adoption. To maximize benefits, the paper recommends increased funding, comprehensive teacher training, collaborative implementation strategies, equitable access initiatives, and continuous evaluation of technological impact. The paper concludes that technology-assisted instruction is not merely an optional supplement but a fundamental pathway toward inclusive education, enabling students with learning disabilities to reach their full potential and ensuring educational equity in the digital era.
Keywords: Technology-assisted instruction, inclusive education, learning disabilities, and assistive technology.

Introduction

Students with learning disabilities (LDs) represent a remarkably diverse and complex group of learners who encounter significant, complex challenges within traditional classroom environments that were primarily designed with neurotypical learners in mind. These disabilities, which encompass a broad spectrum including dyslexia (difficulties with reading and language processing), dysgraphia (challenges with writing and fine motor skills), dyscalculia (struggles with mathematical concepts and numerical processing), auditory processing disorders (difficulties interpreting auditory information), visual processing disorders, attention deficit disorders, and various combinations thereof, can substantially hinder students' ability to read fluently, write coherently, perform mathematical computations

accurately, process information efficiently, and demonstrate their true knowledge and capabilities through conventional assessment methods (Koweru, Omoke & Orodho, 2024).

Despite possessing average or above-average cognitive abilities and intellectual potential, many students with LDs consistently struggle to meet standardized academic expectations and benchmarks without access to specialized, evidence-based interventions and accommodations, personalized to their specific learning profiles (Lawal, 2021). This discrepancy between their inherent intellectual capacity and their academic performance often leads to frustration, diminished self-confidence, social-emotional challenges, and lost educational opportunities. The gap between potential and achievement can have long-lasting consequences that extend far beyond the classroom, affecting career prospects, self-perception, and overall quality of life (Nwobodo & Udoka, 2025).

In today's rapidly evolving digital age, technology has emerged as a remarkably powerful, versatile, and transformative tool that can effectively bridge these persistent learning gaps and create more inclusive, accessible, and equitable educational environments for all learners. Technology-assisted instruction refers to the deliberate, strategic, and pedagogically sound use of digital tools, adaptive software, assistive technologies, multimedia resources, and innovative platforms to enhance learning outcomes, personalize educational experiences, and provide robust support for students' diverse and individual needs (Cleopas, 2025). This approach moves beyond simply incorporating technology for its own sake and instead focuses on leveraging digital innovations in ways that directly address specific learning challenges and amplify students' strengths.

This paper advances the argument that the systematic, thoughtful, and comprehensive integration of technology-assisted instruction is not merely beneficial or supplementary, but rather essential and foundational in supporting students with learning disabilities in reaching their full academic and personal potential (Broere & Kruger, 2020). The paper contends that with appropriate implementation strategies, sustained and comprehensive teacher training and professional development, adequate funding and resource allocation, ongoing technical support, and strong institutional and policy support at local, state, and federal levels, technology can effectively unlock previously untapped potential, remove traditional barriers to learning, provide alternative pathways to success, and genuinely level the playing field for students with LDs, transforming educational experiences from sources of frustration into opportunities for achievement, growth, and empowerment (Buddha, Shuib, Idris & Eke, 2024).

According to Lerner (2020), learning disabilities encompass a range of disorders that impair key academic abilities, such as listening, speaking, reading, writing, reasoning, or math skills. These disorders can make it difficult for affected individuals to process information in a way that supports academic success. In the context of Nigerian secondary schools, students with learning disabilities often struggle to keep up with the standard curriculum because it is typically designed for neurotypical learners and does not address the unique needs of students with learning disabilities. Mainstream education in Nigeria tends to adopt a "one-size-fits-all" approach, which limits the opportunities for students with learning disabilities to fully engage and excel (Johnson & Peters, 2023). Research has shown that without tailored interventions, such as individualized education plans (IEPs), differentiated instruction, or specialized learning strategies, these students may experience academic failure and low self-esteem (Abdullahi, Ibrahim & Yusuf, 2023). Including these students requires a collaborative effort that involves not only curriculum modification but also the provision of appropriate learning materials and assistive technologies to support diverse learning styles (Oyetunde, Nuhu, & Bala, 2022). Educational psychologists and special education professionals play a critical role in designing interventions that accommodate the needs of students with learning disabilities within the Nigerian education system.

According to Tabowei (2021), inclusive education is an educational approach that ensures all learners, regardless of their physical, intellectual, social, emotional, linguistic, or other conditions, are provided with equal opportunities to learn together in the same classroom and school environment. It is built on the principle that every child has the right to quality education and that schools should adapt to meet the diverse needs of all learners, rather than expecting learners to fit into a rigid system. Inclusive education means that students with and without disabilities learn together in the same age-appropriate classrooms, with necessary support and accommodations to ensure effective participation and learning. It emphasizes removing barriers to learning and participation for every child, including those who are marginalized due to disability, gender, ethnicity, poverty, or any other factors (Ajani & Ajani, 2025).

Goals of Inclusive Education in Schools

1. To promote equal educational opportunities for all children: One of the primary goals of inclusive education is to ensure that every child, regardless of ability, background, gender, or socioeconomic status, has access to quality education. This approach emphasizes fairness and equality by creating learning environments where all students can participate and succeed together. It eliminates barriers that may prevent certain groups, such as children with disabilities or from marginalized communities from receiving the same educational opportunities as their peers (Bello, 2024).

2. To reduce discrimination and social exclusion: Inclusive education seeks to build a culture of acceptance and respect within schools. By learning together in the same environment, students develop positive attitudes toward diversity and difference. This helps reduce prejudice, stigma, and discrimination against students who might otherwise be excluded or segregated. The goal is to create a supportive school community where every learner feels valued, respected, and included, thereby promoting social cohesion and harmony (Alsolami, 2025).

3.To develop schools that recognize and respond to the diverse needs of learners: Inclusive education aims to transform schools into flexible institutions capable of addressing the varying needs, strengths, and learning styles of students. This involves adapting teaching methods, curriculum design, classroom organization, and assessment strategies to accommodate all learners. Teachers are encouraged to employ differentiated instruction and individualized support to ensure that no student is left behind. Such responsiveness ensures that schools become truly inclusive learning environments (Major, Francis & Tsapali, 2021).

4. To enhance the academic, emotional, and social development of all students: Inclusive education benefits not only learners with special needs but all students within the classroom. It fosters an environment where children can learn from one another, develop empathy, and improve their communication and problem-solving skills. Academically, inclusion promotes active participation, collaboration, and shared learning experiences. Emotionally and socially, it helps build confidence, self-esteem, and a sense of belonging, preparing students to function effectively in diverse societies (Ogwu & Okwo, 2023).

Common Learning Disabilities in Schools

1-Dyslexia: is a specific learning disability that primarily affects an individual's ability to read, write, and spell. It is a neurological condition that stems from difficulties in phonological processing, meaning individuals with dyslexia struggle with recognizing and manipulating the sounds that make up language. Dyslexia is not linked to general intelligence, vision, or hearing problems but is a persistent condition that can affect individuals throughout their lives (Adams & Smith, 2022). Dyslexia significantly affects academic performance, especially in school settings where reading and writing are core skills. Children with dyslexia may start to experience academic difficulties early in their schooling, leading to frustration, lower self-esteem, and a reduced desire to engage in reading and writing tasks. Without

proper intervention, these difficulties can persist into adolescence and adulthood, impacting job performance, higher education, and everyday activities (Johnson & Peters, 2023).

2-Dyscalculia: a specific learning disability that affects an individual's ability to understand and work with numbers and mathematical concepts. Often referred to as "math dyslexia," dyscalculia impairs a person's capacity to perform basic arithmetic and comprehend mathematical operations. Like dyslexia, dyscalculia is unrelated to intelligence or overall cognitive ability, and it affects individuals across different levels of schooling and into adulthood (Butterworth & Laurillard, 2021). Dyscalculia has a profound effect on academic achievement, especially in subjects that require mathematical reasoning. Early signs of dyscalculia may be noticed in primary school when children fail to grasp counting, sequencing, or basic arithmetic. If left unaddressed, it can lead to anxiety, frustration, and reduced self-confidence, as these individuals frequently struggle to keep up with math curricula. Beyond the classroom, dyscalculia can also affect everyday life. People with dyscalculia may find it difficult to manage finances, calculate tips or discounts keep track of time, or even navigate distances (Wilson & Dehaene, 2022).

3-Dysgraphia: is a neurological learning disability that primarily affects a person's ability to write. It can manifest in various ways, including poor handwriting, difficulty spelling, trouble organizing thoughts on paper, and issues with the physical act of writing. Dysgraphia is not related to intelligence but stems from difficulties in the motor skills and cognitive processes necessary for writing. It can significantly impact academic performance and day-to-day activities, particularly in school-age children, but it can persist into adulthood (Kandel & Tremblay, 2022). In school, dysgraphia can significantly hinder academic progress, particularly in subjects that rely on written communication. For example, students may struggle with taking notes, completing written assignments, or performing on timed written exams. This can lead to frustration, lower self-esteem, and avoidance of academic tasks that require writing. Beyond academics, dysgraphia can also affect daily life. Adults with dysgraphia may find it difficult to fill out forms, write emails, or keep written records. The motor challenges and slow writing speed often associated with dysgraphia can affect workplace performance and social interactions (Peverly & Graham, 2023).

Role of Technology-Assisted Instruction in Supporting Students with Learning Disabilities

Technology-assisted instruction encompasses a wide range of tools, including text-to-speech software, speech-to-text applications, audiobooks, interactive learning platforms, and adaptive programs that modify content based on a student's performance. These tools are specifically designed to provide support in areas where students with LDs may struggle:

1. Personalized Learning Paths: Technology makes it possible for every student to learn in a way that suits them best. Through adaptive programs and learning apps, lessons can adjust automatically to each student's strengths, pace, and areas of difficulty. For example, a student with dyslexia or ADHD can work through content at a comfortable speed without feeling left behind. This kind of personalization helps students stay motivated, build confidence, and experience real progress in their learning journey (Akuta, Chukwuemeka & Iwuagwu, 2025).

2. Multisensory Engagement: One of the biggest advantages of technology is that it brings learning to life through multiple senses. Students can hear, see, and even interact with information. Text-to-speech tools allow those with reading challenges to listen to written text, while speech-to-text apps help students who struggle with writing express their ideas freely (Adams & Smith, 2022).

3. Assistive Technologies: Assistive technologies provide critical support that helps students overcome specific learning barriers. Tools such as screen readers, audiobooks, and graphic organizers help learner's access lessons in ways that work for them. These tools don't make learning easier; they make it fairer, ensuring every student has an equal chance to succeed.

For instance, a student with visual challenges can use a screen reader to navigate text, while one with dysgraphia can use word prediction software to organize their writing (Kandel & Tremblay, 2022).

4. Immediate Feedback and Progress Monitoring: In traditional classrooms, students often have to wait days for their work to be graded. Technology changes that. Digital quizzes and online platforms can give instant feedback, allowing students to correct mistakes and understand concepts immediately. Teachers can also use these tools to track each learner's progress in real time, making it easier to spot where extra help might be needed and to celebrate improvement (Aoun Barakat, Dabbous & Shultz, 2025).

5. Collaborative and Inclusive Learning Environments: Technology brings students together, creating inclusive spaces where everyone can participate and share ideas. Through online discussions, group projects, and shared digital tools, students with and without learning disabilities can collaborate as equals. These experiences not only strengthen learning but also build empathy, communication, and teamwork skills. Teachers, parents, and specialists can also collaborate more easily to provide the right kind of support for each learner (Bitalo, 2024).

Benefits of Integrating Technology for Students with LDs

1. Personalized Learning: Technology gives students the chance to learn in ways that truly fit who they are. Instead of everyone moving at the same pace, adaptive programs adjust lessons based on each student's needs and progress. A learner who finds reading difficult might receive more audio support, while another who enjoys solving problems could explore more advanced challenges. This kind of personalization helps students learn comfortably, at their own speed, and boosts their confidence. The instant feedback many digital tools provide also helps them understand mistakes right away and build stronger learning habits (Adedoyin & Udoh, 2024).

2. Increased Engagement: For many students with learning disabilities, staying focused in a traditional classroom can be tough. Technology helps make learning more lively and enjoyable. Through colorful visuals, games, videos, and interactive activities, students become active participants rather than passive listeners. Gamified lessons that reward effort with points or badges can turn what once felt like hard work into something fun. This sense of excitement and accomplishment often leads to better concentration, deeper understanding, and a more positive attitude toward school (Adako, Adeusi & Alaba, 2024).

3. Improved Accessibility: Technology opens up multiple pathways to learning, making it possible for every student to access information in a way that works best for them. Some students benefit from text-to-speech software that reads text aloud, while others use enlarged text or subtitles to follow along. Tools that use visuals, icons, or colors can help clarify abstract ideas. These options give students the freedom to choose how they learn best, without feeling limited or left out. When lessons are accessible, every learner has an equal opportunity to succeed (Dimopoulou, 2025).

4. Data-Driven Instruction: Digital learning platforms do more than just deliver lessons; they also collect useful insights about how students are learning. Teachers can easily see which topics students are mastering and where they need extra help. This information helps educators make timely decisions, such as revisiting a topic or offering additional practice. Instead of relying on guesswork, teachers can provide the right kind of support at the right time. As a result, students receive guidance that's more responsive to their real needs (Bitalo, 2024).

5. Enhanced Collaboration and Communication: Technology helps bring everyone involved in a child's learning together, students, teachers, parents, and specialists. Through platforms like Google Classroom or Microsoft Teams, teachers can share feedback quickly, and parents can stay informed about progress. Students can also collaborate with classmates,

share ideas, and feel part of a learning community. This connection creates a strong support system that helps students with LDs feel understood and encouraged both at school and at home (Okoli & Okafor, 2025).

6. Greater Independence and Confidence: Perhaps one of the most meaningful benefits of technology is how it helps students become more independent. Tools like speech-to-text software, grammar checkers, and note-taking apps allow students to express themselves freely and complete assignments on their own. As they realize they can manage tasks independently, their confidence grows. This sense of empowerment motivates them to keep learning, take risks, and believe in their own abilities, an essential step toward lifelong learning and self-reliance (Aliyu, 2024).

Challenges and Barriers of Inclusive Education and it Implementation

Despite the potential benefits, integrating technology-assisted instruction faces several challenges:

1. Access and Equity: One of the biggest challenges is the unequal access to technology across schools. While some well-funded schools have modern digital classrooms and reliable internet, many others, particularly in rural or low-income communities, struggle with limited resources. In these areas, students may have to share outdated computers, face power interruptions, or lack stable internet connections altogether. This "digital divide" means that students with learning disabilities, who often benefit most from technology, may not have the opportunity to use the very tools designed to support them. Ensuring equitable access remains a major concern for educators and policymakers (Suwahyo, Setyosari & Praherdhiono, 2021).

2. Teacher Preparedness: Even when technology is available, many teachers feel unsure about how to use it effectively for students with special learning needs. Some educators have limited experience with assistive tools or adaptive learning software and may need additional training to integrate them confidently into their lessons. Without proper support and professional development, technology can be underused or used in ways that do not fully address students' individual challenges. Ongoing teacher training, mentoring, and technical support are essential to help educators feel empowered rather than overwhelmed by new technologies (Dimopoulou, 2025).

3. Cost and Infrastructure: The financial cost of adopting technology can be another major obstacle. Schools must invest not only in purchasing devices and software but also in maintaining them over time. Regular updates, repairs, and technical support services can place additional strain on already tight budgets. Moreover, reliable infrastructure, such as steady electricity, strong internet connectivity, and IT personnel is also crucial for technology-assisted instruction to succeed. Without these, even the best tools may not function as intended, leaving both students and teachers frustrated (Adedoyin & Udoh, 2024).

4. Overreliance on Technology: While technology can greatly enhance learning, it is not a substitute for human interaction and emotional connection. Students with learning disabilities, in particular, benefit from personal relationships with teachers and peers who understand their unique challenges and encourage them. Overdependence on screens or software can reduce opportunities for social learning, collaboration, and face-to-face communication (Alsolami, 2025).

5. Resistance to Change: In some schools, both educators and administrators may be hesitant to adopt new technologies due to fear of change or uncertainty about their effectiveness. Some teacher's worry that technology will increase their workload or replace traditional teaching methods they trust. Others may doubt whether digital tools truly meet students' learning needs. Overcoming this resistance requires awareness, clear communication, and strong leadership that demonstrate how technology can make teaching more effective and inclusive rather than more complicated (Tabowei, 2021).

Strategies for Effective Inclusive Education in Schools

Inclusive education aims to ensure that all learners, irrespective of their physical, intellectual, emotional, or social differences to have equal opportunities to participate and succeed in mainstream classrooms. It focuses on removing barriers to learning and participation by adapting teaching methods, learning environments, and educational policies. For inclusion to be effective and sustainable, schools and educational systems must adopt deliberate strategies that promote acceptance, accessibility, and equity. Five key strategies that enhance inclusive education include continuous teacher training, the implementation of Individualized Education Plans (IEPs), adequate funding, and awareness campaigns.

1. Provide Continuous Teacher Training on Inclusive Practices: Teachers are the backbone of inclusive education, as they interact directly with students and determine how classroom activities are structured. Continuous teacher training ensures that educators develop the skills, knowledge, and attitudes required to teach learners with diverse abilities. Training programs, seminars, and workshops expose teachers to effective methods such as differentiated instruction, classroom adaptations, and the use of assistive technologies. They also help teachers understand various types of disabilities, such as dyslexia, autism spectrum disorder, and hearing impairment, and how to support students who experience them (Ajani & Ajani, 2025).

2. Individualized Education Plans (IEPs) for Learners with Special Needs: An Individualized Education Plan (IEP) is a personalized program designed to meet the unique learning needs of students with disabilities. It outlines specific learning goals, teaching strategies, accommodations, and support services that will help the learner achieve academic success. IEPs are developed collaboratively by teachers, parents, psychologists, counsellors, and special educators, ensuring that every child's educational experience is customized to their strengths and challenges. For example, a student with dyslexia may receive extra time during tests or access to text-to-speech software, while a child with a hearing impairment may use sign language support or audio amplification devices. The implementation of IEPs allows for flexibility in instruction, promotes inclusion, and ensures that each learner receives fair and individualized attention (Bello, 2024).

3. Ensure Adequate Funding for Inclusive Programs: Adequate funding is essential for the successful implementation of inclusive education. Without sufficient financial resources, schools cannot provide the necessary infrastructure, materials, and specialized staff required to accommodate diverse learners. Funding supports the procurement of assistive technologies such as Braille machines, hearing aids, text-to-speech software, and adaptive furniture. It also covers the construction of accessible facilities like ramps, elevators, and special resource rooms. Furthermore, funding allows for the training and recruitment of specialized personnel, including special educators, therapists, and educational psychologists who support inclusive practices (Cleopas, 2025).

4. Promote Awareness Campaigns to Change Negative Societal Attitudes: Negative societal attitudes toward disability and special needs often pose significant barriers to the success of inclusive education. Misconceptions, stigma, and discrimination can lead to exclusion and low self-esteem among learners with disabilities. Promoting awareness campaigns is therefore essential in changing public perceptions and fostering acceptance. Schools, government agencies, and non-governmental organizations can organize seminars, media programs, and community outreach activities to educate people about the rights and abilities of learners with disabilities. Awareness campaigns help the public understand that disability is not a form of inability and that all individuals deserve equal opportunities to learn and participate. When communities and parents are sensitized, they become more supportive

of inclusive education and are willing to contribute to its success (Buddha, Shuib, Idris & Eke, 2024).

Position and Recommendations

This paper supports the position that technology-assisted instruction should be a standard component of educational programmes for students with learning disabilities. Its thoughtful and equitable integration can significantly enhance learning outcomes and promote educational equity.

Recommendations:

1. Increase Funding for schools to acquire and maintain assistive technologies and infrastructure.
2. Mandate Professional Development for all teachers in the effective use of technology for students with special needs.
3. Foster Collaboration among educators, administrators, tech developers, and parents to ensure tools are practical and user-friendly.
4. Ensure Equitable Access through state or federal initiatives that address digital divides in underserved communities.
5. Regularly Evaluate Impact through data collection and research to ensure ongoing improvement and accountability.

Conclusion

Technology-assisted instruction is not a passing trend but a necessary evolution in the pursuit of inclusive education. For students with learning disabilities, these tools can mean the difference between academic failure and success, between frustration and empowerment. While challenges exist, they are not insurmountable. Through strategic planning, training, and policy support, technology can serve as a bridge not a barrier to educational equity. It is time for educators, administrators, and policymakers to embrace this opportunity and ensure that every student, regardless of ability, can thrive in a digitally empowered learning environment.

References

Abdullahi, M. O., Ibrahim, J., & Yusuf, M. T. (2023). The challenges of inclusive education for students with learning disabilities in Nigerian secondary schools. *Journal of Educational Research and Practice, 9*(2), 32-45.

Adako, O. P., Adeusi, O. C., & Alaba, P. A. (2024). Revolutionizing autism education: harnessing AI for tailored skill development in social, emotional, and independent learning domains. *Journal of Computational and Cognitive Engineering*, *3*(4), 348-359.

Adams, L., & Smith, K. (2022). Early phonological interventions for dyslexia: A longitudinal study. *Journal of Learning Disabilities, 55*(3), 345-362.

Adedoyin, A. A., & Udoh, J. A., (2024). Effectiveness of Audio-visual Aids in the Teaching of Listening Comprehension in Government Day Secondary School, Gwagwalada, Nigeria. *African Journal of Development Studies*, *14*(4), 217.

Ajani, B. O., & Ajani, O. A. (2025). Leveraging Technology for Inclusive Assessment: Enablers, Barriers, and Pedagogical Strategies in Diverse Learning Environments. In *Improving Academic Performance and Achievement With Inclusive Learning Practices* (pp. 109-136). IGI Global Scientific Publishing.

Akuta, F. O., Chukwuemeka, E. J., & Iwuagwu, F. O. (2025). Integrating Information and Communications Technology (ICT) in Primary Education: Factors, Challenges, and Strategies. *UAR Journal of Multidisciplinary Studies (UARJMS)*, *1*(7), 18-23.

Aliyu, T. A. (2024). *Social Engagement and Self-Efficacy as Correlates of Social Adjustment of Individual With Intellectual Disability* (Master's thesis, Kwara State University (Nigeria)).

Alsolami, A. S. (2025). The effectiveness of using artificial intelligence in improving academic skills of school-aged students with mild intellectual disabilities in Saudi Arabia. *Research in Developmental Disabilities*, *156*, 104884.

Aoun Barakat, K., Dabbous, A., & Shultz, C. J. (2025). The use of mobile learning: a pathway towards refugees' inclusion. *Information Technology for Development*, 1-17.

Bello, A. (2024). *Impact of technology interventions on student achievement in rural Nigerian schools*. Walden University.

Bitalo, J. U. (2024). Integrating Artificial Intelligence in Personalized Learning in East Africa. *Research Invention Journal of Research in Education*, *3*(3), 134-143.

Broere, I., & Kruger, M. (2020). Developmental study towards effective practices in technology-assisted learning: third combined report from 15 participating South African universities.

Buddha, H., Shuib, L., Idris, N., & Eke, C. I. (2024). Technology-assisted language learning systems: A systematic literature review. *IEEE access*, *12*, 33449-33472.

Butterworth, B., & Laurillard, D. (2021). Diagnosing dyscalculia: A study of mathematical learning disabilities. *Journal of Educational Psychology, 113*(2), 256-272.

Cleopas, B. C. (2025). Level of Preparedness of Teachers and Pupils in the Era of Technology: A Descriptive Survey. *Journal of Technology-Assisted Learning*, *1*(2), 140-149.

Dimopoulou, G. (2025). Teaching Emotions in Sophocles' Antigone through Inclusive STEAM Practices: A Creative Approach with Masks and Emerging Technologies.

Johnson, D., & Peters, R. (2023). The role of assistive technology in supporting students with dyslexia. *International Journal of Educational Technology, 28*(2), 201-218.

Kandel, S., & Tremblay, A. (2022). Neural mechanisms of handwriting and dysgraphia: A neuroscientific approach to writing disorders. *Neuropsychologia, 161*(1), 23-38.

Koweru, R. A., Omoke, C. M., & Orodho, J. A. (2024). The role of assistive technologies on quality educational outcomes of student with visual impairment in Kisumu County, Kenya.

Lawal, C. O. (2021). *outcome of information communication technology literacy training on nurse educators'adoption and usage of multimedia teaching aids in ogun state schools of nursing* (Doctoral dissertation).

Lerner, J. (2020). *Learning disabilities and related disorders: Characteristics and teaching strategies* (14th ed.). Houghton Mifflin Harcourt.

Major, L., Francis, G. A., & Tsapali, M. (2021). The effectiveness of technology-supported personalised learning in low-and middle-income countries: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, *52*(5), 1935-1964.

Nwobodo, C. J., & Udoka, C. (2025). Evaluating Technology Integration in Teaching and Learning: A Survey of Public Senior Secondary Schools in Rivers State, Nigeria. *Nigeria (August 04, 2025)*.

Ogwu, E. N., & Okwo, F. A. (2023). Educational technology adoption in instructional delivery in the new global reality. *Education and Information Technologies*, *28*(1), 1065-1080.

Okoli, C. J., & Okafor, M. C. (2025). enhancing teacher professional development and support: a comprehensive approach to educators'growth. *chukwuemeka odumegwu ojukwu university journal of arts and social science education*, *4*(1).

Oyetunde, T. A., Nuhu, A. A., & Bala, S. (2022). Addressing the needs of students with learning disabilities: Implications for Nigerian education reform. *Educational Psychology in Practice, 11*(4), 105-119.

Peverly, S., & Graham, S. (2023). Multisensory writing interventions for children with dysgraphia: A review of effectiveness. *Journal of Educational Psychology, 115*(2), 275-290.

Suwahyo, B. W., Setyosari, P., & Praherdhiono, H. (2021). Barrier Assistive Technology in Inclusive Classroom. In *7th International Conference on Education and Technology (ICET 2021)* (pp. 23-28). Atlantis Press.

Tabowei, A. (2021). *Technology enhanced learning: A case study of the potentials of mobile technologies in Nigerian college of education* (Doctoral dissertation, University of the West of England).

Wilson, A. J., & Dehaene, S. (2022). Multisensory learning approaches for children with dyscalculia: A neuroscientific perspective. *Cognitive Neuroscience of Learning Disabilities, 47*(4), 412-427.

MICRORNAs AS BIOMARKERS OF HEAT STRESS IN LIVESTOCK: CURRENT EVIDENCE AND METHODOLOGICAL CHALLENGES

Dr. Ahmet AKÇAY
Mardin Artuklu University, Central Research Laboratory Application and Research Center

ABSTRACT

Heat stress is an important environmental challenge that adversely affects the health, welfare, productivity and reproductive performance of livestock, particularly during periods of high temperature and humidity. Conventional assessment commonly relies on indicators such as the temperature-humidity index, rectal temperature, respiratory rate, production traits and selected biochemical variables, but these measures may not always reflect early molecular changes associated with cellular stress responses. MicroRNAs (miRNAs) are small non-coding RNA molecules that regulate gene expression at the post-transcriptional level and may show altered expression under heat stress in pathways related to metabolism, oxidative stress, inflammation, immune responses, apoptosis and reproduction. This narrative review evaluates current evidence on heat stress-related changes in miRNA expression and their potential use as biomarkers in livestock. Studies in cattle, sheep, pigs and poultry have reported heat-responsive miRNA profiles in blood, serum, plasma, tissues and -in some cases- extracellular vesicle-associated samples. However, the miRNA candidates identified are not fully consistent across species, tissues, exposure duration, heat intensity or analytical methods. Sample collection time, RNA isolation procedures, normalization strategies and the physiological status of the animals may also influence the observed profiles. Current evidence suggests that miRNAs may provide useful molecular information for monitoring heat stress and may complement conventional physiological indicators. Nevertheless, practical application will require validation of candidate miRNAs in independent animal populations, greater standardization of analytical procedures and clearer evaluation of their added value under field conditions.

Keywords: microRNA, Heat Stress, Livestock, Biomarker, Thermal Stress.

INTRODUCTION

Heat stress is a major environmental challenge in livestock production, particularly when high ambient temperature and humidity limit the ability of animals to dissipate metabolic heat. Prolonged exposure may impair feed intake, metabolic homeostasis, immune function, reproductive performance and productivity. In dairy cattle, heat stress can also compromise mammary gland function and milk production. Conventional assessment commonly relies on the temperature-humidity index (THI), rectal temperature, respiratory rate and production-related measurements. Although these indicators are valuable, they do not fully characterize the molecular responses occurring during thermal adaptation.

MicroRNAs (miRNAs) are small non-coding RNA molecules involved in post-transcriptional regulation of gene expression. By influencing networks associated with oxidative stress, inflammation, metabolism, apoptosis and cellular survival, miRNAs may contribute to the biological response to elevated temperature. Their presence in tissues and extracellular compartments, including extracellular vesicles (EVs), has also stimulated interest in their potential use as minimally invasive biomarkers. Recent research has highlighted the relevance

of EV-associated signaling in heat-stressed dairy cattle and demonstrated alterations in uterine-fluid EV miRNA profiles under seasonal heat stress (Huang et al., 2024; Monti et al., 2026).

Nevertheless, heat-responsive expression should not be interpreted as proof of diagnostic utility. Differences in animal species, biological matrices, exposure conditions and laboratory methods complicate comparisons among studies. Therefore, this narrative review examines the current evidence on heat stress-associated miRNAs in livestock, with particular emphasis on biological interpretation, candidate biomarker applications and methodological limitations.

CONCEPTUAL FRAMEWORK

The proposed relationship between heat stress and miRNA-based biomarkers can be understood as a sequence of interconnected biological responses. Environmental heat exposure increases the physiological demand for thermoregulation and may induce oxidative stress, inflammatory signaling, metabolic adjustments and changes in cellular survival pathways. These responses can be accompanied by altered miRNA expression, reflecting regulatory processes within affected cells and tissues.

However, the biological meaning of an individual miRNA depends strongly on the sample in which it is measured. Tissue-derived miRNAs may primarily reflect local cellular responses, whereas circulating and EV-associated miRNAs may provide information about broader physiological changes. Accordingly, results obtained from blood, milk, skeletal muscle or reproductive tissues should not be treated as directly interchangeable.

For biomarker development, three distinct questions must be considered: whether a miRNA responds reproducibly to heat exposure, whether it distinguishes heat-stressed animals from appropriate controls and whether its measurement adds useful information beyond conventional physiological indicators. These requirements highlight the difference between identifying a heat-responsive molecule and validating a practical diagnostic biomarker.

METHODOLOGY

This study was designed as a narrative literature review. Peer-reviewed original investigations concerning heat stress-related miRNA expression in livestock were considered alongside selected publications addressing extracellular vesicles, molecular stress responses and biomarker methodology. Particular attention was given to the animal species, biological sample, heat exposure conditions, analytical approach and interpretation of reported miRNA changes.

The evidence was organized thematically to compare findings across species and sample types and to identify recurring methodological challenges. Because the purpose was critical narrative synthesis rather than exhaustive evidence retrieval, no systematic-review or meta-analysis procedures were applied. No original animal experiments or unpublished research data were included.

RESEARCH AND FINDINGS

Heat-Responsive miRNAs in Cattle

Studies in cattle provide evidence that miRNA expression may change in response to elevated environmental temperature. Hu et al. (2018) investigated circulating miRNAs in heat-stressed feedlot cattle and identified increased plasma expression of miR-1246 in both Red Angus and Droughtmaster animals (Hu et al., 2018). Further experimental analyses indicated that miR-1246 could regulate the expression of PCBP2 and CREBL2 and influence heat-associated apoptosis in lung cells. These findings support a possible regulatory role for miR-1246 during

thermal stress, although they do not establish its diagnostic performance under routine farm conditions.

Milk-derived extracellular vesicles have also been investigated as potential sources of heat-responsive miRNAs. Wang et al. (2022) compared milk exosomal miRNA profiles from heat-stressed and control Holstein cows and identified 215 differentially expressed miRNAs, including 214 downregulated and one upregulated candidate (Wang et al., 2022). Bioinformatic analyses associated the identified miRNAs with processes such as apoptosis, autophagy and stress-related signaling. The study demonstrated that heat exposure may substantially alter the molecular cargo of milk exosomes. Nevertheless, the functional roles and diagnostic relevance of individual candidates require additional validation.

Recent investigations have extended this approach to reproductive tissues and fluids. Monti et al. (2026) examined extracellular vesicles isolated from bovine uterine fluid under winter and summer conditions (Monti et al., 2026). The study involved 20 Holstein cows and identified 93 differentially expressed miRNAs, with most showing reduced abundance during heat stress. Altered miRNA profiles were observed alongside changes in uterine blood flow and reduced reproductive performance. Similarly, Kosior et al. (2026) investigated extracellular vesicle-associated miRNAs in pre-ovulatory follicular fluid, providing further evidence that reproductive compartments may respond at the molecular level to seasonal heat exposure (Kosior et al., 2026).

Together, these findings indicate that heat-responsive miRNAs can be detected in different bovine biological matrices. However, circulating miRNAs, milk exosomal miRNAs and reproductive-fluid miRNAs represent distinct biological compartments and should not be assumed to have equivalent diagnostic applications.

Evidence from Sheep

Research in sheep has highlighted associations between maternal heat exposure, offspring development and extracellular vesicle-associated miRNAs. Lu et al. (2023) investigated exosomes isolated from the umbilical plasma of lambs in a model involving heat-stressed pregnant Hu sheep and intrauterine growth restriction (Lu et al., 2023). The authors reported reduced expression of oar-miR-411a-5p and increased expression of oar-miR-200c in the investigated heat stress-associated growth-restriction group. Predicted target genes were associated with developmental signaling pathways, including Wnt and TGF-beta signaling.

These observations suggest that exosomal miRNAs may provide information about developmental consequences associated with maternal heat stress. However, the findings concern umbilical plasma and fetal growth restriction rather than direct diagnosis of heat stress in adult sheep. Consequently, their interpretation as general heat-stress biomarkers require caution.

Evidence from Pigs

Heat stress-related miRNA changes have also been demonstrated in porcine skeletal muscle. Hao et al. (2016) investigated the longissimus dorsi muscle of pigs exposed to constant heat stress at 30°C or control conditions at 22°C for 21 days (Hao et al., 2016). The study identified 58 differentially expressed miRNAs, comprising 30 downregulated and 28 upregulated candidates. Integrated analyses suggested associations with glucose metabolism, cytoskeletal organization and cellular stress responses.

These findings support the involvement of miRNA-mediated regulation in the muscular response to prolonged heat exposure. However, skeletal muscle is an invasive sampling matrix and the identified miRNAs cannot automatically be considered suitable for routine blood-based monitoring. The duration and intensity of heat exposure must also be considered when comparing these results with studies involving shorter or naturally occurring heat-stress conditions.

Evidence from Poultry

In poultry, Zhu et al. (2019) investigated miRNA and mRNA expression profiles in the plasma of laying hens under heat-stress and normal-temperature conditions (Zhu et al., 2019). The authors identified 16 differentially expressed miRNAs and 502 differentially expressed genes. Integrated bioinformatic analyses indicated potential relationships between altered miRNAs and genes associated with cellular stress responses. Several miRNAs, including gga-miR-92-5p and gga-miR-1618-5p, were implicated in predicted regulatory interactions involving autophagy-related processes.

The use of plasma is relevant to biomarker development because blood sampling is more practical than obtaining internal tissues. Nevertheless, the identification of differentially expressed miRNAs and predicted target genes does not by itself demonstrate that these candidates can reliably classify individual animals according to heat-stress status.

Overall Diagnostic Potential

According to the reviewed studies, heat exposure was associated with changes in miRNA expression in plasma, milk-derived extracellular vesicles, skeletal muscle and reproductive compartments. These findings support the biological relevance of miRNAs in thermal stress responses. However, the candidate miRNAs and their expression patterns were not consistent across all species and sample types.

Directly comparable goat-specific miRNA biomarker evidence was less clearly established among the primary studies considered in this review. Therefore, findings obtained from cattle, sheep, pigs or poultry should not be extrapolated to goats without species-specific validation.

Overall, the current literature supports the investigation of miRNAs as complementary molecular indicators rather than established standalone diagnostic tests. Their potential value may be greatest when interpreted together with conventional measurements such as THI, rectal temperature, respiratory rate and production-related variables.

DISCUSSION

The available evidence demonstrates that miRNA expression can respond to heat exposure in livestock, but several methodological challenges limit the comparison and practical application of published findings. First, heat-stress conditions differ considerably among investigations. Controlled-temperature experiments, seasonal comparisons and naturally occurring heat waves may produce different physiological responses. Exposure duration, temperature intensity, humidity and adaptation to the local environment can also influence molecular outcomes.

Second, biological sample type is a major source of variation. Plasma, milk exosomes, uterine fluid, umbilical plasma and skeletal muscle do not represent equivalent biological environments. A miRNA associated with a local tissue response may not be detectable or diagnostically informative in circulation. Differences in animal species, breed, age, lactation

stage, reproductive status and feeding conditions may further affect the observed expression patterns.

Analytical procedures introduce additional challenges. RNA isolation methods, extracellular vesicle enrichment, sample storage, sequencing platforms and quantitative PCR normalization can influence measured miRNA abundance. Consequently, differences between studies may reflect both biological variation and methodological inconsistency.

An important distinction must also be made between molecular association and diagnostic validation. A statistically significant difference in miRNA expression does not necessarily indicate sufficient sensitivity, specificity or reproducibility for routine field use. Larger independent populations, standardized protocols and comparisons with conventional heat-stress indicators are needed to establish whether candidate miRNAs provide meaningful additional diagnostic information.

CONCLUSION

MicroRNAs are involved in regulatory processes associated with heat stress and represent promising candidates for molecular monitoring in livestock. Published studies have identified heat-responsive miRNA profiles in cattle, sheep, pigs and poultry, including changes detected in circulating samples, tissues and extracellular vesicles. These findings suggest that miRNA analysis may improve understanding of physiological adaptation and stress-associated changes in metabolism, inflammation and reproduction.

However, current evidence remains heterogeneous across species, biological matrices and experimental conditions. Candidate miRNAs have not yet been sufficiently validated as universal indicators of heat stress. Standardized sampling and analytical procedures, together with independent field studies are therefore essential before routine diagnostic application can be recommended.

Overall, miRNA profiling should currently be considered a complementary research approach that may eventually enhance conventional physiological assessment of heat stress in livestock.

REFERENCES

Hao, Y., Liu, J. R., Zhang, Y., Yang, P. G., Feng, Y. J., Cui, Y. J., Yang, C. H., & Gu, X. H. (2016). The microRNA expression profile in porcine skeletal muscle is changed by constant heat stress. *Animal Genetics*, *47*(3), 365–369. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/age.12419

Hu, Y., Cai, M.-C., Wang, L., Zhang, T.-H., Luo, Z.-G., Zhang, G.-W., & Zuo, F.-Y. (2018). MiR-1246 is upregulated and regulates lung cell apoptosis during heat stress in feedlot cattle. *Cell Stress and Chaperones*, *23*(6), 1219–1228. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12192-018-0927-9

Huang, Q., Xiao, Y., & Sun, P. (2024). Rumen-mammary gland axis and bacterial extracellular vesicles: Exploring a new perspective on heat stress in dairy cows. *Animal Nutrition (Zhongguo Xu Mu Shou Yi Xue Hui)*, *19*, 70–75. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2024.08.003

Kosior, M. A., Masiello, L., Piscopo, F., Esposito, R., Rizzo, A., Longobardi, V., Lange-Consiglio, A., Capra, E., Lazzari, B., Gagni, P., & Gasparrini, B. (2026). Impact of heat

stress on the miRNA cargo of pre-ovulatory follicular fluid extracellular vesicles and fertility in dairy cattle. *Theriogenology*, *259*, 117910. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2026.117910

Lu, J., Li, H., Zheng, X., Liu, Y., & Zhao, P. (2023). Small RNA sequencing analysis of exosomes derived from umbilical plasma in IUGR lambs. *Communications Biology*, *6*(1), 943. https://doi.org/10.1038/s42003-023-05276-1

Monti, S., Kosior, M. A., Esposito, R., Palmieri, V., Di Giorgio, S., Marino, G., Capra, E., Lange-Consiglio, A., Gaspari, G., Longobardi, V., Lazzari, B., Gagni, P., & Gasparrini, B. (2026). Heat stress modulates extracellular vesicles miRNA cargo in bovine uterine fluid and uterine function. *Frontiers in Veterinary Science*, *13*, 1863620. https://doi.org/10.3389/fvets.2026.1863620

Wang, Y., Fang, J., Zeng, H.-F., Zhong, J.-F., Li, H.-X., & Chen, K.-L. (2022). Identification and bioinformatics analysis of differentially expressed milk exosomal microRNAs in milk exosomes of heat-stressed Holstein cows. *Functional & Integrative Genomics*, *22*(1), 77–87. https://doi.org/10.1007/s10142-021-00814-8

Zhu, L., Liao, R., Wu, N., Zhu, G., Tu, Y., & Yang, C. (2019). Integrating miRNA and mRNA expression profiles in plasma of laying hens associated with heat stress. *Molecular Biology Reports*, *46*(3), 2779–2789. https://doi.org/10.1007/s11033-019-04724-8

EVALUATION OF GROWTH AND HISTOPATHOLOGICAL PARAMETERS IN CLARIAS GARIEPINUS EXPOSED TO CADMIUM AND DIETARY ESSENTIAL VITAMINS.

Aisha Baba Shehu[1], Shehu Abubakar Alhaji[1], Aliyu Abdulkadir[1], and Isaiah Baba Musa[1,]

[1]Department of Biological Sciences, Federal Polytechnic Bida Niger State.
[2]Department of Microbiology, Federal University of Technology, Minna Niger State.

ABSTRACT

Cadmium (Cd) contamination of freshwater ecosystems threatens fish growth and tissue integrity. This study evaluated the growth and histopathological responses of *Clarias gariepinus* fingerlings exposed to Cd in the presence of combined antioxidant vitamins A, C and E. In an eight-week static-renewal experiment, 1,000 fingerlings with initial mean weight, standard length and total length of 12.39 g, 9.98 cm and 11.75 cm, respectively, were exposed to 0, 4, 8, 12 and 16 mg/L cadmium chloride. Each Cd concentration was combined with one of four vitamin treatments: C+E, A+C, A+E or A+C+E, administered at 8 mg/L. Weight and length were measured biweekly, while the gills, liver and kidneys were examined histologically following hematoxylin and eosin staining. The highest standard and total lengths were recorded in the C+E treatment at 4 mg/L Cd, measuring 10.13 and 11.55 cm, respectively. The control group gained 18.4% body weight, whereas only two Cd-exposed groups gained weight: A+C at 4 mg/L (61.2%) and A+C+E at 12 mg/L (12.0%). Liver and kidney architecture was relatively preserved at 4 mg/L in the C+E, A+E and A+C+E treatments, whereas kidney lesions occurred in all vitamin groups from 8 mg/L. Gill architecture remained generally normal up to 12 mg/L but showed epithelial detachment and hemorrhage at 16 mg/L in the A+C and C+E treatments. Although tissue preservation was observed at the lowest Cd concentration, the absence of a Cd-only group prevents attribution of the observed responses specifically to vitamin supplementation. Overall, Cd exposure was associated with weight loss and concentration-related tissue alterations, particularly in the liver and kidneys. Future studies should include Cd-only and vitamin-only controls and evaluate graded dietary vitamin doses.

Keywords: Antioxidant vitamins; cadmium; *Clarias gariepinus*; growth performance; histopathology; aquatic toxicity.

1. Introduction

Cadmium (Cd) is a persistent, non-essential heavy metal that accumulates in living organisms and may be transferred through aquatic food chains to humans (Liu *et al.*, 2022). Its presence in freshwater ecosystems therefore represents both an ecological and food-safety concern. In fish, the gills are the primary site of contact with waterborne Cd, whereas the liver and kidneys are important organs for metal accumulation, metabolism and excretion. Cadmium exposure has been associated with oxidative stress, growth impairment, reduced survival and tissue damage in fish (Liu *et al.*, 2022).

The African catfish, *Clarias gariepinus*, is widely cultured in Nigeria and is commonly used in aquatic toxicity studies. Its sensitivity to Cd varies according to fish size, exposure duration and experimental conditions. Reported 96-hour LC_{50} values include 10.48 mg/L in adult fish (Abalaka *et al.*, 2022), 24.18 mg/L (Ubani-Rex *et al.*, 2017) and 120.2 mg/L in other experimental populations (Osisiogu and Aladesanmi, 2019). Cadmium exposure has also been

associated with metal accumulation and histopathological lesions in the gills, liver and kidneys of *C. gariepinus* (Suwanprasert *et al.,* 2020).

Antioxidant vitamins may provide a nutritional approach to reducing metal-induced oxidative damage. Vitamins C and E have been reported to reduce Cd-associated oxidative stress and tissue injury in fish, while vitamin A may contribute to the maintenance of epithelial and cellular integrity (Yu *et al.*, 2024). However, information on the response of *C. gariepinus* fingerlings to combined supplementation with vitamins A, C and E during Cd exposure remains limited.

This study evaluated the growth and histopathological responses of *C. gariepinus* fingerlings exposed to 0, 4, 8, 12 and 16 mg/L Cd in the presence of combined vitamins C+E, A+C, A+E and A+C+E. Standard length, total length, weight change and specific growth rate were assessed, while the gills, liver and kidneys were examined histologically. Hematological parameters were also measured but are not reported in this paper.

2. Materials and Methods

2.1 Fish collection and acclimatization

A total of 1,000 *C. gariepinus* fingerlings were obtained from a commercial fish farm and transported in 50-L containers to the Old Research Farm Unit, Department of Water, Aquaculture and Fisheries Technology, Federal University of Technology, Minna, Nigeria. The fish were distributed into four plastic tanks and acclimatized for 14 days. They were fed commercial 2-mm feed twice daily, and the water was renewed at least every 48 hours. Feeding was discontinued 24 hours before the commencement of the experiment.

The initial mean weight, standard length and total length of the fish were 12.39 g, 9.98 cm and 11.75 cm, respectively.

2.2 Experimental design

Analytical-grade cadmium chloride ($CdCl_2$) and vitamin A, C and E preparations were obtained from a commercial chemical supplier and stored in a cool, dry place. The fish were exposed to 0, 4, 8, 12 and 16 mg/L Cd, designated as the control, T1, T2, T3 and T4, respectively. The experimental design comprised one unexposed control and 16 Cd–vitamin treatment combinations.

Four vitamin combinations were used: C+E, A+C, A+E and A+C+E. The vitamins were combined in equal proportions and applied at a concentration of 8 mg/L across all Cd treatments. The experiment lasted eight weeks and followed a static-renewal procedure. Fresh Cd and vitamin solutions were added every 72 hours following water renewal.

No Cd-only or vitamin-only treatment was included. Consequently, the study describes responses to combined Cd and vitamin exposure but cannot independently establish the protective effects of the vitamins.

2.3 Growth measurements

Growth measurements were obtained at two-week intervals. Two fish were randomly selected from each tank during each sampling period. Standard length was measured from the tip of the snout to the caudal lobe, whereas total length was measured from the tip of the snout to the end of the tail. Measurements were taken in centimetres using a graduated metre rule.

Body weight was measured in grams using a Camry NT241 weighing scale. Weight gain (WG) was calculated as final weight minus initial weight, percentage weight gain as WG divided by initial weight multiplied by 100, and specific growth rate (SGR, % per day) as [(ln final weight − ln initial weight) ÷ t] × 100, where t is 56 days. Initial and final weights are the recorded weights of the sampled fish in each group at the first and last sampling, and weight derivatives were recalculated from them with the formulas above.

2.4 Histopathological examination

The gills, liver and kidneys were excised from fish in each treatment and replicate. The tissues were fixed in 10% neutral buffered formalin and submitted to the Histopathology Unit of the University of Ilorin Teaching Hospital, Kwara State, Nigeria.

The tissues were further fixed in Bouin's fluid for 24 hours, dehydrated through graded ethanol, embedded in paraffin wax and sectioned at 3–5 µm. The sections were stained with hematoxylin and eosin and examined under a light microscope at ×400 magnification. Histological changes were described qualitatively in comparison with the control tissues; no semi-quantitative lesion-scoring system was applied.

2.5 Statistical analysis

Treatment means at each sampling period were compared using one-way analysis of variance. Duncan's multiple range test was used for mean separation at a significance level of $p < 0.05$. Statistical analyses were performed using SPSS version 20.0. Percentage weight change and specific growth rate were calculated from the recorded initial and final weights and were not subjected to statistical testing.

3. Results

3.1 Standard and total length

Length changes were generally limited throughout the exposure period. In the C+E treatment, total length differed among treatments only at week 2, when the value at 8 mg/L Cd was lower than the other treatments. At weeks 4 and 6, the 4 mg/L treatment recorded higher total length than the other treatments, including the control; however, this difference was no longer observed at week 8. Standard length differed only at week 4, when the 4 mg/L treatment was higher than the other treatments. The highest standard and total lengths recorded in the study were 10.13 and 11.55 cm, respectively, and occurred in the C+E treatment at 4 mg/L Cd.

Within the A+C treatment, total length at 4, 8 and 12 mg/L exceeded the value at 16 mg/L at week 6. Standard length at 4 mg/L was higher than the values recorded for the other Cd concentrations from weeks 4 to 8. In the A+E treatment, total length differed only at week 6, when the value at 8 mg/L was lower than the other treatments. Standard length at 8 mg/L was also lower at weeks 4 and 6. No significant differences in total length were observed among the A+C+E treatments. However, standard length at 16 mg/L was lower than the values recorded for the other Cd concentrations from weeks 2 to 8.

3.2 Weight change and specific growth rate

The control group increased in weight from 12.39 to 14.67 g, representing an 18.4% increase. Among the 16 Cd-exposed groups, only two recorded weight gain. The A+C treatment at 4 mg/L increased by 6.30 g, representing a 61.2% increase, while the A+C+E treatment at 12 mg/L increased by 0.73 g, representing a 12.0% increase. The remaining 14 Cd-exposed groups recorded weight losses ranging from 9.0% in the A+E treatment at 4 mg/L to 100% in the C+E treatment at 8 mg/L. The final weight of 0.00 g recorded in the latter group indicates that no fish remained available for weighing at the final sampling period.

The highest final weight among the exposed groups was 16.60 g in the A+C treatment at 4 mg/L. The corresponding specific growth rate was 0.85% per day. The most negative specific growth rate was recorded in the A+C treatment at 8 mg/L, at −2.26% per day. Specific growth rate was not defined for the C+E treatment at 8 mg/L because the final weight was zero. The exposed groups also differed in their initial weights, which ranged from 2.91 to 10.30 g, compared with 12.39 g in the control group as shown in Table 1 and Figure 1.

Table 1. Weight change and specific growth rate (SGR) of C. gariepinus after eight weeks (56 days) of exposure to Cd and combined vitamins.

Group	Cd (mg/L)	Initial weight (g)	Final weight (g)	Change (g)	Change (%)	SGR (% per day)
Control	0	12.39	14.67	+2.28	+18.4	+0.30
C+E	4	8.31	5.90	−2.41	−29.0	−0.61
C+E	8	5.37	0.00	−5.37	−100.0	not defined
C+E	12	8.73	7.06	−1.67	−19.1	−0.38
C+E	16	8.86	5.83	−3.03	−34.2	−0.75
A+C	4	10.30	16.60	+6.30	+61.2	+0.85
A+C	8	7.34	2.07	−5.27	−71.8	−2.26
A+C	12	6.66	3.77	−2.89	−43.4	−1.02
A+C	16	6.66	2.58	−4.08	−61.3	−1.69
A+E	4	6.55	5.96	−0.59	−9.0	−0.17
A+E	8	6.38	2.40	−3.98	−62.4	−1.75
A+E	12	5.48	4.45	−1.03	−18.8	−0.37
A+E	16	6.30	3.95	−2.35	−37.3	−0.83
A+C+E	4	9.12	7.67	−1.45	−15.9	−0.31
A+C+E	8	6.28	5.38	−0.90	−14.3	−0.28
A+C+E	12	6.09	6.82	+0.73	+12.0	+0.20
A+C+E	16	2.91	2.47	−0.44	−15.1	−0.29

SGR = [(ln final weight − ln initial weight) ÷ 56] × 100. Cd levels 4, 8, 12 and 16 mg/L correspond to T1 to T4

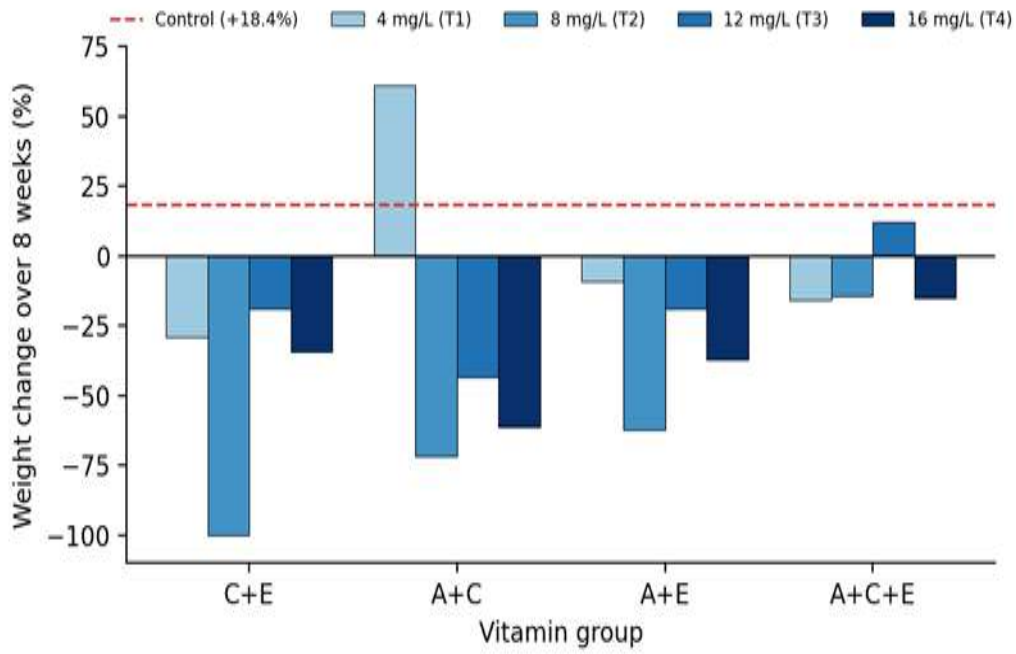


Figure 1 Shows percentage weight change of C. gariepinus by vitamin group and Cd level

3.3 Histopathological responses

The control liver exhibited normal sinusoids, central veins and hepatocytes. At 4 mg/L Cd, liver architecture was comparable to the control in the C+E, A+E and A+C+E treatments. However, massive necrosis was recorded in the A+C treatment. At 8 mg/L Cd, liver architecture was recorded as preserved in the A+C and C+E treatments, whereas alterations were observed in the A+E and A+C+E treatments. At 12 and 16 mg/L, the liver showed widened and distorted sinusoids, distorted central veins, cellular vacuolation and necrosis. The severity of these changes generally increased with Cd concentration.

Kidney glomeruli and Bowman's capsules were comparable to the control at 4 mg/L Cd in the C+E, A+E and A+C+E treatments. The A+C treatment differed from the control at the same concentration. From 8 mg/L, all vitamin groups showed tubular vacuolation and widened, distorted or shrunken Bowman's capsules. Similar lesions were observed at 12 and 16 mg/L. The gills showed normal primary and secondary lamellae in all treatments up to 12 mg/L Cd. At 16 mg/L, epithelial detachment and hemorrhage were observed in the A+C and C+E treatments. Gill architecture remained apparently normal in the A+E and A+C+E treatments (Table 2).

Table 2. Summary of histopathological findings in the gills, liver and kidney by Cd level (all four vitamin groups).

Organ	4 mg/L	8 mg/L	12 and 16 mg/L
Liver	Normal in C+E, A+E and A+C+E; massive necrosis in A+C	Recorded as preserved in A+C and C+E; alterations in A+E and A+C+E	Widened and distorted sinusoids, distorted central vein, vacuolation, necrosis; severity rose with Cd
Kidney	Normal glomeruli and Bowman's capsule in C+E, A+E and A+C+E; A+C differed from control	Tubular vacuolation; widened, distorted or shrunken Bowman's capsule in all four groups	Same lesions as at 8 mg/L in all four groups
Gills	Normal primary and secondary lamellae in all groups	Normal in all groups	12 mg/L normal in all groups; 16 mg/L epithelial detachment and haemorrhage in A+C and C+E, normal in A+E and A+C+E

Findings are qualitative descriptions from haematoxylin and eosin sections examined at ×400 magnification.

4. Discussion

4.1 Growth responses

Cadmium exposure was associated with poor growth performance, although the response was not consistently dose-dependent. The control group gained 18.4% body weight, whereas 14 of the 16 Cd–vitamin groups lost weight. This agrees with reports that Cd disrupts energy metabolism and increases oxidative stress, thereby reducing feed utilization, growth and tissue maintenance in fish (Elarabany *et al*., 2019; Yu *et al*., 2024). In *C. gariepinus*, prolonged Cd exposure has also been associated with disruption of antioxidant enzymes and increased lipid peroxidation in the gills, liver and kidneys (Elarabany *et al*., 2019).

The highest standard and total lengths were recorded in the C+E treatment at 4 mg/L Cd; however, this group lost 29.0% of its weight. Thus, the apparent increase in length did not represent improved overall growth and may indicate reduced body condition. This

discrepancy may have resulted from differences in tissue deposition, feeding response or the unequal initial weights of the groups.

Only the A+C treatment at 4 mg/L and the A+C+E treatment at 12 mg/L gained weight. The relatively stable response of the three-vitamin treatment, which ranged from a 15.9% loss to a 12.0% gain, may suggest greater physiological stability. Previous studies have shown that antioxidant supplementation does not always improve fish growth. For example, combined vitamins C and E produced only a slight improvement in weight gain and specific growth rate in rainbow trout under dietary oxidative stress, with no significant overall growth effect (Rahimnejad *et al*., 2021). Differences in fish species, vitamin dose, exposure route, diet, Cd concentration and exposure duration may explain the contrasting responses.

The absence of a clear dose–response relationship in this study may also reflect unequal initial weights, tank-level variation, differential survival and the small number of fish sampled. The complete weight loss recorded in the C+E treatment at 8 mg/L, followed by weight retention at higher Cd concentrations, is biologically irregular and should not be interpreted as evidence that higher Cd levels were less toxic. Rather, it may reflect differences in mortality, sampling or baseline condition. Future experiments should standardize initial biomass and analyze growth using tank means or covariate-adjusted models.

4.2 Histopathological responses

The liver and kidneys were more visibly affected than the gills, particularly at 8 mg/L Cd and above. The hepatic lesions sinusoidal distortion, central-vein alteration, vacuolation and necrosis and the renal lesions tubular vacuolation and altered Bowman's capsules—are consistent with previously reported Cd toxicity in fish. In *C. gariepinus* from a Cd-contaminated fish farm, Cd accumulated in tissues and was associated with gill damage, distorted renal glomeruli and large hepatic vacuoles (Suwanprasert *et al*., 2020). Similarly, experimental exposure of *C. gariepinus* to Cd and lead increased malondialdehyde and altered antioxidant enzyme activity in the liver and kidneys, supporting oxidative injury as a possible mechanism (Elarabany *et al*., 2019).

Kidney lesions occurred in all vitamin groups from 8 mg/L, indicating that the vitamin treatment used in this experiment did not prevent renal damage at the higher Cd concentrations. This finding is biologically plausible because the kidney is an important site of Cd accumulation and toxicity. In a tissue-accumulation study, Cd concentrations followed the order kidney > gill > liver > muscle in exposed fish. The apparent renal sensitivity observed here may therefore reflect the continued uptake and retention of Cd during the 56-day exposure.

The liver and kidney were relatively preserved at 4 mg/L in the C+E, A+E and A+C+E treatments, but the A+C treatment showed hepatic necrosis and renal changes at the same concentration. This inconsistent response prevents reliable ranking of the vitamin combinations. It may reflect variation in initial fish condition, unequal exposure among tanks, differences in vitamin absorption or the absence of quantitative lesion scoring. It may also indicate that the vitamins did not act synergistically at the applied concentration.

Previous studies provide evidence that antioxidant vitamins can reduce metal-induced tissue injury when administered under controlled conditions. Vitamin C supplementation at 500 mg/kg diet protected Nile tilapia from Cd-induced hepatic lesions and maintained antioxidant-related gene expression closer to control values (El-Sayed *et al*., 2016). Vitamin E has similarly been reported to reduce tissue damage in Cd-exposed fish (Huang *et al*., 2019). However, those studies used dietary vitamin supplementation and included appropriate.

Gill architecture remained normal in most groups through 12 mg/L but showed epithelial detachment and hemorrhage at 16 mg/L in the A+C and C+E treatments. The gills are the first organ exposed to waterborne Cd and may respond through epithelial lifting, altered permeability, mucus disruption and hemorrhage. The relatively limited gill damage observed

here, despite marked hepatic and renal alterations, may reflect tissue-specific sensitivity, the protective mucus barrier or differences in Cd distribution.

Although the apparently normal gills in the A+E and A+C+E groups at 16 mg/L may suggest greater tissue stability, this conclusion cannot be confirmed. Histological observations were qualitative, and no Cd-only group was available for comparison. In addition, the absence of lesions in a section does not exclude subcellular or biochemical damage.

5. Conclusion

Exposure of *C. gariepinus* fingerlings to 4–16 mg/L Cd in combination with vitamins A, C and E was associated with limited length gain, weight loss and histopathological alterations, particularly in the liver and kidneys. Only two of the 16 Cd-exposed groups gained weight, while renal lesions occurred in all vitamin treatments from 8 mg/L. Liver and kidney architecture was relatively preserved at 4 mg/L in some treatments, and gill structure remained largely intact up to 12 mg/L.

However, the absence of Cd-only and vitamin-only controls prevents confirmation of a protective effect of the vitamins. The findings therefore indicate that combined vitamin exposure did not consistently prevent Cd-associated growth impairment or tissue damage under the conditions tested.

References

Abalaka, S. E., Oyelowo, F. O., Akande, M. G., Tenuche, O. Z., Sani, N. A., Adeyemo, B. T., Idoko, S. I., Ogbe, A. O., & Ejeh, S. A. (2022). Toxicopathological effects of acute cadmium chloride exposure of African catfish, *Clarias gariepinus*. *Toxicology and Environmental Health Sciences, 14*(1), 25–32.

Elarabany, N., Bahnasawy, M., & Alfakheri, M. (2019). Comparative and interactive biochemical effects of sub-lethal concentrations of cadmium and lead on some tissues of the African catfish (*Clarias gariepinus*). *Toxicological Research, 35*(3), 249–255.

El-Sayed, Y. S., El-Gazzar, A. M., El-Nahas, A. F., & Ashry, K. M. (2016). Vitamin C modulates cadmium-induced hepatic antioxidant gene transcripts and toxicopathic changes in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Environmental Science and Pollution Research, 23*(2), 1664–1670.

Huang, X., Feng, Y., Fan, W., Duan, J., Duan, Y., Xiong, G., ... & Yang, S. (2019). Potential ability for metallothionein and vitamin E protection against cadmium immunotoxicity in head kidney and spleen of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). *Ecotoxicology and environmental safety*, *170*, 246-252.

Liu, Y., Chen, Q., Li, Y., Bi, L., Jin, L., & Peng, R. (2022). Toxic effects of cadmium on fish. *Toxics, 10*(10), 622.

Osisiogu, C. P., & Aladesanmi, T. A. (2019). Cadmium-induced toxicity and antioxidant enzyme responses in tissue and organs of African catfish (*Clarias gariepinus*). *African Journal of Biochemistry Research, 13*(5), 63–72.

Rahimnejad, S., Dabrowski, K., Izquierdo, M., Hematyar, N., Imentai, A., Steinbach, C., & Policar, T. (2021). Effects of vitamin C and E supplementation on growth, fatty acid composition, innate immunity, and antioxidant capacity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed oxidized fish oil. *Frontiers in Marine Science*, *8*, 760587.

Suwanprasert, S., Saenphet, S., Buncharoen, W., Kullasoot, S., Sareein, N., & Phalaraksh, C. (2020). Effects of cadmium on acetylcholinesterase activities and histopathology of African catfish (*Clarias gariepinus*) from contaminated fish farm in Mae Sot District, Tak Province, Thailand. *Science Asia, 46*, 611–618.

Ubani-Rex, O. A., Saliu, J. K., & Bello, T. H. (2017). Biochemical effects of the toxic interaction of copper, lead and cadmium on *Clarias gariepinus*. *Journal of Health and Pollution, 7*(16), 38–48.

Yu, Y.-B., Lee, J.-W., Jo, A.-H., Choi, Y. J., Choi, C. Y., Kang, J.-C., & Kim, J.-H. (2024). Toxic effects of cadmium exposure on hematological and plasma biochemical parameters in fish: A review. *Toxics, 12*(10), 699.

TÜRBÜLANSLI AKIŞ REJİMİNDE DARPA SUBOFF GÖVDESİNDEKİ ÇEVRESEL OLUKLARIN DİRENÇ BİLEŞENLERİNE ETKİSİNİN SAYISAL İNCELENMESİ
NUMERICAL INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF ANNULAR GROOVES ON THE RESİSTANCE COMPONENTS OF THE DARPA SUBOFF BODY UNDER TURBULENT FLOW CONDITIONS

***Ar. Gör. Aleyna ULUCUTSOY**
[1]*Marine Engineering Operations Department, Surmene Faculty of Marine Sciences, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey, 0000-0003-4304-7047
Prof. Dr. Betül SARAÇ
[2]Naval Architecture and Marine Engineering Department, Surmene Faculty of Marine Sciences, Karadeniz Technical University ,0000-0003-3876-7314

ABSTRACT
The influence of surface geometry on the hydrodynamic drag of underwater vehicles requires the joint assessment of viscous and pressure drag components. This study numerically investigates the effects of annular grooves placed within a selected axial region of the DARPA SUBOFF AFF-1 hull on its drag characteristics. A smooth reference hull and a grooved hull derived from the same baseline geometry were compared using computational fluid dynamics (CFD) in ANSYS Fluent. Steady, incompressible turbulent flow in water was simulated using a two-dimensional axisymmetric formulation of the Reynolds-averaged Navier–Stokes equations coupled with the SST k-w turbulence model. Simulations were performed under five flow conditions, with hull-length-based Reynolds numbers ranging from $6{,}5\text{x}10^{6}$ to $2{,}64\text{x}10^{7}$. Mesh sensitivity was assessed, and the variation in the total drag coefficient between the two finest meshes was approximately 0.85%. At a flow velocity of 3.05 m/s, the drag coefficient calculated for the reference hull was approximately 1.91% lower than the comparison value reported in the literature. Hydrodynamic performance was evaluated in terms of the total drag coefficient, viscous drag force, and pressure drag force. As the Reynolds number increased, the drag coefficients of both hulls decreased, whereas the drag forces increased. The grooved hull exhibited a 40.30–43.51% reduction in viscous drag relative to the reference hull; however, the increase in pressure drag resulted in a 46.97–67.32% increase in total drag force. Viscous drag dominated the smooth hull, whereas pressure drag dominated the grooved hull. These findings demonstrate that the investigated annular groove configuration reduced skin-friction drag but did not improve overall drag performance, highlighting the importance of jointly evaluating skin-friction and pressure drag in grooved hull design.
Keywords: DARPA SUBOFF, annular grooves, hydrodynamic drag, computational fluid dynamics, SST k-w

ÖZET
Sualtı araçlarında yüzey geometrisinin hidrodinamik direnç üzerindeki etkisi, viskoz ve basınç kaynaklı direnç bileşenlerinin birlikte değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bu çalışmada, DARPA SUBOFF AFF-1 gövdesinin seçilen boyuna bölgesine yerleştirilen çevresel olukların direnç karakteristiklerine etkisi sayısal olarak incelenmiştir. Oluk içermeyen referans gövde ile aynı ana geometriden oluşturulan oluklu gövde, ANSYS Fluent ortamında hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Su içerisindeki sürekli ve sıkıştırılamaz türbülanslı akış, iki boyutlu eksenel simetrik yaklaşım kapsamında Reynolds ortalamalı Navier–Stokes denklemleri ve SST k-w türbülans modeli kullanılarak çözülmüştür. Analizler,

gövde boyuna dayalı Reynolds sayısının $6{,}5x10^6$ ile $2{,}64x10^7$ arasında değiştiği beş akış koşulunda gerçekleştirilmiştir. Sayısal sonuçların ağ çözünürlüğüne duyarlılığı incelenmiş ve son iki ağ arasında toplam direnç katsayısındaki değişim yaklaşık %0,85 olarak hesaplanmıştır. Referans gövdenin 3,05 m/s hızdaki direnç katsayısı, literatürdeki karşılaştırma değerinden yaklaşık %1,91 daha düşük bulunmuştur. Hidrodinamik performans; toplam direnç katsayısı, viskoz direnç kuvveti ve basınç direnç kuvveti üzerinden değerlendirilmiştir. Reynolds sayısının artmasıyla her iki gövdenin direnç katsayısı azalırken direnç kuvvetleri yükselmiştir. Oluklu gövdede viskoz direnç kuvveti referans gövdeye göre %40,30–43,51 oranında azalmış; ancak basınç direncindeki artış nedeniyle toplam direnç kuvveti %46,97–67,32 oranında yükselmiştir. Ayrıca düzgün gövdede viskoz direnç baskınken oluklu gövdede basınç direnci baskın hâle gelmiştir. Elde edilen bulgular, incelenen çevresel oluk düzenlemesinin sürtünme direncini azaltmasına rağmen toplam direnç açısından iyileşme sağlamadığını göstermektedir. Çalışma, oluklu yüzeylerin tasarımında sürtünme direncindeki azalmanın basınç direncindeki değişimle birlikte değerlendirilmesinin önemini ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: DARPA SUBOFF, çevresel oluk, hidrodinamik direnç, hesaplamalı akışkanlar dinamiği, SST k-w

1. GİRİŞ

Sualtı araçlarının hidrodinamik performansı, gövde geometrisi ile çevresindeki akış arasındaki etkileşim tarafından belirlenir. Bu etkileşimin temel göstergelerinden biri olan direnç, aracın hareketi için gerekli itki ve güç gereksinimiyle doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle gövde biçiminin ve yüzey geometrisinin direnç üzerindeki etkisi, su altı araçlarının tasarımında önemli bir araştırma konusudur.

Gövde yüzeyine uygulanan çevresel oluklar, akış yönüne dik uzanan yerel geometrik değişikliklerdir. Oluklar, gövde yakınındaki akışı ve yüzey boyunca oluşan kuvvet dağılımını değiştirir. Bu dağılımın değerlendirilmesinde toplam direncin yanı sıra viskoz ve basınç kaynaklı kuvvetler de dikkate alınır. Kuvvet bileşenlerinin ayrı incelenmesi, oluklu yüzeyin düzgün gövdeye göre gösterdiği direnç değişimini açıklar.

DARPA SUBOFF gövdesine ilişkin araştırmalar, geometrik tanımlama, deneysel verilerin elde edilmesi ve sayısal yöntemlerin değerlendirilmesi açısından kapsamlı bir temel oluşturmaktadır. Groves vd. (1989), SUBOFF modellerinin gövde ve eklenti geometrilerini tanımlayarak deneysel ve sayısal çalışmalarda ortak bir referans geometrinin kullanılmasını sağlamıştır. Liu ve Huang (1998), SUBOFF deney programından elde edilen verileri bir araya getirerek gövde etrafındaki akışın ve hidrodinamik özelliklerin değerlendirilmesine yönelik bir karşılaştırma kaynağı sunmuştur. Bu iki teknik rapor, sırasıyla geometrinin oluşturulması ve sayısal sonuçların deneysel verilerle karşılaştırılması bakımından önem taşımaktadır.

Sayısal çözüm yaklaşımının değerlendirilmesine yönelik olarak Krishna vd. (2023), eklentisiz SUBOFF gövdesi etrafındaki akışı iki boyutlu eksenel simetrik ve üç boyutlu yöntemlerle incelemiştir. Toplam direnç, yüzey basıncı, duvar kayma gerilmesi ve hız profilleri üzerinden gerçekleştirilen karşılaştırmalar, eksenel simetrik geometrilerde iki boyutlu yaklaşımın hesaplama maliyetini azaltan bir seçenek olduğunu göstermiştir. Çalışmada ağdan kaynaklanan sayısal belirsizlik de değerlendirilmiştir. Qu vd. (2021) ise eklentili SUBOFF modeli etrafındaki akışı büyük girdap simülasyonu yöntemiyle inceleyerek vorteks yapılarını ve oluşum mekanizmalarını araştırmıştır. Araştırmacılar, vortekslerin belirlenmesinde Liutex yönteminin eşik değeri seçimine Q ve λ_2 ölçütlerinden daha az duyarlı olduğunu ortaya koymuştur.

Türbülanslı akışların modellenmesinde kullanılan temel yaklaşımlardan biri, Menter (1994) tarafından geliştirilen SST k-w modelidir. Bu model, duvar yakınındaki akışın

çözümlenmesinde k-w yaklaşımından yararlanırken duvardan uzak bölgelerde k-e modelinin özelliklerini kullanmaktadır. Türbülanslı kayma gerilmesinin taşınımını dikkate alan model, ters basınç gradyanı ve akış ayrılmasının bulunduğu mühendislik problemlerinin tahminini iyileştirmek amacıyla geliştirilmiştir.

Yüzey geometrisinin sürtünme direncine etkisini inceleyen temel deneysel çalışmalardan birinde Bechert vd. (1997), akış doğrultulu ribletlerin geometrik özelliklerini değiştirerek sürtünme azaltma performanslarını değerlendirmiştir. Bulgular, riblet etkinliğinin kesit biçimi ve geometrik boyutlarla ilişkili olduğunu göstermiştir. García-Mayoral ve Jiménez (2011), ribletler üzerindeki akışın hidrodinamik kararlılığını inceleyerek oluk boyutu büyüdükçe sürtünme azaltıcı etkinin kaybolmasını araştırmıştır. Bu çalışmalar, yüzey düzenlemelerinin direnç üzerindeki etkisinin yalnızca olukların varlığına bağlı olmadığını; geometrik ölçeğin de belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

Eksenel simetrik gövdelerde enine olukların etkisini araştıran Mariotti vd. (2017), kıç bölgesindeki biçimlendirilmiş çevresel olukların akış ayrılmasını geciktirerek basınç direncini azaltabildiğini deneysel ve sayısal yöntemlerle göstermiştir. Tirandazi ve Hidrovo (2020), laminer akış koşullarında enine dikdörtgen oluklu yüzeyleri incelemiş; oluk içindeki dolaşımın kayma kaynaklı kuvveti azaltabildiğini, buna karşılık oluk duvarlarında basınç direnci oluştuğunu belirlemiştir. Toplam dirençteki değişimin oluk geometrisine bağlı olması, viskoz ve basınç bileşenlerinin birlikte değerlendirilmesinin önemini göstermektedir. Bununla birlikte, laminer düz levha akışından elde edilen bu bulguların türbülanslı gövde akışlarına doğrudan aktarılması mümkün değildir.

Denizaltı gövdelerindeki girintileri ele alan Bodnarchuk vd. (2020), halka biçimindeki oyukların yerel akış ve basınç dağılımını değiştirerek hareket direncini etkilediğini bildirmiştir. Çalışmada, direnç üzerindeki etkinin girinti geometrisi ve Reynolds sayısıyla ilişkili olduğu değerlendirilmiştir. Wu vd. (2019) ise kanat profili üzerindeki enine olukları sayısal olarak inceleyerek oluk boyutlarının kavite içindeki akış yapısı ve türbülans özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Farklı geometriler üzerinde gerçekleştirilen bu çalışmalar, enine olukların etkisinin konum, boyut ve akış koşullarına bağlı olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Denizaltı yüzeylerindeki riblet uygulamalarını inceleyen Mai vd. (2022), farklı yüzey düzenlemelerinin toplam direnç üzerindeki etkilerini sayısal ve teorik yöntemlerle araştırmıştır. Çalışma, riblet geometrisi ve akışa göre yöneliminin hidrodinamik performans açısından önemini ortaya koymuştur. Kim vd. (2024), eklentisiz SUBOFF gövdesi üzerindeki akış doğrultulu ribletlerin boyut ve hız değişimine bağlı direnç etkilerini değerlendirmiştir. Bu araştırmalar, riblet uygulamalarında toplam gövde direncinin incelenmesine katkı sağlamakla birlikte, akış doğrultulu yapılar ile çevresel oluklar arasındaki geometrik farklılıkların karşılaştırmalarda dikkate alınması gerekmektedir.

Su altı araçlarındaki oluklu yüzeylere yönelik Zhang vd. (2024), AUV yüzeyindeki olukların direnç üzerindeki etkisini deneysel ve sayısal yöntemlerle inceleyerek belirli çalışma koşullarında direnç azalması elde etmiştir. Jiang vd. (2026), SUBOFF gövdesindeki yerel dikdörtgen mikro yapıların boyut, sayı ve derinlik gibi parametrelerini değerlendirerek direnç azaltma mekanizmalarını araştırmıştır. Çalışmada elde edilen iyileşmenin ağırlıklı olarak basınç direncindeki azalmayla ilişkili olması, yüzey düzenlemelerinin etkisinin yalnızca sürtünme direnci üzerinden açıklanamayacağını göstermektedir.

Literatürdeki bulgular, oluklu yüzeylerin hidrodinamik etkisinin geometrik biçim, yönelim, konum ve Reynolds sayısına bağlı olduğunu göstermektedir. Sürtünme direncindeki azalma, basınç direncindeki artışla birlikte ortaya çıkabildiğinden toplam dirençte her koşulda iyileşme sağlanmamaktadır. Bu çalışmada, DARPA SUBOFF AFF-1 gövdesinin belirli bir boyuna bölgesine yerleştirilen çevresel oluklar beş farklı Reynolds sayısında incelenmiş;

düzgün ve oluklu gövdeler toplam direnç katsayısı, viskoz kuvvet ve basınç kuvveti üzerinden karşılaştırılmıştır.
Mevcut bulgular bir arada değerlendirildiğinde, çevresel oluklar için yalnızca toplam direnç değişiminin verilmesi, olası viskoz kazanç ile basınç cezası arasındaki dengeyi gizleyebilir. Bu bölümün katkısı, geometrisi tanımlı ve önce düzgün hâli kontrol edilen AFF-1 gövdesinde, sabit boyuna konumdaki çevresel olukların beş Reynolds sayısı boyunca toplam, viskoz ve basınç kuvvetlerine katkısını aynı karşılaştırma düzeninde sunmasıdır.

3.MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, düzgün ve çevresel oluklu DARPA SUBOFF AFF-1 gövdeleri etrafındaki akışın sayısal olarak incelenmesinde kullanılan yöntem açıklanmıştır. Modellerin geometrik özellikleri ve hesaplama bölgesi tanıtılmış; akışı tanımlayan temel denklemler, türbülans modeli, sınır koşulları ve çözüm yöntemi sunulmuştur. Ayrıca hesaplama ağının oluşturulması, ağ kalitesinin değerlendirilmesi ve ağ bağımsızlığı incelemesinde izlenen yaklaşım ele alınmıştır.

3.1. Gövde geometrisi ve incelenen modeller

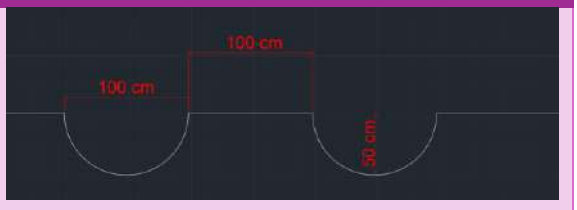
Bu çalışmada, DARPA SUBOFF modelinin eklentisiz AFF-1 gövdesi etrafındaki akış, ANSYS Fluent kullanılarak hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) yöntemiyle incelenmiştir. Gövde geometrisi, yayımlanmış SUBOFF koordinatları temel alınarak oluşturulmuş ve toplam gövde boyu 4,356 m olarak belirlenmiştir. Karşılaştırma kapsamında, aynı ana gövde geometrisine sahip iki model ele alınmıştır. Oluk içermeyen düzgün gövde Model-1, seçilen boyuna bölgesinde çevresel oluklar bulunan gövde ise Model-2 olarak adlandırılmıştır. Referans gövdeyi oluşturan Model-1'in temel geometrik özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Eksenel simetrik döndürülmüş Model-1'e ait özellikler

Model Parametreleri	Ölçüler
Tam boy (LOA)	4.356 m
Dikmeler arası boy (L_{pp})	4.261 m
Islak yüzey alanı (Aw)	5.988 m^2
Gövde kesit çapı (D)	0.508 m

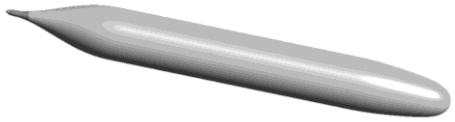
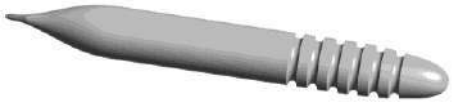
Modeller, iki boyutlu eksenel simetrik geometriyle tanımlanmıştır. Model-2'nin boyuna kesitinde yer alan girintiler, gövde çevresi boyunca uzanan halka biçimindeki olukları temsil etmektedir. Olukların konumu, sayısı, aralığı, derinliği ve kesit biçimine ilişkin geometrik bilgiler Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Model-2'ye ait özellikler

Model parametreleri	Ölçüler	Oluklara ait model
Oluk ağız genişliği	100 cm	
Oluk derinliği	50 cm	
Oluklar arası mesafe	100 cm	
Oluk sayısı	6	

Düzgün ve oluklu modellere ait gövde profilleri 2 Boyutlu Düzlemsel geometri ve 3 Boyutlu Eksenel Simetrik Geometrileri ile Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Modellere ait geometriler

Modeller	2 Boyutlu Düzlemsel geometri	3 Boyutlu Eksenel Simetrik Geometri
Model-1 (DARPA SUBOFF)		
Model-2 (Dönel Oluklu Gövde)		

3.2. Hesaplama Bölgesi, Akış Koşulları ve Sınır Şartları

Hesaplama bölgesi, gövdenin çevresindeki dış akışı temsil edecek şekilde oluşturulmuştur. Giriş sınırı gövde burnundan 3L çıkış sınırı gövde kıçından 7L ve dış sınır gövde ekseninden 2L uzaklıkta konumlandırılmıştır. Giriş sınırında hız girişi (*velocity inlet*) tanımlanmış ve analizler 1,50; 2,57; 3,05; 5,14 ve 6,10 m/s hızlarında gerçekleştirilmiştir. Çıkış sınırında, gösterge basıncı 0 Pa olan basınç çıkışı (*pressure outlet*) koşulu uygulanmıştır. Gövde yüzeyi hareketsiz ve kaymama koşuluna sahip duvar olarak tanımlanmıştır. Merkez ekseninde eksenel simetri (*axis*), hesaplama bölgesinin dış sınırında ise simetri (*symmetry*) koşulu kullanılmıştır. Giriş türbülans koşulları, türbülans şiddeti ve türbülans viskozite oranı ile tanımlanmıştır. Türbülans şiddeti %1, türbülans viskozitesinin moleküler viskoziteye oranı (μ_t/μ) ise 10 olarak alınmıştır. Akışkan olarak su kullanılmış; yoğunluk ρ=998,2 (kg/m³) ve dinamik viskozite μ= 0,001003 (Pa·s) alınmıştır. Reynolds sayıları, gövde boyu esas alınarak denklem (1) olarak gösterilen bağıntıyla hesaplanmıştır:

$$Re_L = \frac{\rho U L}{\mu} \qquad \textbf{(1)}$$

3.3. Yönetici Denklemler ve Türbülans Modeli

Akış, sürekli rejim /zamandan bağımsız, sıkıştırılamaz ve eksenel simetrik kabulleri altında incelenmiştir. Sayısal çözümde Reynolds ortalamalı Navier–Stokes (RANS) denklemleri kullanılmıştır. Süreklilik ve momentum denklemleri denklem 2 ve 3 de verilmiştir.

Denklemler sabit yoğunluk ve viskozite için, hacim kuvvetleri ihmal edilerek verilmiştir. Tekrarlanan indisler üzerinden toplama yapılmaktadır. Burada $\overline{u}_i$ ortalama hız bileşenini, x_i uzaysal koordinatı, $\overline{p}$ ortalama basıncı, ρ akışkan yoğunluğunu ve μ dinamik viskoziteyi ifade etmektedir. u_i' ve u_j', hızın ortalama değer etrafındaki dalgalanma bileşenleridir. $-\rho\,\overline{u_i' u_j'}$ terimi Reynolds gerilmelerini temsil etmekte olup bu çalışmada SST k-w modeliyle modellenmiştir ve bu modele ait denklemler denklem 3 ve 4 ile ifade edilmiştir.

Süreklilik denklemi:

$$\frac{\partial \overline{u}_i}{\partial x_i} = 0 \qquad \textbf{(1)}$$

RANS momentum denklemi:

$$\rho\,\overline{u}_j\frac{\partial\overline{u}_i}{\partial x_j}=-\frac{\partial\overline{p}}{\partial x_i}+\frac{\partial}{\partial x_j}\left[\mu\left(\frac{\partial\overline{u}_i}{\partial x_j}+\frac{\partial\overline{u}_j}{\partial x_i}\right)-\rho\,\overline{u_i{}'u_j{}'}\right] \quad (2)$$

Türbülans kinetik enerjisi (k) denklemi

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t}+\frac{\partial\left(\rho\overline{u}_j k\right)}{\partial x_j}=\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\Gamma_k\frac{\partial k}{\partial x_j}\right)+\tilde{G}_k-Y_k+S_k \quad (3)$$

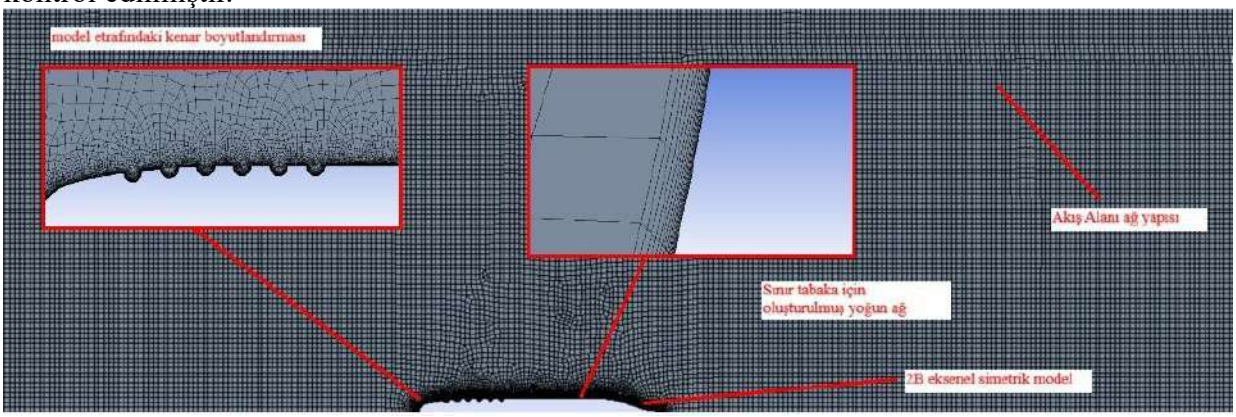
Özgül türbülans dağılım hızı (w) denklemi

$$\frac{\partial(\rho\omega)}{\partial t}+\frac{\partial\left(\rho\overline{u}_j\omega\right)}{\partial x_j}=\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\Gamma_\omega\frac{\partial\omega}{\partial x_j}\right)+G_\omega-Y_\omega+D_\omega+S_\omega \quad (4)$$

Denklem 3 ve 4'te Γ_k ve Γ_ω etkin difüzyon katsayılarını, $\tilde{G}_k$ sınırlandırılmış türbülans kinetik enerjisi üretimini ve G_ω özgül disipasyon hızı üretimini ifade etmektedir. Y_k ve Y_ω disipasyon terimlerini, D_ω çapraz difüzyon terimini, S_k ve S_ω ise kullanıcı tanımlı kaynak terimlerini göstermektedir.

3.4. Ağ Yapısı ve Ağ Bağımsızlığının Değerlendirilmesi

Hesaplama bölgesi linear elemanlar kullanılarak ayrıklaştırılmıştır. Model ve akış alanına ait detaylı görsel Şekil 1'de gösterilmiştir. Gövde yüzeyindeki ağ çözünürlüğü, kenar boyutlandırması (*Edge Sizing*) kullanılarak düzenlenmiştir. Ağ yoğunluğunun çözüm üzerindeki etkisi, gövde kenarına tanımlanan bölme sayısının artırılmasıyla incelenmiştir.
Duvar yakınındaki ağ, ilk katman yüksekliği, katman sayısı ve büyüme oranı ile oluşturulmuştur. Ağ kalitesi ortogonal kalite ve çarpıklık değerleri üzerinden değerlendirilmiştir. Duvar yakınındaki çözünürlük, gövde yüzeyinde hesaplanan değerleriyle kontrol edilmiştir.

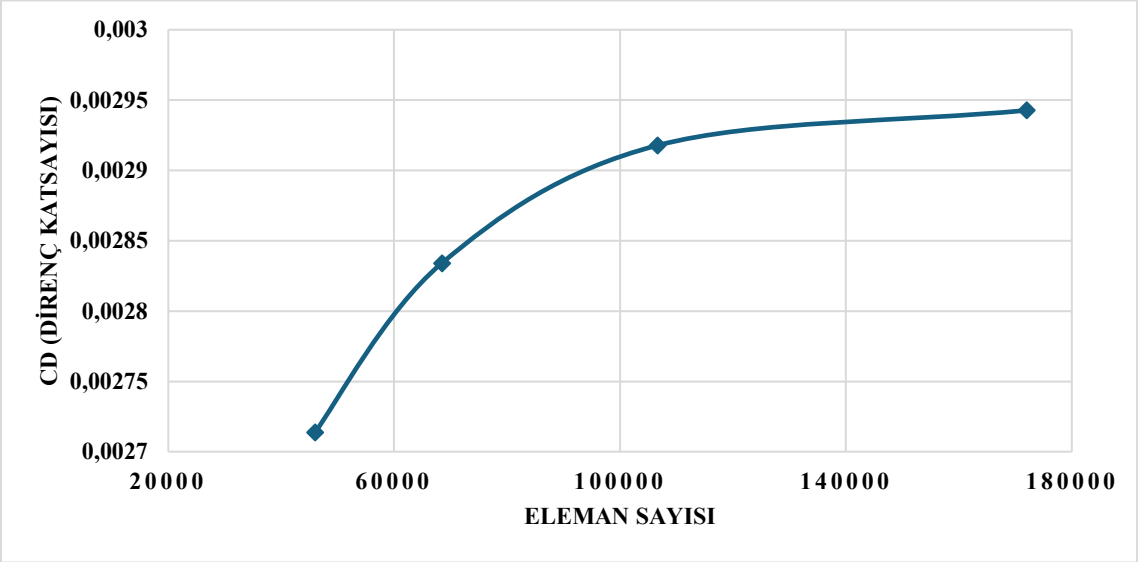


Şekil 1.Model duvarı etrafındaki ve akış alanındaki ağ yapısı

Ağ yoğunluğunun çözüm üzerindeki etkisi, 4 farklı ağ üzerinde incelenmiştir. Bu analizler Model-1 için, diğer çözüm koşulları sabit tutularak 3,05 m/s hızında gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.'de 3,05 m/s giriş hızında toplam direnç katsayısının element sayısına bağlı değişimi gösterilmektedir.
Ağlar arasında toplam direnç katsayısı ile basınç ve viskoz kuvvet bileşenleri karşılaştırılmıştır. Ardışık ağlar arasındaki göreli değişim denklem 5'te verilen bağıntıyla

hesaplanmıştır. Burada X, karşılaştırılan direnç katsayısını ifade etmektedir. Nihai ağın seçiminde C_D esas alınmıştır.

$$\delta_X = \left| \frac{X_{\text{ince}} - X_{\text{kaba}}}{X_{\text{kaba}}} \right| \times 100 \quad (5)$$



Şekil 2. Farklı ağ yoğunluklarında hesaplanan toplam direnç katsayıları

Şekil 2.'de farklı ağ yoğunluklarında hesaplanan toplam direnç katsayıları karşılaştırılmıştır. Element sayısının artmasıyla direnç katsayısı yükselmiş, ancak ince ağlarda bu değişim azalmıştır. Element sayısı 106.636'dan 172.002'ye çıkarıldığında C_D, 0,00291779'dan 0,00294271'e yükselmiş ve göreli değişim %0,85 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, incelenen koşulda toplam direnç katsayısının ağ yoğunluğuna duyarlılığının azaldığını göstermektedir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, düzgün ve çevresel oluklu SUBOFF gövdeleri için elde edilen sayısal sonuçlar sunulmuştur. Öncelikle ağ yoğunluğunun toplam direnç katsayısı üzerindeki etkisi değerlendirilmiş ve referans gövdenin 3,05 m/s hızındaki sonucu literatür verisiyle karşılaştırılmıştır. Ardından, beş Reynolds sayısında hesaplanan toplam direnç katsayısı, viskoz kuvvet ve basınç kuvveti bakımından Model-1 ve Model-2 karşılaştırılmıştır. Olukların toplam direnç üzerindeki etkisi, viskoz ve basınç kaynaklı katkılar birlikte ele alınarak değerlendirilmiştir.

4.1. Ağ Yoğunluğunun Sonuçlara Etkisi

Model-1 için oluşturulan farklı ağların boyutlandırma parametreleri, kalite ölçütleri ve 3,05 m/s giriş hızında elde edilen direnç sonuçları Tablo 4'te sunulmuştur. Ağ yoğunluğundaki (ϕ1, ϕ2, ϕ3 ve ϕ4) değişim; element ve düğüm sayıları ile gövde kenarına uygulanan bölme sayısı üzerinden tanımlanmıştır. Ağ kalitesi ortogonal kalite ve çarpıklık ölçütleriyle, duvar yakınındaki çözünürlük ise ortalama y^+ değerleriyle değerlendirilmiştir. Basınç ve viskoz kuvvetler ayrı ayrı karşılaştırılarak ağ inceltmenin direnç bileşenleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Tablo 4. Model-1 için oluşturulan farklı ağların boyutlandırma parametreleri ile 3,05 m/s hızında hesaplanan direnç sonuçları

4.2. Referans Model Sonuçlarının Literatürle Karşılaştırılması

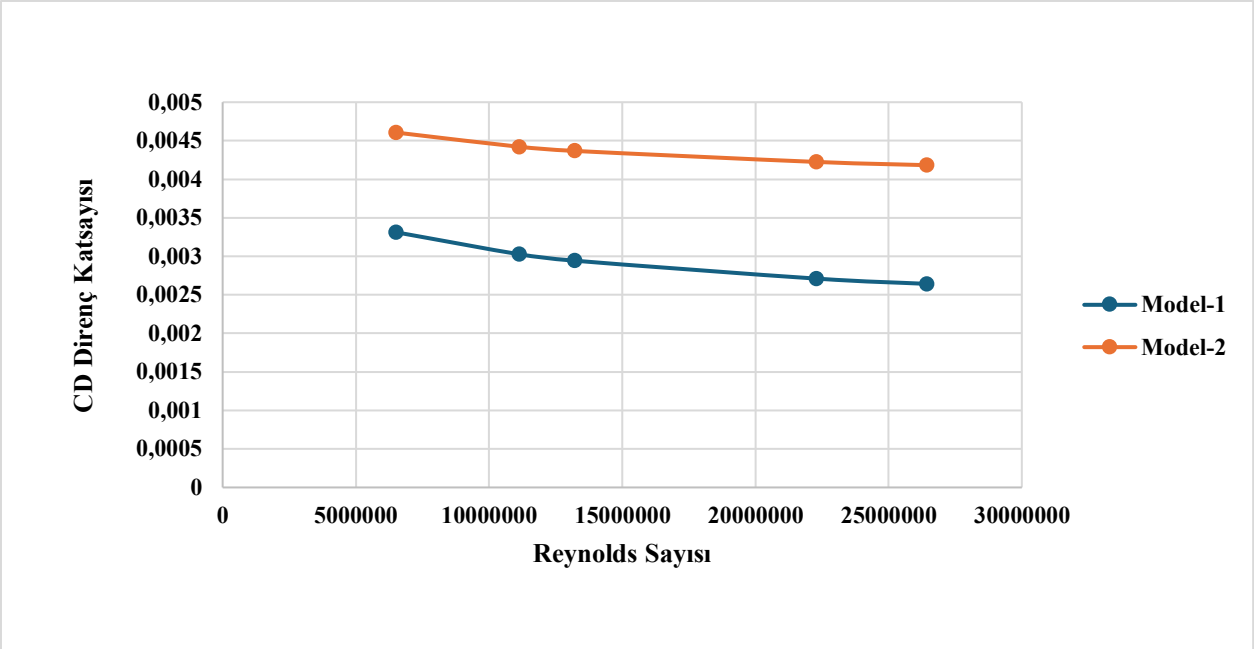
Model-1 için hesaplanan toplam direnç katsayısı, Liu ve Huang (1998) tarafından raporlanan deneysel verilerle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma, 3,05 m/s giriş hızında gerçekleştirilmiş ve direnç katsayıları aynı referans alanı esas alınarak değerlendirilmiştir. 3,05 m/s giriş hızında Model-1 için hesaplanan toplam direnç katsayısı 0,0029427079'dur. Bu değer, Liu ve Huang (1998) tarafından bildirilen 0,0030 değeriyle karşılaştırıldığında yaklaşık %1,91 daha düşük bulunmuştur. Elde edilen sonuç, incelenen hız koşulunda sayısal ve deneysel direnç

Parametreler	Ağ Tabaka Değerleri			
Hesaplanan Değerler	**Φ1**	**Φ2**	**Φ3**	**Φ4**
Element boyutu (mm)	250	180	130	90
Eleman Sayısı	45984	68453	106636	172002
Model Etrafında kenar bölmelendirme	1000	1400	2000	2800
Ortagonal Kalite	0,10318	0,17693	0,19075	0,45455
Minimum Çarpıklık	1,1171e-007	7,1253e-008	8,175e-008	1,1562e-008
Maksimum Çarpıklık	0,65081	0,66944	0,93514	0,83452
Ortalama y^+	0.53089903	0.54475517	0.55487954	0.5588923
(N_P) Toplam Basınç Kuvveti	6.1508685	6.1755	5.9018259	5.5593579
(N_V) Toplam Viskoz Kuvvet	69.310214	72.6297	75.23069	76.266148
(N) Toplam Direnç Kuvveti	75.461083	78.8052	81.132516	81.825506
C_D Toplam Direnç Katsayısı	0.0027138228	0.0028341	0.0029177857	0.0029427079

katsayıları arasında yakın bir uyum olduğunu göstermektedir.

4.3. Toplam Direnç Katsayısının Reynolds Sayısına Bağlı Değişimi

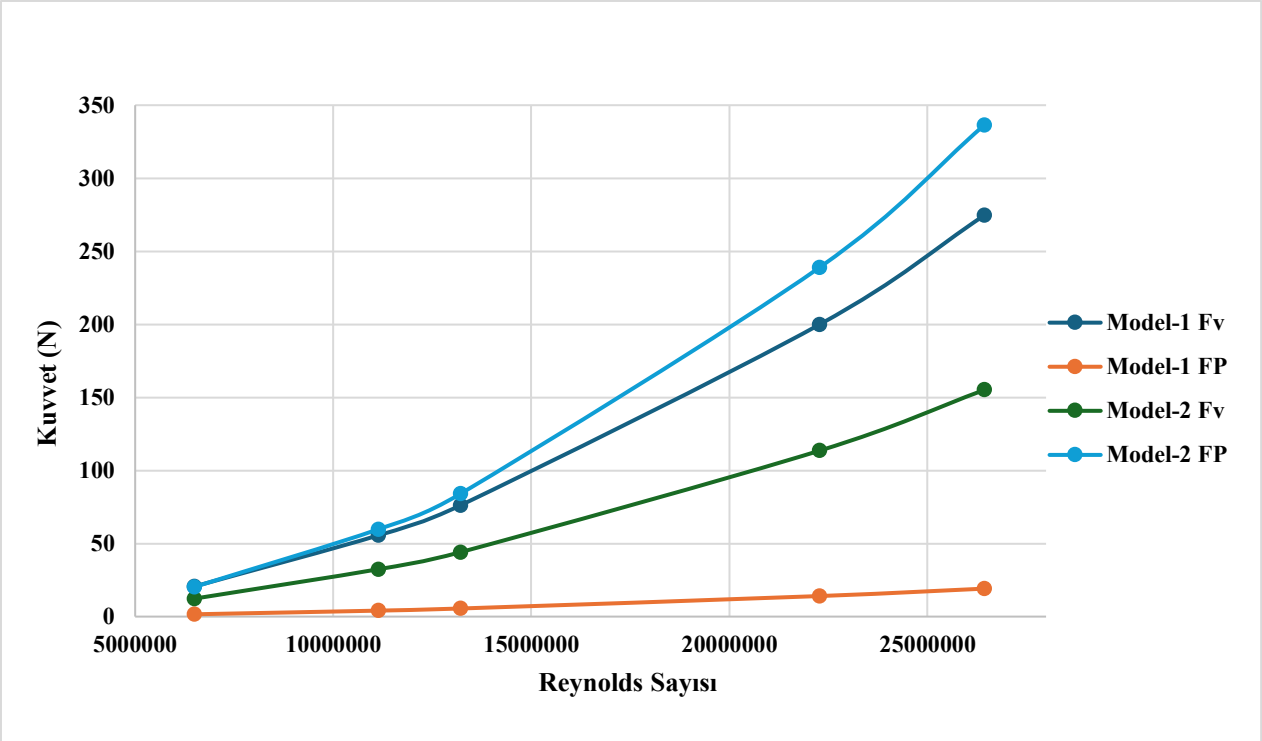
Şekil 3'te Model-1 ve Model-2'ye ait toplam direnç katsayılarının Reynolds sayısına bağlı değişimi gösterilmiştir. Reynolds sayısı $6{,}50 \times 10^6$'dan $2{,}64 \times 10^6$'ya yükseldiğinde, Model-1'in direnç katsayısı 0,003312'den 0,002642'ye, Model-2'nin direnç katsayısı ise 0,004606'dan 0,004183'e düşmüştür. Her iki modelde de yüksek Reynolds sayılarında eğrilerin eğimi azalmış ve katsayılardaki düşüş daha sınırlı hâle gelmiştir. Oluklu Model-2'nin direnç katsayısı, incelenen bütün koşullarda düzgün Model-1'den yüksek bulunmuştur. Bu farklılığın toplam direnç üzerindeki etkisi, aynı hızlarda hesaplanan kuvvetler üzerinden ayrıca değerlendirilmiştir. Direnç katsayısının Reynolds sayısıyla azalması, direnç kuvvetinin de azaldığı anlamına gelmemektedir.



Şekil 3. Modellerin C_D-Re değişim grafiği

4.4. Viskoz ve Basınç Kuvvetlerinin Reynolds Sayısına Bağlı Değişimi

Model-1 ve Model-2'ye ait viskoz ve basınç kuvvetlerinin Reynolds sayısına bağlı değişimi Şekil 4'te sunulmuştur. Reynolds sayısının artmasıyla her iki modelde de kuvvet bileşenleri yükselmiştir. Düzgün Model-1'de viskoz kuvvet bütün koşullarda basınç kuvvetinden yüksekken, oluklu Model-2'de basınç kuvveti viskoz kuvveti aşmıştır. Bu durum, çevresel olukların direnç bileşenlerinin toplam içindeki dağılımını belirgin biçimde değiştirdiğini göstermektedir.

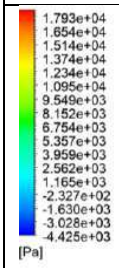
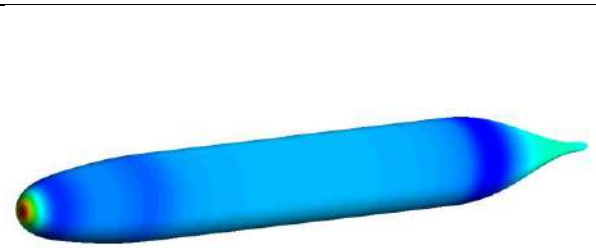
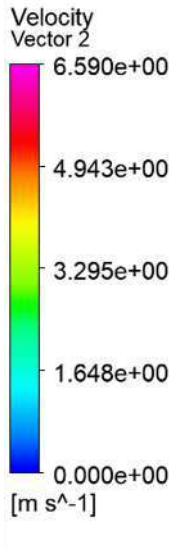
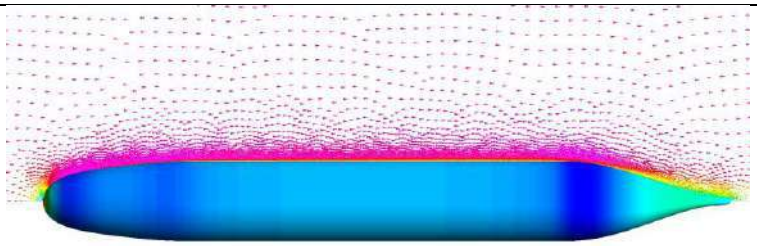
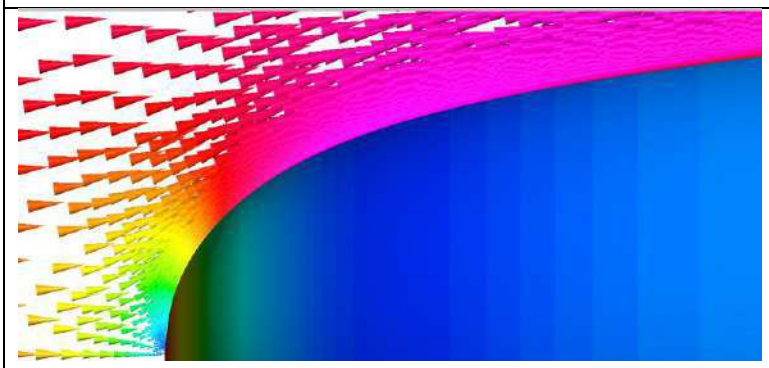
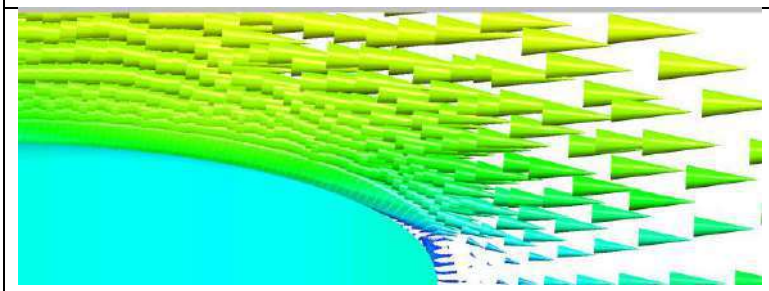


Şekil 4. Viskoz ve Basınç Kuvvetlerinin Reynolds Sayısına Bağlı Değişimi

Model-2'nin viskoz kuvveti, incelenen Reynolds sayısı aralığında Model-1'e göre %40–43 daha düşük bulunmuştur. Buna karşılık oluklu gövdenin basınç kuvveti bütün koşullarda artmış ve modeller arasındaki mutlak fark yüksek Reynolds sayılarında büyümüştür. Dolayısıyla, oluklu gövdede viskoz kuvvette sağlanan azalma, basınç kuvvetindeki artışı karşılayamamıştır. İki bileşen birlikte değerlendirildiğinde, Model-2'nin toplam direncinin referans gövdeye göre arttığı belirlenmiştir.

Oluklu modelde hesaplanan viskoz direnç kuvveti, incelenen tüm Reynolds sayılarında düzgün gövdeye göre daha düşük bulunmuştur. Viskoz kuvvetin gövde yüzeyindeki kayma gerilmelerinin akış doğrultusundaki toplam etkisini temsil etmesi nedeniyle, bu azalma toplam sürtünme direncindeki düşüş olarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, basınç kuvvetindeki artışın bu azalmayı aşması sonucunda oluklu modelin toplam direnci yükselmiştir.

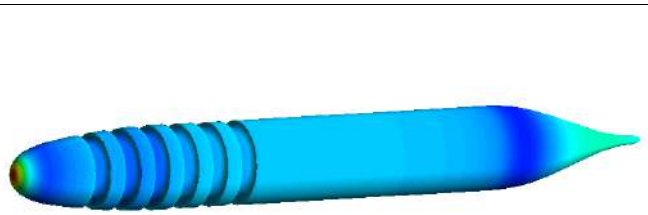
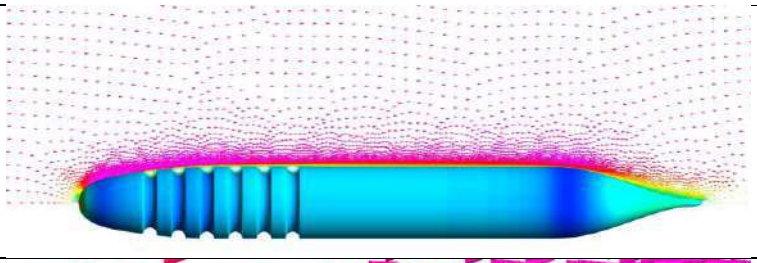
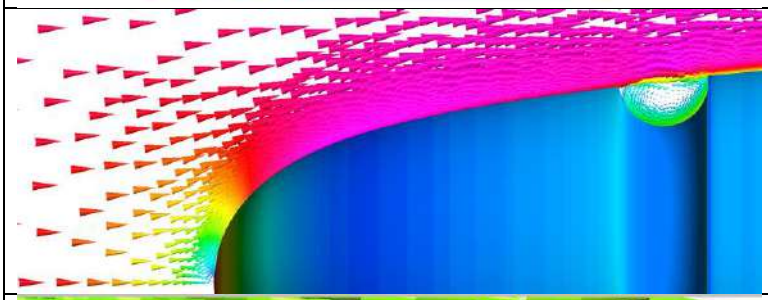
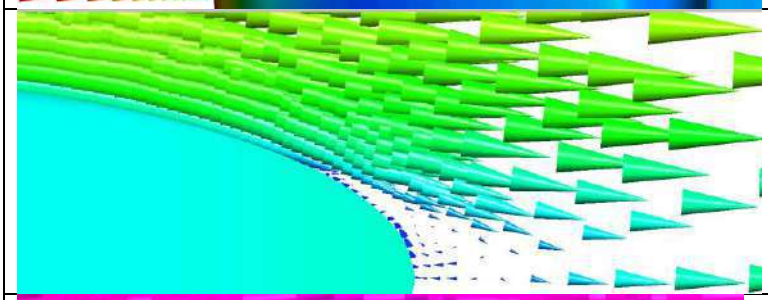
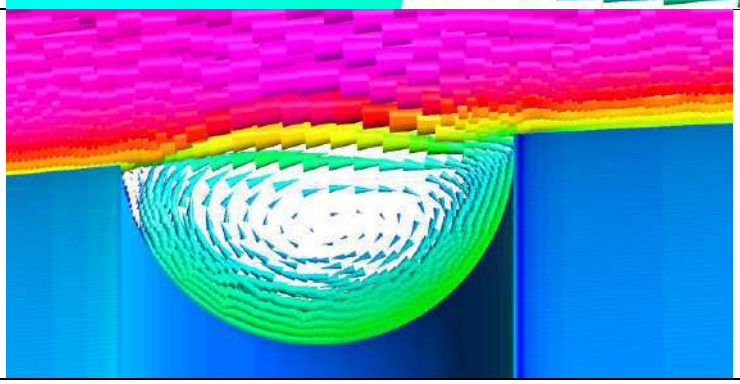
4.5. Model-1 ve Model-2 Etrafında Akış Alanının İncelenmesi

Lejant	Model-1 Etrafındaki Hız Akış Dağılımı	Bölgeler
		Gövde Etrafındaki Basınç Dağılımı
		Gövde Etrafındaki Hız Vektörleri
		Baş Bölgesi Hız Vektörleri
		Kıç Bölgesi Hız Vektörleri

Tablo 5. Model-1 üzerindeki basınç dağılımı ve gövde etrafındaki hız vektörleri

Tablo 5'te, düzgün referans gövdeyi temsil eden Model-1 üzerindeki basınç dağılımı ve gövde etrafındaki hız vektörleri sunulmuştur. Basınç dağılımında burun ucunda yüksek basınçlı bir bölge görülürken baş bölgesinin devamında basınç azalmaktadır. Kıç bölgesinde ise gövdenin daralmaya başladığı kesimde düşük basınçlar, kıç ucuna doğru basınçta yeniden artış gözlenmektedir. Hız vektörleri, baş bölgesinde akışın gövde geometrisini izleyerek yön değiştirdiğini göstermektedir. Burun ucuna ve gövde yüzeyine yakın kesimlerde hızlar düşükken yüzeyden uzaklaşıldıkça hız büyüklüğü artmaktadır. Gövdenin orta bölümünde

vektörler ağırlıklı olarak eksenel doğrultuda ilerlemekte, kıç bölgesinde ise daralan yüzeyi takip ederek yön değiştirmektedir. Kıç yüzeyine yakın kesimdeki düşük hızlı bölge, dış akış ile gövde yakınındaki akış arasındaki hız farkını belirginleştirmektedir. Model-1'in bu akış özellikleri, çevresel olukların oluşturduğu yerel değişimlerin değerlendirilmesi için referans oluşturmaktadır.

Lejant	Model-2 Etrafındaki Hız Akış Dağılımı	Bölgeler
1.793e+04 1.654e+04 1.514e+04 1.374e+04 1.234e+04 1.095e+04 9.549e+03 8.152e+03 6.754e+03 5.357e+03 3.959e+03 2.562e+03 1.165e+03 -2.327e+02 -1.630e+03 -3.028e+03 -4.425e+03 [Pa]		Gövde Etrafındaki Basınç Dağılımı
Velocity Vector 2 6.590e+00 4.943e+00 3.295e+00 1.648e+00 0.000e+00 [m s^-1]		Gövde Etrafındaki Hız Vektörleri
		Baş Bölgesi Hız Vektörleri
		Kıç Bölgesi Hız Vektörleri
		Oluk Bölgesi Hız Vektörleri

Tablo 6. Model-2 üzerindeki basınç dağılımı ve gövde etrafındaki hız vektörleri

Tablo 6'da oluklu gövde etrafındaki hız vektörlerinin genel dağılımı ile baş, kıç ve oluk bölgelerinin yakın görünümleri sunulmuştur. Baş bölgesinde gövdeyle karşılaşan akışın yön değiştirdiği ve gövde yüzeyi boyunca ilerlediği görülmektedir. Burun ucuna yakın bölgede düşük hızlar gözlenirken yüzeyden uzaklaşıldıkça hız büyüklüğü artmaktadır. Kıç bölgesinde ise gövdenin daralan geometrisine bağlı olarak vektörlerin yönelimi değişmekte ve yüzeye yakın kesimde düşük hızlı bir bölge oluşmaktadır. Oluk bölgesinin yakın görünümü, ana akışın oluk açıklığı üzerinden ilerlediğini ve oluk içerisinde belirgin bir geri dolaşım yapısının bulunduğunu göstermektedir. Oluk içindeki vektörlerin yön değiştirmesi ve bazı kesimlerde ana akışa ters yönelmesi ve bunun sonucunda da vorteks adı verilen girdap yapıları oluşturması bu dolaşımın açık bir göstergesidir. Ayrıca oluk içerisindeki hızların dış akışa göre düşük olması, oluk açıklığı boyunca farklı hız düzeylerine sahip iki akış bölgesinin oluştuğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgular, çevresel olukların gövde yakınındaki akışı yerel olarak yeniden düzenlediğini göstermektedir. Gözlenen düşük hızlı dolaşım bölgeleri, viskoz kuvvetteki azalmayla birlikte değerlendirilebilecek bir akış özelliğidir; ancak bu ilişkinin doğrudan açıklanması için duvar kayma gerilmesi dağılımlarının da incelenmesi gerekmektedir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, DARPA SUBOFF AFF-1 gövdesinin seçilen boyuna bölgesine yerleştirilen çevresel olukların hidrodinamik direnç üzerindeki etkisi, beş farklı Reynolds sayısında incelenmiştir. Düzgün ve oluklu gövdeler etrafındaki türbülanslı akış, iki boyutlu eksenel simetrik yaklaşım ve SST k-w türbülans modeli kullanılarak çözülmüştür. Direnç katsayısı, viskoz kuvvet ve basınç kuvveti üzerinden yapılan karşılaştırmalardan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Ağ sıklaştırma çalışmasında, eleman sayısının 106.636'dan 172.002'ye artırılmasıyla toplam direnç katsayısındaki değişim yaklaşık %0,85 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, toplam direnç katsayısının incelenen son iki ağ arasında sınırlı değişim gösterdiğini ortaya koymuştur.
- Düzgün gövde için 3,05 m/s hızda hesaplanan direnç katsayısı 0,0029427 olup referans alınan 0,0030 değerinden yaklaşık %1,91 daha düşüktür. Bu karşılaştırma, söz konusu çalışma koşulunda sayısal sonuç ile referans değer arasında yakınlık bulunduğunu göstermiştir.
- İncelenen Reynolds sayısı aralığında, her iki modelin direnç katsayısı Reynolds sayısıyla azalmıştır. Buna karşılık, hızın artmasıyla viskoz ve basınç kuvvetleri yükselmiştir. Oluklu modelin direnç katsayısı bütün koşullarda düzgün gövdenin üzerinde kalmıştır.
- Çevresel oluklar, viskoz direnç kuvvetini düzgün gövdeye göre %40–43 oranında azaltmıştır. Bu azalma, gövde yüzeyindeki kayma gerilmelerinin akış doğrultusundaki toplam etkisi bakımından sürtünme direncinin düştüğünü göstermektedir.
- Düzgün gövdede toplam direncin baskın bileşeni viskoz kuvvet iken oluklu gövdede basınç kuvveti olmuştur. Basınç direncindeki artış, viskoz dirençteki azalmayı aşmış ve oluklu modelin toplam direnç kuvveti %46,97–67,32 oranında yükselmiştir.

Elde edilen bulgular, incelenen çevresel oluk düzenlemesinin sürtünme direncini azaltmasına rağmen toplam direnç bakımından iyileşme sağlamadığını göstermektedir. Dolayısıyla oluklu yüzeylerin hidrodinamik performansının değerlendirilmesinde viskoz ve basınç direnci bileşenlerinin birlikte ele alınması önem taşımaktadır. Bu sonuçlar, çalışmada kullanılan oluk geometrisi, yerleşimi ve Reynolds sayısı aralığıyla sınırlıdır. Oluk derinliği, aralığı ve konumunun değiştirilmesi, sürtünme direncindeki azalma ile basınç direncindeki artış arasındaki ilişkinin daha kapsamlı incelenmesine olanak sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Bechert, D. W., Bruse, M., Hage, W., van der Hoeven, J. G. T., & Hoppe, G. (1997). Experiments on drag-reducing surfaces and their optimization with an adjustable geometry. *Journal of Fluid Mechanics, 338*, 59–87. https://doi.org/10.1017/S0022112096004673

Bodnarchuk, J., Korol, Y., & Moonesun, M. (2020). A study of the effect of recesses on the motion resistance of submarines by methods of computational fluid dynamics. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5*(7/107), 82–89. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.212005

García-Mayoral, R., & Jiménez, J. (2011). Hydrodynamic stability and breakdown of the viscous regime over riblets. *Journal of Fluid Mechanics, 678*, 317–347. https://doi.org/10.1017/jfm.2011.114

Groves, N. C., Huang, T. T., & Chang, M. S. (1989). *Geometric characteristics of DARPA SUBOFF models (DTRC model nos. 5470 and 5471)* (Report No. DTRC/SHD-1298-01). David Taylor Research Center.

Jiang, J., Zhang, B., Gao, X., Yuan, C., & Huang, H. (2026). Hydrodynamic drag-reduction mechanism of local rectangular microstructures on the SUBOFF model: A full-scale numerical study. *Ocean Engineering, 355*, 125152. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2026.125152

Kim, S., Chang, K., Lee, S.-W., Kim, M., Yoon, J., & Ryu, J. (2024). Numerical study of hydrodynamic drag effects of streamwise riblet structures on SUBOFF bare hull model. *Ocean Engineering, 310*, 118783. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.118783

Krishna, H. R., Issac, M. T., & Ebenezer, D. D. (2023). Numerical investigation of two-dimensional axisymmetric and three-dimensional flow simulations over a benchmark underwater vehicle. *Physics of Fluids, 35*(1), 015149. https://doi.org/10.1063/5.0134985

Wu Z. Li S, Liu M., Wang S., Yang H. and Liang X. (2019). Numerical research on the turbulent drag reduction mechanism of a transverse groove structure on an airfoil blade. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics, 13*(1), 1024–1035. https://doi.org/10.1080/19942060.2019.1665101

Liu, H.-L., & Huang, T. T. (1998). *Summary of DARPA SUBOFF experimental program data* (Report No. CRDKNSWC/HD-1298-11). Naval Surface Warfare Center, Carderock Division.

Mai, T. D., Kim, S., Chang, K., Lee, S.-W., Kim, M., & Ryu, J. (2022). Numerical and theoretical analysis of the influences of surface treatment on drag reduction in submarine. *Ocean Engineering, 266*, 113068. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.113068

Mariotti, A., Buresti, G., Gaggini, G., & Salvetti, M. V. (2017). Separation control and drag reduction for boat-tailed axisymmetric bodies through contoured transverse grooves. *Journal of Fluid Mechanics, 832*, 514–549. https://doi.org/10.1017/jfm.2017.676

Menter, F. R. (1994). Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering applications. *AIAA Journal, 32*(8), 1598–1605. https://doi.org/10.2514/3.12149

Qu, Y., Wu, Q., Zhao, X., Huang, B., Fu, X., & Wang, G. (2021). Numerical investigation of flow structures around the DARPA SUBOFF model. *Ocean Engineering, 239*, 109866. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109866

Tirandazi, P., & Hidrovo, C. H. (2020). Study of drag reduction using periodic spanwise grooves on incompressible viscous laminar flows. *Physical Review Fluids, 5*, 064102. https://doi.org/10.1103/PhysRevFluids.5.064102

Zhang, S., Wu, X., Ma, S., Wang, Z., Sun, Z., & Hu, M. (2024). Experimental and numerical simulation study of drag reduction on AUV grooved surfaces. *Ocean Engineering, 314*, 119610. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.119610

CORPORATE GOVERNANCE AND FINANCIAL INSTITUTIONS IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Ali Jahjah & Issraa ELmir
Islamic University of Lebanon
Opportunities, Challenges, and Requirements for Good Governance

Abstract
This paper examines how artificial intelligence (AI) can influence corporate governance in companies and financial institutions. It considers the opportunities AI offers for improving transparency, decision-making, internal control, risk management, fraud detection, and regulatory compliance, while also addressing risks related to cybersecurity, data privacy, algorithmic bias, model explainability, third-party dependency, and accountability for automated decisions. The paper adopts a descriptive-analytical approach based on a review of selected institutional frameworks and reports, including the National Institute of Standards and Technology's AI Risk Management Framework, the OECD AI Principles, and the Financial Stability Board's analysis of AI-related financial stability implications. The analysis suggests that the benefits of AI depend not only on technical capability but also on effective governance across the system lifecycle. The paper proposes an integrated governance framework based on clear accountability, human oversight, data governance, independent model validation, continuous monitoring, and proportionate risk controls. It concludes with practical recommendations for boards, executives, risk managers, internal auditors, compliance officers, and regulators. As this is a conceptual paper, the hypotheses presented are propositions for future empirical testing rather than statistically verified findings.
Keywords: corporate governance; artificial intelligence; financial institutions; risk management; transparency; accountability; regulatory compliance; cybersecurity.

1. Introduction

Artificial intelligence is becoming increasingly important in business operations and financial services. Organizations use AI-enabled systems to analyze large datasets, identify unusual transactions, support credit assessments, improve customer service, assist investment decisions, and automate selected administrative processes. These applications may improve speed and consistency, and can help organizations identify patterns that are difficult to detect using conventional methods.

However, AI adoption also creates governance questions. A model may influence whether a customer receives credit, whether a transaction is flagged as suspicious, or how a financial institution allocates resources. Such decisions raise concerns about accuracy, fairness, explainability, privacy, cybersecurity, and the allocation of responsibility. A technically capable system does not automatically produce a fair or accountable outcome.

The Financial Stability Board (FSB, 2024) notes that AI may support operational efficiency, compliance, and advanced analytics, while potentially amplifying vulnerabilities associated with cyber risk, model risk, data quality, market interconnectedness, and reliance on third-party providers. This makes AI governance a central component of effective corporate governance rather than a purely technical matter.

2. Research Problem

The central research problem concerns how companies and financial institutions can benefit from AI while preserving the core principles of good governance. Traditional governance mechanisms may not fully address the challenges created by complex models, changing data, automated recommendations, and decisions that are difficult to explain. Institutions therefore

need governance arrangements that define accountability, assess risks, protect data, provide meaningful human oversight, and ensure that AI systems remain aligned with legal and ethical obligations.

Main research question: How can effective AI governance strengthen corporate governance in companies and financial institutions while controlling the operational, ethical, and regulatory risks associated with AI adoption?

3. Research Significance

3.1 Academic Significance

The paper connects corporate governance with AI risk management and responsible AI. It develops a conceptual framework that can inform future empirical studies and contribute to research on transparency, accountability, and technology-enabled oversight.

3.2 Practical Significance

The paper offers a structured set of considerations for boards of directors, executive management, risk functions, internal audit, compliance teams, and technology leaders when selecting, deploying, and monitoring AI systems.

3.3 Regulatory Significance

The analysis highlights the importance of policies and controls for documentation, data protection, independent validation, customer rights, third-party oversight, and responsibility for automated or AI-supported decisions.

4. Research Objectives

- To explain the relationship between corporate governance and AI governance.
- To identify key AI applications in companies and financial institutions.
- To analyze the potential contribution of AI to transparency, decision quality, internal control, and risk management.
- To identify major ethical, technical, legal, and regulatory risks associated with AI adoption.
- To review selected international frameworks relevant to responsible AI and AI risk management.
- To propose an integrated governance framework for AI systems throughout their lifecycle.
- To develop hypotheses and practical recommendations for future research and institutional practice.

5. Research Questions

- What are the main applications of AI in companies and financial institutions?
- How may AI influence transparency, accountability, decision-making, and risk management?
- What governance risks arise from algorithmic bias, limited explainability, privacy concerns, and cybersecurity threats?
- How can human oversight and independent audit reduce AI-related risks?
- What are the essential components of an effective AI governance framework for financial institutions?
- How can institutions balance technological innovation with customer protection and regulatory compliance?

6. Research Hypotheses

Because this paper is conceptual and does not include primary data collection, the following hypotheses are proposed for future empirical testing; they are not presented as statistically established findings.

- H1: A higher level of AI governance maturity is positively associated with corporate governance effectiveness.
- H2: Meaningful human oversight is associated with lower risks of inappropriate AI-supported decisions.
- H3: Higher data quality and regular model validation are positively associated with the reliability of AI-supported decisions.

• H4: Clear data-protection and cybersecurity controls are positively associated with stakeholder trust in AI applications.
• H5: Employee competence and organizational AI awareness mediate the relationship between AI adoption and governance effectiveness.
• H6: The relationship between AI governance maturity and governance effectiveness varies by institutional size, type of financial service, application sensitivity, and regulatory environment.

7. Scope and Limitations

The paper focuses on AI use in corporate governance and financial institutions, particularly transparency, accountability, internal control, risk management, and compliance. It draws on international frameworks and can be adapted to a specific jurisdiction, such as Lebanon, in a subsequent empirical study. Its method is a conceptual review of selected institutional sources; it does not test hypotheses statistically or claim causal effects. Legal requirements vary by country, sector, data type, and application.

8. Theoretical and Conceptual Framework

8.1 Corporate Governance

Corporate governance refers to the structures, rules, and processes through which an organization is directed and monitored. It clarifies the roles of the board, executive management, shareholders, and other stakeholders, and supports responsible decision-making and oversight. Core principles include transparency, accountability, fairness, responsibility, independence, and effective risk management.

8.2 Artificial Intelligence in Organizations

In this paper, AI refers to computational systems that identify patterns in data or generate predictions, recommendations, content, or decision support. Examples include machine learning, natural language processing, anomaly detection, and generative AI. Risk levels vary according to the purpose of the system, data quality, degree of automation, and potential effects on individuals or financial stability.

8.3 AI Governance

AI governance comprises the policies, roles, procedures, and controls that guide an AI system throughout its lifecycle, from initial justification and procurement to development, testing, deployment, monitoring, modification, and retirement. It should include documented purposes, assigned system owners, risk assessment, data governance, validation, human review, incident reporting, and periodic reassessment.

NIST's AI Risk Management Framework provides a voluntary approach for identifying and managing AI risks across the lifecycle. Its core functions—Govern, Map, Measure, and Manage—can help organizations translate high-level principles into operational practices (NIST, 2023).

8.4 AI Applications in Financial Institutions

Application	Institutional use	Key governance considerations
Fraud detection	Identify unusual transactions and patterns	False positives, privacy, review and escalation
Credit scoring	Support creditworthiness assessments	Bias testing, explainability, customer appeal
Risk management	Forecast financial and operational risks	Model validation, stress testing, performance monitoring
Customer service	Virtual assistants and personalized services	Disclosure, privacy, accuracy, human escalation
Audit and compliance	Analyze records and identify anomalies	Evidence quality, access controls, audit trails

8.5 Opportunities for Governance

AI may support continuous monitoring, rapid analysis of large datasets, early identification of unusual activity, more timely risk indicators, and evidence-informed decisions. These benefits depend on appropriate data, suitable models, sound controls, and regular validation. AI should support—not replace—clear governance responsibilities.

8.6 Risks and Challenges

- Data risk: inaccurate, incomplete, unrepresentative, or improperly obtained data.
- Algorithmic bias: unjustified differences in outcomes across customer groups.
- Limited explainability: difficulty explaining why a model produced a recommendation or decision.
- Cybersecurity: unauthorized access, manipulation, data leakage, or misuse.
- Model risk: performance deterioration as data or operating conditions change.
- Third-party dependency: concentration and operational risks associated with external AI providers.
- Accountability and legal risk: uncertainty over responsibility for harmful or unfair outcomes.

9. Review of Selected Literature and Frameworks

The NIST AI Risk Management Framework provides a lifecycle-based approach to identifying, measuring, and managing AI risks. It emphasizes governance as an organization-wide function rather than a task limited to technical teams (NIST, 2023).

The OECD updated its AI Principles in 2024 to reflect rapid technological developments. The principles support trustworthy AI, respect for human rights, transparency, robustness, and accountability (OECD, 2024).

The FSB's 2024 report considers possible financial stability implications of AI. It identifies potential benefits alongside vulnerabilities involving cyber risk, model risk, data quality, third-party service providers, and interconnectedness (FSB, 2024).

Taken together, these sources suggest that responsible AI adoption requires clear organizational accountability, risk-based controls, appropriate transparency, and ongoing monitoring. This paper synthesizes these themes into a governance framework for companies and financial institutions.

10. Methodology

10.1 Research Design

The paper uses a descriptive-analytical approach based on a conceptual review of selected institutional frameworks and reports. It does not include a survey, interviews, or statistical hypothesis testing.

10.2 Sources

The current version relies on institutional publications from NIST, the OECD, and the FSB. A final conference submission should add peer-reviewed journal articles identified through a documented literature search and follow the conference's required citation style.

10.3 Proposed Future Empirical Study

Future research could survey managers, financial officers, risk professionals, internal auditors, compliance officers, and technology leaders in banks, insurance companies, and other financial service providers. A five-point Likert-scale questionnaire could measure AI governance maturity, human oversight, data governance, validation practices, and perceived governance effectiveness. Instrument validity and reliability should be assessed before statistical analysis. Correlation, regression, or structural equation modeling may be considered depending on sample size and data characteristics. The target population, sampling method, and sample size should be specified before data collection.

10.4 Proposed Variables

Variable type	Construct	Possible indicators
Independent	AI governance maturity	Written policies, assigned roles, documentation, independent review
Dependent	Governance effectiveness	Transparency, accountability, monitoring quality, decision quality
Mediator/moderator	Human oversight and staff competence	Review authority, training, AI risk awareness
Controls	Institutional characteristics	Size, institution type, digital maturity, application type

11. Proposed Conceptual Model

The proposed model suggests that AI governance maturity—expressed through policies, clear responsibilities, data quality, model validation, and human oversight—is associated with stronger corporate governance. The relationship may vary according to staff competence, institutional characteristics, application sensitivity, and the regulatory environment.

AI governance maturity → transparency, accountability, and risk control → corporate governance effectiveness

Potential influencing factors: human oversight, staff training, data quality, independent audit, and regulatory environment.

12. Analytical Discussion

Effective AI governance should begin before a system is purchased or developed and continue throughout its lifecycle. Institutions should assess the purpose and proportionality of a proposed use, identify its owner, evaluate the quality and legality of the data, test performance and fairness, define approval thresholds, and monitor outcomes after deployment.

Human oversight should be meaningful rather than a procedural sign-off. Reviewers need sufficient information, expertise, and authority to challenge outputs, request further analysis, escalate concerns, or suspend a system. In sensitive financial decisions—such as credit denial or fraud flags—documentation, explanation, and accessible review mechanisms are particularly important.

Boards should define risk appetite and oversee high-impact uses, major incidents, and the adequacy of organizational skills. Risk management, internal audit, compliance, and technology teams should coordinate while preserving the independence of assurance functions.

13. Theoretical Conclusions

The following are analytical conclusions derived from the conceptual review, not findings from a field survey:

- AI benefits depend on data quality, model suitability, and governance controls—not automation alone.
- AI-related risks should be integrated into enterprise risk management and internal control systems.
- Transparency and accountability require documentation, assigned responsibility, and meaningful review or appeal mechanisms.
- Governance requirements should be proportionate to the sensitivity and potential impact of each application.
- Coordination among management, technology, risk, audit, and compliance functions is essential.
- Numerical claims about AI's impact should not be made without reliable data and a clearly defined context.

14. Recommendations

- Adopt an organization-wide AI policy approved by the board and reviewed periodically.

• Maintain an inventory of AI systems, including purpose, owner, data, provider, risk level, and lifecycle status.
• Classify applications by risk and apply stronger controls to systems affecting customer rights or financial access.
• Conduct pre-deployment impact assessments and test for accuracy, bias, security, and explainability.
• Ensure meaningful human oversight with authority to challenge, escalate, or suspend systems.
• Use independent validation and periodic audits, especially after material changes to models or data.
• Apply privacy-by-design, data minimization, access controls, and secure record retention.
• Set contractual requirements for third-party providers, including security, transparency, continuity, and incident notification.
• Train directors and employees on AI capabilities, limitations, risks, and responsible use.
• Track performance and risk indicators, incidents, complaints, and compliance outcomes through regular reporting.

15. Limitations and Future Research

This paper is limited by its conceptual design and the selected institutional sources. It does not measure the prevalence of AI practices or test the proposed hypotheses. Future studies should conduct empirical surveys, comparative country analyses, and case studies of financial institutions. Researchers could also examine whether specific governance controls are associated with measurable outcomes such as model incidents, complaint rates, audit findings, or decision consistency.

16. Conclusion

The integration of AI into companies and financial institutions is not merely a technological change; it affects decision-making, accountability, and risk management. This paper argues that responsible adoption requires a combination of innovation and oversight, automation and human judgment, efficiency and protection of rights. Clear policies, lifecycle risk management, independent review, appropriate transparency, and employee competence form essential foundations for trustworthy and sustainable AI use in the financial sector.

References

Financial Stability Board. (2024, November 14). The financial stability implications of artificial intelligence. https://www.fsb.org/2024/11/the-financial-stability-implications-of-artificial-intelligence/

National Institute of Standards and Technology. (2023). Artificial intelligence risk management framework (AI RMF 1.0) (NIST AI 100-1). U.S. Department of Commerce. https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-1

National Institute of Standards and Technology. (2024). Artificial intelligence risk management framework: Generative artificial intelligence profile (NIST AI 600-1). U.S. Department of Commerce. https://doi.org/10.6028/NIST.AI.600-1

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2024, May 3). OECD updates AI principles to stay abreast of rapid technological developments. https://www.oecd.org/en/about/news/press-releases/2024/05/oecd-updates-ai-principles-to-stay-abreast-of-rapid-technological-developments.html

Appendix: Practical AI Governance Checklist

Lifecycle stage	Governance question	Evidence or control
Before adoption	Is the use necessary and proportionate?	Purpose and impact assessment
Data management	Are data lawful, accurate, and appropriate?	Data source, quality, and access documentation
Testing	Is the model accurate, fair, secure, and sufficiently explainable?	Performance, bias, security, and explainability tests
Deployment	Who owns the system and the decision?	Named owner, escalation path, human oversight
Monitoring	Has performance changed or an incident occurred?	Ongoing indicators, incident log, periodic review
Modification or retirement	When should the system be changed or suspended?	Suspension criteria, recovery plan, documented review

POSTMATERYALİZM VE VERGİ UYUMU ARASINDAKİ İLİŞKİ: DÜNYA DEĞERLER ARAŞTIRMASI ÜZERİNDEN ÜLKELERARASI BİR ANALİZ
THE RELATIONSHIP BETWEEN POSTMATERIALISM AND TAX COMPLIANCE: A CROSS-COUNTRY ANALYSIS USING THE WORLD VALUES SURVEY

Alim YELBOĞA
Dr. Öğr. Üyesi, Gümüşhane Üniversitesi İrfan Can Köse Meslek Yüksekokulu Yönetim ve Organizasyon Bölümü Lojistik Programı

ÖZET
Vergi uyumu ekonomik koşullar, denetimler ve yaptırımların yanı sıra bireylerin sahip olduğu değerler ve toplumsal öncelikleriyle de ilişkili olabilmektedir. Bu çalışmada, postmateryalist değer yönelimleri ile vergi uyumu arasındaki ilişki ülkeler arası bir perspektiften incelenmektedir. Araştırma 66 ülkeden 97.220 katılımcıyı kapsayan Dünya Değerler Araştırması'nın (WVS) 7. Dalga verilerinden yararlanılarak yapılmıştır. Vergiye uyum, vergi kaçırmanın hangi ölçüde meşru görüldüğünü değerlendiren ifadenin (Q180) ters kodlanmasıyla ölçülmüştür. Postmateryalist yönelim ise WVS verilerinden altı tercihin (Q152-Q157) materyalist veya postmateryalist olarak sınıflandırılmasıyla oluşturulan ve 0 ile 6 arasında değişen bir postmateryalist tercih puanı kullanılarak ölçülmüştür. Puanın hesaplanmasında altı tercihin tamamında geçerli yanıt bulunması koşulu uygulanmıştır. Analizde betimsel istatistiklerin yanı sıra Spearman sıra korelasyonu, Kruskal-Wallis H testi, regresyon analizi ve bireylerin ülkeler içerisindeki kümelenmesini dikkate alan doğrusal karma model kullanılmıştır. Analiz neticesindeki bulgular, postmateryalist yönelim ile vergi uyumu arasında negatif, istatistiksel olarak anlamlı ancak zayıf bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Bu ilişki, ülkeler arası farklılıkların yanı sıra yaş, cinsiyet, eğitim ve gelir değişkenleri dikkate alındığında anlamlılığını korumaktadır ($B=-0,079$; $p<0,001$). Buna ek olarak, karesel terim regresyon analizinde pozitif ve anlamlı bulunmasına karşın doğrusal karma modelde anlamlılığını korumamıştır ($B=0,006$; $p=0,079$). Bu sonuç, ilişkinin doğrusal olmayan yapısına ilişkin bulguların kullanılan modele göre farklılaştığını göstermektedir. Ayrıca, bulgular vergiye uyumdaki toplam varyansın yaklaşık %9'unun ülke düzeyinde bulunduğunu göstermektedir ($ICC\approx0,09$). Genel olarak bulgular, postmateryalist değer yönelimleri ile vergi uyumu arasında anlamlı ancak mütevazı düzeyde bir ilişki olduğunu ve bu ilişkinin ülkeler arası farklılıklar dikkate alındıktan sonra da varlığını sürdürdüğünü göstermektedir.
Anahtar Kelimeler: Postmateryalizm, Vergiye Uyum, Vergi Ahlakı, Dünya Değerler Araştırması, Davranışsal Kamu Maliyesi

ABSTRACT
Tax compliance may be related not only to economic conditions, audits, and penalties but also to individuals' values and societal priorities. This study examines the relationship between postmaterialist value orientations and tax compliance from a cross-country perspective. The research used data from Wave 7 of the World Values Survey (WVS), which included 97,220 participants from 66 countries. Tax compliance was measured by reverse-coding the item (Q180) assessing the extent to which cheating on taxes is considered justifiable. Postmaterialist orientation was measured using a postmaterialist preference score ranging from 0 to 6, derived by classifying six preferences (Q152–Q157) in the WVS data as either materialist or postmaterialist. The score was calculated only for participants with valid responses to all six preferences. In addition to descriptive statistics, the analysis used Spearman's rank correlation, the Kruskal-Wallis H test, regression analysis, and a linear mixed model that accounts for the clustering of individuals within countries. The findings reveal a negative, statistically

significant, yet weak relationship between postmaterialist orientation and tax compliance. This relationship remains significant after accounting for differences across countries as well as age, gender, education, and income (B = -0.079; p < 0.001). Furthermore, although the quadratic term was positive and significant in the regression analysis, it was no longer statistically significant in the linear mixed model (B = 0.006; p = 0.079). This indicates that the evidence for a nonlinear relationship varies across model specifications. The findings also show that approximately 9% of the total variance in tax compliance is located at the country level (ICC ≈ 0.09). Overall, the findings suggest a significant but modest relationship between postmaterialist value orientations and tax compliance, and that this relationship persists after cross-country differences are taken into account.
Keywords: Postmaterialism, Tax Compliance, Tax Morale, World Values Survey, Behavioral Public Finance

1. Giriş

Vergiler, devletlerin kamu hizmetlerini finanse etmesinde ve toplumsal ihtiyaçların karşılanmasında temel gelir kaynaklarından biridir. Ancak vergi sisteminin etkinliği yalnızca vergi oranları, denetimler ve yaptırımlar gibi idari ve ekonomik unsurlara bağlı değildir. Mükelleflerin vergisel yükümlülüklerini yerine getirme konusundaki tutumları ve vergi ödemeye yönelik isteklilikleri de sistemin işleyişi açısından önem taşımaktadır. Geleneksel yaklaşım vergi uyumunu büyük ölçüde yakalanma olasılığı, denetim ve cezaların ağırlığı üzerinden açıklarken, zaman içerisinde bu yaklaşımın mükellef davranışlarını açıklamakta tek başına yeterli olmadığı görülmüştür. Nitekim denetim olasılığının ve yaptırımların sınırlı olduğu durumlarda dahi birçok bireyin vergisel yükümlülüklerini yerine getirmesi, vergi uyumunda ekonomik olmayan unsurların da etkili olabileceğini göstermektedir. Frey ve Torgler (2007), bireylerin standart ekonomik modellerin öngördüğünden daha yüksek düzeyde vergi uyumu gösterebildiğine dikkat çekmektedir. Luttmer ve Singhal (2014) ise vergi uyumunun açıklanmasında vergi ahlakının önemini vurgulayarak, denetim ve yaptırımların yanında bireylerin içsel motivasyonlarının da dikkate alınması gerektiğini belirtmektedir.

Vergi uyumunun ekonomik olmayan boyutlarının ele alınması, vergi ahlakını bu alandaki çalışmaların önemli konularından biri hâline getirmiştir. Vergi ahlakı, bireylerin vergi ödeme konusundaki içsel motivasyonlarıyla ilişkilendirilmekte; sosyal normlar ve kültürel değerler de vergisel tutumların açıklanmasında dikkate alınmaktadır. Alm ve Torgler (2006), değerler ve sosyal normlardaki ülkeler arası farklılıkların vergi ahlakıyla ilişkili olduğunu ortaya koyarken, Andriani vd. (2022) kültürel değerlerin vergi ahlakıyla bağlantılı olduğunu göstermektedir. Bu çerçevede vergi uyumunun yalnızca ekonomik unsurlarla değil, bireysel ve toplumsal değerlerle birlikte değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

Bireylerin değer önceliklerindeki değişimi açıklamaya yönelik yaklaşımlardan biri postmateryalizm teorisidir. Inglehart (1971), ekonomik ve fiziksel güvenliğin önemini korumakla birlikte, bu ihtiyaçların büyük ölçüde karşılandığı toplumlarda bireylerin önceliklerinin zaman içerisinde özgürlük, kendini ifade etme ve yaşam kalitesi gibi değerlere doğru değişebileceğini ileri sürmektedir. Inglehart ve Abramson (1994) tarafından farklı ülkeler üzerinden yapılan değerlendirmeler de ekonomik güvenliğin arttığı toplumlarda postmateryalist değerlere yönelimin güçlendiğini göstermektedir. Dolayısıyla postmateryalizm, bireylerin yalnızca siyasal ve toplumsal tercihlerini değil, devletle ve kamusal yükümlülüklerle ilgili değerlendirmelerini de etkileyebilecek bir değer yönelimi olarak ele alınabilir.

Postmateryalist değerler ile vergileme arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmalar sınırlı olmakla birlikte, mevcut araştırmalar bu değer yönelimlerinin vergi yapısı, doğrudan vergi gelirleri ve kurumsal vergi kaçınmasıyla ilişkili olabileceğini göstermektedir (Koenig & Wagener, 2012; Ianc & Baudassé, 2021; Cui vd., 2023).

Bireylerin postmateryalist değer yönelimleri ile vergi kaçırmaya yönelik değerlendirmeleri arasındaki ilişki ise ülkeler arası düzeyde daha sınırlı biçimde incelenmiştir. Bu durum, kültürel ve bireysel değerlerin vergi ahlakıyla ilişkisini ortaya koyan çalışmalar dikkate alındığında önemli bir araştırma alanı oluşturmaktadır. Fonseca Corona (2024), kültür ve vergi ahlakına ilişkin 66 ampirik araştırmayı kapsayan incelemesinde, belirli kültürel özelliklerin vergi ahlakıyla ilişkisinin daha ayrıntılı araştırılması gerektiğini belirtmektedir. Puklavec vd. (2025) ise 57 ülkeyi kapsayan analizlerinde temel ahlaki değerler ile vergi ahlakı arasındaki ilişkiyi inceleyerek özellikle adaletle bağlantılı değerlerin önemine işaret etmektedir. Bu bulgular, bireylerin vergiye ilişkin tutumlarının daha genel ahlaki ve kültürel değerleriyle birlikte değerlendirilmesinin önemini ortaya koymaktadır.

Bu çalışmanın amacı, postmateryalist değer yönelimleri ile vergi uyumu arasındaki ilişkiyi ülkeler arası bir perspektiften incelemektir. Bu amaç doğrultusunda Dünya Değerler Araştırması'nın 7. Dalga verilerinden yararlanılmakta ve 66 ülkeden 97.220 katılımcıya ilişkin veriler değerlendirilmektedir. Çalışmada vergi uyumu, vergi kaçırmanın ne ölçüde meşru görüldüğünü değerlendiren Q180 değişkeninin ters kodlanmasıyla; postmateryalist yönelim ise Q152-Q157 arasındaki altı tercihin materyalist veya postmateryalist olarak sınıflandırılması sonucunda oluşturulan 0-6 aralığındaki postmateryalist tercih puanıyla ele alınmaktadır. Araştırmada bireysel düzeydeki ilişkinin yanında ülkeler arasındaki farklılıkların da dikkate alınması, postmateryalist değerler ile vergi uyumu arasındaki ilişkinin daha kapsamlı biçimde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu yönüyle çalışmanın, postmateryalizm ve vergileme literatürü ile vergi ahlakının kültürel ve davranışsal belirleyicilerine ilişkin literatür arasında bağlantı kurarak ilgili alana katkı sağlaması beklenmektedir.

2. Çalışma Alanı

Postmateryalizm yaklaşımı, ekonomik ve toplumsal koşullardaki değişimlerin bireylerin değer öncelikleri üzerindeki etkisini açıklamaya yönelik olarak Inglehart (1971) tarafından geliştirilmiştir. Yaklaşımın temelinde, bireylerin önceliklerinin içinde bulundukları ekonomik ve toplumsal koşullara göre farklılaşabileceği düşüncesi bulunmaktadır. Ekonomik ve fiziksel güvenliğin yeterince sağlanamadığı koşullarda gelir, istihdam, ekonomik büyüme, düzen ve güvenlik gibi materyalist değerlerin ön plana çıkması beklenmektedir. Buna karşılık temel ekonomik ve fiziksel ihtiyaçların daha güvenli biçimde karşılandığı koşullarda bireylerin özgürlük, kendini ifade etme, katılım ve yaşam kalitesi gibi postmateryalist değerlere daha fazla önem verebildikleri ileri sürülmektedir (Inglehart & Abramson, 1994).

Bu yaklaşım büyük ölçüde kıtlık ve sosyalleşme hipotezlerine dayanmaktadır. Kıtlık hipotezine göre bireyler, görece sınırlı olan veya yeterince karşılanmayan ihtiyaçlara daha fazla önem verme eğilimindedir. Bu nedenle ekonomik güvensizliğin yüksek olduğu dönemlerde maddi güvenlik ve fiziksel ihtiyaçlar öncelik kazanırken, ekonomik güvenliğin artmasıyla birlikte maddi olmayan amaçlara verilen önem güçlenebilmektedir. Sosyalleşme hipotezi ise değerlerin yalnızca bireyin içinde bulunduğu güncel ekonomik koşullar tarafından belirlenmediğini, özellikle çocukluk ve gençlik dönemlerinde yaşanan koşulların değerlerin oluşumunda kalıcı etkiler bırakabileceğini ileri sürmektedir. Bu nedenle toplumsal değer değişiminin kısa süreli ekonomik gelişmelerden çok kuşaklar arası değişim yoluyla gerçekleşmesi beklenmektedir. Inglehart ve Abramson (1999), ekonomik koşulların kısa dönemli etkilerini kabul etmekle birlikte, uzun dönemde materyalist önceliklerden kendini ifade etme, özgürlük ve yaşam kalitesine yönelik postmateryalist önceliklere doğru bir değer değişiminin bulunduğunu belirtmektedir.

Postmateryalist değerlerin yaygınlaşması yalnızca bireysel yaşam tercihleri açısından değil, siyasal, toplumsal ve ekonomik tutumlar açısından da önem taşımaktadır. Ekonomik gelişme ve artan güvenlik düzeyiyle birlikte ortaya çıkan değer değişimi, bireylerin otorite, siyasal katılım, bireysel özerklik ve toplumsal kurumlara yönelik değerlendirmelerinde farklılaşmaya

yol açabilmektedir (Inglehart & Welzel, 2005). Bu durum postmateryalizmin kamu politikalarına ve devletin ekonomik rolüne ilişkin tutumlarla da ilişkilendirilebileceğini göstermektedir. Vergileme ise bireyin devlete karşı mali yükümlülüğünü içermesi nedeniyle bu ilişkinin incelenebileceği alanlardan biridir.

Vergi uyumuna ilişkin çalışmalar uzun süre ekonomik caydırıcılık yaklaşımının etkisi altında gelişmiş olsa da mükelleflerin vergisel davranışlarının yalnızca denetim ve cezalarla açıklanamayacağının görülmesi, vergi ahlakına yönelik ilgiyi artırmıştır. Vergi ahlakı genel olarak bireyin vergi ödeme konusundaki içsel motivasyonunu ifade etmekte ve ekonomik olmayan unsurların vergi uyumu üzerindeki etkisini açıklamak amacıyla kullanılmaktadır (Luttmer & Singhal, 2014). Vergi ahlakının oluşumunda bireysel özelliklerin yanı sıra sosyal normlar, kurumsal yapı, devlete duyulan güven ve kültürel değerlerin de etkili olabileceği kabul edilmektedir. Frey ve Torgler (2007), bireylerin diğer mükelleflerin davranışlarına ilişkin algılarının vergi ahlakıyla bağlantılı olduğunu ve kurumsal kalitenin bu süreçte önem taşıdığını göstermektedir. Horodnic (2018) tarafından yapılan sistematik inceleme de vergi ahlakının belirleyicileri arasında özellikle kurumsal güven ve bireylerin resmî kurumlarla ilişkilerinin önemli bir yere sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Kültürel değerler de vergi ahlakındaki bireysel ve ülkeler arası farklılıkların açıklanmasında dikkate alınmaktadır. Alm ve Torgler (2006), Dünya Değerler Araştırması verilerinden yararlanarak ABD ve Avrupa ülkelerindeki vergi ahlakını karşılaştırmış ve ülkeler arasında önemli farklılıkların bulunduğunu belirlemiştir. Andriani vd. (2022) ise Avrupa Değerler Araştırması verilerini kullanarak kültürel özelliklerin vergi ahlakıyla ilişkisini incelemiş; bireycilik ve daha düşük eril değerlerin daha yüksek vergi ahlakıyla, güç mesafesi ve belirsizlikten kaçınmanın ise daha düşük vergi ahlakıyla ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Fonseca Corona (2024) tarafından gerçekleştirilen kapsamlı literatür incelemesi de kültürün vergi ahlakının açıklanmasında önemli bir araştırma alanı olduğunu, ancak kültürün belirli boyutlarının vergisel tutumlarla ilişkisinin daha fazla araştırılması gerektiğini göstermektedir.

Vergi ahlakının ölçülmesinde ise farklı yaklaşımlar kullanılmaktadır. Dünya Değerler Araştırması'nda yer alan vergi kaçırmanın ne ölçüde haklı görülebileceğine ilişkin soru, ülkeler arası vergi ahlakı araştırmalarında yaygın olarak kullanılan göstergelerden biridir. Puklavec vd. (2026), vergi ahlakı literatürünü sistematik olarak inceledikleri çalışmalarında kavramın çok farklı biçimlerde ölçüldüğünü, buna karşılık en yaygın ölçüm biçiminin vergi kaçırmanın haklı görülüp görülmediğini sorgulayan tek maddelik gösterge olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte bu göstergenin fiilî vergi ödeme davranışından ziyade vergi kaçırmaya ilişkin normatif değerlendirmeyi yansıttığının dikkate alınması gerekmektedir. Puklavec vd. (2025) de vergi kaçırmanın ahlaki açıdan değerlendirilmesi ile bireylerin daha genel ahlaki değerleri arasında ilişki bulunduğunu göstermektedir. Bu nedenle söz konusu gösterge, vergi uyum davranışının doğrudan ölçümü olarak değil, bireyin vergi uyumuna yönelik eğilimini ve vergi ahlakını yansıtan bir gösterge olarak değerlendirilmelidir.

Postmateryalizm ile vergileme arasındaki ilişkiyi doğrudan inceleyen çalışmaların sayısı ise kültür ve vergi ahlakı literatürüne göre daha sınırlıdır. Koenig ve Wagener (2012), kültürel değerler ile vergi yapısı arasındaki ilişkiyi inceleyerek postmateryalist değerlerin daha güçlü olduğu ülkelerde kişisel gelir vergilerinin vergi yapısı içerisindeki ağırlığının arttığına ilişkin bulgular elde etmiştir. Bu sonuç, toplumların değer önceliklerinin yalnızca bireysel tutumlarla değil, vergi sistemlerinin yapısıyla da ilişkili olabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte söz konusu çalışma bireysel vergi uyumunu değil, ülkelerin vergi yapısını ele almaktadır.

Ianc ve Baudassé (2021) postmateryalizm ile vergileme arasındaki ilişkiyi 46 ülkeyi kapsayan bir analizle daha doğrudan ele almıştır. Dünya Değerler Araştırması'nın farklı dalgalarından yararlanan araştırmada materyalist ve postmateryalist değerler ile doğrudan vergi gelirleri arasındaki ilişki incelenmiş ve postmateryalizm düzeyinin doğrudan vergi gelirlerinin açıklanmasında anlamlı olduğu belirlenmiştir. Cui vd. (2023) ise postmateryalizmin vergisel

davranışlarla ilişkisini kurumsal vergi kaçınması açısından değerlendirmiştir. Çalışmada postmateryalist değerlerin daha güçlü olduğu ülkelerden gelen yatırımcıların sahip olduğu işletmelerde vergi kaçınmasının daha düşük olduğu ve bu ilişkinin vergi denetiminin daha güçlü olduğu koşullarda belirginleştiği sonucuna ulaşılmıştır.

Mevcut çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, postmateryalist değerlerin vergi yapısı, vergi gelirleri ve vergi kaçınması gibi vergilemenin farklı boyutlarıyla ilişkili olabileceği görülmektedir. Bununla birlikte bu çalışmaların ele aldıkları sonuç değişkenleri ve analiz düzeyleri birbirinden farklıdır. Özellikle postmateryalist değer yönelimi ile bireylerin vergi kaçırmanın kabul edilebilirliğine ilişkin değerlendirmeleri arasındaki ilişkiye yönelik ülkeler arası mikro düzeydeki kanıtlar daha sınırlıdır. Bu nedenle postmateryalizm ile vergi uyumu arasındaki ilişkinin bireysel veriler üzerinden ve ülkeler arasındaki farklılıklar dikkate alınarak incelenmesi, postmateryalizm ve vergi ahlakı literatürlerinin birlikte değerlendirilmesine katkı sağlayabilir. Bu çalışmada söz konusu ilişki Dünya Değerler Araştırması'nın 7. Dalga verileri kullanılarak incelenmektedir.

3. Materyal ve Yöntem

Bu araştırmada, bireylerin postmateryalist değer yönelimleri ile vergi uyumu arasındaki ilişki ülkeler arası bir perspektiften incelenmiştir. Araştırmanın verileri Dünya Değerler Araştırması'nın (World Values Survey-WVS) 7. Dalga veri setinden elde edilmiştir. WVS, bireylerin değerleri, inançları ve toplumsal tutumları hakkında farklı ülkelerden karşılaştırılabilir veriler sunmaktadır. Çalışmada 66 ülkeden toplam 97.220 katılımcıya ait veriler kullanılmıştır. Bununla birlikte, değişkenlerdeki eksik gözlemler nedeniyle analizlere dâhil edilen katılımcı sayısı kullanılan değişkenlere ve uygulanan analizlere göre farklılık göstermektedir.

Araştırmanın bağımlı değişkeni vergi uyumudur. Bu değişken WVS veri setinde yer alan Q180 sorusu kullanılarak oluşturulmuştur. Söz konusu soruda katılımcılardan, fırsat bulunduğunda vergi kaçırmanın ne ölçüde haklı görülebileceğini 1 ile 10 arasında değerlendirmeleri istenmektedir. Ölçeğin orijinal yapısında yüksek değerler vergi kaçırmanın daha fazla haklı görülmesini ifade etmektedir. Çalışmada yorumlamayı kolaylaştırmak amacıyla Q180 değişkeni ters kodlanmış ve Q180R değişkeni oluşturulmuştur. Buna göre yüksek değerler vergi kaçırmanın daha az kabul edilebilir görülmesini, dolayısıyla daha yüksek vergi uyumu eğilimini ifade etmektedir. Bununla birlikte bu değişken fiilî vergi ödeme davranışını doğrudan ölçmemekte, bireylerin vergi kaçırmaya ilişkin normatif değerlendirmelerini yansıtmaktadır. Bu nedenle çalışmada söz konusu değişken vergi uyumu eğiliminin ve vergi ahlakının bir göstergesi olarak ele alınmıştır.

Araştırmanın temel bağımsız değişkeni postmateryalist yönelimdir. Postmateryalist yönelimin belirlenmesinde WVS'de yer alan Q152–Q157 arasındaki altı tercih kullanılmıştır. Bu tercihler içeriklerine göre materyalist (0) ve postmateryalist (1) olarak yeniden kodlanmıştır. Q152 ve Q153 değişkenlerinde 1 ve 2 kodlu yanıtlar materyalist, 3 ve 4 kodlu yanıtlar postmateryalist; Q154 ve Q155 değişkenlerinde 1 ve 3 kodlu yanıtlar materyalist, 2 ve 4 kodlu yanıtlar postmateryalist; Q156 ve Q157 değişkenlerinde ise 1 ve 4 kodlu yanıtlar materyalist, 2 ve 3 kodlu yanıtlar postmateryalist olarak sınıflandırılmıştır. Altı tercihin toplamından 0 ile 6 arasında değişen “Postmateryalist Tercih Puanı” oluşturulmuştur. Puanın hesaplanmasında katılımcıların altı tercihin tamamında geçerli yanıtlarının bulunması koşulu uygulanmıştır. Yüksek puanlar daha güçlü bir postmateryalist yönelimi ifade etmektedir. Çalışmada oluşturulan bu puan, WVS'nin klasik 12 maddelik postmateryalizm indeksinden farklı bir ölçüm olarak ele alınmıştır.

Postmateryalist yönelim ile vergi uyumu arasındaki ilişkinin bireysel özelliklerden bağımsız olarak değerlendirilmesine katkı sağlamak amacıyla analizlere cinsiyet, yaş, eğitim ve gelir değişkenleri kontrol değişkenleri olarak dâhil edilmiştir. Cinsiyet WVS'deki Q260, yaş Q262,

eğitim Q275 ve gelir Q288 değişkenleri kullanılarak ölçülmüştür. Eğitim değişkeni 0 ile 8 arasında değişen eğitim düzeylerini, gelir değişkeni ise 1 ile 10 arasında değişen gelir gruplarını göstermektedir.

Verilerin analizinde ilk olarak değişkenlere ilişkin betimsel istatistikler hesaplanmıştır. Postmateryalist tercih puanı ile vergi uyumu arasındaki ikili ilişkinin belirlenmesinde Spearman sıra korelasyon katsayısından yararlanılmıştır. Ayrıca vergi uyumu düzeyinin 0 ile 6 arasında değişen postmateryalist tercih gruplarına göre farklılaşıp farklılaşmadığını incelemek amacıyla Kruskal-Wallis H testi uygulanmıştır. Bu analizler, iki değişken arasındaki ilişkinin yönü ve gruplar arasındaki farklılıkların genel görünümünün değerlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Postmateryalist yönelim ile vergi uyumu arasındaki ilişkinin yalnızca doğrusal bir yapıya sahip olup olmadığını değerlendirmek amacıyla postmateryalist tercih puanı merkezileştirilmiş ve bu değişkenin karesi alınarak karesel terim oluşturulmuştur. Regresyon analizinde ilk olarak postmateryalist tercih puanının doğrusal ve karesel terimleri modele dâhil edilmiş, ardından cinsiyet, yaş, eğitim ve gelir değişkenleri eklenmiştir. Böylece postmateryalist yönelim ile vergi uyumu arasındaki ilişkinin kontrol değişkenleri dikkate alındıktan sonra devam edip etmediği incelenmiştir.

Araştırmada kullanılan WVS verileri bireylerin ülkeler içerisinde kümelendiği hiyerarşik bir yapıya sahiptir. Bu nedenle farklı ülkelerde yaşayan bireylerin tamamen bağımsız gözlemler olarak değerlendirilmesi ülkeler arasındaki bağlamsal farklılıkların göz ardı edilmesine neden olabilecektir. Bu durumu dikkate almak amacıyla son aşamada ülkenin rassal kesişim olarak tanımlandığı doğrusal karma model uygulanmıştır. Öncelikle herhangi bir açıklayıcı değişken içermeyen boş model tahmin edilerek vergi uyumundaki toplam varyansın ne kadarının ülkeler arasındaki farklılıklardan kaynaklandığını belirlemek amacıyla sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC) hesaplanmıştır. Daha sonra postmateryalist tercih puanının doğrusal ve karesel terimleri ile cinsiyet, yaş, eğitim ve gelir değişkenleri modele birlikte dâhil edilmiştir. Böylece postmateryalist yönelim ile vergi uyumu arasındaki ilişki, bireysel özelliklerin yanı sıra bireylerin ülkeler içerisinde kümelenmesi de dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Analizlerde istatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak kabul edilmiştir. Bulguların değerlendirilmesinde yalnızca istatistiksel anlamlılık değil, ilişkinin yönü ve büyüklüğü de dikkate alınmıştır. Özellikle geniş örneklemlerde küçük farklılıkların da istatistiksel olarak anlamlı hâle gelebileceği göz önünde bulundurularak sonuçların büyüklüğü konusunda ihtiyatlı bir yaklaşım benimsenmiştir.

4. Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde, Dünya Değerler Araştırması'nın (World Values Survey-WVS) 7. dalga verileri kullanılarak postmateryalist tercih skoru ile vergi uyumu arasındaki ilişki incelenmiştir. Araştırma kapsamında 66 ülkeden 97.220 katılımcıya ilişkin veriler değerlendirilmiştir. Analizlerde öncelikle değişkenlere ilişkin betimsel istatistikler hesaplanmış, ardından Spearman sıra korelasyon analizi ve Kruskal-Wallis H testi uygulanmıştır. Postmateryalist tercihlerin vergi uyumuyla ilişkisinin demografik ve sosyoekonomik değişkenler kontrol edildiğinde devam edip etmediği hiyerarşik regresyon analiziyle değerlendirilmiştir. Son aşamada ise bireylerin ülkeler içerisinde kümelenmiş olması dikkate alınarak doğrusal karma model kullanılmıştır. Postmateryalist tercih skorunun hesaplanmasında altı tercihin tamamında geçerli yanıt bulunması koşulu uygulanmış, değişkenlerdeki eksik gözlemler nedeniyle analizlere dâhil edilen katılımcı sayıları farklılaşmıştır.

Araştırmada ilk olarak postmateryalist tercih skoru ile vergi uyumu değişkenine ilişkin betimsel istatistikler incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Değişkenlere İlişkin Betimsel İstatistikler

Değişken	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std.
Postmateryalist Tercih Skoru	90.005	0	6	2,353	1,244
Vergi Uyumu (Q180R)	95.941	1	10	8,767	2,154

Tablo 1'e göre postmateryalist tercih skoru 0 ile 6 arasında değişmekte olup ortalaması 2,353'tür. Vergi uyumu değişkeninin ortalaması ise 8,767 olarak hesaplanmıştır. Vergi uyumu değişkeninde yüksek değerlerin vergi kaçırmanın daha az kabul edilebilir görülmesini ifade ettiği dikkate alındığında, elde edilen ortalama katılımcıların genel olarak vergi kaçırmayı kabul edilebilir bulmama eğiliminde olduklarını göstermektedir. Bununla birlikte araştırmada kullanılan vergi uyumu göstergesi, bireylerin fiilî vergi ödeme davranışlarını değil, vergi kaçırmanın kabul edilebilirliğine ilişkin normatif değerlendirmelerini yansıtmaktadır. Bu nedenle bulgular, doğrudan vergi ödeme davranışından ziyade vergi uyumuna yönelik tutumlar ve vergi ahlakı çerçevesinde yorumlanmaktadır.

Postmateryalist tercih skoru ile vergi uyumu arasındaki ilişkinin yönünü ve düzeyini belirlemek amacıyla Spearman sıra korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 2'de sunulmaktadır.

Tablo 2. Postmateryalist Tercih Skoru ile Vergi Uyumu Arasındaki İlişki

		Vergi Uyumu (Q180R)
Postmateryalist Tercih Skoru (PM_SCORE6)	Spearman r	-0,062**
	p	<0,001
	n	89.341

Not: ** *Korelasyon p<0,001 düzeyinde anlamlıdır (çift yönlü). n, her iki değişkende de geçerli verisi bulunan katılımcı sayısını göstermektedir.*

Tablo 2'de yer alan sonuçlar, postmateryalist tercih skoru ile vergi uyumu arasında negatif yönlü, istatistiksel olarak anlamlı ancak oldukça zayıf bir ilişki bulunduğunu göstermektedir (r_s=-0,062; p<0,001; n=89.341). Buna göre postmateryalist tercih skoru yükseldikçe vergi uyumu puanında sınırlı bir azalma eğilimi görülmektedir. Vergi uyumu değişkeninde yüksek puanların vergi kaçırmanın daha az kabul edilebilir bulunmasını ifade etmesi nedeniyle söz konusu negatif ilişki, postmateryalist tercihlerin artmasıyla vergi kaçırmanın kabul edilebilirliğine ilişkin tutumlar arasında zayıf bir bağlantı bulunduğuna işaret etmektedir.

Bununla birlikte korelasyon katsayısının sıfıra oldukça yakın olması, ilişkinin büyüklüğünün sınırlı olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla istatistiksel anlamlılık, postmateryalist tercihlerin vergi uyumuyla güçlü bir ilişki içerisinde bulunduğu şeklinde değerlendirilmemelidir. Özellikle geniş örneklemlerde düşük düzeyli ilişkilerin de istatistiksel olarak anlamlı bulunabileceği dikkate alındığında, elde edilen sonucun yorumlanmasında ilişkinin büyüklüğünün göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Postmateryalist tercih skoruna göre oluşturulan grupların vergi uyumu puanları bakımından farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek amacıyla Kruskal-Wallis H testi uygulanmıştır. Analiz sonuçları Tablo 3'te sunulmaktadır.

Tablo 3. Postmateryalist Tercih Skoruna Göre Vergi Uyumu

Postmateryalist Tercih Skoru	N	Ortalama	Std.	Sıra Ortalaması
0	5.424	8,971	2,009	47.161,40
1	16.894	8,907	2,063	46.473,66
2	27.709	8,787	2,140	44.929,05
3	24.323	8,700	2,193	43.898,30

4	10.867	8,586	2,226	42.364,21
5	3.303	8,679	2,102	42.459,87
6	821	8,907	1,857	44.735,86
Toplam	89.341	8,770	2,142	—

Not: *Kruskal-Wallis H(6)=357,616; p<0,001.*

Kruskal-Wallis H testi sonucunda postmateryalist tercih grupları arasında vergi uyumu açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunduğu belirlenmiştir (H(6)=357,616; p<0,001). Vergi uyumu ortalaması, postmateryalist tercih skoru 0 olan grupta 8,971 iken skorun 4 olduğu grupta 8,586'ya gerilemektedir. Buna karşılık 5 ve 6 puan düzeylerinde ortalamaların sırasıyla 8,679 ve 8,907'ye yükseldiği görülmektedir. Sıra ortalamaları da benzer bir dağılım göstermekte, en yüksek sıra ortalaması 0 grubunda, en düşük sıra ortalaması ise 4 grubunda bulunmaktadır.

Bu sonuçlar, postmateryalist tercih skoruna göre vergi uyumuna ilişkin tutumların farklılaştığını, ancak söz konusu farklılaşmanın bütün gruplarda düzenli bir azalış göstermediğini ortaya koymaktadır. Özellikle yüksek postmateryalist tercih skoruna sahip gruplarda vergi uyumu ortalamalarının yeniden yükselmesi, ilişkinin doğrusal olmayan bir bileşen içerebileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte Kruskal-Wallis testi, farklılığın hangi gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı olduğunu tek başına belirlememektedir. Ayrıca 6 puan grubunun diğer gruplara göre daha az katılımcı içermesi nedeniyle yüksek postmateryalist tercih düzeylerindeki değişimin ihtiyatlı biçimde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Postmateryalist tercih skoru ile vergi uyumu arasındaki ilişkinin demografik ve sosyoekonomik değişkenler kontrol edildiğinde devam edip etmediğini belirlemek amacıyla iki aşamalı hiyerarşik OLS regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. İlişkinin doğrusal olmayan bir bileşen içerip içermediğini değerlendirmek için postmateryalist tercih skoru merkezlenerek PM_C değişkeni oluşturulmuş, ardından bu değişkenin karesi alınarak PM_C2 değişkeni elde edilmiştir. Birinci modele postmateryalist tercih skorunun doğrusal ve karesel terimleri, ikinci modele ise bunlara ek olarak yaş, cinsiyet, eğitim ve gelir değişkenleri dâhil edilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 4'te sunulmaktadır.

Tablo 4. Vergi Uyumuna İlişkin Hiyerarşik Regresyon Analizi

Değişken	Model 1 B	β	Model 2 B	β
PM_C	-0,085***	-0,049	-0,078***	-0,045
PM_C2	0,019***	0,019	0,016***	0,016
Yaş	—	—	0,010***	0,079
Cinsiyet	—	—	0,155***	0,036
Eğitim	—	—	0,006	0,006
Gelir	—	—	-0,009*	-0,009
R^2	0,002		0,010	
Düzeltilmiş R^2	0,002		0,010	
ΔR^2	—		0,008***	
F	107,111***		145,576***	

Not: *N=86.456. Bağımlı değişken Q180R'dir. PM_C merkezlenmiş postmateryalist tercih skorunu, PM_C2 ise bu skorun karesini ifade etmektedir. B, standartlaştırılmamış; β, standartlaştırılmış regresyon katsayısını göstermektedir. Cinsiyet değişkeni 1=Erkek, 2=Kadın şeklinde kodlanmıştır. Model 1 için F (2, 86453)=107,111; Model 2 için F(6, 86449)=145,576. * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001.*

Tablo 4'e göre birinci modelde postmateryalist tercih skorunun doğrusal bileşeni negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır (B=-0,085; β=-0,049; p<0,001). Karesel terimin katsayısı ise pozitif ve anlamlı bulunmuştur (B=0,019; β=0,019; p<0,001). Bununla birlikte modelin açıklama gücü oldukça düşüktür (R^2=0,002). Buna göre postmateryalist tercih skorunun doğrusal ve karesel bileşenleri, vergi uyumu puanlarındaki toplam varyansın yaklaşık %0,2'sini açıklamaktadır.

Yaş, cinsiyet, eğitim ve gelir değişkenlerinin eklendiği ikinci modelde postmateryalist tercih skorunun negatif ilişkisi devam etmektedir (B=-0,078; β=-0,045; p<0,001). Karesel terim de pozitif ve istatistiksel olarak anlamlılığını korumaktadır (B=0,016; β=0,016; p<0,001). İkinci modelin açıklama gücü %1 düzeyine yükselmiş (R^2=0,010), kontrol değişkenlerinin eklenmesi açıklanan varyansta 0,008 düzeyinde artış sağlamıştır (ΔR^2=0,008; p<0,001). Bu sonuç, postmateryalist tercih skoru ile vergi uyumu arasındaki negatif ilişkinin temel bireysel özellikler kontrol edildiğinde de devam ettiğini göstermektedir.

Kontrol değişkenleri incelendiğinde yaş ile vergi uyumu arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunduğu görülmektedir (B=0,010; p<0,001). Cinsiyet değişkeninin katsayısı da pozitif ve anlamlıdır (B=0,155; p<0,001). Kullanılan kodlama dikkate alındığında bu sonuç, kadın katılımcıların vergi uyumu puanlarının erkek katılımcılara göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. Gelir değişkeni ile vergi uyumu arasında negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki belirlenirken (B=-0,009; p=0,011), eğitim değişkeninin katsayısı istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (B=0,006; p=0,114).

Her iki modelde de karesel terimin pozitif ve anlamlı olması, postmateryalist tercih skoru ile vergi uyumu arasındaki ilişkinin doğrusal olmayan bir bileşen içerebileceğini göstermektedir. Bununla birlikte modellerin açıklama güçlerinin oldukça düşük olması, söz konusu ilişkinin büyüklüğünün sınırlı olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca bireylerin ülkeler içerisinde kümelenmiş olması nedeniyle bu bulgunun ülke düzeyindeki farklılıkları dikkate alan bir modelle değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

WVS verilerinde bireylerin ülkeler içerisinde kümelenmiş olması nedeniyle son aşamada doğrusal karma model uygulanmıştır. Öncelikle ülke düzeyindeki farklılıkların büyüklüğünü belirlemek amacıyla herhangi bir açıklayıcı değişken içermeyen boş model tahmin edilmiştir. Hiyerarşik regresyon analiziyle aynı örneklem üzerinden gerçekleştirilen bu analizde 86.456 katılımcıya ait veriler kullanılmıştır. Boş modelde ülke düzeyindeki varyans 0,415, bireysel düzeydeki artık varyans ise 4,184 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerden hareketle elde edilen sınıf içi korelasyon katsayısı yaklaşık 0,090'dır (ICC=0,090). Buna göre vergi uyumu puanlarındaki toplam varyansın yaklaşık %9'u ülkeler arasındaki farklılıklarla ilişkilidir. Bu bulgu, bireylerin vergi kaçırmaya yönelik tutumlarının değerlendirilmesinde ülke düzeyindeki farklılıkların dikkate alınmasının önemine işaret etmektedir.

Boş modelin ardından postmateryalist tercih skorunun doğrusal ve karesel terimleri ile yaş, cinsiyet, eğitim ve gelir değişkenleri modele dâhil edilmiştir. Ülke değişkeni (B_COUNTRY) rassal kesişim olarak tanımlanmış ve model kısıtlı maksimum olabilirlik (REML) yöntemiyle tahmin edilmiştir. Böylece postmateryalist tercih skoru ile vergi uyumu arasındaki ilişki, bireysel özelliklerin yanı sıra ülkeler arasındaki farklılıklar dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 5'te sunulmaktadır.

Tablo 5. Vergi Uyumuna İlişkin Doğrusal Karma Model Sonuçları

Değişken	B	Std. Hata	t	p	%95 GA
Sabit	8,384	0,086	97,937	<0,001	[8,214; 8,555]
PM_C	-0,079	0,006	-13,335	<0,001	[-0,091; -0,068]
PM_C2	0,006	0,003	1,757	0,079	[-0,001; 0,013]
Erkek (Ref.: Kadın)	-0,161	0,014	-11,569	<0,001	[-0,189; -0,134]
Yaş	0,010	0,000468	20,695	<0,001	[0,009; 0,011]

Eğitim	0,045	0,004	10,824	<0,001	[0,037; 0,053]
Gelir	-0,022	0,004	-6,143	<0,001	[-0,029; -0,015]

Not: *N=86.456. Bağımlı değişken Q180R'dir. Ülke (B_COUNTRY) rassal kesişim olarak modele dâhil edilmiştir. Kadınlar cinsiyet değişkeninde referans kategoridir. PM_C merkezlenmiş postmateryalist tercih skorunu, PM_C2 ise bu skorun karesini ifade etmektedir. B, standartlaştırılmamış katsayıyı; Std. Hata, standart hatayı; GA, güven aralığını göstermektedir. Ülke rassal kesişim varyansı=0,413; artık varyans=4,145. Model REML yöntemiyle tahmin edilmiştir.*

Tablo 5'te yer alan doğrusal karma model sonuçlarına göre postmateryalist tercih skorunun doğrusal bileşeni negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır (B=-0,079; p<0,001). Bu sonuç, ülkeler arasındaki farklılıkların yanı sıra yaş, cinsiyet, eğitim ve gelir değişkenleri dikkate alındığında da postmateryalist tercih skoru ile vergi uyumu arasında negatif yönlü bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Bununla birlikte katsayının büyüklüğü, ilişkinin sınırlı düzeyde olduğuna işaret etmektedir.

Postmateryalist tercih skorunun karesel teriminin katsayısı pozitif olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı değildir (B=0,006; p=0,079). Ayrıca %95 güven aralığının sıfırı içermesi de bu sonuçla tutarlıdır. Hiyerarşik regresyon analizinde karesel terim pozitif ve anlamlı bulunmasına karşın, ülkeler arasındaki farklılıkların dikkate alındığı doğrusal karma modelde anlamlılığını korumamıştır. Bu durum, postmateryalist tercih skoru ile vergi uyumu arasındaki ilişkinin doğrusal olmayan bileşenine ilişkin bulguların kullanılan modele göre farklılaştığını göstermektedir. Dolayısıyla mevcut sonuçlar, güçlü bir U biçimli ilişkinin varlığını desteklemek için yeterli değildir. Buna karşılık postmateryalist tercih skorunun negatif yönlü doğrusal bileşeninin her iki modelde de anlamlı olması, araştırmanın temel bulgusunun korunduğunu ortaya koymaktadır.

Kontrol değişkenleri incelendiğinde erkek katılımcıların vergi uyumu puanlarının kadın katılımcılara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir (B=-0,161; p<0,001). Yaş (B=0,010; p<0,001) ve eğitim düzeyi (B=0,045; p<0,001) ile vergi uyumu arasında pozitif, gelir düzeyi ile vergi uyumu arasında ise negatif yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler bulunmaktadır (B=-0,022; p<0,001). Eğitim değişkeninin hiyerarşik regresyon analizinde anlamlı bulunmamasına karşın doğrusal karma modelde anlamlı olması, bu değişkene ilişkin sonuçların ülke düzeyindeki farklılıkların dikkate alınmasına duyarlı olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte araştırmanın kesitsel yapısı nedeniyle elde edilen ilişkilerin nedensel etkiler şeklinde yorumlanmaması gerekmektedir.

Doğrusal karma modelde ülke düzeyindeki rassal kesişim varyansı 0,413, bireysel düzeydeki artık varyans ise 4,145 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerden hareketle elde edilen koşullu sınıf içi korelasyon katsayısı yaklaşık 0,091'dir. Boş modelde hesaplanan ICC değeriyle karşılaştırıldığında ülke düzeyindeki varyans payının büyük ölçüde korunduğu görülmektedir. Buna göre bireysel değişkenlerin modele dâhil edilmesinden sonra da kalan varyansın yaklaşık %9,1'i ülke düzeyindedir. Bu bulgu, vergi uyumuna ilişkin tutumların yalnızca bireysel değer yönelimleri ve demografik özelliklerle açıklanamayacağını, ülkeler arasındaki farklılıkların da dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Ancak mevcut modelde ülke düzeyindeki farklılıkların hangi ekonomik, kültürel veya kurumsal faktörlerden kaynaklandığı ayrıca incelenmediğinden, söz konusu varyansın belirli bir faktöre bağlanması mümkün değildir.

Elde edilen bulgular literatürle birlikte değerlendirildiğinde, postmateryalist değer yönelimi ile vergileme arasındaki ilişkinin tek yönlü ve güçlü bir yapı göstermediği görülmektedir. Bu çalışmada postmateryalist tercih skoru ile vergi uyumu arasında negatif ancak oldukça zayıf bir ilişki belirlenmiştir. Spearman korelasyonunda gözlenen negatif ilişki, bireysel özelliklerin kontrol edildiği hiyerarşik regresyon analizinde ve ülkeler arasındaki farklılıkların dikkate alındığı doğrusal karma modelde de devam etmiştir. Dolayısıyla bulgular, postmateryalist tercih skoru yükseldikçe vergi kaçırmanın kabul edilemez görülme düzeyinde sınırlı bir azalma

eğilimi bulunduğuna işaret etmektedir. Bununla birlikte ilişkinin büyüklüğü dikkate alındığında postmateryalizmin vergi uyumunun güçlü bir belirleyicisi olduğu sonucuna ulaşmak mümkün değildir.

Elde edilen bulgular, postmateryalizm ile vergileme arasındaki ilişkiyi inceleyen önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında bazı farklılıklar göstermektedir. Bu araştırmada postmateryalist tercih skoru ile vergi uyumuna yönelik tutumlar arasında negatif ve oldukça zayıf bir ilişki belirlenmiştir. Buna karşılık Ianc ve Baudassé (2021), postmateryalizmin doğrudan vergi gelirleriyle anlamlı biçimde ilişkili olduğunu; Koenig ve Wagener (2012) ise postmateryalist değerlerin daha güçlü olduğu ülkelerde kişisel gelir vergilerinin vergi yapısındaki ağırlığının arttığını ortaya koymuştur. Bu farklılıkların değerlendirilmesinde çalışmaların kullandığı göstergeler ve analiz düzeyleri önem taşımaktadır. Önceki araştırmalar ülke düzeyindeki vergi gelirleri ve vergi yapısına odaklanırken mevcut çalışma bireylerin vergi kaçırmanın kabul edilebilirliğine ilişkin değerlendirmelerini incelemektedir. Dolayısıyla elde edilen sonuçlar doğrudan karşılaştırılabilir nitelikte değildir.

Benzer şekilde Cui vd. (2023), postmateryalist kültürün daha güçlü olduğu ülkelerden gelen yatırımcıların sahip olduğu işletmelerde vergi kaçınmasının daha düşük olduğunu belirlemiştir. Bu bulgu, mevcut araştırmada elde edilen negatif ilişkiyle farklı bir görünüm sergilemektedir. Ancak kurumsal vergi kaçınması ile bireylerin vergi kaçırmaya ilişkin ahlaki değerlendirmeleri farklı vergisel boyutları temsil etmektedir. Mevcut çalışmanın bağımlı değişkeni fiilî vergi ödeme veya kaçınma davranışını değil, vergi kaçırmanın haklı görülüp görülmediğine ilişkin tutumları ölçmektedir. Bu nedenle bulgular arasındaki farklılık, postmateryalist değerlerin vergisel sonuçlarla ilişkisinin kullanılan göstergeye ve analiz düzeyine göre değişebileceğini düşündürmektedir.

Araştırmada belirlenen zayıf fakat istatistiksel olarak anlamlı ilişki, kültürel ve bireysel değerlerin vergi ahlakıyla bağlantılı olabileceğini ortaya koyan çalışmalarla genel olarak uyumludur (Alm & Torgler, 2006; Andriani vd., 2022; Fonseca Corona, 2024). Bununla birlikte mevcut araştırmada ilişkinin negatif yönlü olması ve hiyerarşik regresyon modelinin açıklama gücünün oldukça düşük kalması (R^2=0,010), postmateryalist yönelimin vergi ahlakını açıklamada sınırlı bir yere sahip olduğunu göstermektedir. Puklavec vd. (2025) tarafından vurgulanan ahlaki değerler ile Frey ve Torgler (2007) ve Horodnic (2018) tarafından ele alınan sosyal normlar ve kurumsal faktörler dikkate alındığında, vergiye ilişkin tutumların tek bir değer yönelimi üzerinden açıklanmasının yeterli olmayacağı anlaşılmaktadır. Bu açıdan mevcut bulgular, postmateryalist tercihlerin vergi uyumuna yönelik tutumlarla ilişkili olduğunu, ancak söz konusu ilişkinin diğer bireysel ve kurumsal unsurlarla birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Araştırmada dikkat çeken bir diğer bulgu, postmateryalist tercih skoru ile vergi uyumu arasındaki ilişkinin biçimine yönelik sonuçların kullanılan istatistiksel modele göre farklılaşmasıdır. Kruskal-Wallis analizinde vergi uyumu ortalamalarının postmateryalist tercih skoru 0'dan 4'e yükseldikçe azaldığı, 5 ve 6 puan düzeylerinde ise yeniden yükseldiği görülmektedir. Hiyerarşik regresyon analizinde karesel terimin pozitif ve anlamlı bulunması da ilişkinin doğrusal olmayan bir bileşen içerebileceğini düşündürmektedir. Ancak ülke düzeyindeki farklılıkların dikkate alındığı doğrusal karma modelde karesel terim istatistiksel olarak anlamlı değildir (p=0,079). Bu nedenle doğrusal olmayan ilişkinin farklı model yapıları karşısında yeterince tutarlı bir bulgu olarak ortaya çıkmadığı anlaşılmaktadır. Dolayısıyla mevcut sonuçlara dayanarak postmateryalist tercih skoru ile vergi uyumu arasında güçlü bir U biçimli ilişki bulunduğunu ileri sürmek uygun değildir.

Hiyerarşik regresyon analizinin ikinci modelinde açıklanan varyansın %1 düzeyinde kalması da araştırma bulgularının yorumlanması açısından önemlidir. Yaş, cinsiyet, eğitim ve gelir değişkenlerinin modele eklenmesi açıklama gücünü artırmakla birlikte bu artış sınırlı düzeydedir. Ayrıca eğitim değişkeninin hiyerarşik regresyonda anlamlı olmamasına karşılık

doğrusal karma modelde anlamlı bulunması, bireysel değişkenlerin vergi uyumuyla ilişkisinin ülke düzeyindeki farklılıklar dikkate alındığında değişebildiğini göstermektedir. Bu durum, ülkelerarası araştırmalarda verilerin hiyerarşik yapısının göz önünde bulundurulmasının önemine işaret etmektedir.

Boş doğrusal karma modelde vergi uyumuna ilişkin toplam varyansın yaklaşık %9'unun ülke düzeyinde bulunması da bu değerlendirmeyi desteklemektedir. Bu sonuç, bireylerin vergisel tutumlarının yalnızca kendi özellikleri ve değer yönelimleriyle değil, yaşadıkları ülkelerin ekonomik, kurumsal ve toplumsal koşullarıyla da ilişkili olabileceğini göstermektedir. Alm ve Torgler (2006) tarafından ortaya konulan ülkelerarası vergi ahlakı farklılıkları ile Horodnic'in (2018) kurumsal faktörlerin önemine ilişkin değerlendirmeleri bu bulguyla birlikte ele alınabilir. Bununla birlikte mevcut modelde ülke düzeyindeki farklılıkların hangi ekonomik veya kurumsal değişkenlerden kaynaklandığı ayrıca test edilmediğinden, söz konusu varyansın belirli bir faktöre bağlanması mümkün değildir.

Araştırmada kullanılan vergi uyumu göstergesinin niteliği de sonuçların değerlendirilmesinde dikkate alınmalıdır. Q180R değişkeni, bireylerin fiilî vergi ödeme davranışlarını değil, vergi kaçırmanın kabul edilebilirliğine ilişkin normatif tutumlarını ölçmektedir. Bu nedenle postmateryalist tercih skoru ile vergi uyumu arasında belirlenen negatif ilişki, postmateryalist değerlere daha fazla önem veren bireylerin gerçekte daha fazla vergi kaçırdığı şeklinde yorumlanamaz. Ayrıca araştırmanın kesitsel yapısı, değişkenler arasında nedensel bir ilişki kurulmasına olanak vermemektedir. Elde edilen sonuçlar, postmateryalist tercihlerin vergi ahlakıyla olan istatistiksel ilişkisi çerçevesinde değerlendirilmelidir.

Genel olarak araştırma bulguları, postmateryalist tercihlerin vergi uyumuna ilişkin tutumlarla negatif yönlü, istatistiksel olarak anlamlı ancak oldukça zayıf bir ilişki içerisinde olduğunu göstermektedir. Bu ilişkinin bireysel kontrol değişkenleri ve ülke düzeyindeki farklılıklar dikkate alındığında da devam etmesi, araştırmanın temel bulgusunun farklı analiz yöntemleri karşısında korunduğunu ortaya koymaktadır. Buna karşılık doğrusal olmayan bileşene ilişkin sonuçların modeller arasında farklılaşması ve regresyon analizlerinin düşük açıklama güçleri, postmateryalist tercihlerin vergi ahlakını açıklamada sınırlı bir yere sahip olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla bireylerin vergisel tutumlarının anlaşılmasında postmateryalist değer yönelimlerinin, kurumsal güven, vergilemede adalet algısı, toplumsal normlar ve ülkelere özgü koşullarla birlikte ele alınması gerekmektedir.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada, postmateryalist değer yönelimleri ile vergi uyumu arasındaki ilişki Dünya Değerler Araştırması'nın 7. Dalga verileri kullanılarak ülkeler arası bir perspektiften incelenmiştir. Araştırmada 66 ülkeden 97.220 katılımcıya ait verilerden yararlanılmış; vergi uyumu, bireylerin vergi kaçırmanın kabul edilebilirliğine ilişkin değerlendirmeleri üzerinden ele alınmıştır. Postmateryalist yönelim ise Q152-Q157 arasındaki altı tercihin materyalist ve postmateryalist olarak sınıflandırılması sonucunda oluşturulan postmateryalist tercih skoru ile ölçülmüştür. Skorun hesaplanmasında altı tercihin tamamında geçerli yanıt bulunması koşulu uygulanmıştır. İlişkinin farklı yönleriyle değerlendirilmesi amacıyla Spearman sıra korelasyonu, Kruskal-Wallis H testi, hiyerarşik regresyon analizi ve ülkeler arasındaki farklılıkları dikkate alan doğrusal karma model kullanılmıştır.

Araştırmanın temel bulgusu, postmateryalist tercih skoru ile vergi uyumu arasında negatif yönlü, istatistiksel olarak anlamlı ancak oldukça zayıf bir ilişkinin bulunmasıdır. Spearman korelasyon analizinde belirlenen bu ilişki (r_s=-0,062; p<0,001), yaş, cinsiyet, eğitim ve gelir değişkenlerinin kontrol edildiği hiyerarşik regresyon analizinde de devam etmiştir. Benzer şekilde ülkeler arasındaki farklılıkların rassal kesişim yoluyla dikkate alındığı doğrusal karma modelde postmateryalist tercih skorunun doğrusal bileşeni negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (B=-0,079; p<0,001). Bu sonuçlar, postmateryalist tercih skoru yükseldikçe vergi

kaçırmanın kabul edilemez görülme düzeyinde sınırlı bir azalma eğilimi bulunduğunu göstermektedir. Bununla birlikte ilişkinin büyüklüğünün düşük olması, postmateryalist tercihlerin vergi uyumuna ilişkin tutumları açıklamada güçlü bir değişken olarak değerlendirilmemesi gerektiğine işaret etmektedir.

Araştırmada postmateryalist tercih skoru ile vergi uyumu arasındaki ilişkinin doğrusal olmayan bir bileşen içerip içermediği de değerlendirilmiştir. Kruskal-Wallis testi sonuçlarında vergi uyumu ortalamalarının postmateryalist tercih skoru 0'dan 4'e yükseldikçe azaldığı, 5 ve 6 puan düzeylerinde ise yeniden yükseldiği görülmüştür. Hiyerarşik regresyon analizinde karesel terimin pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunması da bu görünümle örtüşmektedir. Buna karşılık ülkeler arasındaki farklılıkların dikkate alındığı doğrusal karma modelde karesel terim anlamlılığını korumamıştır (B=0,006; p=0,079). Bu nedenle postmateryalist tercih skoru ile vergi uyumu arasındaki doğrusal olmayan ilişkiye yönelik bulguların kullanılan modele göre farklılaştığı anlaşılmaktadır. Dolayısıyla mevcut sonuçlar güçlü bir U biçimli ilişkinin varlığını desteklemek için yeterli değildir.

Çalışmanın bir diğer önemli bulgusu, vergi uyumuna ilişkin tutumlarda ülke düzeyindeki farklılıkların belirli bir paya sahip olmasıdır. Hiyerarşik regresyon analiziyle aynı örneklem üzerinden tahmin edilen boş doğrusal karma modelde sınıf içi korelasyon katsayısı yaklaşık 0,090 olarak hesaplanmıştır. Buna göre vergi uyumu puanlarındaki toplam varyansın yaklaşık %9'u ülkeler arasındaki farklılıklarla ilişkilidir. Bu sonuç, bireylerin vergiye ilişkin değerlendirmelerinin yalnızca kişisel özellikleri ve değer yönelimleriyle açıklanamayacağını, ülke düzeyindeki farklılıkların da dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Bununla birlikte mevcut çalışmada söz konusu farklılıkların hangi kurumsal, ekonomik veya toplumsal faktörlerden kaynaklandığı ayrıca incelenmemiştir. Gelecek araştırmalarda kurumsal güven, kamu yönetiminin kalitesi, ekonomik gelişmişlik, vergi yükü ve gelir eşitsizliği gibi ülke düzeyindeki değişkenlerin modele dâhil edilmesi, postmateryalist tercihler ile vergi uyumu arasındaki ilişkinin daha ayrıntılı değerlendirilmesine katkı sağlayabilir.

Araştırmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Öncelikle çalışma kesitsel verilere dayandığından elde edilen ilişkiler nedensellik şeklinde yorumlanamaz. Ayrıca vergi uyumu, katılımcıların fiilî vergi ödeme davranışları üzerinden değil, vergi kaçırmanın ne ölçüde kabul edilebilir olduğuna ilişkin değerlendirmeleri üzerinden ölçülmüştür. Bu nedenle kullanılan değişkenin fiilî vergi uyumundan çok vergi uyumuna yönelik tutumları ve vergi ahlakını yansıttığı dikkate alınmalıdır. Bunun yanında altı tercihe dayalı postmateryalist tercih skoru, WVS'de kullanılan klasik postmateryalizm indeksinden farklı bir ölçüm biçimine sahiptir. Skorun hesaplanmasında altı tercihin tamamında geçerli yanıt bulunması koşulunun uygulanması da bazı katılımcıların analiz dışında kalmasına neden olmuştur. Gelecek çalışmalarda farklı postmateryalizm ölçümlerinin kullanılması ve sonuçların karşılaştırılması, mevcut bulguların sağlamlığının değerlendirilmesine katkı sağlayabilir.

Genel olarak araştırma, postmateryalist değer yönelimleri ile vergi uyumuna ilişkin tutumlar arasında negatif yönlü, istatistiksel olarak anlamlı ancak sınırlı bir ilişki bulunduğunu ortaya koymaktadır. Ülkeler arasındaki farklılıklar ve bireysel özellikler dikkate alındığında da bu ilişkinin korunması, araştırmanın temel bulgusunu desteklemektedir. Bununla birlikte doğrusal olmayan bileşene ilişkin sonuçların modeller arasında farklılaşması ve regresyon analizlerinin düşük açıklama güçleri, postmateryalist tercihlerin vergi ahlakını açıklamada sınırlı bir yere sahip olduğunu göstermektedir. Bu nedenle vergi uyumuna ilişkin tutumların, bireylerin değer yönelimleriyle birlikte kurumsal, ekonomik ve toplumsal koşullar çerçevesinde değerlendirilmesi gerekmektedir.

6. Katkı

Bu çalışma, postmateryalist değer yönelimleri ile vergi uyumu arasındaki ilişkiyi bireysel düzeyde ve ülkeler arası bir perspektiften inceleyerek ilgili literatüre ampirik katkı

sağlamaktadır. Postmateryalizm ile vergileme arasındaki ilişkiyi ele alan önceki araştırmalarda ağırlıklı olarak vergi gelirleri, vergi yapısı ve kurumsal vergi kaçınması üzerinde durulmuştur (Cui vd., 2023; Ianc & Baudassé, 2021; Koenig & Wagener, 2012). Bu çalışmada ise bireylerin postmateryalist tercihleri ile vergi kaçırmanın kabul edilebilirliğine ilişkin değerlendirmeleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Böylece postmateryalizm literatürü ile vergi ahlakının bireysel ve kültürel belirleyicilerine ilişkin literatür arasında bağlantı kurulmasına katkı sağlanmıştır.
Araştırmanın yöntemsel katkısı, 66 ülkeyi kapsayan geniş bir veri setinde postmateryalist tercih skoru ile vergi uyumu arasındaki ilişkinin farklı istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesidir. Doğrusal ve karesel terimlerin birlikte kullanılması, ilişkinin yalnızca yönünün değil, doğrusal olmayan bileşeninin de incelenmesine olanak sağlamıştır. Karesel terimin hiyerarşik regresyonda anlamlı olmasına karşılık doğrusal karma modelde anlamlılığını korumaması, söz konusu ilişkinin biçimine yönelik bulguların model tercihine duyarlı olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca doğrusal karma model aracılığıyla bireylerin ülkeler içerisinde kümelenmesi dikkate alınmış ve vergi uyumuna ilişkin tutumlardaki farklılıkların bir bölümünün ülke düzeyinde bulunduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, postmateryalist değerlerin vergi uyumuyla ilişkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmakla birlikte oldukça sınırlı olduğunu göstererek vergi ahlakının açıklanmasında bireysel değer yönelimlerinin yanı sıra ülkeler arasındaki farklılıkların da dikkate alınmasının önemini ortaya koymaktadır.

Kaynakça

Alm, J., & Torgler, B. (2006). Culture differences and tax morale in the United States and in Europe. *Journal of Economic Psychology*, *27*(2), 224-246. https://doi.org/10.1016/j.joep.2005.09.002

Andriani, L., Bruno, R., Douarin, E., & Stepien-Baig, P. (2022). Is tax morale culturally driven? *Journal of Institutional Economics*, *18*(1), 67-84. https://doi.org/10.1017/S1744137421000072

Cui, Y., Wang, J., & Ye, K. (2023). Postmaterialism and Corporate Tax Avoidance. *The International Journal of Accounting*, *58*(01), 2350002. https://doi.org/10.1142/S1094406023500026

Fonseca Corona, F. J. (2024). Tax morale: A global scoping review from the cultural approach to economics. *International Review of Economics*, *71*(2), 343-365. https://doi.org/10.1007/s12232-024-00446-x

Frey, B. S., & Torgler, B. (2007). Tax morale and conditional cooperation. *Journal of Comparative Economics*, *35*(1), 136-159. https://doi.org/10.1016/j.jce.2006.10.006

Horodnic, I. A. (2018). Tax morale and institutional theory: A systematic review. *International Journal of Sociology and Social Policy*, 38(9/10), 868–886. https://doi.org/10.1108/IJSSP-03-2018-0039

Ianc, N.-B., & Baudassé, T. (2021). How Can Culture Affect Taxation? A Postmaterialism Value Approach. *Comparative Economic Studies*, *63*(3), 466-488. https://doi.org/10.1057/s41294-021-00162-3

Inglehart, R. (1971). The Silent Revolution in Europe: Intergenerational Change in Post-Industrial Societies. *The American Political Science Review*, *65*(4), 991-1017. https://doi.org/10.2307/1953494

Inglehart, R., & Abramson, P. R. (1994). Economic Security and Value Change. *American Political Science Review*, 88(2), 336–354. https://doi.org/10.2307/2944708

Inglehart, R., & Abramson, P. R. (1999). Measuring Postmaterialism. *American Political Science Review*, 93(3), 665–677. https://doi.org/10.2307/2585581

Inglehart, R., & Welzel, C. (2005). *Modernization, Cultural Change, and Democracy: The Human Development Sequence*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511790881

Koenig, T., & Wagener, A. (2012). *Culture and tax structures* (CESifo Working Paper No. 3748). CESifo. https://www.ifo.de/en/cesifo/publications/2012/working-paper/culture-and-tax-structures

Luttmer, E. F. P., & Singhal, M. (2014). Tax Morale. *Journal of Economic Perspectives*, *28*(4), 149-168. https://doi.org/10.1257/jep.28.4.149

Puklavec, Ž., Kogler, C., Stavrova, O., & Zeelenberg, M. (2026). Unobscuring the Concept of Tax Morale: A Systematic Review of the Literature. *Journal of Business Ethics*, *207*(3), 583-595. https://doi.org/10.1007/s10551-025-06218-z

Puklavec, Ž., Stavrova, O., Kogler, C., & Zeelenberg, M. (2025). Exploring the Morality of Tax Morale. *Journal of Community & Applied Social Psychology*, *35*(1), e70042. https://doi.org/10.1002/casp.70042

INTEREST PAYMENTS, NET LENDING AND PRICES IN TÜRKİYE: A COINTEGRATION ANALYSIS, 2007–2024

Asst. Prof. Dr. Alperen Ağca
Osmaniye Korkut Ata University, Department of Economics

ABSTRACT

This study examines how central government interest payments and net lending move together with consumer prices, unemployment and economic growth in Türkiye. Monthly data for January 2007 to October 2024 (214 observations) are analysed using Johansen cointegration tests, a vector error correction model, likelihood-ratio restriction tests on the adjustment coefficients and on the long-run price elasticity, and Toda–Yamamoto Granger causality tests. The results are re-estimated with alternative lag lengths, with a sample that ends before December 2021 and with heteroskedasticity-robust test statistics. Interest payments and net lending adjust to the long-run relations with the price level in every specification, whereas unemployment does not. The elasticity of interest payments with respect to prices lies between 1.1 and 1.6, and a unit elasticity cannot be rejected in most specifications. Before December 2021 the price level is weakly exogenous, so that the fiscal series follow prices; after that date prices also adjust, which means that fiscal dominance cannot be ruled out for the recent period. Short-run causality between the fiscal series and prices is weak and sensitive to the lag order, and the cointegration rank itself varies across specifications. The findings are therefore best read as suggestive evidence of a Fisher-type link between the interest bill and prices, and not as conclusive evidence for either direction of causation.

Keywords: Interest Payments, Net Lending, Inflation, Cointegration, Fiscal Dominance, Türkiye

JEL Codes: E31, E62, H63, C32

INTRODUCTION

Price stability and fiscal sustainability are closely linked in emerging market economies, and Türkiye is a prominent example. Annual consumer price inflation reached 48.6 per cent in October 2024, and over the same period the interest expenditure of the central government rose from about 7 billion Turkish lira a month in early 2007 to more than 136 billion in October 2024. Net lending, a mixed budget item that covers the loan and equity operations of the central government, increased from a few hundred million lira a month to more than 22 billion. Because all three series are measured in nominal terms, it is difficult to tell from the raw data how much of this expansion simply reflects the rise in the price level and how much reflects fiscal behaviour.

The question has a long theoretical history, and two lines of thought give different answers. Fisher (1930) argued that nominal interest rates move with expected inflation, so that the nominal interest bill of a government with a large debt stock should follow the price level in the long run. The second line, associated with Sargent and Wallace (1981), Leeper (1991), Sims (1994), Woodford (1995) and Cochrane (2001), runs in the opposite direction: if fiscal policy does not adjust to the government's debt, the price level may have to adjust instead. The two views therefore differ in their predictions about which variable corrects when the

system moves away from its long-run path, and a cointegration framework with a vector error correction model is well suited to testing exactly that.

Against this background, the present study makes two contributions. First, it uses monthly data on interest payments and net lending, whereas the Turkish studies reviewed below rely mainly on annual deficit or debt measures. Second, it reports how fragile each result is instead of presenting a single preferred specification: every main finding is re-examined with different lag lengths, with a sample that ends before December 2021, when the inflation regime shifted, and with heteroskedasticity-robust test statistics.

The empirical strategy has four parts. The order of integration of each series is established first; a four-variable system of interest payments, net lending, the consumer price index and unemployment is then estimated in a vector error correction framework; restriction tests are used to determine which variables adjust to disequilibrium and whether interest payments move one-for-one with prices; and Toda–Yamamoto Granger causality tests, with GDP growth added to the system, are used to examine short-run links. The findings are mixed, and they are reported as such. Interest payments and net lending clearly correct towards the long-run relations, whereas unemployment does not. The link between interest payments and prices is close to proportional but imprecisely estimated. The price level appears exogenous to the fiscal series before December 2021 but not afterwards. The number of cointegrating relations depends on the lag order, and most short-run causal links are unstable; the only short-run result that survives every check is that growth Granger-causes unemployment with a negative sign.

The remainder of the paper is organised as follows. The theoretical framework links the variables, and the literature review covers the evidence for Türkiye and other countries and identifies the gap that the paper fills. The data set and methodology are described next, followed by the empirical evidence, and the conclusion summarises the findings and their limits.

THEORETICAL FRAMEWORK

Interest Payments and Prices: The Fisher Relationship

The relationship between nominal interest rates and inflation was formalised by Fisher (1930), who argued that the nominal interest rate equals the real rate plus expected inflation. For a government with a large stock of debt, this implies that the nominal interest bill rises with inflation as the debt is refinanced or indexed, even when real borrowing conditions have not changed. A proportional long-run link between interest payments and prices is therefore what a Fisher-type account would lead us to expect, and it is this link that the unit elasticity test in the empirical section examines. Two features of the series used here should be kept in mind. Interest payments are an expenditure flow and not an interest rate, so that the elasticity captures the combined effect of the effective interest rate and the size of the debt stock; and part of the debt may reprice with inflation, which would push the elasticity above one.

Fiscal Policy and the Price Level

A second body of theory concerns the interaction of monetary and fiscal policy. Sargent and Wallace (1981) showed that, when fiscal policy is set independently and the central bank cannot finance deficits by borrowing alone indefinitely, tight money today can mean higher inflation later. Leeper (1991) distinguished active from passive policy regimes and showed that the price level is determined differently depending on which authority is passive. Sims (1994) and Woodford (1995) developed the fiscal theory of the price level, in which prices adjust until the real value of government debt equals the present value of expected surpluses, and Cochrane (2001) extended the analysis to long-term debt. In this literature fiscal pressure

can drive prices, so that the price level need not be exogenous to the budget. The distinction can be tested directly in a vector error correction model: under the Fisher-type account prices are weakly exogenous and the fiscal series adjust, whereas under fiscal dominance the price level also adjusts to the fiscal series.

Unemployment, Growth and the Scope of the Model

Unemployment and growth enter the model through two classical relations. Okun (1962) described a negative relation between output growth and changes in unemployment, and Phillips (1958) a negative relation between unemployment and wage inflation. If even a weak Phillips curve holds in the long run, unemployment should be tied to prices; if it does not, unemployment should remain outside the fiscal–price system and should be weakly exogenous. The system is deliberately parsimonious. The purpose of the paper is not to model the entire transmission mechanism but to establish which variables adjust to the long-run relations between the fiscal series and prices, and a four-variable system keeps the number of parameters manageable in a monthly VAR with seasonal and break dummies. GDP growth is excluded from the cointegration block because its order of integration is borderline and because it is available only quarterly; it enters the causality system only.

LITERATURE REVIEW

Evidence for Türkiye

The Turkish literature on fiscal policy and inflation is extensive, but the studies reviewed here rely mostly on annual data and on a deficit or debt measure. Akçay, Alper and Özmucur (2001) examine 1970–2000 and find that the consolidated budget deficit has no long-run component and therefore no permanent inflationary effect, whereas the public sector borrowing requirement is cointegrated with inflation, which shows that the choice of deficit measure matters. Şentürk, Karakurt and Şahingöz (2017) use annual data for 1980–2016 with Toda–Yamamoto causality tests and impulse responses, and report that larger budget deficits raise inflation, that primary surpluses lower it and that a larger debt stock reduces inflation in the short run.

The direction of causation has also been argued the other way round. Demir (2023) covers 1960–2022 with unit root and cointegration tests that allow for structural breaks and finds that inflation raises the budget deficit, a result consistent with the Tanzi effect rather than the Patinkin effect. Taken together, these studies suggest that the sign and direction of the relationship depend on the deficit measure, the sample and the method.

A more recent study approaches the problem from the monetary side. Gürkaynak, Kısacıkoğlu and Lee (2023) argue that weak monetary policy in Türkiye, with interest rates kept below the level implied by fundamentals, produced outcomes that standard theory predicts, and in their unobserved components model the shocks to the trends of the exchange rate and of inflation are perfectly correlated. They also note that, in the absence of fiscal dominance, low interest rates combined with the lack of a credible inflation target leave the price level indeterminate and open to self-fulfilling expectations. This is relevant here because 2021–2022 appears to mark a change of monetary regime, which is also the point at which the behaviour of the price level changes in the present study.

Cross-Country Evidence

Cross-country studies show that the relationship between deficits and inflation depends on how much inflation a country already has. Catão and Terrones (2005) use a panel of 107 countries over 1960–2001 and find a strong positive relation in developing and high-inflation economies but none in low-inflation advanced economies. Lin and Chu (2013) reach a similar

conclusion with a dynamic panel quantile regression for 91 countries over 1960–2006: deficits matter a great deal in high-inflation episodes and only weakly in low-inflation ones. Kwon, McFarlane and Robinson (2009) study public debt instead of deficits in 71 countries and find that debt and inflation are strongly related in heavily indebted developing countries, weakly related in other developing countries and generally unrelated in advanced economies. Their results support the Sargent–Wallace argument, but they find no support for the wealth effects that the fiscal theory of the price level stresses.

Work on high-inflation episodes points in the same direction. Fischer, Sahay and Végh (2002) examine inflations above 100 per cent a year in market economies since 1947 and report that the link between fiscal variables and seigniorage becomes stronger as inflation rises. For the United States, Bianchi and Ilut (2017) argue that the Great Inflation resulted from a policy mix in which monetary policy accommodated fiscal expansion, and that disinflation succeeded only after fiscal policy changed as well; in their words, successful disinflations require fiscal backing. On the interest rate side, Mishkin (1992) finds no support for a short-run Fisher effect but does find a long-run one, since inflation and interest rates share a common stochastic trend when both are trending. This is the kind of long-run link that the cointegration analysis below looks for in the interest bill.

Türkiye, with its repeated episodes of high inflation and a large stock of government debt, is the kind of economy in which a fiscal–price link would be most likely to appear. The cross-country evidence also indicates that results can differ between low-inflation and high-inflation periods, which is why the sample is split at December 2021 in the robustness analysis.

The Gap Addressed by This Study

Two gaps emerge from the review, for Türkiye as well as for other countries. First, the studies work with annual or panel data on deficits, balances or debt stocks, and none of them examines the monthly flow of interest payments or net lending together with prices, unemployment and growth. Second, they generally report one preferred specification, although the evidence reviewed above indicates that results depend on the sample and the method, so that it remains unclear which findings survive changes in the lag length, the sample period and the covariance estimator. This study addresses both gaps by estimating a monthly system for interest payments, net lending, prices and unemployment and by reporting the robustness of each finding directly.

DATA SET AND METHODOLOGY

The data are monthly, cover Türkiye from January 2007 to October 2024 (214 observations) and are obtained from two sources. The two fiscal series come from the central government budget expenditure tables of the Ministry of Treasury and Finance, and the four macroeconomic series are OECD data distributed through the FRED database. Table 1 summarises the data set.

Variable	Definition	Source	Transformation
Interest (lnInterest)	Central government interest expenditure (“Faiz Giderleri”), million TL, current prices, monthly realization	Ministry of Treasury and Finance	Natural log; seasonally adjusted
Lending (lnLending)	Net lending (“Borç Verme”), domestic plus foreign, million TL, current prices, monthly realization	Ministry of Treasury and Finance	Natural log; seasonally adjusted
Prices (lnCPI)	Consumer price index, 2015 = 100 (FRED: TURCPIALLMINMEI)	OECD via FRED	Natural log; seasonally adjusted

Variable	Definition	Source	Transformation
Inflation	Annual and monthly CPI inflation, percent	Computed from the CPI	Level (unit root tests only)
Unemployment (Unemp)	Unemployment rate, ages 15+, seasonally adjusted, percent (FRED: LRHUTTTTTRM156S)	OECD via FRED	Level
Growth	Real GDP growth, year on year, seasonally adjusted, percent, quarterly (FRED: TURGDPRQPSMEI)	OECD via FRED	Level; each quarter's value repeated for its three months

Table 1. Variables, sources and transformations

Note: The CPI index starts in 2006 so that annual inflation can be computed from 2007.

The choice of variables is motivated as follows. Interest expenditure and net lending are used because they are the two budget items through which the debt burden and the quasi-fiscal operations of the central government are recorded at monthly frequency. The consumer price index is the price measure because it is available on a consistent basis for the whole sample, and its logarithm enters the system as a deflator-like variable, which allows the nominal–real distinction to be tested instead of assumed. Unemployment is taken from the OECD in seasonally adjusted form. GDP growth is published quarterly, so that it appears only in the unit root tests and in the causality system.

Fiscal Series

Both fiscal series are monthly realizations, not cumulative figures. Where a month appears in more than one budget file, the value from the most recent file is used. Provisional and final December figures can differ, especially for net lending (December 2008, 2010, 2011 and 2012). Annual totals match the prior-year figures reported in the following year's files for every year that could be checked, and the 2024 values cover January to October and are provisional.

Both series rise steeply over the sample. Monthly interest payments increase from 7,021 million lira in January 2007 to 136,219 million in October 2024, and net lending from 366 million to 22,265 million, with a marked jump after 2021: the annual total was 29,750 million lira in 2020 and 101,978 million in 2021. Because both series are nominal and the price level also rises sharply, the logarithm of the CPI is included in the system so that the nominal–real distinction is tested rather than imposed.

Macroeconomic Series

Annual CPI inflation is 48.6 per cent in October 2024. The unemployment rate ranges from 8.0 per cent (June 2012) to 14.1 per cent (several months in 2019 and 2020). GDP is published quarterly, so quarterly growth, which ranges from −12.9 per cent (2009 Q1) to 22.2 per cent (2021 Q2), is assigned to the three months of each quarter. The resulting monthly series is a step function and is treated with caution: it appears only in the unit root tests and in the causality system, never in the cointegration block.

Transformations

The three nominal level series (interest, lending and the CPI) are expressed in natural logarithms. Unemployment and growth are kept in levels, since growth takes negative values. Monthly budget payments are strongly seasonal, so each logged series is regressed on eleven month dummies and the estimated seasonal component is removed while the mean is retained. The OECD unemployment series is already seasonally adjusted, so the procedure is harmless

for it. The adjustment is applied before every cointegration test, and its effect is checked in the robustness analysis, where it is re-estimated within each sample.

Empirical Strategy

The empirical design follows from four questions raised by theory. Do interest payments, net lending and prices share long-run relations? Which variables adjust when those relations are disturbed? Do interest payments move one-for-one with prices? And in which direction does short-run causality run? The strategy proceeds in five steps, which are described in turn.

Unit Root Tests

The orders of integration are examined with the augmented Dickey–Fuller (ADF) test (Dickey and Fuller, 1979), the Phillips–Perron (PP) test (Phillips and Perron, 1988) and the KPSS test (Kwiatkowski et al., 1992), each estimated with an intercept and with an intercept and trend, in levels and in first differences. The ADF lag length is selected by the Bayesian information criterion among lags 0 to 14, where the upper bound follows the Schwert (1989) rule, floor(12(T/100)^(1/4)), and the long-run variance in the PP and KPSS tests is estimated with a Bartlett bandwidth of floor(4(T/100)^(1/4)), which equals 4. The null hypothesis is a unit root for the ADF and PP tests and stationarity for the KPSS test. A series is classified as I(1) when a unit root cannot be rejected in levels, is rejected in first differences and the KPSS test points in the same direction.

Lag Length and Cointegration Tests

The cointegration block is the four-variable system y = (lnInterest, lnLending, lnCPI, Unemp), which contains the series classified as I(1). GDP growth is excluded from this block because its order of integration is borderline. The lag length of a VAR in levels with a constant is selected between 1 and 8 by the AIC, BIC and Hannan–Quinn criteria; since a VECM requires at least one lagged difference, the VAR order is set to the larger of the selected lag and 2.

Cointegration is tested with the Johansen trace and maximum-eigenvalue tests (Johansen, 1988, 1991) at the 5 per cent level under three deterministic specifications: H2 (no constant or trend in the cointegrating relation), H1 (restricted constant) and H1$*$ (restricted trend). The rank is the first null hypothesis that is not rejected. As a single-equation check, the Engle–Granger (1987) test is applied with lnInterest as the dependent variable, using both its t and normalized-coefficient statistics, with an intercept and with an intercept and trend.

Vector Error Correction Model and Restriction Tests

For a chosen rank r the model is

$$\Delta y_t = \mu + \alpha \beta' y_{t-1} + \Gamma_1 \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (1)$$

Here the columns of β are the cointegrating vectors and α holds the adjustment coefficients. Without restrictions β is identified only up to a rotation, so the unrestricted vectors are normalized for reading only, and the conclusions rest on the restriction tests.

Two likelihood-ratio tests are applied at the chosen rank under H1 (Johansen, 1991). The first is the weak exogeneity test: for each variable i the null hypothesis is that its row of α is zero in every vector, meaning that the variable does not adjust to disequilibrium. The second is a known cointegrating vector test: the null hypothesis is that the log ratio lnInterest − lnCPI (and, separately, lnLending − lnCPI) lies in the cointegration space, which amounts to a unit price elasticity. Both statistics are chi-squared distributed under the null.

Short-Run Causality

Granger non-causality is tested with the Toda–Yamamoto (1995) procedure in a five-variable system that adds growth. A VAR of order $p + d_{max}$ is estimated in levels, with p chosen by the BIC between 1 and 8 and $d_{max} = 1$, and a Wald test is applied to the first p lags of the candidate cause. The test is valid whether the variables are I(0), I(1) or cointegrated. The regressions include a constant, eleven month dummies and a step dummy from December 2021 to absorb the inflation regime shift.

Robustness Checks

Five specifications re-estimate the Johansen H1 system, the weak exogeneity tests and the known-vector tests: the full sample with VAR orders 2, 4 and 7, and a sample ending in November 2021 (179 observations) with VAR orders 2 and 4. Rank 2 is imposed for the restriction tests in all of them, and the seasonal adjustment is re-estimated within each sample. The Toda–Yamamoto test is repeated with 1, 3, 6 and 12 lags, using both the classical Wald statistic and a heteroskedasticity-robust (HC1) version, and the sign of each effect is read from the sum of the coefficients on the tested lags. A real-variable system (ln(Interest/CPI), ln(Lending/CPI), Unemp) is also tested for cointegration under the same specifications. The implied price elasticity is taken from the cointegrating vector with the largest adjustment coefficient in the interest equation, normalized on lnInterest.

All estimations were carried out in the MATLAB Econometrics Toolbox (adftest, pptest, kpsstest, jcitest, egcitest, vecm, jcontest), with custom code for the Toda–Yamamoto test.

EMPIRICAL EVIDENCE

Two results are stable. Interest payments and net lending adjust to the long-run relations, and unemployment does not; this holds in all five robustness specifications. The cointegration rank, the unit price elasticity and most short-run causal links are less stable. Table 2 gives the baseline result and a verdict on its robustness for each finding, and the robustness subsection below reports the checks in detail.

Question	Baseline result	Robustness verdict
Integration order	lnInterest, lnLending, lnCPI, Unemp and annual inflation are I(1) (ADF and KPSS agree; PP disagrees for lnInterest and lnLending). Monthly inflation and Growth look stationary in levels.	Not re-tested.
Cointegration rank	Rank 2 under H1 (trace p = 0.051, max-eigenvalue p = 0.089); rank 3 under H2 and H1∗. Engle–Granger rejects no cointegration in all four variants (p = 0.001).	Fragile. Trace rank 2, 2, 1 and max-eigenvalue rank 2, 1, 1 at VAR orders 2, 4, 7; rank 2 and 1 in the pre-2021-12 sample. At least one relation in every case.
Long-run relation 2	lnInterest = 1.17 lnCPI + 0.05 lnLending − 0.015 Unemp. Only lnInterest adjusts (α = 0.177, t ≈ 7.0).	Implied lnCPI elasticity 1.10, 1.17, 1.35 and 1.56 (VAR(7) excluded: rank 1 makes the rank-2 estimate unreliable). α of lnInterest significant in all five (|t| from 3.5 to 7.0).
Weak exogeneity	Rejected for lnInterest (p < 0.001), lnLending (p < 0.001) and lnCPI (p = 0.022); not rejected for Unemp (p = 0.78).	lnInterest and lnLending rejected (p up to 0.030) and Unemp not rejected (p ≥ 0.18) in all five. lnCPI rejected in the full sample (p up to 0.026) but not before 2021-12 (p ≥ 0.82).
Unit price elasticity	lnInterest − lnCPI rejected at 5% (p = 0.016) but not at 1%; lnLending − lnCPI rejected (p < 0.001).	Not robust: p = 0.016, 0.091, 0.003, 0.056, 0.288, so rejected at 5% in two of five. Real lending rejected in four of five (p up to 0.006), not at VAR(7) (p = 0.97).

Question	Baseline result	Robustness verdict
Short-run causality	At one lag: Lending → CPI ($p = 0.046$), Unemp → CPI ($p = 0.013$), Growth → Unemp ($p < 0.001$). No causality between interest and CPI.	Growth → Unemp is robust (p up to 0.017, negative sign). Lending → CPI loses significance with robust errors ($p = 0.069$). Unemp → CPI changes sign. Interest ↔ CPI significant only at some lag orders.

Table 2. Baseline results (Johansen H1, rank 2, VAR(2)) and robustness verdicts

Note: p-values come from likelihood-ratio (restriction tests) or Wald (causality) statistics. Robustness specifications are described in the robustness subsection of the methodology.

Interest Payments and Prices

The second long-run relation links the nominal interest bill to the price level with an elasticity of about 1.17, and only lnInterest adjusts when the relation is disturbed. This is the pattern that a Fisher-type mechanism would produce: higher inflation raises nominal interest costs, and the bill returns to its long-run path after temporary deviations. In the baseline specification about 18 per cent of a deviation is closed each month, but the speed varies across specifications (the absolute value of α ranges from 0.08 to 0.18), so that only its significance is robust and not its size. One possible explanation is that a large part of the debt reprices with inflation; this cannot be established with the present data, however, because it would require information on the composition and maturity of the debt.

An elasticity above one means that the real interest bill grows faster than prices. The data cannot separate a rising effective interest rate from a rising debt stock, because only the expenditure flow is observed. A strict unit elasticity is rejected in two of the five specifications, and the implied elasticity stays above one (1.10 to 1.56) in the four specifications in which the rank-2 estimate is reliable. A real interest burden that rises with inflation is therefore a possibility, but it is not established.

Relation to Fiscal–Monetary Theory

Fiscal theories of the price level predict that fiscal pressure can drive prices (Leeper, 1991; Sims, 1994; Woodford, 1995; Cochrane, 2001; Sargent and Wallace, 1981). The results give little support to that direction through the interest channel. Before December 2021 lnCPI is weakly exogenous ($p \geq 0.82$), while interest payments and lending adjust, which is the pattern implied by a Fisher-type account. After 2021 prices adjust as well (p up to 0.026 in the full sample), so that the price level is no longer exogenous to the fiscal series. This agrees with the argument of Gürkaynak, Kısacıkoğlu and Lee (2023) that monetary policy weakened in this period, although the data used here cannot identify the mechanism, and fiscal dominance cannot be ruled out for the recent years.

Short-run causality from interest payments to prices is absent at 1, 3 and 6 lags and appears only at 12 lags with robust errors ($p = 0.044$). Causality from prices to interest payments is significant at 3 lags with robust errors ($p = 0.042$) and at 12 lags (p up to 0.009), but not at 1 or 6 lags. Two cautions apply. These theories concern debt and the expected path of surpluses, whereas only a flow of interest payments is used here. In addition, the Turkish studies reviewed above disagree on the direction: Şentürk et al. (2017) find that deficits raise inflation, while Demir (2023) finds that inflation raises the deficit. The results here lean towards the second reading for interest payments, but the evidence is thin.

Net Lending

Net lending adjusts to the long-run relations in every specification ($p < 0.001$), so it is not an exogenous driver of prices. Real lending (lnLending − lnCPI) is non-stationary in four of the

five specifications (p up to 0.006), which is consistent with the surge in lending after 2021. Short-run causality from lending to prices is fragile: at one lag p = 0.046 with classical errors and 0.069 with robust errors, at 3 and 6 lags it is insignificant, and at 12 lags it is significant again (p = 0.014 with robust errors). Lending is the weakest link in the theory, because it combines several quasi-fiscal operations instead of being a single policy instrument, and any causal reading should be treated as exploratory.

Unemployment and Growth

Unemployment is weakly exogenous in all five specifications ($p \geq 0.18$). It does not adjust to the long-run relations, and its coefficients in both relations are small, which is consistent with a weak long-run Phillips curve link. Unemployment Granger-causes prices at one lag (p = 0.013; robust p = 0.029), but the effect is unstable: it is insignificant at 3 lags, significant with classical errors only at 6 lags (p = 0.029; robust p = 0.14) and significant again at 12 lags. The summed coefficient is small and changes sign (+0.007, +0.001, −0.001 and +0.001 at 1, 3, 6 and 12 lags), so that no stable direction can be reported. Growth Granger-causes unemployment in every specification, including with robust errors (p up to 0.017), and the summed coefficient is always negative (−0.025 to −0.059), as Okun (1962) would suggest. Part of this result is mechanical, because quarterly GDP growth is repeated across months.

Robustness Checks

Three results hold in every specification: interest payments and lending adjust to the long-run relations, unemployment does not, and growth Granger-causes unemployment with a negative sign. The cointegration rank, the unit elasticity and most other causal links hold up less well.

Table 3 reports the Johansen robustness results.

Specification	Obs	Trace rank	Max-eig. rank	p: lnCPI weakly exogenous	p: lnInterest − lnCPI in cointegration space	Implied lnCPI elasticity
Full sample, VAR(2)	214	2	2	0.022	0.016	1.17
Full sample, VAR(4)	214	2	1	0.026	0.091	1.10
Full sample, VAR(7)	214	1	1	0.0001	0.003	3.89 (unreliable: rank 1)
Pre-2021-12, VAR(2)	179	2	2	0.88	0.056	1.56
Pre-2021-12, VAR(4)	179	1	1	0.82	0.288	1.35

Table 3. Johansen H1 robustness across specifications

Note: Rank 2 is imposed for the restriction tests in all rows.

The real-variable system gives no stable answer. Its trace rank is 2, 1 and 0 at VAR orders 2, 4 and 7 in the full sample, and 2 and 3 in the pre-2021-12 sample, where rank 3 would mean that the real series are stationary. Whether real interest payments and real lending are stationary therefore depends on the specification. For Toda–Yamamoto causality, interest to prices is significant only at 12 lags with robust errors (p = 0.044), and prices to interest at 3 lags with robust errors (p = 0.042) and at 12 lags (p up to 0.009). Robust errors change the verdict for lending to prices at one lag (p = 0.069) and for unemployment to prices at 6 lags (p = 0.14).

Limitations

Four limitations should be noted. First, the cointegration rank is not robust: it falls from 2 to 1 as the lag order rises, so that any conclusion requiring two distinct relations is tentative, although at least one relation holds in every specification. Second, the restriction tests impose rank 2 in every specification, including those in which the rank tests suggest 1, and the VAR(7) results in particular should not be over-read. Third, the cointegrating vectors are identified only up to a rotation, so the sign and size of α cannot be compared across specifications and only its significance is compared. Fourth, the likelihood-ratio tests are asymptotic and use between 179 and 213 observations, the Toda–Yamamoto tests with 12 lags use many parameters relative to the sample, and monthly GDP growth is quarterly data repeated across months.

CONCLUSION

This study has examined how central government interest payments and net lending relate to prices, unemployment and growth in Türkiye between 2007 and 2024. Two sets of results stand out. First, interest payments and net lending adjust to long-run relations with the price level, whereas unemployment does not, and this holds in every specification. The interest bill moves roughly in proportion to prices, with an implied elasticity between 1.1 and 1.6, although a strict unit elasticity is rejected in only some specifications. Second, the behaviour of the price level changes over the sample: it is exogenous until December 2021 and adjusts as well afterwards, which is consistent with a weaker nominal anchor in recent years and does not rule out fiscal dominance for that period.

These findings have implications for how the interest burden should be understood. If the link between interest payments and prices is of the Fisher type, a lasting fall in inflation would be expected to reduce the nominal interest bill with a lag, although the present data cannot show how large the effect would be. Conversely, the post-2021 adjustment of prices suggests that the price level can no longer be treated as given when the fiscal position is assessed. More generally, the sensitivity of the results to the lag order and the sample shows that a single specification would have given a more confident account than the data support, and this is probably the main lesson of the exercise.

The study has limitations that point to future research. The number of cointegrating relations, the speed of adjustment and most short-run causal links change with the lag order and the sample, and only the negative effect of growth on unemployment holds in every check. Data on the composition and maturity of government debt would allow the repricing explanation to be tested directly, structural break tests for the 2018 and 2021–2022 episodes would show whether the change in the behaviour of prices coincides with a break, and estimating the model with the rank chosen by the data within each specification would remove the inconsistency between the rank tests and the restriction tests.

REFERENCES

Akçay, O. C., Alper, C. E., & Özmucur, S. (2001). *Budget deficit, inflation and debt sustainability: Evidence from Turkey (1970–2000)* (Research Paper ISS/EC-2001-12). Boğaziçi University, Department of Economics.

Bianchi, F., & Ilut, C. (2017). Monetary/fiscal policy mix and agents' beliefs. *Review of Economic Dynamics, 26*, 113–139.

Catão, L. A. V., & Terrones, M. E. (2005). Fiscal deficits and inflation. *Journal of Monetary Economics, 52*(3), 529–554.

Cochrane, J. H. (2001). Long-term debt and optimal policy in the fiscal theory of the price level. *Econometrica, 69*(1), 69–116.

Demir, F. (2023). The effect of inflation on the budget deficit in Turkiye: Evidence from cointegration test with multiple structural breaks. *Journal of Life Economics, 10*(4), 169–178.

Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association, 74*(366), 427–431.

Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987). Co-integration and error correction: Representation, estimation, and testing. *Econometrica, 55*(2), 251–276.

Fischer, S., Sahay, R., & Végh, C. A. (2002). Modern hyper- and high inflations. *Journal of Economic Literature, 40*(3), 837–880.

Fisher, I. (1930). *The theory of interest.* Macmillan.

Gürkaynak, R. S., Kısacıkoğlu, B., & Lee, S. S. (2023). Exchange rate and inflation under weak monetary policy: Turkey verifies theory. *Economic Policy, 38*(115), 519–560.

Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control, 12*(2–3), 231–254.

Johansen, S. (1991). Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models. *Econometrica, 59*(6), 1551–1580.

Kwiatkowski, D., Phillips, P. C. B., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. *Journal of Econometrics, 54*(1–3), 159–178.

Kwon, G., McFarlane, L., & Robinson, W. (2009). Public debt, money supply, and inflation: A cross-country study. *IMF Staff Papers, 56*(3), 476–515.

Leeper, E. M. (1991). Equilibria under “active” and “passive” monetary and fiscal policies. *Journal of Monetary Economics, 27*(1), 129–147.

Lin, H.-Y., & Chu, H.-P. (2013). Are fiscal deficits inflationary? *Journal of International Money and Finance, 32*, 214–233.

Mishkin, F. S. (1992). Is the Fisher effect for real? A reexamination of the relationship between inflation and interest rates. *Journal of Monetary Economics, 30*(2), 195–215.

Okun, A. M. (1962). Potential GNP: Its measurement and significance. In *Proceedings of the Business and Economic Statistics Section* (pp. 98–104). American Statistical Association.

Phillips, A. W. (1958). The relation between unemployment and the rate of change of money wage rates in the United Kingdom, 1861–1957. *Economica, 25*(100), 283–299.

Phillips, P. C. B., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika, 75*(2), 335–346.

Sargent, T. J., & Wallace, N. (1981). Some unpleasant monetarist arithmetic. *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review, 5*(3), 1–17.

Schwert, G. W. (1989). Tests for unit roots: A Monte Carlo investigation. *Journal of Business & Economic Statistics, 7*(2), 147–159.

Sims, C. A. (1994). A simple model for study of the determination of the price level and the interaction of monetary and fiscal policy. *Economic Theory, 4*(3), 381–399.

Şentürk, S. H., Karakurt, B., & Şahingöz, B. (2017). Mali disiplin ve enflasyon ilişkisi üzerine bir analiz: Türkiye örneği [An analysis on fiscal discipline and inflation: The case of Turkey]. *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi, 3*(2), 185–204.

Toda, H. Y., & Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics, 66*(1–2), 225–250.

Woodford, M. (1995). Price-level determinacy without control of a monetary aggregate. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy, 43*, 1–46.

ANALYSIS OF QPSK SIGNALING IN BEAULIEU-XIE FADING CHANNELS WITH ERFC APPROXIMATION USING ARO AND ITS EXPERIMENTAL EVALUATION WITH THE AID OF USRP PLATFORMS

Res. Asst. Alperen Cengiz,
Niğde Ömer Halisdemir University, Department of Electrical and Electronics Engineering
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Bilim
Niğde Ömer Halisdemir University, Department of Electrical and Electronics Engineering
Prof. Dr. Yasin Kabalcı
Niğde Ömer Halisdemir University, Department of Electrical and Electronics Engineering

ABSTRACT

Due to its spectral efficiency, bandwidth efficiency, error performance balance, constant envelope characteristic, robustness against noise, and ease of implementation, Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) modulation is a frequently employed modulation scheme. It finds application in numerous domains, including satellite communications such as the Global Positioning System (GPS) and Digital Video Broadcasting – Satellite (DVB-S), wireless networks such as Wireless Fidelity (Wi-Fi) and Bluetooth, cellular systems as a fundamental building block of Long-Term Evolution (LTE) and Beyond Fifth Generation (5G) networks, as well as military and deep-space communications. On the other hand, owing to its attributes such as high accuracy, suitability for next-generation communication systems, analytical tractability, and agreement with empirical measurements, the Beaulieu-Xie fading channel has become a highly popular fading model. Furthermore, it is employed in the modelling of various and deeply fading channels. Based on this motivation, in the present study, a theoretical analysis of QPSK modulation over Beaulieu-Xie fading channels has been derived. In performing this analysis, a symbol error probability (SEP) approach based on the probability density function (PDF) was adopted. Herein, an approximation of the Erfc function developed using the Artificial Rabbits Optimization (ARO) algorithm was utilized. The closed-form error expression obtained as a result of the theoretical analysis was numerically evaluated with various parameters, and error curves were generated. In addition, in order to demonstrate the accuracy of the conducted analysis, measurements were carried out using an experimental setup established with USRP (Universal Software Radio Peripheral) platforms, and a comparison of the analytical results of the error expression obtained for Beaulieu-Xie fading channels with the experimental results was presented. According to these results, the implemented theoretical analysis was validated, and the error results were found to be in strong agreement.

Keywords: Beaulieu-Xie Fading Channels, Universal Software Radio Peripheral, Symbol Error Probability.

INTRODUCTION

The Beaulieu-Xie fading model was proposed [1] owing to its considerable success in fading channel modeling and has recently gained popularity. In [2], the average symbol error probability (ASEP) of single-input single-output (SISO) systems with imperfect phase error (IPE) over Shadowed Beaulieu-Xie fading channels is analyzed for non-coherent *M*-ary

frequency shift keying (NCMFSK), *M*-ary phase shift keying (MPSK), and *M*-ary differential phase shift keying (MDPSK) modulation schemes using a probability density function (PDF)-based approach, with closed-form and asymptotic expressions derived and validated through simulations. In [3], an accurate closed-form approximation for the cumulative distribution and PDF of the sum of an arbitrary number of Beaulieu–Xie random variables are derived, and use it to analyze the symbol error rate of an equal-gain combining (EGC) diversity system, with results validated against Monte Carlo simulations showing excellent agreement. In study [4], the effective bit rate (EBR) of delay-sensitive communication systems over Shadowed Beaulieu–Xie fading channels is analyzed using a probability density function-based approach, accounting for varying fading, shadowing, and delay constraints, with truncation error, asymptotic expressions for high and low SNR regimes, and a comparison between delay-free and delay-constrained capacity also derived and examined. The other study in [5] derives analytical and asymptotic expressions for Secrecy Outage Probability (SOP), Probability of Non-Zero Secrecy Capacity, and Average Secrecy Capacity over the α-Beaulieu-Xie fading channel under Selection Combining (SC) diversity, and numerically quantifies the effects of Line-of-Sight (LOS) and Non-Line-of-Sight (NLOS) severity parameters and the fading parameter (α) on Physical Layer Security performance. The paper [6] analyzes the performance of a Maximum Ratio Combining (MRC) diversity receiver over the Shadowed Beaulieu-Xie fading model—which characterizes environments with multiple LOS and NLOS components—by deriving the PDF of the MRC scheme and using a PDF-based approach to evaluate outage performance and Average Bit Error Rate (ABER) for coherent and non-coherent modulation schemes, while also examining the effects of diversity order and fading parameters and validating the results through Monte-Carlo simulations. The study in [7] simulates and analyzes the effects of four fading levels—no fading, low, moderate, and high fading—on wireless signal amplitude, finding that signal fluctuations increase proportionally with fading severity, and underscores the importance of adaptive signal processing and robust modulation strategies for ensuring signal integrity and reliable performance in future wireless networks. The research [8] proposes an α-modified Beaulieu-Xie shadowed fading channel model for wireless communications, derives closed-form expressions for its basic statistical characteristics, applies these to calculate the average bit error rate and ergodic capacity with exact analytical and high signal-to-noise ratio asymptotic expressions, and demonstrates through extensive numerical analysis strong agreement with the analytical work while examining the dependence of channel nonlinearity effects on bit error probability.

On the other hand, an improved Chernoff approximation for the Gaussian *Q*-function was obtained in the study in [9] using the Artificial Bee Colony algorithm, and the accuracy of this approximation was demonstrated empirically in Beaulieu-Xie fading channels. In the study in [10], the author presented a work containing detailed theoretical analyses for Beaulieu-Xie channels. They attempted to demonstrate the performance of Beaulieu-Xie channels under different modulation types. For Beaulieu-Xie shadowed fading, on the other hand, a study on effective channel capacity was presented in [11]. In the study in [12], on the other hand, the authors derived a two-term Gaussian approximation using a different optimization algorithm and presented an analysis of the use of this derived approximation in a reconfigurable

intelligent surface-assisted system. In the study in [13], a comprehensive analysis of a Lomax fading SISO system under phase error conditions was carried out using an approximation whose coefficients were determined by means of the artificial rabbit optimization (ARO) algorithm. The performance of the approximation here is quite good and fast. In the study in [14], on the other hand, the authors developed a different erfc approximation. They attempted to demonstrate the performance of this approximation in a Nakagami-*m* channel both theoretically and experimentally. The results in this study revealed that the use of the presented Erfc function is experimentally accurate and appropriate.

In none of the aforementioned studies has an analysis of a QPSK application over Beaulieu-Xie channels using the ARO approximation and the Erfc approximation been presented. Based on this analysis, no QPSK verification has been performed. In this study, an attempt has been made to fill the aforementioned gap. SEP analysis has been carried out using the ARO approximation and the erfc approximation, and analyses for different parameters have been presented using the derived expression. In addition, an experimental study consisting of USRP platforms with QPSK has been conducted. The accuracy of the derived expression in this study has also been attempted to be demonstrated through experimental measurements.

ANALYTICAL FRAMEWORK

In general, the expression for the SEP is stated as follows:

$$Pe = 2A\int_0^{\infty} Q\left(\sqrt{2B\gamma}\right) f_{\gamma}(\gamma)\, d\gamma \tag{1}$$

where, A and B denote the modulation parameters. For instance, for QPSK, A=1 and B=0.5. Herein, $Q(\cdot)$ represents the Gaussian Q-function, while $f_{\gamma}(\gamma)$ denotes the PDF of the instantaneous signal-to-noise ratio (SNR) pertaining to the system under consideration. In this study, since a SISO system is considered over Beaulieu-Xie fading channels, the PDF expression is given as follows:

$$f_{\gamma}(\gamma) = \Theta\left(\frac{C}{\bar{\gamma}}\right)^{\frac{m+1}{2}} e^{-\frac{m\lambda^2}{\Omega}} \gamma^{\frac{m-1}{2}} e^{-\alpha\gamma} I_{m-1}\left(\frac{2m\lambda}{\Omega}\sqrt{\frac{C\gamma}{\bar{\gamma}}}\right) \tag{2}$$

In this expression, $I_{m-1}(\cdot)$ is the modified Bessel function of the first kind with order $m-1$. The terms C, Θ, and α are defined as $C = \Omega + \lambda^2$, $\Theta = \frac{m}{\Omega\lambda^{m-1}}$, and $\alpha = \frac{mA}{\Omega\bar{\gamma}}$, respectively. Here, m is referred to as the shape parameter, λ captures the location effects, Ω is the spread parameter, while $\bar{\gamma}$ represents the average SNR. Substituting the PDF expression provided in Equation (2) into the SEP expression given in Equation (1) yields the following expression:

$$Pe = 2A\Theta\left(\frac{C}{\bar{\gamma}}\right)^{\frac{m+1}{2}} e^{-\frac{m\lambda^2}{\Omega}} \int_0^{\infty} Q\left(\sqrt{2B\gamma}\right) \gamma^{\frac{m-1}{2}} e^{-\alpha\gamma} I_{m-1}\left(\frac{2m\lambda}{\Omega}\sqrt{\frac{C\gamma}{\bar{\gamma}}}\right) d\gamma \tag{3}$$

In this expression, an integral involving the Gaussian Q-function, a polynomial, an exponential, and the modified Bessel function is observed. The evaluation of this expression is mathematically quite challenging. Therefore, it is necessary to simplify the expression and render it more tractable. Accordingly, we can employ the series expansion of the modified Bessel function given in Ref [15] ($I_v(z)=\left(\frac{1}{2}z\right)^v\sum_{k=0}^{\infty}\frac{\left(\frac{1}{4}z^2\right)^k}{k!\Gamma\left(v+k+1\right)}$) and the Gaussian Q-function approximation presented in [13] ($Q(x)\approx w_1e^{-w_2x^2}+w_3e^{-w_4x^2}$, w_1=0.141142469220753, w_2=7.080195933965581, w_3=0.333217721837487, w_4=0.715511250324763). Accordingly;

$$Pe\approx 2A\left(w_1I_1+w_2I_2\right) \tag{4}$$

where, I_1 and I_2 are identical integrals differing only in their respective coefficients. Upon evaluating the expression with the aid of Ref [15], the resulting solution is obtained as follows:

$$Pe\approx 2A\Theta\left(\frac{C}{\bar{\gamma}}\right)^{\frac{m+1}{2}}e^{-\frac{m\lambda^2}{\Omega}}\beta^{m-1}\left(\frac{w_1}{\Lambda_1^m}e^{\frac{\beta^2}{\Lambda_1}}+\frac{w_3}{\Lambda_2^m}e^{\frac{\beta^2}{\Lambda_2}}\right) \tag{5}$$

where

$$\begin{aligned}\beta&=\frac{m\lambda}{\Omega}\sqrt{\frac{C}{\bar{\gamma}}}\\ \Lambda_1&=\alpha+2Bw_2\\ \Lambda_2&=\alpha+2Bw_4\end{aligned} \tag{6}$$

As the resulting expression involves no special functions (e.g., Whittaker, hypergeometric, etc.), it is easily implementable and computable in platforms such as MATLAB and Python, requiring only exponential and power terms.

EXPERIMENTAL MEASUREMENTS BY USING USRP PLATFORMS

Two USRP B210 software-defined radios were used in the measurements, one as a transmitter and one as a receiver. Each was driven by its own host computer via a USB 3.0 interface. The USRP configured as the transmitter generated QPSK frames while the USRP configured as the receiver recorded and analyzed them. A single 10 MHz source fed the reference inputs of both radios through a resistive power divider allowing the two radios to share a common frequency and timing base. Dual-band antennas were positioned in a line-of-sight configuration in an indoor laboratory, and the carrier frequency was set to 5.8 GHz. The receive gain was kept constant at 40 dB while the transmitter gain was swept so that a wide range of signal-to-noise ratios could be covered within a single recording. The block diagram of the setup is shown in Figure 1.

QPSK symbols were shaped using a root-raised-cosine filter. The baseband sample rate was 1 MS/s, with four samples per symbol. The symbol rate was therefore 250 ksym/s. Each frame began with a Zadoff-Chu preamble, followed by 1000 data symbols. The receiver used this preamble for synchronization. Pilot symbols were inserted at 24 μs intervals between the data symbols to enable tracking of the carrier phase. The recording proceeded continuously and was repeated over several sessions. For each frame where synchronization was successful, a SNR estimate was obtained from the preamble. The demodulated symbols were compared with the known sequence, and errors were counted. The error counts and the number of transmitted symbols were binned within 1 dB intervals of the estimated SNR.

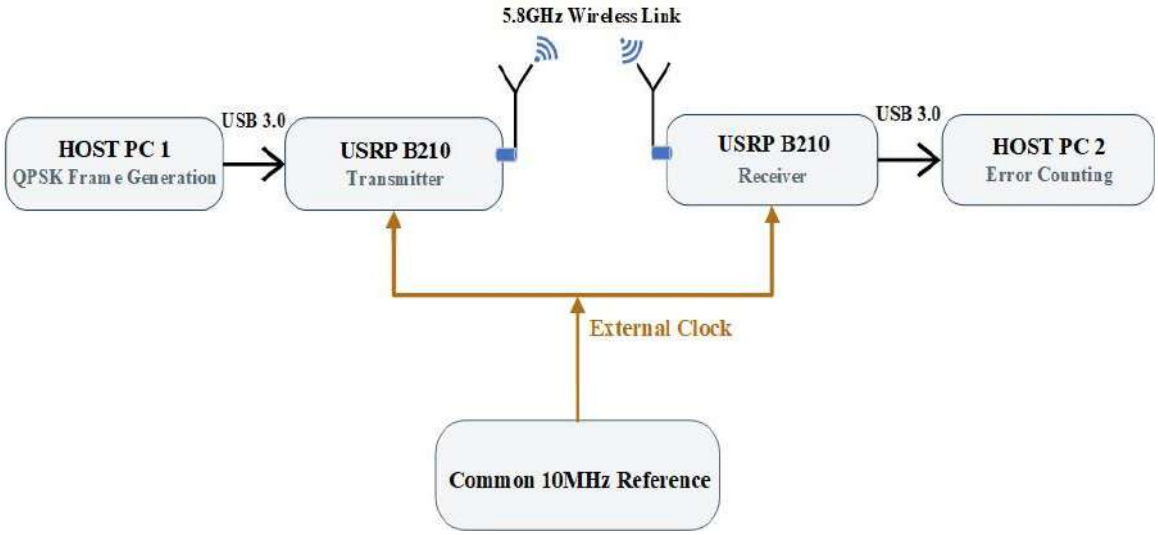


Figure 1. Block diagram of the measurement setup.

RESULTS

In this subsection, a comparison of the analytical results obtained through the numerical evaluation of the previously derived SEP expression, along with their behaviour under variations in different parameters, is presented. The results provided in Figure 2 compare the analytical results with the experimental results, whose details were described in the preceding section. In these results, the parameters are taken as m=3, Ω=2, and λ=2. Since experimental adjustments were made for QPSK signalling, A=1 and B=0.5 are adopted for the SEP expression. As can be observed, the analytical results (solid line) and the experimental measurement results (square markers) are in strong agreement, thereby demonstrating the accuracy of the conducted analysis. At this point, regarding the question of why the values of m, Ω, and λ were selected as stated above, it should be noted that the comparison between the experimental results and the analytical evaluations was performed through a trial-and-error method, and the most suitable results were obtained with these values. Hence, providing the explanation in this manner constitutes the most appropriate approach. This is because it is not known a priori which parameters of the Beaulieu-Xie channel the fading condition of the experimental environment analytically corresponds to.

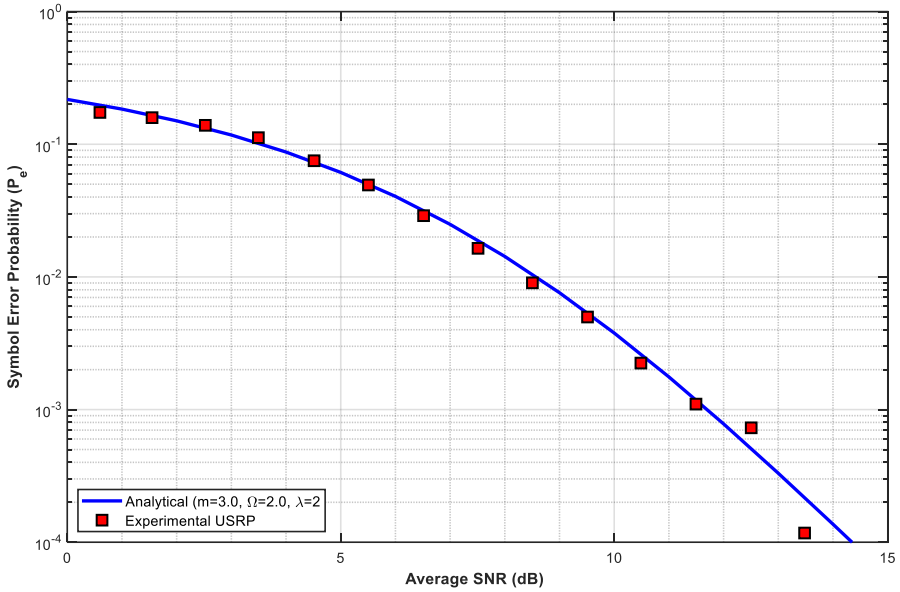


Figure 2. Comparison analytical and experimental results for the Beaulieu-Xie fading channels.

Figure 3 presents a comparison result for different values of the shape parameter, *m*. Here, the SEP performance of Beaulieu-Xie fading channels is again considered for QPSK modulation. For the Beaulieu-Xie fading, the varying parameters Ω, and λ are selected as 2 and 2.4, respectively. As the value of *m* increases, the SEP performance improves. This situation is also indicated by the arrow direction in Figure 3. An increase in the value of *m* reduces the fading effect of the environment. Consequently, as expected, the performance of the system improves. This fact is directly observable from the figure.

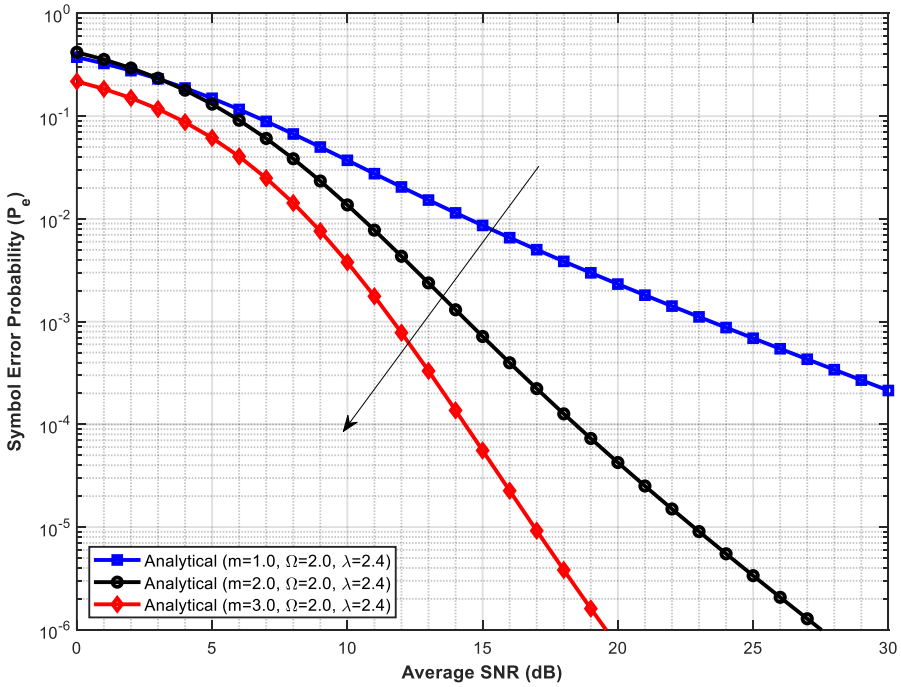


Figure 3. Comparison of SEP Performances for Different Values of the Parameter *m*.

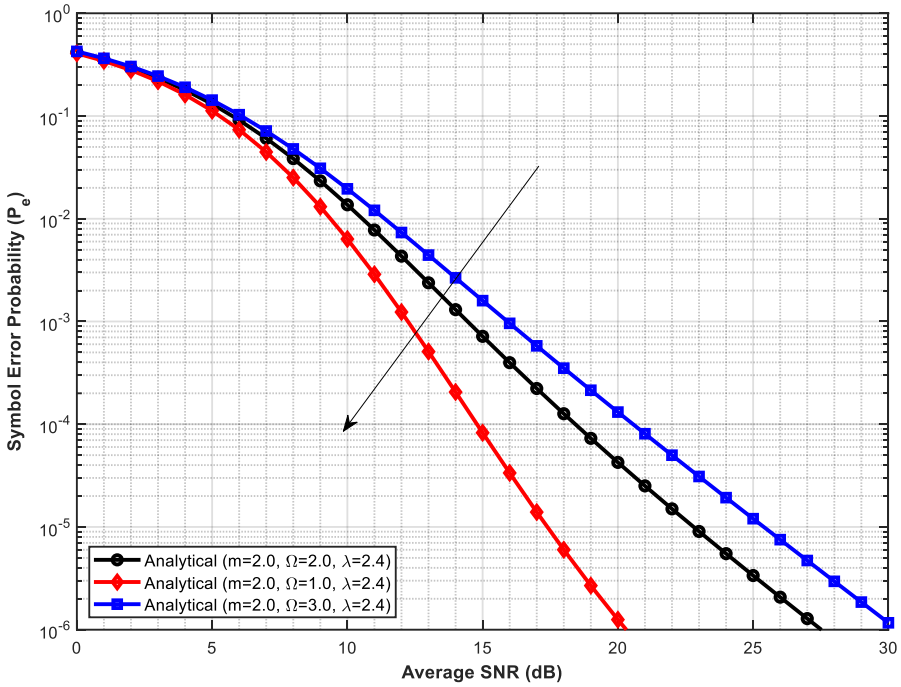


Figure 4. Comparison of SEP Performances for Different Values of the Parameter Ω.

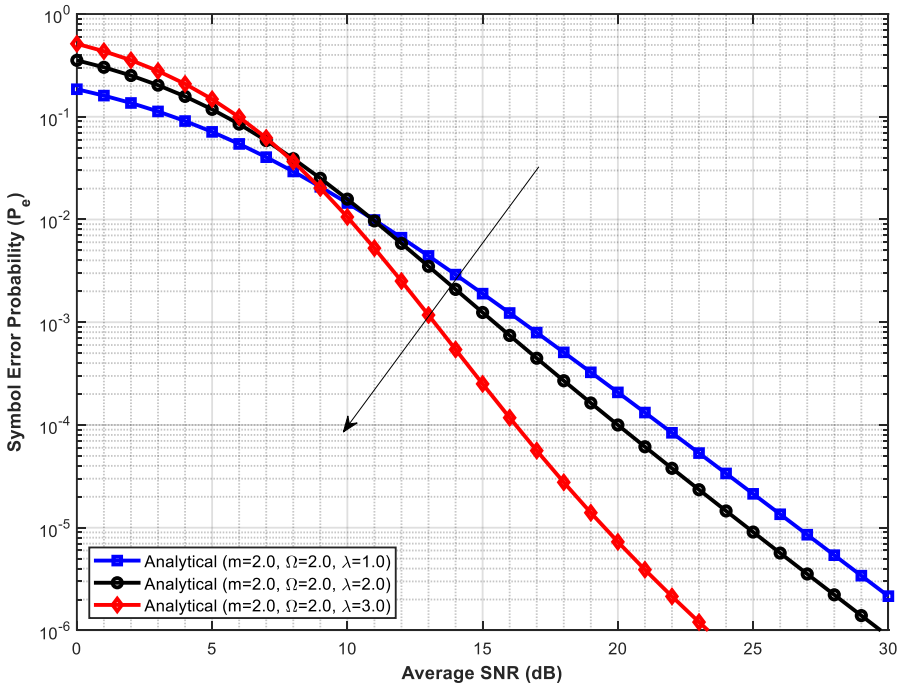


Figure 5. Comparison of SEP Performances for Different Values of the Parameter λ.

The last two QPSK scenarios considered are presented in Figure 4 and Figure 5. While Figure 4 presents a comparison of different values of the spreading factor, Ω, Figure 5 shows a comparison of the variations in the parameter, λ, which incorporates location effects. In

Figure 4, while m=2 and λ=2.4, the value of Ω is varied from 1 to 3. As can be observed, the SEP performance improves as the value of Ω decreases. In other words, as the effect of the spreading factor increases, the degradation of the system increases, and consequently, the system performance decreases. In the final scenario, Figure 5, while m=2 and Ω=2, the values of λ are varied from 1 to 3. As the value of lambda increases, the SEP performance improves, particularly beyond approximately 10 dB. Around approximately 10 dB, the SEP behaviour of the system exhibits a change. Since the effect of the location parameter becomes more pronounced at medium and higher SNR levels, the SEP performances of the system accordingly exhibit variation.

CONCLUSION AND DISCUSSION

In this study, a SEP analysis was performed by employing an Erfc function approximation developed using the ARO algorithm. The SEP analysis conducted was based on a PDF-based approach. As a result of the analysis, a closed-form expression was derived for a SISO system over Beaulieu-Xie fading channels. The effects of the variations in the parameters m, Ω, and λ, which are inherent to the Beaulieu-Xie channel and appear within the derived expression, on the SEP performance of the system were presented in detail. In all the results presented herein, QPSK signaling was employed due to the advantages it offers and its widespread use. In addition, a measurement setup was established in the experimental environment by utilizing USRP platforms, and QPSK-modulated transmission was carried out. The details of the setup established in the laboratory environment using USRP platforms are provided in the third subsection. The results obtained therefrom were compared with the analytical results of the closed-form SEP expression for a SISO Beaulieu-Xie fading channel derived with the aid of the ARO approximation. As can be observed from the obtained results, the experimental results and the analytical results are in very good agreement.

ACKNOWLEDGMENT

This research has been supported by the Scientific Research Projects Coordination Unit of Niğde Ömer Halisdemir University. Project Number: MMT 2025/10-ÖNAP.

REFERENCES

[1] N. C. Beaulieu and X. Jiandong, ‘A Novel Fading Model for Channels With Multiple Dominant Specular Components’, *IEEE Wireless Communications Letters*, vol. 4, no. 1, pp. 54–57, Feb. 2015, doi: 10.1109/LWC.2014.2367501.

[2] R. K. Ranjan, A. Chowdhury, and D. Ghoshal, ‘Analytical Evaluation of Average Symbol Error Probability for Wireless Systems Over Shadowed Beaulieu-Xie Fading Channels’, *Wireless Pers Commun*, vol. 146, no. 7, pp. 4593–4613, Jul. 2026, doi: 10.1007/s11277-026-12150-w.

[3] A. Madhan-Sohini, A. Olutayo, A. Chaaban, and J. F. Holzman, ‘Accurate Closed-Form Approximation for the Sum of Beaulieu–Xie Variables’, *Electronics Letters*, vol. 62, no. 1, p. e70598, Jan. 2026, doi: 10.1049/ell2.70598.

[4] S. Hawaibam and A. D. Singh, ‘Delay constrained rate analysis of communication systems over Beaulieu–Xie shadowed fading channels’, *International Journal of Electronics*, vol. 113, no. 9, pp. 1761–1773, Sep. 2026, doi: 10.1080/00207217.2026.2637982.

[5]S. P. Singh, A. P. Agrawal, K. Kaur, A. Kumar, K. Singh, and G. Singh, 'Secrecy Analysis of α-Beaulieu-Xie Fading Channel Under Selection Combining Diversity', *IEEE Access*, vol. 13, pp. 105231–105245, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3579485.

[6]L. Mona Devi and A. Dinamani Singh, 'Bit error rate analysis of MRC diversity receiver over shadowed Beaulieu-Xie fading channels for mmWave communications', *Int J Communication*, vol. 37, no. 7, p. e5719, May 2024, doi: 10.1002/dac.5719.

[7]D. Upadhyay, K. B. Sharma, R. Sharma, and N. Venu, 'Integrated Modeling of Wireless System Performance under Beaulieu-Xie Fading and κ-μ Co-Channel Interference: A Multi-Dimensional Exploration', in *2024 27th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC)*, Greater Noida, India: IEEE, Nov. 2024, pp. 1–6. doi: 10.1109/WPMC63271.2024.10863013.

[8]A. S. Gvozdarev, 'Closed-Form Analysis of the α-Beaulieu-Xie Shadowed Fading Channel', *IEEE Wireless Commun. Lett.*, vol. 12, no. 9, pp. 1623–1627, Sep. 2023, doi: 10.1109/LWC.2023.3284972.

[9]M. Bilim and D. Karaboga, 'Improved Chernoff Bound of Gaussian Q-function with ABC algorithm and its QAM applications to DB SC and MRC systems over Beaulieu–Xie channels', *Physical Communication*, vol. 58, p. 102034, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.phycom.2023.102034.

[10] M. Bilim, 'A comprehensive analytical perspective of ASEP for Beaulieu-Xie fading channels', *Int J Communication*, vol. 35, no. 13, p. e5244, Sep. 2022, doi: 10.1002/dac.5244.

[11] M. BiLiM and Y. Kabalci, 'Beaulieu-Xie Gölgelemeli Sönümlü Kanallar İçin Efektif Kanal Kapasite İfadesinin Kuramsal Türetimi', *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, vol. 10, no. 4, pp. 1037–1045, Dec. 2022, doi: 10.29109/gujsc.1154747.

[12] M. Bilim and Y. Kabalci, 'A framework for Gaussian *Q* approximation with BSA and its application to RIS-assisted systems', *AEU - International Journal of Electronics and Communications*, vol. 185, p. 155459, Oct. 2024, doi: 10.1016/j.aeue.2024.155459.

[13] M. Bilim and Y. Kabalci, 'On the robustness of SISO links subjected to Lomax fading for non-Gaussian noise, and hardware impairments: Error analysis with tight approximations', *AEU - International Journal of Electronics and Communications*, vol. 217, p. 156562, Dec. 2026, doi: 10.1016/j.aeue.2026.156562.

[14] A. Cengiz, M. Bilim, and Y. Kabalcı, 'Tümleyen hata fonksiyonuna optimizasyon temelli yeni bir yaklaşım', *NÖHÜ Müh. Bilim. Derg.*, vol. 18, Sep. 2026, doi: 10.28948/ngumuh.1981234.

[15] I. S. Gradshteĭn, I. M. Ryzhik, A. Jeffrey, and D. Zwillinger, *Table of integrals, series and products*, Seventh edition. Oxford: Academic, 2007.

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE SOURCES OF IMPLEMENTATION LOSS IN SOFTWARE-DEFINED RADIO MEASUREMENTS

Res. Asst. Alperen Cengiz,
Niğde Ömer Halisdemir University, Department of Electrical and Electronics Engineering
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Bilim
Niğde Ömer Halisdemir University, Department of Electrical and Electronics Engineering
Prof. Dr. Yasin Kabalcı
Niğde Ömer Halisdemir University, Department of Electrical and Electronics Engineering

ABSTRACT

Experimental studies routinely report deviations of the measured bit error rate (BER) from the theoretical curve in software-defined radio (SDR) systems. The source of this deviation is often attributed to phase noise without direct evidence. In this study the sources of the deviation were separated through controlled experiments on two USRP (Universal Software Radio Peripheral) B210 radios. The classical implementation loss metric was first shown to be misleading when measurements from different sessions are compared. The calibration of the signal-to-noise ratio (SNR) axis drifts from session to session and this drift appears as a physical impairment. A distortion metric independent of axis calibration was therefore defined. The metric is based on the difference between the equivalent energy per bit to noise power spectral density ratio E_b/N_0 values implied by the error vector magnitude (EVM) and by the BER. Three independent variables affecting the same distortion term were then tested. These are the carrier frequency, the reference drive level and the reference source type. The first two were applied as bracketed measurements with a return to the baseline condition. The result can therefore not be attributed to environmental drift. The repeatability campaign comprised 45 recordings over three sessions and 2.6×10^9 bits. Increasing the reference drive level by 12.4 dB reduced the distortion metric by 0.73 dB and the error floor by a factor of 4.7. In contrast the steady phase jitter remained unchanged. The effect therefore lies in the tail rather than the center of the phase error distribution. The behavior was explained by a comparator slew-rate mechanism at the reference input. When the reference source was changed the error floor changed by four orders of magnitude. The image rejection ratio and the intersymbol interference controls remained constant. It was shown that the reference drive level affects the measured performance.

Keywords: Software-Defined Radio, Universal Software Radio Peripheral, Implementation Loss, Phase Noise, Measurement Uncertainty.

INTRODUCTION

Software-defined radio (SDR) hardware has made it possible to measure the performance of communication systems under laboratory conditions. In most studies conducted using these setups the measured bit error rate (BER) curve is presented alongside the theoretical curve. The horizontal difference between them is reported as implementation loss [1]. Although the magnitude of the loss is reported, its source is often attributed to phase noise or hardware imperfections without justification. To attribute the loss to a specific mechanism, that mechanism must be modified in isolation and the metric must respond accordingly.

Common phase error and intercarrier interference contributions have been modeled in detail for orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) [2]. There are also recent studies on pilot-based phase noise estimation [3]. It has been demonstrated that SDR can be used as a measurement tool in oscillator metrology [4]. In contrast, the number of studies that use controlled experiments to identify which hardware component is responsible for the loss observed in a link performance measurement is limited.

In this study, the issue was addressed using a setup consisting of two USRP B210 radios. The contributions are summarized under four headings. First, it was experimentally demonstrated that the classical implementation loss metric depends on the calibration of the signal-to-noise ratio (SNR) axis when measurements from different sessions are compared. Second, a distortion metric independent of this calibration was defined. Third, three independent variables affecting the same distortion term were tested. Two of these were bracketed by a return to the baseline condition so the results cannot be attributed to environmental changes. Fourth, it was shown that the effect lies not in the mean square value of the phase error distribution but in its tail.

MATERIALS AND METHODS

Measurement Setup

The setup consists of two USRP B210 radios locked to a common 10 MHz external reference [5]. The reference is distributed to the reference inputs of both radios via a resistive divider. The divider consists of three 15 Ω resistors connected in a star configuration within a 50 Ω system. The theoretical insertion loss for these values is 5.80 dB while the measured value is 5.7 dB. Both radios are based on the AD9361 wideband transceiver integrated circuit [6]. The external reference drives the phase-locked loop input of this circuit. The block diagram of the setup is shown in Figure 1.

On the transmitter side quadrature phase shift keying (QPSK) frames with a symbol rate of 250 ksym/s and a root-raised-cosine filter are generated. Each frame carries 1200 symbols. One pilot symbol is inserted after every five data symbols, which gives 1000 data symbols and 200 pilot symbols. The symbol period is 4 microseconds so the pilot interval is 24 microseconds. A Zadoff-Chu preamble with root 25 and length 63 sits at the beginning of the frame. On the receiver side, a continuous 300-second recording is taken for each run and approximately 17 300 frames are collected. The SNR and the error vector magnitude per frame together with the number of errors and the largest phase step between pilots are stored separately. Storing the raw symbols meant that no measurement had to be repeated when the metric was changed later.

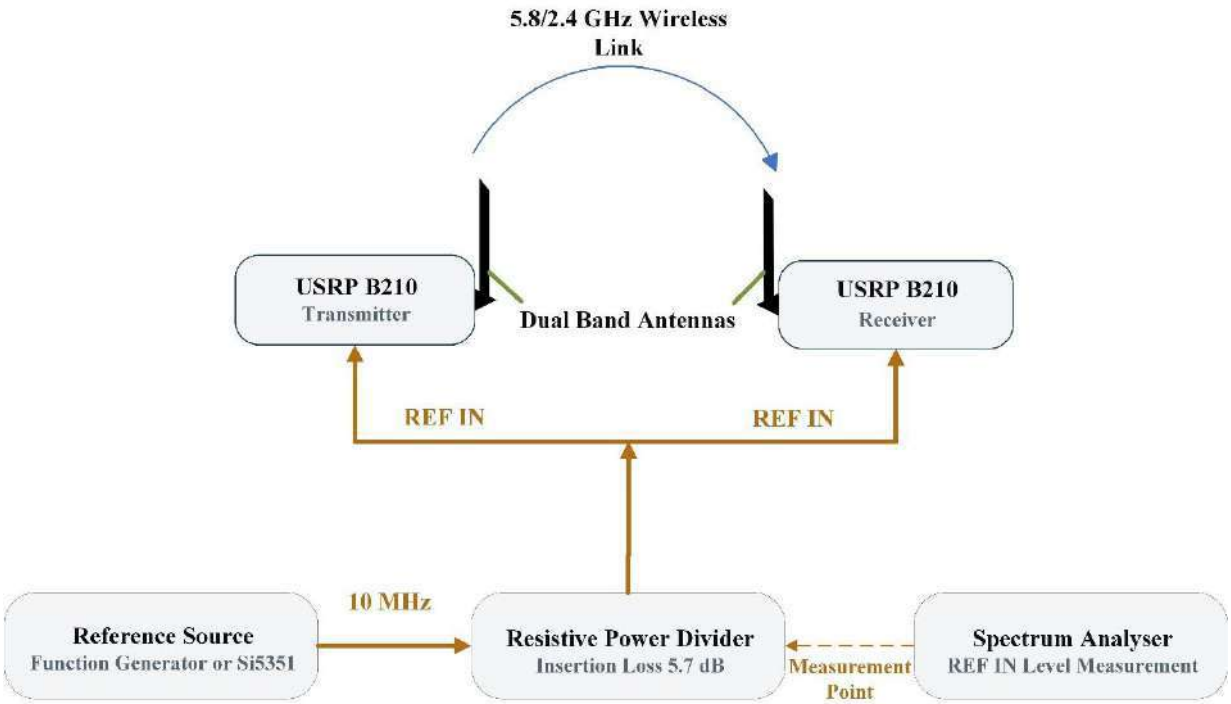


Figure 1. Block diagram of the measurement setup.

Frames with low lock quality are separated by a threshold based on the pilot phase step. Accepted and rejected frames are reported separately. This distinction is consistent with the approach that calls for separate evaluation of available and unavailable states in error performance measurements [7], [8]. An upper limit is given for bins where zero errors are observed [9].

A Distortion Metric Independent of Axis Calibration

The classical implementation loss is defined as the horizontal difference between the measured curve and the theoretical curve at a fixed BER [10], [11]. This definition assumes that the SNR axis is correctly calibrated. Measurements have shown that this assumption does not hold. In the data sets collected on two different days the equivalent E_b/N_0 values implied by the error vector magnitude and by the BER shift along the curve with a nearly constant difference. A constant difference along the curve is not a physical distortion but a shift of the axis itself. The classical loss indeed increased from 1.80 dB to 3.61 dB in the condition where the reference was strengthened and presented an improvement as a deterioration.

For this reason, a metric independent of the axis was defined. For an *M*-ary modulation two separate equivalent E_b/N_0 values are calculated from the measured error vector magnitude and from the bit error rate.

$$(E_b/N_0)_{EVM} = 1/(EVM^2 \times \log_2 M) \quad (1)$$

$$(E_b/N_0)_{BER} = \left[Q^{-1}(BER)\right]^2/2 \quad (2)$$

Equation (1) gives the operating point corresponding to Gaussian noise of the same power as the measured total distortion power. Equation (2) gives the operating point that the observed error rate would require under pure Gaussian noise. The distortion metric is defined as the difference between these two.

$$\delta_{NG} = 10\log_{10}\left((Eb/N0)_{EVM}/(Eb/N0)_{BER}\right) \quad (3)$$

The quantity defined by Equation (3) measures how much worse the actual error rate is than what Gaussian noise of the same power would produce. It approaches zero under isotropic thermal noise. It grows under concentrated impairments such as phase noise or discrete spurs. Since the SNR axis is common to both terms it cancels in the difference. The metric is therefore unaffected by inter-session calibration drift.

RESEARCH AND FINDINGS

Measurement Repeatability

The repeatability of the setup was measured before the decomposition experiments were carried out. Five repetitions were taken for each of the three modulations across three sessions. A total of 45 runs and 2.6×10^{9} bits were collected. Figure 2 shows the pooled error curves of these runs. Each run sweeps the transmitter gain while the receiver gain is held at a fixed value. The frames of all runs are then pooled into 1 dB bins of the estimated E_b/N_0 A bin is reported only when it holds at least 10^5 bits and at least one error.

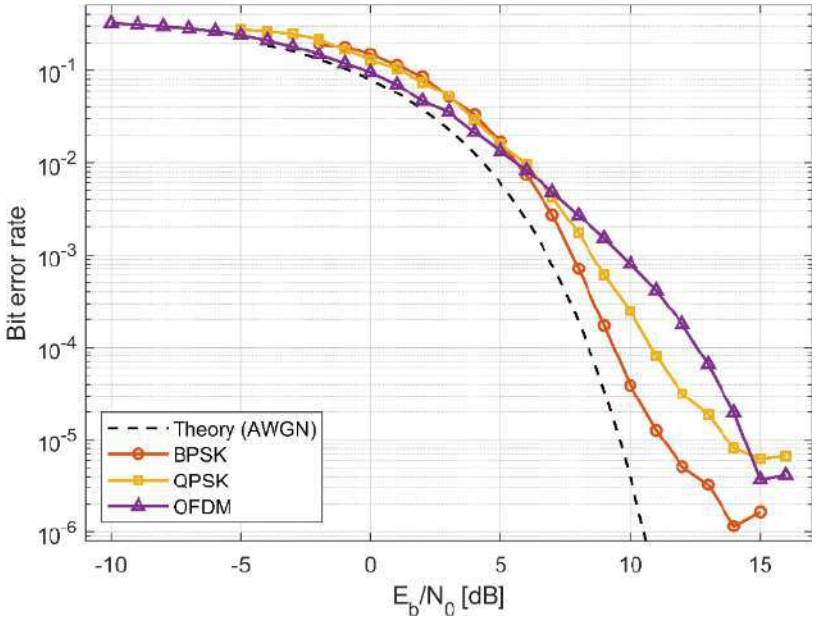


Figure 2. Pooled bit error rate curves for the three modulations. The dashed curve shows the theoretical QPSK performance.

The standard deviation of the within-session repeatability stayed between 0.01 and 0.33 dB. The between-session difference is markedly larger than this. This indicates that the environmental conditions did change and that this change could be measured. Table 1 gives these values for the classical implementation loss and for the proposed metric. The three sessions are labelled S1 to S3 and each was recorded on a different day. The between-session spread is taken here as the largest difference between the session means. A notable finding is that OFDM is affected far less by the session than the other two under the classical metric. Its

between-session spread stays at 0.32 dB while binary phase shift keying (BPSK) reaches 1.41 dB. The spread of the proposed metric is closer across the three modulations. The session dependence of BPSK and QPSK was observed with two independent metrics and was therefore not treated as an artifact of the analysis. Its cause could not be explained within the scope of this study.

Table 1. Within-session and between-session repeatability for the three modulations together with the classical implementation loss and the proposed metric.

Modulation	Session	Classical implementation loss (dB)	δ_{NG} (dB)
BPSK	S1	0.86 ± 0.18	1.79 ± 0.30
BPSK	S2	1.35 ± 0.06	1.57 ± 0.11
BPSK	S3	−0.06 ± 0.13	2.41 ± 0.33
BPSK	Between-session spread	1.41	0.84
QPSK	S1	1.98 ± 0.21	2.20 ± 0.04
QPSK	S2	2.24 ± 0.30	2.44 ± 0.18
QPSK	S3	1.38 ± 0.03	3.02 ± 0.04
QPSK	Between-session spread	0.86	0.83
OFDM	S1	2.05 ± 0.11	1.69 ± 0.23
OFDM	S2	2.37 ± 0.03	2.34 ± 0.01
OFDM	S3	2.31 ± 0.08	2.33 ± 0.19
OFDM	Between-session spread	0.32	0.65

Carrier Frequency Variable

The phase noise of the reference is transferred to the carrier in proportion to the multiplication factor. Operating at 5.8 GHz and at 2.4 GHz with the same reference therefore alters the phase contribution in a predictable way [12]. This variable was applied in a bracketed manner with a return to the initial condition. The value of δ_{NG} was measured as 2.96 ± 0.11 dB at 5.8 GHz and as 2.23 ± 0.12 dB at 2.4 GHz. The drift check gave a difference of 0.15 ± 0.07 dB between the measurements at the beginning and at the end of the block. The environment was thus confirmed to have stayed constant. Figure 3 shows both variables together.

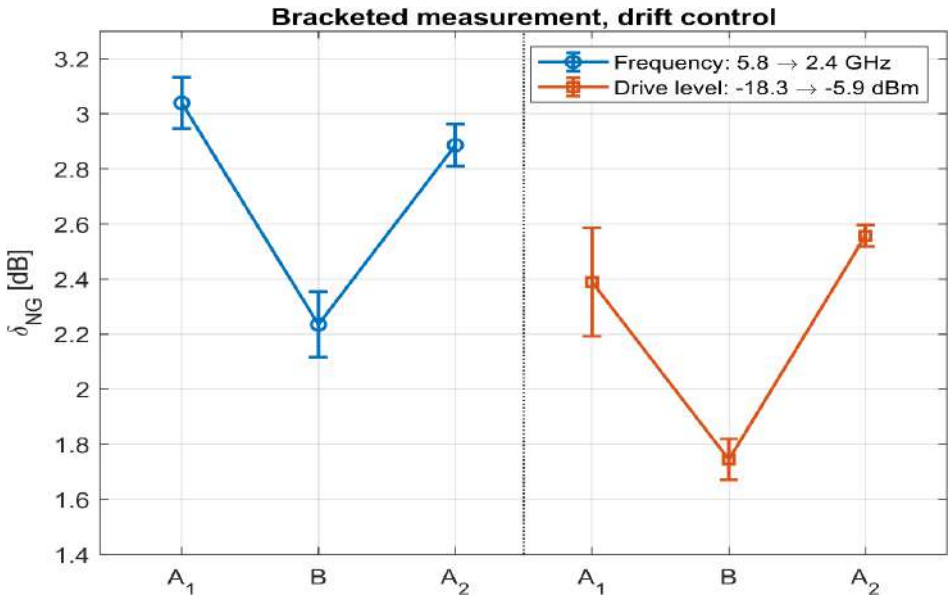


Figure 3. δ_{NG} values measured in the bracketed blocks for the two variables. Error bars show the within-block standard deviation.

Reference Drive Level Variable

For the second variable, the carrier frequency was kept constant, and the reference drive level was changed. The level measured at the reference input of the radio was raised from −18.3 dBm to −5.9 dBm. The difference is 12.4 dB. All three blocks were taken back-to-back within a single three-hour session with the same antenna placement and the same receiver gain. Only the generator amplitude was changed.

The value of δ_{NG} was measured as 2.47 ± 0.16 dB in the baseline blocks and as 1.74 ± 0.08 dB in the test block. The difference is 0.73 ± 0.08 dB and is larger than nine standard deviations. The drift check gave 0.17 ± 0.12 dB over the three-hour block. The median of the peak pilot phase step per frame fell by 62 percent in the high SNR band and rose again in the third block. The error floor fell from 1.05×10^{-5} to 4.98×10^{-6} and rose to 3.65×10^{-5} in the third block. Figure 4 shows how the peak pilot phase step varies with the frame SNR in the three blocks. The curve of the test block lies below the two baseline curves across the whole band and the third block returns above the first.

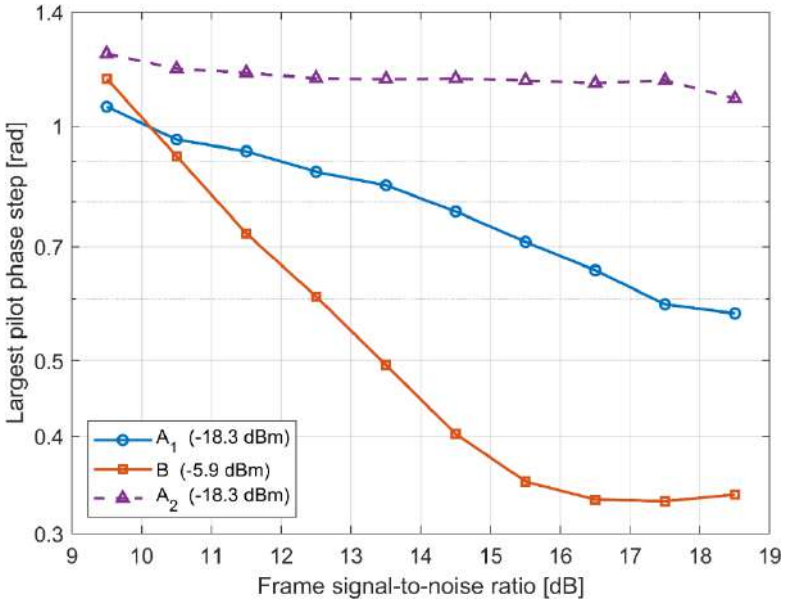


Figure 4. Variation of the median peak pilot phase step per frame with signal-to-noise ratio for the reference drive level variable.

Figure 5 shows the main finding of this study. The phase jump and the error floor fell together when the reference drive was increased. The steady phase jitter measured from the I/Q records stayed at 0.102 rad in all three blocks. The reference drive level therefore corrects the tail of the distribution rather than the average phase noise. This behavior is the expected one at a weakly driven comparator input. On a slow edge, the noise occasionally crosses the threshold early or late. This does not noticeably disturb the root mean square value, but it produces rare and large deviations. It is these rare deviations that feed the error floor.

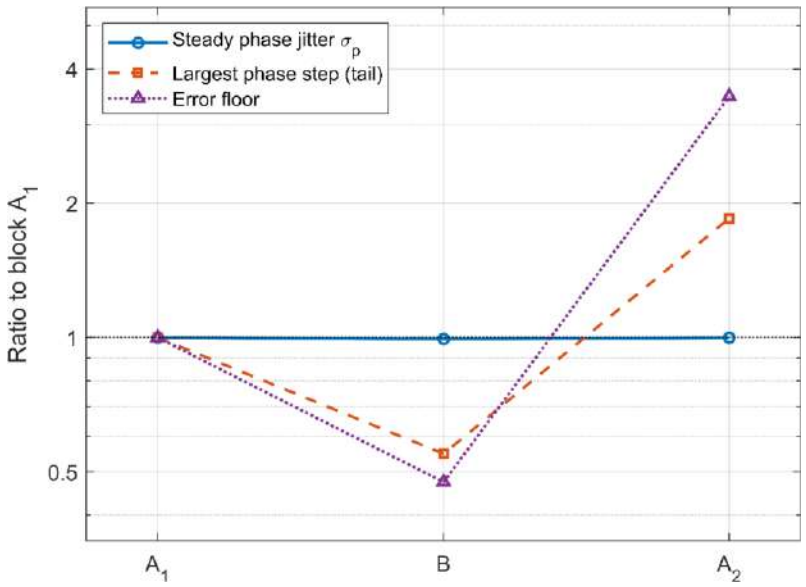


Figure 5. Joint variation of the steady phase jitter, the pilot phase jump and the error floor across the three blocks.

Reference Source Variable

For the third variable, the reference source was replaced entirely, and a fractional-N clock generator module was used in place of the function generator. The output frequency of the module was set to 10.000 MHz and +4.6 dBm was then measured at the radio input. This value is 10.5 dB above even the highest point of the level variable. The error floor nevertheless rose to 6.4×10^{-2}. The error vector magnitude saturated at 51 percent, and the root mean square phase error in the accepted frames was measured as 0.64 rad.

The one-sided nature of the result makes this variable a particularly strong one. Performance degraded by four orders of magnitude even though the source was driven at a higher level. The observed degradation therefore cannot be explained by the drive level. The data sheet of the module gives an rms jitter figure in time units. A jitter of 70 ps at 10 MHz corresponds to a phase jitter of about 4.4 mrad. Scaling this value to the 5.8 GHz carrier gives the order of magnitude that was measured. This value gives the measured order of magnitude when it is scaled to the carrier. Figure 6 compares the error floor of the four reference configurations.

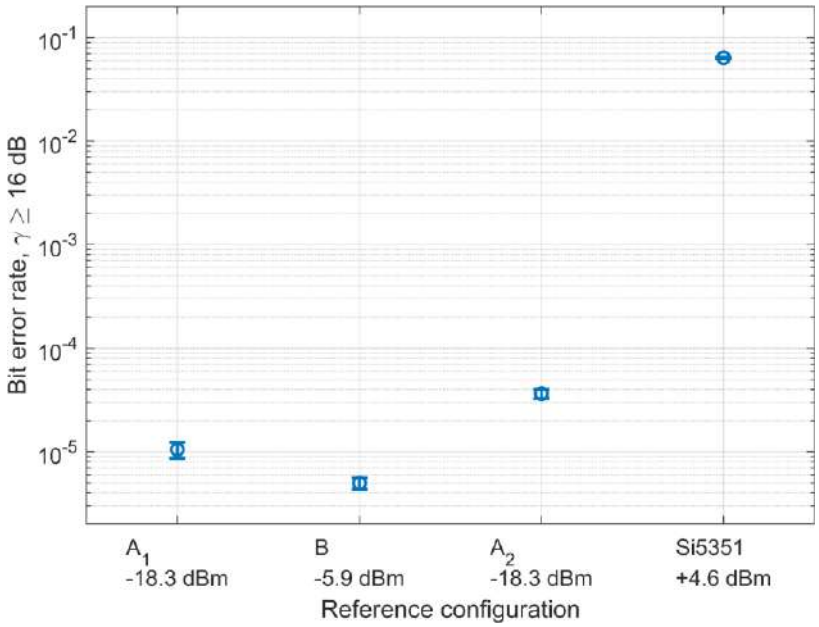


Figure 6. Measured error floor for the four reference configurations.

Control Quantities

In order to claim that an effect is real, it must also be shown that the quantities which should not change at the same time have not changed. A widely linear model was fitted, and the I/Q image rejection ratio (IRR) and the intersymbol interference margin were estimated from each block. Table 2 gives these values together with the distortion indicators.

Table 2. Control quantities and distortion indicators for each block.

Block	Reference condition	δ_{NG} (dB)	σp (rad)	Pilot phase step (rad)	Error floor	IRR (dB)	ISI margin (dB)
A1	baseline, −18.3 dBm	2.39 ± 0.20	0.102	0.63	1.05×10^{-5}	29.9	−45.5
B	test, −5.9 dBm	1.74 ± 0.08	0.101	0.33	4.98×10^{-6}	24.9	−45.4
A2	return to baseline, −18.3 dBm	2.56 ± 0.04	0.102	1.14	3.65×10^{-5}	34.6	−45.8
Si5351	clock generator, +4.6 dBm	–	–	–	6.4×10^{-2}	38.8	−37.5

The intersymbol interference margin stayed below −37 dB in all four configurations. The IRR ranges between 25 and 39 dB from block to block. This variation shows no trend related to the drive level. It took its worst value in the block where the distortion metric was best. It took its best value in the clock generator configuration where the error floor was worst. The control quantity moving in the opposite direction to the effect shows that the observed change cannot be explained by the I/Q image.

CONCLUSION AND DISCUSSION

In this study, the deviation of the BER measured on a setup of two USRP B210 radios from the theoretical curve was investigated through controlled experiments. The classical implementation loss metric was found to be unsuitable for comparing measurements from different sessions. In the block where the reference drive level was improved this metric rose from 1.80 dB to 3.61 dB. An improvement was therefore read as a degradation.

A metric based on the difference between the equivalent E_b/N_0 values implied by the error vector magnitude and by the bit error rate was defined for this problem. The absolute E_b/N_0 term cancels in this difference so the metric is independent of the gain calibration. In the same block this metric fell from 2.47 dB to 1.74 dB. The two metrics moving in opposite directions shows that the classical definition is misleading in a between-session comparison.

The measurements carried out over the three variables show that the effect of the reference drive level is not collected in a single quantity. The standard deviation of the steady phase jitter stayed at 0.102 rad in all three blocks. The pilot phase jumps and the error floor on the other hand improved together. This separation indicates that the distortion lies in the tail of the phase error distribution and not in its bulk. The comparator slew rate at the reference input was taken as the mechanism that explains this behavior.

The measurements were made in a single laboratory environment and with a single pair of radios so the numerical values obtained are specific to this setup. The calibration-free structure of the proposed metric is on the other hand transferable to other setups. The reference drive level is a parameter that is rarely reported in SDR measurements. It was shown in this study that this parameter affects the measured performance.

ACKNOWLEDGMENT

This research has been supported by the Scientific Research Projects Coordination Unit of Niğde Ömer Halisdemir University. Project Number: MMT 2025/10-ÖNAP.

REFERENCES

[1] A. Marwanto, M. A. Sarijari, N. Fisal, S. K. S. Yusof, and R. A. Rashid, "Experimental study of OFDM implementation utilizing GNU Radio and USRP - SDR," in *2009 IEEE 9th Malaysia International Conference on Communications (MICC)*, Dec. 2009, pp. 132–135. doi: 10.1109/MICC.2009.5431480.

[2] D. Petrovic, W. Rave, and G. Fettweis, "Common phase error due to phase noise in OFDM-estimation and suppression," in *2004 IEEE 15th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, Sep. 2004, pp. 1901-1905 Vol.3. doi: 10.1109/PIMRC.2004.1368329.

[3] B. Gävert, "On pilot-based estimation of phase noise," Chalmers University of Technology, 2025. Accessed: Oct. 06, 2026. [Online]. Available: https://research.chalmers.se/en/publication/545856

[4] J. A. Sherman and R. Jördens, "Oscillator metrology with software defined radio," May 11, 2016, *arXiv*: arXiv:1605.03505. doi: 10.48550/arXiv.1605.03505.

[5] Ettus Research, "USRP B200/B210 bus series specification sheet," National Instruments. Accessed: Oct. 06, 2026. [Online]. Available: https://www.ettus.com/wp-content/uploads/2019/01/b200-b210_spec_sheet.pdf

[6] Analog Devices, "AD9361 RF agile transceiver data sheet," Rev. G. Accessed: Oct. 06, 2026. [Online]. Available: https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad9361.pdf

[7] ITU-T Recommendation G.826, "End-to-end error performance parameters and objectives for international, constant bit-rate digital paths and connections," International Telecommunication Union, Dec. 2002. [Online]. Available: https://www.itu.int/rec/T-REC-G.826.

[8] ITU-T Recommendation O.150, "General requirements for instrumentation for performance measurements on digital transmission equipment," International Telecommunication Union, May 1996. [Online]. Available: https://www.itu.int/rec/T-REC-O.150.

[9] M. Jeruchim, "Techniques for Estimating the Bit Error Rate in the Simulation of Digital Communication Systems," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 2, no. 1, pp. 153–170, Jan. 1984, doi: 10.1109/JSAC.1984.1146031.

[10] Maury Microwave, "Implementation margin of a satellite communication system," Application Note. Accessed: Oct. 06, 2026. [Online]. Available: https://maurymw.com/resources/

[11] ETSI, "EN 302 307-1 V1.4.1, Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for broadcasting, interactive services, news gathering and other broadband satellite applications; Part 1: DVB-S2," European Telecommunications Standards Institute, Nov. 2014.

[12] C. Collmann, B. Banerjee, A. Nimr, and G. Fettweis, "A Practical Analysis: Understanding Phase Noise Modelling in Time and Frequency Domain for Phase-Locked Loops," Jul. 16, 2025, *arXiv*: arXiv:2507.12146. doi: 10.48550/arXiv.2507.12146.

INTERSECTIONS OF RELIGION AND CULTURE IN CONTEMPORARY SOCIAL LIFE

Ananda Majumdar

Ananda Majumdar - Harvard University
Ananda MAJUMDAR | alumnus | Business | MacEwan University, Edmonton | Human Resources | Research profile
Prof. Dr. Ananda Majumdar (0000-0003-3045-0056) - ORCID
View Scholars Profile
Professor of Practice in Social Science at Kennedy University of Saint Lucia and at QAHE.
*QAHE and Kennedy University Jointly Award Hon. Prof. of Practice
*Professor (hon.c.) of Digital Education and AI Innovation, UniDAIM
UniDAIM Confers Honorary Professorship on Dr. Ananda Majumdar - UniDAIM
ScholarProfiles: Dr. Ananda Majumdar http://scholarprofiles/0000-1759-4672
614b1f_c69ad6a99e14489483423dd8034f2bdb.pdf
(PDF) III Congreso Internacional Edad Media, Edad transMedia
International-Colloquium-Program.pdf
Program Symposium Nicaea 2025
Robin Hood Scholars: IARHS on the Web: 15th Biennial Conference Schedule
2025 Conference Abstracts – The Australian Early Medieval Association
PDF view of the file konferencia DASABEWDI 05.01.26.pdf
New College Conference - 2026 Program
The Wooing group conference speaker, September 25-26, 2026, at the University of Oxford, England
Harvard Graduate School of Education Professional Certificate in Early Education Leadership (CEEL-Series 1-3), 2017-2025 (online).
*NorQuest College, Alberta Routes Program -present
Currently pursuing a Doctor of Divinity at North Central Theological Seminary, Minneapolis, United States (2023 - present).
University of Alberta, B.Ed. (Elementary), Community Service-Learning Certificate, International Learning Certificate, 2012-2022.
Intern, Digital Museum and Diaspora, Migration, GRFDT, New Delhi, India (April 2021–March 2022, online)
Book Pecker Fellow at Peace X in India (September 2020- March 2021, Online)
Grant MacEwan University (Diploma in HR Management), 2008-2012
Jadavpur University (Master of Arts in International Relations)
Sikkim Manipal University, MBA HR and Marketing Management
MBB College, Tripura University (Bachelor of Arts in Political Science)
Researcher and Writer, Antarctic Institute of Canada, Servicing Community Internship Program (SCIP, Government of Alberta).
Member of the Student Panel, the Academic Panel, Cambridge University Press, and a UX research member at Cambridge University Press
Academic Member of the Association of Political Theory (ATP), University of Massachusetts
Reviewer, Asian Journal of Education and Social Studies; Health Economics, Policy and Law; Cambridge University Press
Academic Member of the Memory Studies Association, School of Memory Studies, Indian Institute of Technology (IIT) Madras, Tamil Nādu, India
Editor in Education, Axis Journal, Turkey, Editorial Team | AXIS World – Journal of Applied Cross-disciplinary Insights
Editorial Team | European Archives of Social Sciences
Currently an Early Childhood Educator at Brander Garden After School Parents Association.
Researcher, Project-based Articles, Antarctic Institute of Canada under Riipen
Currently Professor of Practice in Social Science at QAHE & Kennedy University of Saint Lucia.
CONFERENCE AND RESEARCH COMMITTEE MEMBER:
Dicle University. III. International Architecture Symposium. “Built Environment Practices and Actors.” 11-12 Aralık 2023 / Diyarbakır, Türkiye. III. INTERNATIONAL ARCHITECTURE SYMPOSIUM (iksadkongre.com)
Business Journal 2nd International Paris Social Science Congress, December 21-24, Paris, France, 2023.
www.ubsder.org.tr.https://ubsder.org.tr/2023-paris-kongreleri/
1st International Canadian Scientific Research Congress. May 1- 3, 2024, Toronto, Canada. https://www.iksadamerica.org/canada.
https://www.iksadamerica.org/_files/ugd/614b1f_f75cefe8f2db463aa0d2a599c76e01bb.pdf
International & 3. NationalÇukurova Women's Studies Congress. 1. INTERNATIONAL 3. NATIONAL ÇUKUROVA WOMEN'S STUDIES CONGRESS (iksadkongre.com)
International Paris Congress on Scientific Research and Innovation-France, June 28-29, 2025. III. Uluslararası Paris Bilimsel Araştırmalar ve İnovasyon Kongresi-FRANSA - Woscon Kongreleri
International Black Sea Coastline Countries Scientific Assembly by the Center for Black Sea Research, September 26-28, 2025 - Trabzon, Türkiye. Black Sea coastline countries congress | Karadeniz Kıyisi Olan Ülkeler KoGuest Lectures and Speaking Engagements: Collaborated with Heritage Foundation, Jalgaon, and Shankar Maharshi Bhausaheb Santuji Thorat College, Sangamner, Maharashtra, India, National Level Online Program on Pedagogy & Practices in Heritage Studies, July 2021. Presented paper: "Archaeological Teaching and Social Relevance."
Chief Guest, Valedictory Session, Two-day International e-Conference on Women and Child Development, Sathiyam Social Services, Tamil Nadu, India, November 2021.
EFL Training Camp (2026). Universidad Casa Grande, Ecuador. Lecture paper: “Empowering English Language Learners: Effective Strategies for Success,” August 2026
CHIEF GUEST: Valedictory Session: Two-day international e-conference on "Women and Child Development. November 18-19, 2021. Sathiyam Social Services organization, Tamil Nādu, India
EFL training camp 2026 – Universidad Casa Grande, Ecuador. My lecture paper is “Empowering English Language Learners: Effective Strategies for Success.” August 14/16

Abstract: This study considers how religion and culture interact as dynamic forces shaping identity, social behaviour, and collective meaning-making in diverse communities (Geertz, 1973; Durkheim, 1912; Asad, 1993; Mahmood, 2005; Beyer, 2006; Levitt, 2007; Campbell, 2012; Stroope, 2011; Navida, 2026; Dennel, 2024; Plüss, 2009; Schnabel, 2022; Cultural Negotiation and Identity Formation in Interfaith Marriages, 2024; Tseung-Wong, 2024; Eballo & Eballo, 2024). The aim is to examine how religious practices influence cultural values and how cultural settings reinterpret religious traditions over time. The objectives are to examine patterns of continuity and change, identify points of tension or negotiation, and highlight how individuals use religious and cultural resources to construct a feeling of belonging. The study's summary shows that religion and culture cannot be separated; rather, they operate as mutually reinforcing systems. The literature review draws on classical and contemporary scholarship in anthropology, sociology of religion, and cultural studies, noting that scholars such as Clifford Geertz and Talal Asad emphasize the symbolic, interpretive, and power-laden dimensions of religious life. Recent studies also highlight migration, electronic communication, and globalization as factors accelerating cultural transformation. The method used is qualitative documentary analysis, examining texts, community narratives, and cultural artifacts to trace how religious meanings are expressed, adapted, or contested. Documents were selected based on their relevance to the research questions, credibility, diversity of perspectives, and representation of diverse religious and cultural settings. A purposive sampling strategy was used to ensure coverage of different traditions, historical periods, and sources, with materials including academic texts, historical records, policy documents, religious scriptures, and artistic works. Results show that religious rituals frequently serve as cultural anchors, whereas cultural change encourages reinterpretation of religious norms. Findings show that communities negotiate identity using hybrid practices that combine tradition alongside modernity. The outcome demonstrates that religion is still a vital cultural resource, offering ethical structures, emotional support, and social cohesion. Its relevance lies in assisting educators, policymakers, and community leaders to understand how cultural diversity and religious pluralism shape contemporary societies. The conclusion affirms that studying religion and culture together gives deeper insight into human behaviour and social transformation. It also suggests that subsequent research should examine digital religious expression and intercultural dialogue as emerging sites of cultural negotiation.

Keywords: Religion, Culture, Identity.

Religion and culture are two of the most influential forces in forming the structure of contemporary societies (Geertz, 1973; Durkheim, 1912; Asad, 1993; Mahmood, 2005; Beyer,

2006; Levitt, 2007; Campbell, 2012). Their intersection is a dynamic, multidimensional process that touches nearly every aspect of social life—from individual selfhood and community belonging to the broader frameworks of meaning that guide collective behaviour. In a world defined by increasing diversity, migration, and technological change, understanding how religion and culture interact is more relevant than ever for scholars, policymakers, educators, and ordinary people alike.

At its core, religion provides a system of beliefs, practices, and moral codes that help individuals and groups make sense of their existence (Geertz, 1973; Durkheim, 1912; Stroope, 2011; Dennel, 2024; Navida, 2026). Culture, meanwhile, encompasses the shared values, symbols, rituals, and everyday practices that bind communities together. While these domains are often studied separately, their boundaries are fluid; religious rituals, narratives, and ethical doctrines both shape and are formed by cultural norms. For instance, the celebration of religious festivals frequently reflects community practices and historical experiences, resulting in distinct practices even among adherents of the same faith throughout various regions (Dennel, 2024; Navida, 2026; Stroope, 2011). Conversely, cultural changes—spurred by processes like globalization, online communication, and migration—can prompt the reinterpretation of religious traditions and the emergence of new forms of religious expression (Plüss, 2009; Beyer, 2006; Campbell, 2012).

The relationship between religion and culture is not always harmonious (Asad, 1993; Mahmood, 2005; Schnabel, 2022). In some cases, tensions arise when traditional religious values conflict with changing cultural norms, especially around issues such as gender roles, sexuality, or political participation (Mahmood, 2005; Schnabel, 2022). These points of negotiation can lead to either the reinforcement of tradition or the adaptation of religious practices to better correspond to contemporary realities. People and groups deal with these complexities in diverse ways, often fusing elements of tradition and contemporary life to forge hybrid identities and new modes of belonging (Tseung-Wong, 2024; Cultural Negotiation and Identity Formation in Interfaith Marriages, 2024).

Studying the intersections of religion and culture thus offers deep perspectives on the mechanisms of social continuity and change (Geertz, 1973; Durkheim, 1912; Beyer, 2006; Levitt, 2007). It reveals how communities preserve coherence, adapt to outside pressures, and find meaning in an ever-changing world (Stroope, 2011; Dennel, 2024; Navida, 2026). As contemporary societies grow increasingly pluralistic, a subtle understanding of how religion and culture interact is key for fostering social cohesion, mutual respect, and innovative pathways for intercultural dialogue (Campbell, 2012; Plüss, 2009).

The relationship between religion and culture has been a central concern in the humanities and social sciences for decades, attracting substantial scholarly attention across anthropology, sociology, and cultural studies (Geertz, 1973; Durkheim, 1912; Asad, 1993; Mahmood, 2005; Levitt, 2007; Beyer, 2006; Campbell, 2012). Early important work by anthropologists such as Clifford Geertz (1973) framed religion as a cultural system—a web of symbols and meanings that inform both personal and common identity. Geertz argued that religious symbols play a critical function in shaping worldviews and providing moral orientation, thus firmly embedding religion within cultural practice. Similarly, Emile Durkheim (1912) approached religion as a social phenomenon, emphasizing its function in community cohesion and the collective consciousness, further stressing the mutual reinforcement of religion and culture.

Contemporary theorists have expanded upon these foundations, interrogating the complex, bidirectional nature of religious and social exchange (Asad, 1993; Mahmood, 2005). Talal Asad (1993) critiqued earlier universalist models by stressing the power dynamics intrinsic in the production and interpretation of religious traditions. He argued that religious meanings are contextually constructed, formed by historical contingencies, and often contested within cultural settings. This perspective has encouraged scholars to attend to how cultural power, colonial histories, and social inequalities inflect religious practice and interpretation (Mahmood, 2005; Schnabel, 2022).

Recent scholarship has explored the impact of migration, globalization, and online communication on the intersection of religion and culture (Levitt, 2007; Beyer, 2006; Plüss, 2009; Campbell, 2012). Migration studies, similar to those by Levitt (2007), have demonstrated how religious practices travel across borders, responding to new cultural settings and often giving rise to hybrid forms of religious expression. Globalization has accelerated the circulation of religious ideas and practices, as noted by Beyer (2006), while also amplifying encounters between differing religious and cultural traditions. Digital technologies further complicate these processes, enabling new forms of religious community and ritual that surpass traditional divisions of time and space (Campbell, 2012).

At the same time, the literature spotlights ongoing points of negotiation and tension (Asad, 1993; Mahmood, 2005; Schnabel, 2022; Cultural Negotiation and Identity Formation in Interfaith Marriages, 2024; Tseung-Wong, 2024). Issues such as gender roles, sexuality, and political engagement frequently become flashpoints where faith-based and cultural values are brought into dialogue—and sometimes conflict (Mahmood, 2005; Schnabel, 2022). Scholars like Mahmood (2005) have examined how religious women deal with these tensions, actively reshaping both religious and cultural norms in the process. These studies reveal the agency of

individuals and groups in constructing hybrid identities and innovative forms of belonging (Tseung-Wong, 2024; Cultural Negotiation and Identity Formation in Interfaith Marriages, 2024).

In sum, the literature suggests that religion and culture are best understood as mutually constitutive, continually shaping and reshaping one another in reaction to changing social realities (Geertz, 1973; Durkheim, 1912; Asad, 1993; Mahmood, 2005; Beyer, 2006; Levitt, 2007). This active interaction is central to understanding the persistence of tradition, the emergence of new practices, and the negotiation of identity in contemporary societies. Collectively, these insights illustrate the significance of interdisciplinary approaches that attend to the symbolic, social, and power-laden aspects of religious and cultural life (Campbell, 2012; Schnabel, 2022).

This study adopts a qualitative research design, utilizing documentary analysis as its primary methodological approach (Asad, 1993; Geertz, 1973; Durkheim, 1912; Mahmood, 2005; Beyer, 2006; Levitt, 2007). Documentary analysis is a systematic procedure for reviewing or evaluating documents, both printed and electronic (including computer-based and Internet-transmitted formats), that contain information relevant to the research questions (Campbell, 2012). To ensure rigour and validity, documents and artifacts were included based on explicit criteria: direct relevance to the research questions, credible authorship or provenance, diversity of perspectives, and representation of diverse religious and cultural settings. Materials were excluded if they lacked sufficient contextual information, were not accessible in full, demonstrated substantial bias without scholarly justification, or did not explicitly address the intersections of religion and culture. This method is especially well-suited for exploring the complex and often subtle ways in which religion and culture intersect, as it permits the examination of a wide variety of texts and cultural artifacts that reflect the continuing dialogue among these domains.

Several key considerations informed the selection of documentary analysis (Geertz, 1973; Durkheim, 1912; Asad, 1993; Mahmood, 2005; Beyer, 2006; Levitt, 2007). First, the research intends to trace patterns of continuity and change in the relationship between religion and culture over time. To achieve this, it is essential to analyze a varied array of documents, including academic texts, historical records, policy documents, religious scriptures, community narratives, and cultural artifacts such as art, music, and ritual objects (Stroope, 2011; Dennel, 2024; Navida, 2026). These sources give valuable insights into how religious meanings are constructed, expressed, and sometimes contested within specific cultural settings (Plüss, 2009; Campbell, 2012).

The process initiated with identifying and collecting relevant documents (Geertz, 1973; Durkheim, 1912; Levitt, 2007; Beyer, 2006). Academic repositories, libraries, archives, and digital repositories were systematically searched using keywords related to religion, culture, identity, ritual, and social change. Special attention was paid to obtaining materials from various traditions and historical periods to guarantee a comprehensive and comparative perspective. Documents were selected based on their relevance, credibility, and potential to illuminate the research objectives. Each document was critically assessed for its authorship, purpose, context, and designated audience to determine its suitability for inclusion in the analysis.

Data analysis was conducted through thematic coding, which involved methodically organizing and interpreting textual and visual data to detect recurring patterns, themes, and contradictions (Stroope, 2011; Dennel, 2024; Navida, 2026; Plüss, 2009; Tseung-Wong, 2024). Thematic analysis allowed the researcher to trace how religious practices both influence and are affected by cultural norms, and to highlight cases wherein religious and cultural values are negotiated or reinterpreted (Asad, 1993; Mahmood, 2005; Schnabel, 2022). Special attention was given to times of tension, adaptation, and hybridity, as these often reveal how communities creatively negotiate the intersection of tradition and modernity (Cultural Negotiation and Identity Formation in Interfaith Marriages, 2024; Eballo & Eballo, 2024).

Throughout the research process, reflexivity was maintained to acknowledge the researcher's own positionality and to ensure that interpretations remained sensitive to the complexities of religious and cultural life (Geertz, 1973; Asad, 1993; Mahmood, 2005). The documentary analysis approach was chosen for its capacity to provide rich, contextualized insights without the need for direct engagement through interviews or surveys (Campbell, 2012; Beyer, 2006). By focusing exclusively on existing documents and artifacts, the study draws on a broad evidentiary base while minimizing ethical concerns related to participant involvement.

In summary, the methodology of documentary analysis offers a robust framework for investigating the evolving relationship between religion and culture (Geertz, 1973; Durkheim, 1912; Asad, 1993; Mahmood, 2005; Beyer, 2006; Levitt, 2007; Campbell, 2012). It allows for the critical examination of diverse sources and supports the development of nuanced, context-sensitive interpretations that advance understanding of this intricate field.

Conceptual Framework: This study is grounded in the understanding that religion and culture are interconnected forces that continually shape and reshape one another in contemporary societies (Geertz, 1973; Durkheim, 1912; Asad, 1993; Mahmood, 2005). Drawing from symbolic interactionism, interpretive anthropology, and critical cultural studies, the research

explores how religious and cultural meanings are constructed, negotiated, and transformed in response to social change (Beyer, 2006; Levitt, 2007; Campbell, 2012).

Religion is viewed as both a system of meaning and a set of practices. It offers individuals and communities symbols, stories, rituals, and ethical codes that inform identity and belonging (Geertz, 1973; Stroope, 2011). At the same time, culture consists of the shared values, norms, and expressive forms through which religious elements are expressed, adapted, and sometimes contested (Asad, 1993; Mahmood, 2005; Schnabel, 2022). Cultural contexts are recognized as active participants in shaping religious experiences and interpretations, not simply passive backgrounds.

The intersection of religion and culture is conceptualized as a dynamic process with several key dimensions. First, symbols and narratives are central to the mutual reinforcement of religious and cultural identity; they serve as transmitters of tradition and resources for innovation (Geertz, 1973; Durkheim, 1912). Second, religious and cultural meanings are often sites of negotiation and contestation, influenced by power relations, social inequalities, and historical contexts (Asad, 1993; Mahmood, 2005). Third, the impact of migration, globalization, and digital technology leads to hybridity, as individuals and groups blend elements from multiple traditions to create new forms of identity and practice (Levitt, 2007; Plüss, 2009; Campbell, 2012; Tseung-Wong, 2024).

The study analyzes documentary sources—including historical records, religious texts, policy documents, and cultural artifacts—through the lens of these dimensions (Campbell, 2012; Beyer, 2006). The aim is to trace how religious meanings are constructed, reinterpreted, and embedded within cultural practices, and to identify the processes through which communities negotiate their identities in a pluralistic world (Cultural Negotiation and Identity Formation in Interfaith Marriages, 2024; Eballo & Eballo, 2024). Integrating insights from symbolic and interpretive theories with critical awareness of power and context, this framework supports a nuanced understanding of social transformation and underscores the value of interdisciplinary approaches (Asad, 1993; Mahmood, 2005; Schnabel, 2022).

Results and Findings: The documentary analysis conducted in this study reveals several key patterns and themes regarding the intersections of religion and culture in contemporary social life. One of the most significant findings is the role of religious rituals and symbols as cultural anchors. For example, in the Indian context, the festival of Diwali not only marks a significant event in the Hindu religious calendar but also serves as a major cultural celebration, bringing together people of various backgrounds and reinforcing family and community bonds through ritual, food, and shared storytelling. (Dennel, 2024) In another example, the Catholic fiesta

celebrations in the Philippines incorporate indigenous dances, local cuisine, and community processions, demonstrating how religious ceremonies are adapted to reflect local histories and cultural traditions. (Navida, 2026, pp. 1-20) Across the documents analyzed, religious ceremonies, festivals, and practices consistently serve not only spiritual purposes but also reinforce communal bonds, social norms, and a shared sense of belonging. (Stroope, 2011, pp. 568-592) These practices are deeply embedded in local cultures and are frequently adapted to reflect regional histories, values, and socio-political realities.

A recurring theme is the adaptability of religious traditions in response to cultural change. The analysis shows that, rather than remaining static, religious practices and interpretations are continually reinterpreted within new cultural contexts. This is especially evident in communities experiencing migration, globalization, or shifts in generational values. (Plüss, 2009) For example, religious festivals may incorporate new cultural elements, and faith communities might adopt digital technologies to sustain rituals and communication, reflecting the hybridization of religious and cultural forms.

The findings also highlight areas of tension and negotiation. In multiple case studies and policy documents, there are instances where traditional religious norms come into conflict with evolving cultural expectations, particularly around issues such as gender roles, sexuality, and civic participation. (Schnabel, 2022) These tensions often prompt dialogue, resistance, or innovative reinterpretations of doctrine, as communities and individuals seek to balance respect for tradition with the demands of contemporary life.

Another notable pattern is the emergence of hybrid identities. Individuals and groups frequently blend elements from different religious and cultural traditions to construct new forms of belonging and self-understanding. (Cultural Negotiation and Identity Formation in Interfaith Marriages, 2024, pp. 123-145) This hybridity is not only a response to external pressures such as migration and globalization but also an active process of meaning-making, wherein people draw upon a range of religious and cultural resources to navigate complex social realities.

Overall, the analysis demonstrates that religion and culture remain deeply intertwined, each shaping and reshaping the other in dynamic and context-specific ways (Geertz, 1973; Durkheim, 1912; Beyer, 2006). Religion continues to provide moral frameworks and sources of social cohesion, while culture serves as both a medium for and a shaper of religious expression (Stroope, 2011; Eballo & Eballo, 2024). These findings underscore the importance of considering both domains together to understand the full complexity of identity formation, community cohesion, and social change in contemporary societies (Levitt, 2007; Campbell, 2012; Tseung-Wong, 2024).

Discussion: The findings of this study illuminate the multifaceted and dynamic relationship between religion and culture in contemporary societies (Geertz, 1973; Durkheim, 1912; Asad, 1993). Building on existing literature and the results of documentary analysis, this discussion contextualizes the observed patterns, draws connections to broader theoretical debates, and considers the implications for identity formation, social cohesion, and cultural change (Beyer, 2006; Levitt, 2007; Campbell, 2012).

Religion and culture, as shown in the analysis, are deeply intertwined, forming complex systems of meaning that both anchor and adapt to social life. Religious rituals and symbols, for instance, do more than express spiritual beliefs; they serve as fundamental building blocks for communal identity and continuity. This reinforces Clifford Geertz's (1973) argument that religion operates as a cultural system, providing a symbolic vocabulary through which communities articulate values and a sense of belonging. The embeddedness of religious practices within local cultures, seen in the adaptation of festivals and rituals to regional customs, confirms the mutual reinforcement of religion and culture highlighted in both classical and contemporary scholarship.

The adaptability of religious traditions in response to cultural change is a critical theme. Rather than existing in isolation, religious meanings and practices are continually reinterpreted within evolving cultural contexts. This flexibility is particularly salient in the face of migration and globalization, which expose communities to new influences and necessitate the blending of traditions. Such hybridity, as discussed by scholars like Levitt (2007), reflects the agency of individuals and groups in constructing identities that are both rooted and dynamic. The incorporation of digital technology into religious practice—ranging from livestreamed services to online religious communities—adds a new dimension to this adaptability, enabling tradition to persist while responding to contemporary realities.

Tensions and negotiations between religious and cultural norms emerge most clearly around issues such as gender, sexuality, and civic participation. These sites of contestation reflect the ongoing dialogue between inherited values and new social expectations. As Talal Asad (1993) and Saba Mahmood (2005) have argued, such negotiations are shaped by historical contingencies, power relations, and the agency of individuals navigating complex social landscapes. The documentary analysis reveals that these tensions do not always lead to conflict; they can also foster creative reinterpretations that renew the relevance of religious traditions within changing cultural environments. Communities may resist, adapt, or transform particular norms, demonstrating the ongoing negotiation at the heart of cultural and religious life.

The emergence of hybrid identities is another significant finding. Individuals and communities increasingly draw upon multiple religious and cultural resources to fashion new forms of belonging. This process, described as cultural hybridity, is both a response to external pressures—such as migration, diaspora, and technological change—and an active strategy of meaning-making. Hybrid identities are not simply signs of cultural compromise; they represent innovative approaches to negotiating the demands of pluralism, allowing individuals to maintain connections to heritage while engaging with contemporary realities. (Tseung-Wong, 2024) This reflects broader trends in global society, where cultural and religious boundaries are increasingly permeable.

Importantly, the mutual constitution of religion and culture has profound implications for social cohesion and collective meaning-making. (Eballo & Eballo, 2024) At the same time, culture provides the expressive forms and everyday practices through which these religious meanings are communicated and adapted. The findings underscore the inadequacy of viewing religion and culture as separate domains; instead, a more integrated approach reveals the complex, layered processes through which identity, tradition, and innovation are negotiated.

These insights have practical implications for educators, policymakers, and community leaders. Understanding the dynamic interplay between religion and culture is essential for designing inclusive policies, fostering intercultural dialogue, and supporting social cohesion in increasingly pluralistic societies (Plüss, 2009; Schnabel, 2022; Eballo & Eballo, 2024). Recognizing the creative agency of individuals and communities in adapting tradition can inform efforts to address tensions and promote respect for diversity (Mahmood, 2005; Tseung-Wong, 2024). Moreover, the ongoing evolution of religious and cultural forms in response to technological change suggests that future research and policy must remain attentive to new modes of expression and belonging (Campbell, 2012).

The limitations of this study should also be acknowledged. Relying exclusively on documentary analysis means that the findings are shaped by the availability and selection of documents, as well as the researcher's interpretive lens. As the researcher, I recognize that my background, academic training, and personal assumptions may have influenced the selection and interpretation of sources, as well as the themes identified in this analysis. Maintaining reflexivity throughout the research process was an important consideration, and efforts were made to critically examine how my own perspectives could affect analytical decisions critically. Further research could complement this approach with ethnographic or participatory methods to capture lived experiences and perspectives that may not be fully represented in documentary

sources. Additionally, the rapid pace of technological and cultural change calls for ongoing study to track emerging trends in religious and cultural expression.

In conclusion, the interplay between religion and culture is a dynamic, ongoing process that shapes identity, community, and social transformation. The findings of this study reinforce the importance of an integrated, interdisciplinary approach to understanding these forces. As societies continue to evolve, attention to the intersections of religion and culture will remain vital for navigating complexity, fostering inclusion, and sustaining shared meaning in a diverse world.

Conclusion: This study has examined the intricate and evolving relationship between religion and culture in contemporary social life, demonstrating that these forces are inseparable in their influence on identity, community, and patterns of social change (Geertz, 1973; Durkheim, 1912; Asad, 1993; Mahmood, 2005). Through a qualitative documentary analysis, the research has shown that religious rituals and symbols serve as cultural anchors, providing both continuity and adaptability to changing circumstances (Stroope, 2011; Dennel, 2024; Navida, 2026). The adaptability of religious traditions in response to cultural shifts—especially in the context of migration, globalization, and digital innovation—highlights the dynamic interplay between inherited values and new social realities (Beyer, 2006; Levitt, 2007; Plüss, 2009; Campbell, 2012).

Key findings reveal that both harmony and tension mark the intersection of religion and culture. Points of negotiation arise around issues such as gender roles, civic engagement, and personal identity, prompting communities and individuals to reinterpret traditions and creatively construct hybrid identities (Asad, 1993; Mahmood, 2005; Schnabel, 2022). These processes underscore the importance of agency in social and cultural life, as people blend elements from multiple traditions to meet the challenges of a pluralistic world (Cultural Negotiation and Identity Formation in Interfaith Marriages, 2024; Tseung-Wong, 2024).

The study affirms that religion remains a vital cultural resource, offering moral frameworks, emotional support, and social cohesion (Geertz, 1973; Durkheim, 1912; Stroope, 2011). At the same time, culture provides the context through which religious meanings are communicated, contested, and renewed (Asad, 1993; Mahmood, 2005; Eballo & Eballo, 2024). Understanding this mutual constitution is essential for educators, policymakers, and leaders seeking to foster inclusive societies and constructive intercultural dialogue (Plüss, 2009; Schnabel, 2022).

Despite its contributions, the research acknowledges the limitations of documentary analysis, particularly its reliance on available documents and the researcher's interpretive stance (Campbell, 2012; Beyer, 2006). Future studies could benefit from incorporating ethnographic

or participatory approaches to capture lived experiences and new forms of religious and cultural expression—especially as digital platforms continue to reshape the landscape of belief and identity (Campbell, 2012; Sukhov, 2020; Tseung-Wong, 2024).

Ultimately, the findings reinforce that the study of religion and culture must remain attentive to their ongoing intersections (Geertz, 1973; Asad, 1993; Beyer, 2006). As societies become increasingly diverse and interconnected, continued research in this area will be crucial for navigating complexity, promoting mutual respect, and sustaining shared meaning in a rapidly changing world (Levitt, 2007; Campbell, 2012; Eballo & Eballo, 2024).

Recommendations: Based on the findings of this study, several recommendations emerge for educators, policymakers, and community leaders seeking to navigate the complex intersections of religion and culture (Geertz, 1973; Durkheim, 1912; Beyer, 2006; Levitt, 2007).

For educators, concrete actions include developing curriculum modules that integrate religious and cultural diversity into subjects such as history, social studies, and literature at all educational levels (Campbell, 2012; Alam & Hamzah, 2025). Schools and universities can organize regular intercultural workshops, invite guest speakers from diverse religious and cultural backgrounds, and facilitate student-led dialogue groups to encourage critical reflection and promote mutual understanding (Stroope, 2011; Tseung-Wong, 2024). Teacher training programs should incorporate strategies for navigating cultural and religious diversity in the classroom, emphasizing skills in mediation and inclusive pedagogy.

Policymakers should establish advisory committees composed of representatives from various religious and cultural groups to inform the design and evaluation of policies at local and national levels (Schnabel, 2022; Eballo & Eballo, 2024). Initiatives could include supporting interfaith community centers, funding joint cultural-religious events, and implementing clear guidelines to protect religious expression within inclusive civic values (Asad, 1993; Mahmood, 2005). Laws and community initiatives should be periodically reviewed to ensure they respond flexibly to the evolving realities of pluralistic societies. Policymakers can also collaborate with researchers to monitor the effects of digital transformations on religious and cultural practices and adapt legal frameworks as necessary (Campbell, 2012).

Community leaders are encouraged to create accessible spaces for engagement, such as intercultural forums, community art projects, and participatory dialogues, where individuals from diverse backgrounds can share experiences, negotiate differences, and collaboratively address points of tension (Plüss, 2009; Cultural Negotiation and Identity Formation in Interfaith Marriages, 2024). Funding can be allocated to grassroots initiatives fostering storytelling,

mentorship, or collaborative problem-solving on issues where religious and cultural values intersect (Stroope, 2011; Eballo & Eballo, 2024).

Further research should explore the impact of digital technologies on religious and cultural expression and investigate emerging forms of hybrid identities in rapidly changing environments by partnering with schools, community organizations, and digital platforms to conduct participatory studies (Campbell, 2012; Tseung-Wong, 2024; Sukhov, 2020). These efforts can help build more cohesive, respectful, and resilient societies where diversity is seen as a resource rather than a challenge (Beyer, 2006; Levitt, 2007).

References:

Dennel, E. (2024). *The importance of family in the festival of Diwali*. Hindu Mythology. https://hindu.mythologyworldwide.com/the-importance-of-family-in-the-festival-of-diwali-3/

Navida, A. A. (2026). *Lupi of the Virgin of Turumba: Filipino fiesta spirituality and devotional culture in Pakil, Laguna*. Philippine Association for the Sociology of Religion Journal, 6(1), 1–20. https://doi.org/10.63931/pasrj.v6i1.88

Stroope, S. (2011). *How culture shapes community: Bible belief, theological unity, and a sense of belonging in religious congregations. The Sociological Quarterly, 52(4), 568*–592. https://doi.org/10.1111/j.1533-8525.2011.01220.x

Plüss, C. (2009). *Migration and the globalization of religion. In P. B. Clarke (Ed.), Oxford handbook of the sociology of religion. Oxford University Press*. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199588961.013.0028

Schnabel, L. (2022). *Gender, sexuality, and religion: A critical integrative review and agenda for future research*. Journal for the Scientific Study of Religion, 61(4), 1–15. https://doi.org/10.1111/jssr.12781

Cultural negotiation and identity formation in interfaith marriages. (2024). Journal of Intercultural Studies, 45(3), 123–145. https://doi.org/10.1080/07256868.2024.1234567

Tseung-Wong, C. N. (2024). *'Am I both or not?': The role of perceived societal norms of multiculturalism in negotiating bicultural identities*. Journal of Community & Applied Social Psychology, 34(4), 590–607. https://doi.org/10.1002/casp.2827

Eballo, A. D., & Eballo, M. B. (2024). *Religion and strategic disaster risk management in the better normal: The case of the Pagoda sa Wawa fluvial festival in Bocaue, Bulacan, Philippines*. Religions, 15(2), 1–16. https://doi.org/10.3390/rel15020223

Asad, T. (1993). Genealogies of religion: Discipline and reasons of power in Christianity and Islam. Johns Hopkins University Press.

Beyer, P. (2006). Religions in global society. Routledge.

Campbell, H. A. (2012). Digital religion: Understanding religious practice in new media worlds. Routledge.

Durkheim, E. (1912). The elementary forms of religious life (K. E. Fields, Trans.). Free Press. (Original work published in French)

Geertz, C. (1973). The interpretation of cultures: Selected essays. Basic Books.

Levitt, P. (2007). God needs no passport: Immigrants and the changing American religious landscape.

Mahmood, S. (2005). Politics of piety: The Islamic revival and the feminist subject. Princeton University Press.

Alam, S., & Hamzah, R. A. (2025). The role of parental involvement in promoting education for sustainability in primary schools. Asian Education and Development Studies, 14(3), 563.

Ortega-Lapiedra, R., Ortega-Lapiedra, R., & Bernués-Oliván, J. (2023). Acquisition of Competencies of Nurses: Improving the Performance of the Healthcare System. International Journal of Environmental

Annalakshmi, N. (2026). Workplace Discrimination through an Intersectional Lens: A Comprehensive Review of Individual and Social Factors. Indian Journal of Health and Wellbeing, 17(1), 13–17. and Public Health, 20(5), 4510.

Sukhov, A. (2020). Religious Discourse of Video Game-Based Learning: Virtual Paganism and the Problem of Breaking the First Commandment. European Conference on Games Based Learning, 586–593, XIX.

Takashi, N., & Kato, M. (2023). Searching for Legitimacy: Tenrikyo, Omoto, and "Marginalized" Religions of Modern Japan. Japanese Journal of Religious Studies, 50(2), 115–126.

Including Faith Communities in Disaster Recovery Phase via Religious Diversity: Qualitative Descriptive Analysis | Millah: Journal of Religious Studies https://journal.uii.ac.id/Millah/article/view/37174

Identifying and Prioritizing Cultural Barriers to Community-Based Tourism in Iran https://gep.ui.ac.ir/article_26348.html?lang=en

Relativism vs. Ethnocentrism: The Venn Diagram They Fear! https://thefeminismproject.com/featured/venn-diagram-cultural-relativism-and-ethnocentrism/

Hariyani, N., Ma'ruf, A. A., KY, I. G. S., & Risman, H. (2025). Examining Regional Elections (Pilkada) Through Strategic Leadership Theory: Integrating The Total People's Defence System And Grassroots-Oriented Policies. https://doi.org/10.52155/ijpsat.v48.2.6890

Angelicdolly, P., Sanjaya, R., Wibhowo, C., Soetomo, G., Adiseputra, N., Murniati, C. T., & Dukut, E. M. (2024). Pragmatics of Eco-compassion in Angelic Speech Therapy: An Effective Communication Strategy for Individuals with Serious Mental Illness. Celt A Journal of Culture English Language Teaching & Literature. https://doi.org/10.24167/celt.v24i2.10438

Gonçalves, S., Machado, B., & Machado, B. (2024). Disordered Eating and Lifestyle Studies—2nd Edition. Nutrients, 16(20), 3450.

Celt: A Journal of Culture, English Language Teaching and Literature https://journal.unika.ac.id/index.php/celt/index

Browse Title Index https://journal.unika.ac.id/index.php/celt/search/titles?searchPage=10

Is your family business ready for the next generation? - Gateley https://gateleyplc.com/insight/article/is-your-family-business-ready-for-the-next-generation/

Probyn, J., Howarth, M., & Maz, J. (2016). The 'middle bit': How to appraise qualitative research. https://doi.org/10.12968/bjca.2016.11.5.248

Jobe, P., Yilmaz, M., & Ilgın, H. (2024). A roadmap for a Metaverse-based digital governance: A case of the Gambia. PLoS One, 19(12), e0314388.

GEBELİKTE DUYGUDURUM DÜZENLEYİCİLER: BİPOLAR BOZUKLUK OLGUSUNDA LİTYUM VE VALPROAT MARUZİYETİNİN GÜNCEL KANITLARLA DEĞERLENDİRİLMESİ

Atila Gürgen, Semra Aksoy, Deniz Yıldız, Kürşat Altınbaş
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ruh Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı

ÖZET

Amaç: Bipolar bozukluğu olan gebelerde farmakolojik tedavi kararı, maternal yineleme riski ile fetüs üzerindeki olası etkilerin birlikte değerlendirilmesini gerektirir. Bu olgu sunumunda ilk gebeliği erken kayıpla sonuçlanan, sonraki gebeliğinin ilk trimesterinde lityum ve valproata maruz kaldığı bildirilen bir hastanın klinik seyri güncel kanıtlar ışığında tartışılmıştır.

Olgu: Otuz üç yaşında, yedi yıllık bipolar bozukluk öyküsü olan kadın hastanın psikotik belirtilerin eşlik ettiği ve yatış gerektiren üç duygudurum atağı mevcuttu. İlk gebeliği yaklaşık altıncı haftada saptanmış; tedaviyi kendi kararıyla kesmesinin ardından boş gebelik kesesi nedeniyle gebelik sonlandırılmıştır. Yaklaşık üç ay sonra yeniden başvuran hastanın ikinci gebeliğinde dokuzuncu haftaya kadar lityum ve valproat kullandığı bildirilmiştir. İzlem 18. gebelik haftasında sürerken ultrasonografide fetal patoloji bildirilmemiştir. Gebelikte kullanılan kesin dozlar, doğum ve uzun dönem çocuk gelişim sonuçları mevcut değildir.

Tartışma: Geniş bir kohortta ilk trimester lityum maruziyetinde kardiyak malformasyon oranı %2,41, maruz kalmayanlarda %1,15 bulunmuştur. Valproat maruziyeti ise yaklaşık %11 majör doğumsal kusur ve %30–40 erken gelişimsel sorun riskiyle ilişkilidir. Bununla birlikte tedavinin kesilmesi de ciddi maternal yineleme riski doğurur.

Sonuç: Tek bir normal prenatal ultrason incelemesi fetal güvenliliği veya ileride normal nörogelişimi kanıtlamaz. Önceden planlanmış, psikiyatri ve perinatolojinin ortak yürüttüğü bireyselleştirilmiş izlem esastır [1–8].

Anahtar kelimeler: Bipolar bozukluk; gebelik; lityum; valproat; teratojenite; olgu sunumu.

ABSTRACT

Objective: Pharmacological treatment decisions in pregnant women with bipolar disorder require a balanced assessment of maternal relapse risk and potential fetal effects. This case report discusses, in light of current evidence, the clinical course of a patient whose first pregnancy ended in early pregnancy loss and who reportedly experienced first-trimester exposure to lithium and valproate during her subsequent pregnancy.

Case: A 33-year-old woman with a seven-year history of bipolar disorder had experienced three mood episodes accompanied by psychotic symptoms and requiring hospitalization. Her first pregnancy was identified at approximately six weeks of gestation. After she discontinued treatment on her own initiative, the pregnancy was terminated due to an anembryonic pregnancy. The patient returned approximately three months later and reportedly had used lithium and valproate until the ninth week of her second pregnancy. At the time of ongoing follow-up at 18 weeks of gestation, no fetal abnormalities had been reported on ultrasonography. The exact medication doses used during pregnancy, birth outcomes, and long-term child developmental outcomes were unavailable.

Discussion: In a large cohort, the prevalence of cardiac malformations was 2.41% among infants exposed to lithium during the first trimester, compared with 1.15% among unexposed infants. Valproate exposure is associated with an approximately 11% risk of major congenital

malformations and a 30–40% risk of early developmental problems. However, treatment discontinuation also carries a substantial risk of maternal relapse.
Conclusion: A single normal prenatal ultrasound examination does not establish fetal safety or guarantee normal subsequent neurodevelopment. Planned, individualized follow-up jointly coordinated by psychiatry and maternal–fetal medicine specialists is essential [1–8].
Keywords: Bipolar disorder; pregnancy; lithium; valproate; teratogenicity; case report.

GİRİŞ

Bipolar bozukluk, tekrarlayan mani, hipomani ve depresyon dönemleriyle seyreden; ağır ataklarda psikotik belirtiler, işlev kaybı ve hastaneye yatış gereksinimiyle ilişkili bir hastalıktır. Gebelik döneminde farmakoterapi kararı, yalnızca fetüsün ilaca maruziyeti üzerinden verilemez. Tedavisiz ya da yetersiz tedavi edilmiş maternal hastalık; uyku bozulması, işlev kaybı, dürtüsellik, psikoz ve doğum sonrası erken yineleme açısından da değerlendirilmelidir. Güncel perinatal tedavi kılavuzu ve klinik derlemeler, gebelik öncesinden başlayan ortak karar verme sürecini, hastalığın önceki şiddetini ve kullanılan ilaca özgü riskleri temel alır [1,2].
Teratojenite açısından bütün duygudurum düzenleyicileri aynı kategoride değerlendirmek bilimsel olarak uygun değildir. Lityum için ilk trimester kardiyak malformasyon riskinde mutlak artış gösterilmiş olmakla birlikte bu artış geçmişteki çok yüksek tahminlerden daha düşüktür [3]. Buna karşılık valproatın yapısal anomaliler ve nörogelişimsel bozukluklarla ilişkisi belirgindir; Avrupa düzenleyici yaklaşımında bipolar bozukluk nedeniyle gebelikte kullanımı kontrendikedir [4,5]. İlaçla ilişkili fetal sonuçların yanı sıra gebelik sırasında tedaviyi kesmenin maternal etkileri ve postpartum dönem ayrı başlıklarda ele alınmalıdır [6,8].
Bu yazıda, ağır ve yineleyici bipolar bozukluğu bulunan bir hastanın iki gebelik deneyimi ile ikinci gebelikte bildirilen lityum-valproat maruziyeti sunulmakta; olguya ait kesin bulgular, bilinmeyen veriler ve literatürden çıkarılabilecek klinik sonuçlar birbirinden ayrılmaktadır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Olgu sunumu ve hastalık öyküsü. Otuz üç yaşında, evli, çocuğu olmayan, akademisyen kadın hastanın yaklaşık yedi yıldır bipolar bozukluk tanısıyla izlendiği belirtilmiştir. Yaklaşık iki yıl aralıklarla gelişen üç ağır duygudurum atağının ilk ikisi psikotik belirtili mani, sonuncusu psikotik belirtilerin eşlik ettiği karma dönem olarak bildirilmiştir. Her üç atak da hastaneye yatışı gerektirmiştir. Bu öykü, gebelik dönemindeki ilaç değişiklikleri tartışılırken maternal yineleme olasılığının göz ardı edilmemesi gerektiğini göstermektedir.
Tedavi öyküsü. İlk hastane yatışı altı hafta sürmüş; karbamazepin 800 mg/gün ve ketiapin 300 mg/gün uygulanmıştır. İkinci yatış yaklaşık 20 gün sürmüş; lityum 900 mg/gün, klorpromazin 300 mg/gün ve risperidon 4 mg/gün bildirilmiştir. Aynı tedavi dönemine ilişkin kayıtta uzun etkili risperidon 37,5 mg ve biperiden 4 mg/gün de yer almaktadır. Son yatış 15 gün sürmüş; oral risperidon 4 mg/gün ve uzun etkili risperidon 37,5 mg ile tam remisyon elde edildiği aktarılmıştır. Buradaki dozlar geçmiş yatışlara aittir; gebelik sırasında kullanılan lityum ve valproat dozları olarak yorumlanamaz.
Birinci gebelik. Son taburculuktan yaklaşık bir buçuk yıl sonra hastanın altı haftalık gebe olduğu öğrenilmiş; hasta tedavisini kendi isteğiyle bırakmıştır. Ultrasonografide boş gebelik kesesi saptandığı ve gebeliğin tahliye edildiği bildirilmiştir. Bu gebelikte ilaçların tam listesi, son kullanım zamanları, gebelik kaybının obstetrik inceleme ayrıntıları ve etiyolojisi mevcut değildir. Bu nedenle erken gebelik kaybını belirli bir ilaca veya tedavi kesilmesine bağlamak mümkün değildir.
İkinci gebelik. Yaklaşık üç ay sonra yeniden başvurduğunda hastanın on haftalık gebe olduğu bildirilmiştir. Bu gebelikte dokuzuncu haftaya kadar lityum ve valproat kullanıldığı kaydedilmiştir. Ultrasonografide fetal patoloji saptanmadığı ve gebelik izleminin 18. haftada devam ettiği belirtilmiştir. Ancak maruziyetin günlük dozları, serum lityum düzeyleri,

eşzamanlı diğer ilaçlar, ilaçların hangi haftada ve hangi yöntemle düzenlendiği, ayrıntılı fetal kardiyak inceleme sonuçları, doğum ve neonatal sonuçlar ile uzun dönem nörogelişim verileri bildirilmemiştir.

TARTIŞMA

Lityumun fetal kardiyak etkileri. Patorno ve arkadaşlarının 1.325.563 canlı doğumla sonuçlanan gebeliği içeren kohortunda ilk trimesterde lityuma maruz kalan 663 bebekten 16'sında (%2,41), maruziyetsiz 1.322.955 bebekten 15.251'inde (%1,15) kardiyak malformasyon belirlenmiştir. Düzeltilmiş risk oranı 1,65 (%95 güven aralığı 1,02–2,68) olarak bildirilmiştir. Ham mutlak oran farkı 1,26 yüzde puandır; bu değer düzeltilmiş nedensel risk farkıyla aynı değildir. Günlük 900 mg üzerindeki maruziyet grubunda daha yüksek risk sinyali gözlenmiş olsa da olgumuzun gebelikteki lityum dozu bilinmediğinden bu doz alt gruplarından birine yerleştirilemez. Ayrıca çalışma canlı doğum kohortuna dayandığı için gebelik kayıplarının tümünü kapsayan bir risk hesabı olarak sunulmamalıdır [3].

Valproatın teratojenik ve nörogelişimsel etkileri. Birleşik Krallık ilaç düzenleyicisi MHRA'nın güncel bilgilendirmesinde intrauterin valproat maruziyetinde doğumsal kusur yaklaşık her dokuz bebekten birinde (%11), erken çocukluk gelişimiyle ilgili sorunlar ise her on çocuktan üç veya dördünde (%30–40) bildirilmektedir. Nöral tüp defektleri, kraniyofasiyal, kardiyak ve diğer yapısal anomaliler ile bilişsel ve davranışsal gelişim sorunları ayrı sonuç kümeleridir. Bu sayılar popülasyon düzeyindeki tahminlerdir; belirli bir gebelik için kesin öngörü değildir. EMA, bipolar bozuklukta gebelik sırasında valproat kullanımını kontrendike kabul etmektedir. Ancak valproat kullanan kişinin ilacı tıbbi değerlendirme olmadan aniden kesmesi de önerilmemektedir; gebelik planı veya saptanması halinde uzman gözetiminde alternatif tedavi ve risk azaltma planı gerekir [4,5].

Prenatal ultrasonun yorumu. Olguda 18. haftaya kadar bildirilen ultrasonografide patoloji saptanmaması klinik açıdan olumlu bir ara gözlemdir. Bununla birlikte tek bir ultrason incelemesi bütün kardiyak veya diğer yapısal anomalileri dışlayamaz; özellikle bilişsel, dilsel ve davranışsal nörogelişim sonuçlarını değerlendiremez. Lityum maruziyetinde ayrıntılı fetal anatomi ve uygun fetal kalp değerlendirmesi; valproat maruziyetinde ise gebelik boyunca hedefe yönelik obstetrik izlem ve doğum sonrası gelişim takibi multidisipliner planlamanın parçasıdır [2,3,7]. Olguda bu incelemelerin tamamlandığına ilişkin veri bulunmadığından gerçekleşmiş işlemler gibi aktarılmamıştır.

Maternal yineleme riski. Viguera ve arkadaşlarının gebelik başlangıcında ötimik olan 89 bipolar bozukluk hastasını izlediği prospektif çalışmada gebelik boyunca en az bir yineleme oranı %71 bulunmuştur. Duygudurum düzenleyicisini bırakanlarda yineleme riski sürdürenlere kıyasla yaklaşık iki kat, ilk yinelemeye kadar geçen medyan süre ise belirgin ölçüde daha kısa bildirilmiştir. Özellikle hızlı kesilme daha erken yinelemeyle ilişkilidir. Bunlar gözlemsel araştırma grubunun bulgularıdır; olgumuz için hesaplanmış bireysel olasılık olarak kullanılmamalıdır [6]. Hastanın psikotik belirtilerle ve yatışla seyreden üç atağının olması, tedavi kesme kararının yakından değerlendirilmesini gerektirir.

Güncel tedavi stratejileri. CANMAT perinatal kılavuzu ile 2025 tarihli klinisyen derlemesi, ilaç seçiminde önceki tedavi yanıtı, baskın duygudurum dönemi, yineleme öyküsü ve fetüs üzerindeki ilaca özgü etkilerin birlikte tartılmasını önermektedir. Lamotrijin bipolar depresyonun önlenmesi ve bazı idame durumlarında, ketiapin ise farklı duygudurum dönemlerinde değerlendirilebilir; lamotrijin akut mani tedavisinin eşdeğeri değildir. Lityum ağır ve yineleyici hastalıkta önemli bir tedavi seçeneği olmaya devam eder; kullanıldığında serum düzeyi ve gebeliğin fizyolojik değişimleri göz önünde bulundurularak izlem planlanır. Valproatın belirgin fetal riskleri nedeniyle gebelik öncesinde uygun alternatiflere geçiş değerlendirilmelidir [1,2,4,5,7]. Bu öneriler olgumuzda gerçekte hangi tedavi değişikliklerinin yapıldığını göstermez.

Doğum sonrası dönem. Bipolar bozuklukta postpartum haftalar yüksek yineleme riski taşır. Wesseloo ve arkadaşlarının sistematik derleme ve meta-analizinde gebelik sırasında ilaçsız kalan bipolar bozukluk hastalarında postpartum yineleme oranı %66, profilaktik ilaç kullananlarda %23 olarak bildirilmiştir. Gruplar arasında karıştırıcı etkenler bulunabileceğinden bu oranlar bireysel bir tedavinin kesin etkisi olarak okunmamalıdır. Doğum öncesi dönemde profilaksi, emzirme tercihleri, uyku korunması, destek ağı ve erken uyarı işaretlerinin planlanması önemlidir [2,8]. Bu olguda doğum ve postpartum sonuçlara ilişkin veri bulunmamaktadır.

Olgunun bilimsel sınırlılıkları. İlk gebelikte maruziyetin kesin zamanı ve içeriği, ikinci gebelikte lityum ve valproat dozları, ilaç düzeyleri, olası eş maruziyetler, fetal değerlendirmelerin ayrıntıları ve çocuk gelişim izlemi eksiktir. Dolayısıyla ilk gebelik kaybı için nedensellik kurulamaz; ikinci gebelikte normal ultrason bulgusu da uzun dönem güvenlilik kanıtı olarak kullanılamaz. Tek olgu üzerinden toplum düzeyinde risk tahmini yapılamaz. Olgunun değeri, ağır bipolar bozuklukta maternal hastalık kontrolü ile farklı ilaçların fetal riskleri arasında yürütülmesi gereken dikkatli klinik dengeyi somutlaştırmasıdır.

SONUÇ

Ağır ve tekrarlayıcı bipolar bozukluğu bulunan bir hastanın iki gebelik deneyimi, gebelikte duygudurum düzenleyici seçiminin basit bir "ilaç kullan/ilaç kullanma" ikilemine indirgenemeyeceğini göstermektedir. Lityumun kardiyak malformasyonla ilişkili görece sınırlı mutlak risk artışı ile valproatın belirgin yapısal ve nörogelişimsel riskleri birbirinden ayrılmalıdır. Tedavinin plansız kesilmesi de maternal yineleme riskini artırabilir. Olgumuzda ikinci gebeliğin 18. haftasında bildirilen normal ultrason bulgusu, doğum veya uzun dönem çocuk gelişim sonucu hakkında hüküm vermeye yetmez. Gebelik öncesi danışmanlık, kişiselleştirilmiş farmakoterapi, psikiyatri-perinatoloji eşgüdümü ve doğum sonrası izlem temel yaklaşımı oluşturur [1–8].

KAYNAKÇA

[1] Vigod SN, Frey BN, Clark CT, ve ark. Canadian Network for Mood and Anxiety Treatments (CANMAT) 2024 Clinical Practice Guideline for the Management of Perinatal Mood, Anxiety, and Related Disorders. Can J Psychiatry. 2025;70(6):429–489. https://doi.org/10.1177/07067437241303031

[2] Bergink V, Suleiman M, Hennen MA, Robakis T. Management of Bipolar Disorder in Pregnancy and Postpartum: A Clinicians' Guide. CNS Drugs. 2025;39:763–777. https://doi.org/10.1007/s40263-025-01202-7 (2025 tarihli düzeltme kaydı: https://doi.org/10.1007/s40263-025-01239-8)

[3] Patorno E, Huybrechts KF, Bateman BT, ve ark. Lithium Use in Pregnancy and the Risk of Cardiac Malformations. N Engl J Med. 2017;376:2245–2254. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1612222

[4] Medicines and Healthcare products Regulatory Agency (MHRA). Valproate – reproductive risks. 2025. https://www.gov.uk/guidance/valproate-reproductive-risks

[5] European Medicines Agency (EMA). New measures to avoid valproate exposure in pregnancy endorsed. 23 Mart 2018. https://www.ema.europa.eu/en/news/new-measures-avoid-valproate-exposure-pregnancy-endorsed

[6] Viguera AC, Whitfield T, Baldessarini RJ, ve ark. Risk of recurrence in women with bipolar disorder during pregnancy: prospective study of mood stabilizer discontinuation. Am J Psychiatry. 2007;164:1817–1824. https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2007.06101639

[7] UK Teratology Information Service (UKTIS). Use of lithium in pregnancy. https://uktis.org/monographs/use-of-lithium-in-pregnancy/

[8] Wesseloo R, Kamperman AM, Munk-Olsen T, ve ark. Risk of Postpartum Relapse in Bipolar Disorder and Postpartum Psychosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. Am J Psychiatry. 2016;173:117–127. https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2015.15010124

KENTSEL BELLEĞİN YENİDEN YAZILMASI: TRABZON DEĞİRMENDERE-BOZTEPE AKSINDA YIKIM VE TEMSİL

Aysun AYDIN SANCAROĞLU
Dr. Öğr. Üyesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü
Özlem AYDIN
Doç. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü

ÖZET
Kentlerin fiziksel yapısı, yalnızca güncel gereksinimler doğrultusunda biçimlenen bir çevre değil, geçmişin izlerini taşıyan ve kolektif belleğin sürekliliğine aracılık eden mekânsal bir katmandır. Bu nedenle büyük ölçekli kentsel müdahaleler, fiziksel çevrenin dönüşümünün ötesinde, kent ile geçmiş arasında kurulan ilişkileri de yeniden tanımlamaktadır. Özellikle ulaşım odaklı altyapı yatırımları; yapı dokusu, ulaşım güzergâhları ve topoğrafik ilişkiler üzerinde oluşturdukları değişimler aracılığıyla kentsel belleğin maddi referanslarını dönüştürmekte ve yeni temsil biçimleri üretmektedir.
Bu çalışma, Trabzon'da Değirmendere–Boztepe aksında gerçekleştirilen büyük ölçekli ulaşım müdahalesini bellek, yıkım ve temsil kavramları üzerinden incelemektedir. Çalışmanın temel sorusu, ulaşım altyapısının yeniden düzenlenmesi sürecinde mevcut kentsel dokunun hangi mekânsal izlerinin dönüştüğü ya da ortadan kalktığı ve bu dönüşümün alanın kentsel temsili üzerindeki etkilerinin nasıl okunabileceğidir. Araştırmada tarihsel haritalar, farklı tarihlere ait uydu görüntüleri ve alan fotoğrafları birlikte değerlendirilerek müdahalenin yapı dokusu, yeni ulaşım izi ve topoğrafik ilişkiler üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.
Bulgular, müdahalenin etkisinin yalnızca yapı kayıplarıyla sınırlı olmadığını; mevcut yapı dokusunun sürekliliğinin değiştiğini, Değirmendere ile Boztepe arasında tarihsel gelişim akslarından farklı yeni bir ulaşım izinin ortaya çıktığını ve güzergâh ile topoğrafya arasındaki ilişkinin tünel, viyadük, kazı ve istinat uygulamaları aracılığıyla yeniden kurulduğunu göstermektedir. Çalışma, bu değişimi geçmişin kent içerisindeki izlerinin bütünüyle ortadan kalkması olarak değil, geçmişin okunmasını sağlayan yapı, güzergâh ve topoğrafya ilişkilerinin yeniden düzenlenmesi olarak değerlendirmektedir. Bu bağlamda Değirmendere-Boztepe örneği, büyük ölçekli ulaşım müdahalelerinin kentsel belleğin maddi taşıyıcılarını dönüştürürken aynı zamanda alanın yeni bir kentsel temsilinin oluşmasına nasıl aracılık ettiğini ortaya koymaktadır.
Anahtar Kelimeler: Kentsel bellek, kentsel temsil, yıkım, ulaşım altyapısı, Değirmendere–Boztepe, Trabzon.

REWRITING URBAN MEMORY: DEMOLITION AND REPRESENTATION ALONG THE DEĞİRMENDERE–BOZTEPE AXIS IN TRABZON

ABSTRACT
The physical structure of cities is not merely an environment shaped by contemporary needs, but also a spatial layer that carries traces of the past and mediates the continuity of collective memory. Large-scale urban interventions therefore redefine not only the physical environment but also the relationships established between the city and its past. Transport-oriented infrastructure investments, in particular, transform the material references of urban memory through the changes they introduce to the built fabric, transport routes, and topographical relationships, while also producing new forms of representation.

This study examines a large-scale transport intervention along the Değirmendere–Boztepe axis in Trabzon through the concepts of memory, demolition, and representation. Its central research question concerns which spatial traces of the existing urban fabric are transformed or eliminated in the process of reorganizing transport infrastructure, and how the effects of this transformation on the urban representation of the area can be interpreted. Historical maps, satellite images from different dates, and field photographs are comparatively analyzed to examine the intervention's effects on the built fabric, the new transport trace, and topographical relationships.
The findings demonstrate that the effects of the intervention are not limited to the loss of buildings. Rather, the continuity of the existing built fabric has been altered, a new transport trace distinct from historically developed routes has emerged between Değirmendere and Boztepe, and the relationship between the route and the topography has been reconfigured through tunnels, viaducts, excavation, and retaining structures. The study interprets these changes not as the complete disappearance of the traces of the past from the city, but as a reorganization of the relationships among buildings, routes, and topography through which the past remains legible. In this context, the Değirmendere–Boztepe case demonstrates how large-scale transport interventions transform the material carriers of urban memory while simultaneously contributing to the formation of a new urban representation of the area.
Keywords: Urban memory, urban representation, demolition, transport infrastructure, Değirmendere–Boztepe, Trabzon.

1. GİRİŞ

Kentler, farklı dönemlere ait fiziksel, toplumsal ve kültürel katmanların zaman içerisinde bir araya gelmesiyle oluşan ve sürekli dönüşen mekânsal yapılardır. Bu süreçte yapılar, sokaklar, güzergâhlar ve kamusal alanlar yalnızca kentin fiziksel çevresini oluşturmaz; gündelik yaşamın ve toplumsal deneyimlerin gerçekleştiği mekânsal bir zemin meydana getirir. Mekânda gerçekleşen gündelik deneyimlerin zaman içerisinde belleğin bir parçası hâline gelmesi, fiziksel çevrenin kişisel ve kolektif belleğin oluştuğu bir bağlama dönüşmesini sağlamaktadır (Köprü vd.,2023). Bu nedenle kentsel bellek yalnızca tarihsel ya da simgesel yapılarda değil, gündelik yaşam içerisinde deneyimlenen sıradan yapılar, sokaklar ve mekânsal örüntüler üzerinden de oluşmakta ve aktarılmaktadır (Köprü vd., 2023).

Kentsel mekânın sürekli değişen yapısı, belleğin dayandığı fiziksel ve mekânsal ilişkilerin de değişmesine neden olmaktadır. Özellikle büyük ölçekli kentsel müdahaleler; yapıların ortadan kaldırılması ya da yeniden inşa edilmesinin yanı sıra ulaşım güzergâhlarını, topoğrafya ile kurulan ilişkileri ve mekânsal bağlantıları yeniden düzenleyebilmektedir. Bu nedenle yapılı çevrede meydana gelen değişim yalnızca fiziksel bir değişim olarak kalmamakta; çevrenin taşıdığı anlam, değer ve temsiliyet üzerinde de etkili olmaktadır (Yalçınkaya ve Sofuoğlu, 2022). Müdahale sonucunda geçmişten gelen bazı mekânsal izler varlığını sürdürürken bazıları dönüşmekte, bazıları ise tamamen ortadan kalkmaktadır. Mekânsal müdahalelerin niteliğine bağlı olarak ortaya çıkan bu farklı durumlar, kentsel bellekte süreklilik, dönüşüm ya da kırılma biçiminde karşılık bulabilmektedir (Karaibrahimoğlu ve Demirkan, 2026).

Bu bağlamda yıkım, yalnızca bir yapının fiziksel olarak ortadan kaldırılması biçiminde değil, kenti oluşturan mekânsal ilişkilerin değişmesi üzerinden daha geniş bir çerçevede ele alınabilir. Bir yapının kaybı kadar bir güzergâhın kesintiye uğraması, topoğrafik ilişkinin yeniden kurulması ya da geçmişten gelen bir mekânsal bağlantının okunamaz hâle gelmesi de kentsel belleğin maddi referanslarını dönüştürebilmektedir. Bununla birlikte kentsel bellek, müdahale karşısında yalnızca korunan ya da kaybedilen sabit bir birikim değildir; mekânsal süreklilikler, dönüşümler ve kırılmalar içerisinde yeniden üretilen dinamik bir yapı olarak değerlendirilebilir (Karaibrahimoğlu ve Demirkan, 2026). Böylece fiziksel çevrenin yeniden düzenlenmesi, aynı

zamanda kentin geçmişinin hangi mekânsal ilişkiler üzerinden okunabileceğini ve kentin nasıl temsil edildiğini yeniden tanımlayan bir süreç hâline gelmektedir.

Kentsel bellek ve yıkım ilişkisini ele alan çalışmalar, fiziksel çevredeki değişimin bellek üzerindeki etkilerini farklı yapı ve mekân örnekleri üzerinden ortaya koymaktadır. Bununla birlikte büyük ölçekli ulaşım müdahalelerinin etkilerinin tekil yapıların kaybının ötesinde; yapı dokusu, güzergâhlar ve topoğrafik ilişkiler arasında kurulmuş mekânsal süreklilikler üzerinden birlikte okunması, kentsel belleğin dönüşümünü farklı bir ölçekte tartışmaya olanak vermektedir. Bu çalışma, yıkım ve dönüşümü bu ilişkisel mekânsal yapı üzerinden ele alarak kentsel belleğin yeniden kurulma biçimlerini incelemektedir.

Trabzon'da Değirmendere-Boztepe aksında gerçekleştirilen büyük ölçekli ulaşım müdahalesi, bu ilişkinin incelenebileceği güncel bir örnek oluşturmaktadır. Çalışmanın temel problemi, ulaşım altyapısına yönelik büyük ölçekli müdahalelerin mevcut kentsel dokuyu değiştirirken geçmişin mekânsal izleri ve süreklilikleri üzerinde nasıl bir dönüşüm oluşturduğudur. Bu doğrultuda çalışma, Değirmendere-Boztepe aksındaki müdahale öncesi ve güncel mekânsal durumu karşılaştırarak mevcut mekânsal izlerin nasıl dönüştüğünü ya da ortadan kalktığını ve ortaya çıkan yeni mekânsal düzenin alanın kentsel temsili üzerindeki etkilerinin nasıl okunabileceğini araştırmaktadır. Yapı dokusu, yeni ulaşım izi ve topoğrafik ilişkiler üzerinden gerçekleştirilen karşılaştırmalı okuma ile çalışma, kentsel müdahalenin fiziksel sonuçlarının ötesinde, geçmişin okunmasına aracılık eden mekânsal ilişkilerin nasıl yeniden düzenlendiğini tartışmayı amaçlamaktadır.

2. KURAMSAL ARKA PLAN

Bellek, yıkım ve temsil kavramları mimarlık ve kent araştırmaları literatüründe geniş bir yer tutmaktadır. Bu bölümde söz konusu kavramlar, kentsel mekândaki değişimin okunmasına yönelik ilişkisel bir çerçevede ele alınmaktadır. İlk olarak kentsel bellek ile mekânsal süreklilik arasındaki ilişki, ardından yıkımın oluşturduğu kayıp, dönüşüm ve kırılmalar, son olarak ise değişen mekânsal ilişkiler üzerinden kentsel temsilin yeniden kurulması tartışılmaktadır.

2.1. Kentsel Bellek ve Mekânsal Süreklilik

Kentsel bellek, geçmişe ilişkin bilgilerin yalnızca zihinsel olarak saklanmasıyla değil, bu bilgilerin mekân ve gündelik yaşam içerisinde karşılık bulmasıyla oluşmaktadır. Yapılar, sokaklar ve kamusal mekânlar, zaman içerisinde gerçekleşen toplumsal deneyimlerin fiziksel zeminini oluştururken, bu deneyimlerin tekrar edilmesi ve aktarılması yoluyla kentsel belleğin taşıyıcılarına dönüşmektedir. Bu nedenle kentsel bellek, yalnızca tarihsel ya da simgesel değeri yüksek yapılarla değil, gündelik yaşamın sürdüğü sıradan mekânlar ve bu mekânlarla kurulan ilişkiler aracılığıyla da oluşmaktadır (Köprü vd., 2023; Karaibrahimoğlu & Demirkan, 2026). Hebbert (2005) de kolektif belleğin gündelik sokak içerisinde biriken deneyimlerle ilişkisine dikkat çekerek kamusal alanın fiziksel düzenini ortak belleğin oluştuğu mekânsal bir zemin olarak değerlendirmektedir.

Mekânsal süreklilik, bu ilişkinin zaman içerisinde devam etmesini sağlayan önemli unsurlardan biridir. Bununla birlikte süreklilik, fiziksel çevrenin değişmeden korunması anlamına gelmemektedir. Geçmişten gelen sokakların, güzergâhların, yapı dokusunun ve bunlar arasındaki ilişkilerin farklı ölçülerde varlığını sürdürmesi, kentin farklı dönemleri arasında mekânsal bir bağ kurulmasını sağlamaktadır (Bozdoğan & Gürer, 2024). Bu bileşenler, geçmişin güncel kent içerisinde okunmasına olanak sağlayan **mekânsal izler** olarak değerlendirilebilir. Mekânsal izlerin önemi yalnızca fiziksel varlıklarından değil, geçmişte kurulmuş kullanımları, hareket biçimlerini ve mekânsal ilişkileri güncel kent içerisinde farklı ölçülerde sürdürebilmelerinden kaynaklanmaktadır (Dede Vatansever, 2026). Dolayısıyla mekânsal süreklilik, değişimin karşıtı olmaktan çok, farklı dönemlere ait mekânsal ve işlevsel ilişkilerin değişim içerisinde ne ölçüde sürdürülebildiğiyle ilişkilidir.

Bu süreklilik aynı zamanda kentin gündelik olarak nasıl deneyimlendiğiyle ilişkilidir. Sak ve Şenyapılı (2019), kentsel belleğin mekânsal, zamansal ve toplumsal süreklilikler içerisinde oluştuğunu; ulaşım biçimleri ve büyük ölçekli müdahaleler sonucunda ortaya çıkan parçalanmaların ise bu sürekliliklerı değiştirebildiğini belirtmektedir. Benzer biçimde Yılmaz ve Hiçsönmezler (2026), kentsel belleğin tekil yapılar ya da imgelerden çok, güzergâhlar, referans noktaları ve gündelik hareket içerisinde kurulan ardışık mekânsal ilişkiler aracılığıyla sürdürüldüğünü ortaya koymaktadır. Bu ilişkilerin değişmesi geçmişin bütünüyle ortadan kalkması anlamına gelmemekte; ancak geçmişin kent içerisinde hangi mekânsal ilişkiler aracılığıyla okunabildiğini değiştirmektedir. Dolayısıyla kentsel belleğin sürekliliği, yalnızca fiziksel öğelerin varlığını koruması üzerinden değil, bu öğeler arasında kurulmuş mekânsal ilişkilerin devamlılığı üzerinden de değerlendirilmelidir.

2.2. Yıkım: Kayıp, Dönüşüm ve Kırılma

Yıkım, en temel anlamıyla yapılı çevrenin fiziksel olarak ortadan kaldırılmasını ifade etmekle birlikte, kentsel bellek açısından etkileri mimari nesnenin kaybıyla sınırlı değildir. Yapılar, sokaklar ve kamusal mekânlar zaman içerisinde kullanımlar, karşılaşmalar ve gündelik pratiklerle ilişkilenmekte; dolayısıyla fiziksel çevrenin ortadan kalkması, bu çevre içerisinde oluşmuş mekânsal ilişkilerin sürekliliğini de değiştirmektedir. Özkuş (2018), yıkımı yapma ve inşa etmenin karşıtı olan tekil bir eylem olarak değil, mekânın zaman içerisinde değişmesine, kullanılmasına ve farklı deneyimler biriktirmesine olanak sağlayan sürecin kesintiye uğraması üzerinden tartışmaktadır. Benzer biçimde Avşan Karaman (2024), mekânsal yıkımın toplumsal hafızada kayıp ve kırılma yaratabileceğini, ancak yıkılan mekânların daha sonraki hatırlama ve unutma pratikleri içerisinde yeniden anlamlandırılabildiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle yıkım, kentsel belleğin basitçe ortadan kalktığı bir son durumdan çok, geçmişle kurulan mekânsal ilişkinin değiştiği bir süreç olarak değerlendirilebilir.

Bu süreç, tekil yapıların ortadan kalkmasının ötesinde, kentsel dokuyu oluşturan ilişkilerin dönüşmesiyle daha görünür hâle gelmektedir. Yapıların kaybı, güzergâhların değişmesi, mevcut bağlantıların kesilmesi ya da topoğrafik ilişkilerin yeniden kurulması, geçmişten gelen mekânsal örüntünün okunabilirliğini değiştirebilmektedir. Önen'in (2025) Diyarbakır Suriçi üzerine gerçekleştirdiği çalışma da yıkım sonrasındaki müdahalelerin yalnızca yapı ölçeğinde değil; sokak dokusu, yapı tipolojileri, tarihsel süreklilik ve mekânsal aidiyet açısından birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu açıdan yıkımın kentsel belleğe etkisi, yalnızca ortadan kaldırılan öğeler üzerinden değil, bu öğelerin parçası olduğu mekânsal ilişkiler sisteminin müdahale sonrasında ne ölçüde sürdürülebildiği üzerinden tartışılabilir.

Dolayısıyla yıkım ile kentsel bellek arasında doğrusal bir **kayıp** ilişkisi kurmak yeterli değildir. Müdahalenin ölçeğine ve niteliğine bağlı olarak bazı mekânsal izler ortadan kalkabilir, bazıları dönüşerek varlığını sürdürebilir ve yeni mekânsal ilişkiler ortaya çıkabilir. Bu durumda kentsel bellekteki kırılma, geçmişin bütünüyle silinmesinden çok, geçmişin güncel kent içerisinde **hangi mekânsal izler ve ilişkiler aracılığıyla okunabildiğinin değişmesi** olarak ele alınabilir. Bu çalışma açısından yıkım, bu nedenle, kayıp, dönüşüm ve kırılmanın birlikte ortaya çıkabildiği ve geçmişle kurulan mekânsal ilişkinin yeniden düzenlendiği bir süreç olarak değerlendirilmektedir.

2.3. Kentsel Temsilin Yeniden Kurulması

Kent, yalnızca yapılar ve açık alanlardan oluşan fiziksel bir bütün değil, bu öğeler arasında kurulan ilişkiler aracılığıyla algılanan ve okunan mekânsal bir yapıdır. Bu nedenle kentsel temsil, yalnızca kentin görsel görünümüne ya da belirli mimari imgelere indirgenemez; yapıların, güzergâhların, kamusal alanların ve topoğrafyanın oluşturduğu mekânsal düzenle birlikte ele alınmalıdır. Lynch'in (1960) kentsel çevrenin okunabilirliğini yollar, sınırlar, bölgeler, düğüm noktaları ve işaret öğeleri arasındaki ilişkiler üzerinden açıklaması, kentin zihinsel temsilinin tekil nesnelerden çok bu öğelerin oluşturduğu bütün içerisinde kurulduğunu göstermektedir. Rossi (1982) ise kenti, farklı dönemlerin izlerinin üst üste biriktiği ve bazı

mekânsal yapıların zaman içerisinde süreklilik gösterdiği kolektif bir oluşum olarak değerlendirmektedir. Bu açıdan kentsel temsil, mevcut fiziksel çevrenin yanı sıra geçmişten gelen mekânsal izlerin güncel kent içerisinde nasıl okunabildiğiyle de ilişkilidir.
Büyük ölçekli kentsel müdahaleler, bu izler arasındaki ilişkileri yeniden düzenleyerek alanın kentsel temsilini de dönüştürebilmektedir. Müdahale sonrasında bazı mekânsal izler varlığını sürdürürken bazıları dönüşmekte, bazıları ise yeni mekânsal düzen içerisinde okunamaz hâle gelmektedir. Aynı zamanda yeni güzergâhlar, bağlantılar ve altyapı öğeleri kentin fiziksel yapısına eklenerek farklı bir mekânsal düzen oluşturmaktadır. Bu nedenle kentsel temsilin yeniden kurulması, geçmişin bütünüyle ortadan kalkması ya da yerine tamamen yeni bir temsilin geçmesi olarak değil, geçmişten gelen mekânsal izler ile müdahale sonucunda ortaya çıkan yeni mekânsal düzen arasındaki ilişkinin yeniden tanımlandığı bir süreç olarak ele alınabilir.

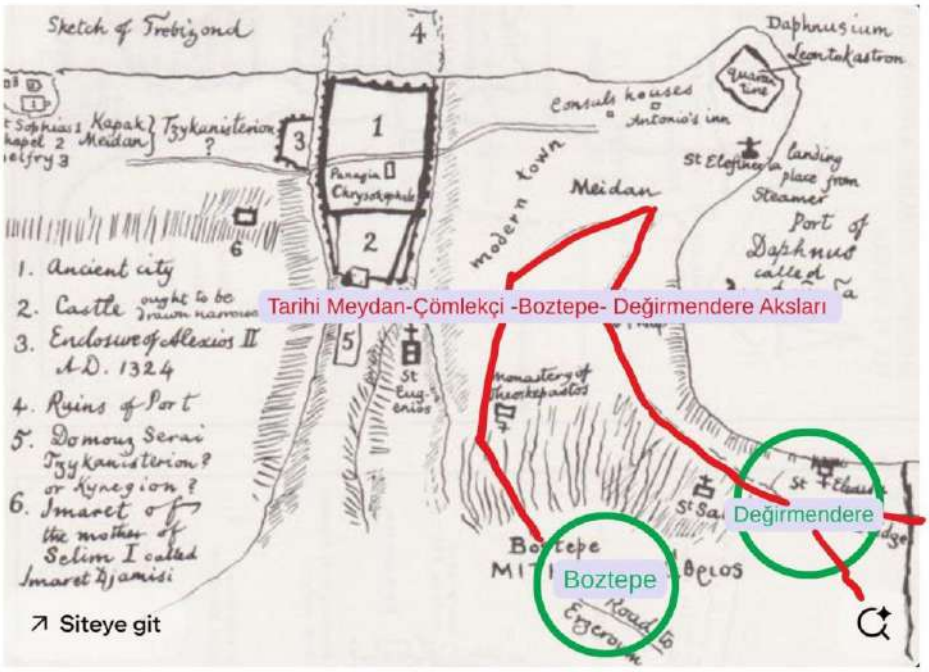
3. DEĞİRMENDERE–BOZTEPE AKSI: MEKÂNSAL VE TARİHSEL BAĞLAM

Çalışma alanı, Trabzon kent merkezinin doğusunda yer alan Değirmendere Vadisi ile kentin güneyindeki belirgin topoğrafik eşiklerden biri olan Boztepe arasında uzanmaktadır (Resim-1).



Resim-1 Çalışma Alanı (Google Harita altlık kullanılarak bölgeler ve yollar yazarlar tarafından işlenmiştir)

Trabzon'un tarihsel gelişiminde kıyıya dik uzanan vadiler ve sırtlar, yerleşim dokusunun ve ulaşım güzergâhlarının biçimlenmesinde belirleyici olmuştur. Değirmendere Vadisi kıyı ile iç kesimler arasında doğal bir geçiş alanı oluştururken, Boztepe kentin güney yönündeki gelişimini sınırlayan ve yönlendiren topoğrafik eşiklerden biri olmuştur (Öztürk, 2021; Üstün Demirkaya, 2021) (Bknz Resim-2).



Resim-2 1850 tarihli Trabzon krokisi (Wikimedia Commons – George Finlay 1850 Trebizond Map) (Bölgeler ve yollar yazarlar tarafından işlenmiştir)

Değirmendere Vadisi, Trabzon'u iç bölgelere bağlayan tarihsel ulaşım sisteminin önemli bileşenlerinden biridir. Vadiden ilerleyen güzergâhlar Maçka ve Zigana üzerinden iç kesimlere uzanırken, 1913 tarihli kayıtlarda Değirmendere, Trabzon-Erzurum yolunun başlangıç noktası olarak tanımlanmakta ve kent merkezinden Değirmendere'ye kadar olan yol kesiminin aynı yıl yeniden inşa edildiği belirtilmektedir (Kısa, 2020). Boztepe yönündeki tarihsel ulaşım ise farklı bir güzergâh üzerinden gelişmiş; kent merkezinden Yeni Cuma ve Boztepe üzerinden ilerleyen "eski yol", Değirmendere eteklerindeki Gölçayırı'na ulaşmıştır (Öztürk, 2021, ss. 18–20). Böylece Değirmendere Vadisi ile Boztepe tarihsel ulaşım coğrafyası içerisinde ilişkili olmakla birlikte, bu ilişki topoğrafyaya uyum sağlayan farklı güzergâhlar üzerinden kurulmuştur.

Kentin 20. yüzyıldaki büyümesi de büyük ölçüde bu topoğrafik yapı üzerinden gerçekleşmiştir. Öksüz (2005), Trabzon'un güneye doğru gelişiminin vadiler ve sırtlar boyunca ilerlediğini ve ulaşımın sağladığı erişilebilirliğin bu akslardaki yapılaşmayı yönlendirdiğini belirtmektedir. Bu sistem içerisinde Yenicuma–Boztepe bir sırt aksı, Değirmendere ise vadi aksı olarak tanımlanmaktadır. Lambert Planı da kentin bu dönemdeki ulaşım ve yerleşim ilişkilerinin topoğrafya ile kurduğu ilişkiyi göstermesi açısından önemlidir (Resim 3). 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren Boztepe giderek yoğunlaşan kent dokusunun parçası hâline gelirken (Uzunali, 2017), Değirmendere Vadisi ulaşım, sanayi ve yerleşim kullanımlarının bir arada bulunduğu yoğun bir kentsel alana dönüşmüştür.



Resim 3. Trabzon Lambert Planı. Kaynak: Gerçek (1997) üzerinden yazarlar tarafından işaretlenmiştir.

Günümüzde Değirmendere ile Boztepe arasında oluşturulan ulaşım bağlantısı, Kanuni Bulvarı kapsamında geliştirilen daha geniş ulaşım sisteminin bir parçasıdır. Trabzon Büyükşehir Belediyesi'nin 2015 yılı faaliyet raporunda "Kanuni Bulvarı–Çukurçayır ve Değirmendere Bağlantı Yolu" olarak tanımlanan güzergâhın, 14.09.2015 tarih ve 455 sayılı Belediye Meclisi kararıyla onaylanan imar planı kapsamında Değirmendere'de eski Erzurum Kavşağı'ndan başlayarak Çukurçayır'da Kanuni Bulvarı'na bağlanacak biçimde planlandığı belirtilmektedir (Trabzon Büyükşehir Belediyesi, 2015). Günümüzde Değirmendere-Sanayi Mahallesi çevresinden başlayarak mevcut yerleşim dokusu içerisinden Boztepe yönüne ilerleyen bu bağlantı, çalışmada Kanuni Bulvarı'nın bütünü üzerinden değil, Değirmendere-Boztepe arasında oluşturduğu mekânsal dönüşüm üzerinden ele alınmaktadır.

Çalışma kapsamında incelenen tarihsel kaynak ve haritalarda, güncel Değirmendere-Boztepe bağlantısıyla örtüşen doğrudan bir güzergâh tespit edilmemiştir. Güncel müdahale böylece tarihsel olarak vadi ve sırt sistemleri boyunca gelişen ulaşım ilişkilerinden farklı bir mekânsal bağlantı ortaya koymaktadır. Yeni güzergâhın oluşturulması sırasında yapı dokusunun bazı bölümlerinin ortadan kaldırılması ve topoğrafyaya yönelik fiziksel müdahaleler, alandaki mevcut mekânsal ilişkileri de yeniden düzenlemektedir. Değirmendere-Boztepe aksının çalışma alanı olarak seçilmesinin temel nedeni, tarihsel olarak topoğrafya tarafından yönlendirilen ulaşım ve yerleşim ilişkilerinin bulunduğu bu alanda, güncel ulaşım müdahalesinin mevcut mekânsal izler üzerinde yarattığı dönüşümün açık biçimde izlenebilmesidir.

4. YÖNTEM

Bu çalışma, Değirmendere–Boztepe aksında gerçekleştirilen ulaşım müdahalesinin mevcut mekânsal doku üzerindeki etkisini inceleyen nitel bir mekânsal analiz olarak kurgulanmıştır. Araştırmanın temel veri setini, çalışma alanına ait farklı tarihlerdeki uydu görüntüleri ile müdahale sürecini belgeleyen alan fotoğrafları oluşturmaktadır. Uydu görüntülerinin farklı yıllara ait bir zaman dizisi içerisinde incelenmesi, müdahale öncesindeki mekânsal durumun, yapım sürecinde ortaya çıkan değişimlerin ve güncel mekânsal yapının karşılaştırılmasına olanak sağlamıştır. Bu doğrultuda görüntüler, yalnızca öncesi ve sonrası arasındaki farkın belirlenmesi için değil, yeni ulaşım izinin kentsel doku içerisinde ortaya çıkış ve belirginleşme sürecinin izlenmesi amacıyla da değerlendirilmiştir.

Analiz, görsel veriler üzerinden izlenebilen üç temel bileşene odaklanmaktadır: **yapı dokusundaki değişim, ulaşım müdahalesinin oluşturduğu yeni mekânsal iz ve**

topoğrafyayla kurulan ilişkinin dönüşümü. Uydu görüntülerinin karşılaştırılması yoluyla müdahale güzergâhında yapılaşmış alanların değişimi, açılan yeni yol yüzeyleri ve müdahalenin mevcut kentsel doku içerisindeki konumu incelenmiştir. Alan fotoğraflarında ise yıkım alanları, mevcut yapı dokusu ile yeni ulaşım yapılarının ilişkisi ve tünel, viyadük, kazı ve istinat uygulamalarının topoğrafya üzerindeki fiziksel etkileri değerlendirilmiştir.

Erişilebilen farklı tarihli uydu görüntüleri öncelikle bir zaman dizisi içerisinde bütün olarak incelenmiştir. Ayrıntılı karşılaştırmada ise müdahalenin farklı mekânsal evrelerini temsil eden 2015, 2021, 2023 ve 2026 tarihli görüntüler kullanılmıştır. Bu seçimde 2015 yılı müdahale öncesindeki yapı dokusunu, 2021 yılı müdahaleye ilişkin fiziksel izlerin belirginleşmeye başladığı evreyi, 2023 yılı yeni güzergâhın mekânsal olarak okunabilir hâle geldiği yapım sürecini, 2026 yılı ise güncel mekânsal durumu temsil etmektedir. Böylece seçilen görüntüler, yalnızca başlangıç ve sonuç durumlarını değil, müdahalenin yapı dokusu içerisinde ortaya çıkış ve belirginleşme sürecini de karşılaştırmaya olanak sağlamaktadır.

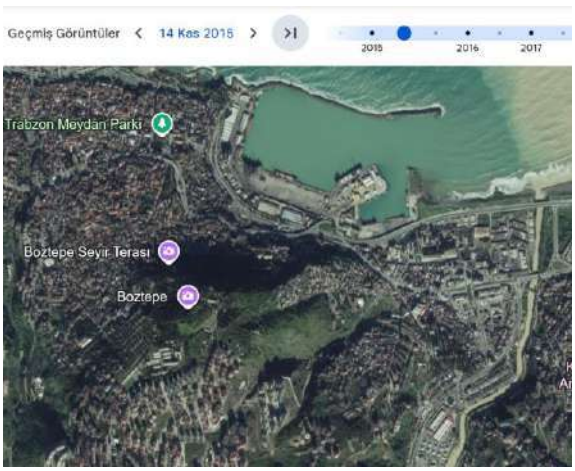
Elde edilen bulgular, çalışmanın kuramsal çerçevesinde tanımlanan **mekânsal süreklilik, dönüşüm ve kırılma** kavramları üzerinden yorumlanmıştır. Bu değerlendirmede, müdahalenin fiziksel çevrede oluşturduğu değişimin yanı sıra geçmişin mekân üzerinden okunmasını sağlayan mevcut ilişkilerin ne ölçüde sürdüğü, dönüştüğü ya da kesintiye uğradığı ele alınmıştır. **Çalışma, kentsel belleği kullanıcı deneyimleri üzerinden değil, geçmişin okunmasına aracılık eden maddi ve mekânsal izlerin sürekliliği üzerinden değerlendirmektedir.**

5. BULGULAR: DEĞİRMENDERE-BOZTEPE AKSINDA MEKÂNSAL DÖNÜŞÜM

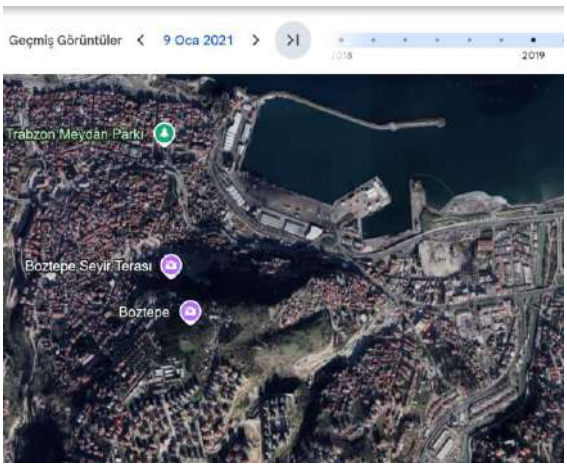
Değirmendere–Boztepe aksında gerçekleştirilen ulaşım müdahalesinin mekânsal etkileri, farklı tarihlere ait uydu görüntüleri ve yapım sürecine ilişkin alan fotoğrafları üzerinden değerlendirilmiştir. Bulgular, müdahalenin mevcut yapı dokusu içerisindeki konumunu, yeni ulaşım izinin oluşturduğu mekânsal değişimi ve topoğrafyayla kurduğu ilişkinin dönüşümünü ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda değerlendirme; **yapı dokusundaki değişim, yeni ulaşım izinin kentsel doku içindeki konumu ve topoğrafik ilişkinin dönüşümü** olmak üzere üç başlık altında ele alınmıştır.

5.1. Yapı Dokusundaki Değişim

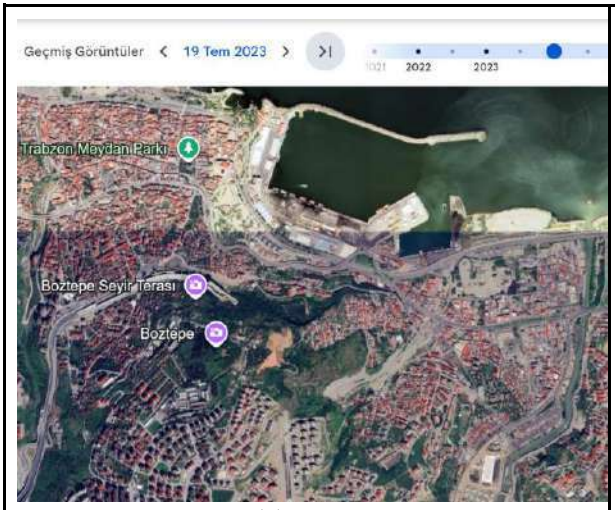
Müdahale öncesi ve güncel uydu görüntülerinin karşılaştırılması, yeni ulaşım güzergâhının önemli bir bölümünün mevcut yapılaşmış alan içerisinden geçirildiğini göstermektedir. Müdahale öncesi görüntülerde süreklilik gösteren yapılaşmış alanların bulunduğu kesimlerde, güncel görüntülerde yeni yol güzergâhının açılmasıyla birlikte belirgin boşalmalar ve yapı dokusunda kesintiler ortaya çıkmaktadır (Resim 4).



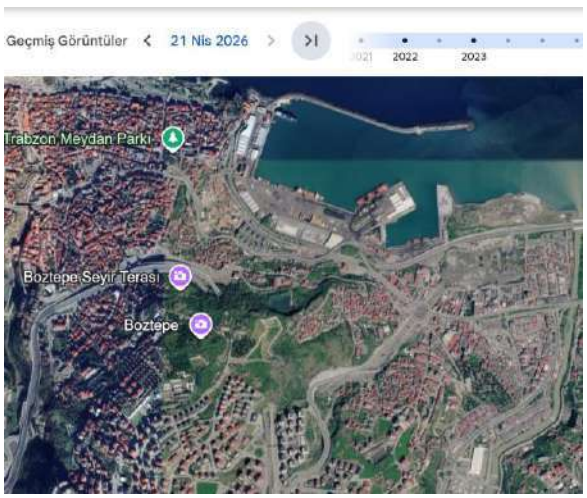
(a) 2015



(b) 2021



(c) 2023



(d) 2026

Resim 4. Değirmendere–Boztepe aksında ulaşım müdahalesinin mekânsal gelişimi: (a) 2015, (b) 2021, (c) 2023, (d) 2026. Kaynak: Google Earth tarihsel uydu görüntüleri.

Farklı tarihlere ait uydu görüntülerinin karşılaştırılması, yeni ulaşım güzergâhının mevcut yapılaşmış alan içerisindeki gelişimini ve yapı dokusunda meydana gelen değişimi aşamalı olarak ortaya koymaktadır (Resim 4). 2015 tarihli görüntüde çalışma alanının özellikle Değirmendere ve Sanayi Mahallesi çevresinde yoğun bir yapılaşma gösterdiği, Boztepe yönünde ise yapılaşmanın topoğrafyaya bağlı olarak parçalı biçimde devam ettiği görülmektedir. Bu tarihte Değirmendere ile Boztepe arasında günümüzdeki ulaşım güzergâhına karşılık gelen kesintisiz bir mekânsal iz bulunmamaktadır (Resim 4a).
2021 yılına ait görüntüde Değirmendere'den Boztepe yönüne uzanan kesimlerde açılan alanlar ve kazı yüzeyleri belirginleşmeye başlamaktadır (Resim 4b). 2023 yılında yeni ulaşım güzergâhının doğrultusu daha açık biçimde okunurken, güzergâh boyunca mevcut yapı dokusunun bazı kesimlerinde boşalmalar ve geniş açıklıklar ortaya çıkmaktadır (Resim 4c). 2026 yılına gelindiğinde ise Değirmendere'den Boztepe yönüne uzanan yeni ulaşım hattı, çevresindeki yapı dokusundan ayrışan sürekli bir mekânsal unsur hâline gelmiştir (Resim 4d). Uydu görüntülerinde gözlenen değişimin temel özellikleri Tablo 1'de karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir.

Tablo 1. Uydu görüntülerine göre Değirmendere–Boztepe aksında gözlenen mekânsal değişimin zamansal karşılaştırması

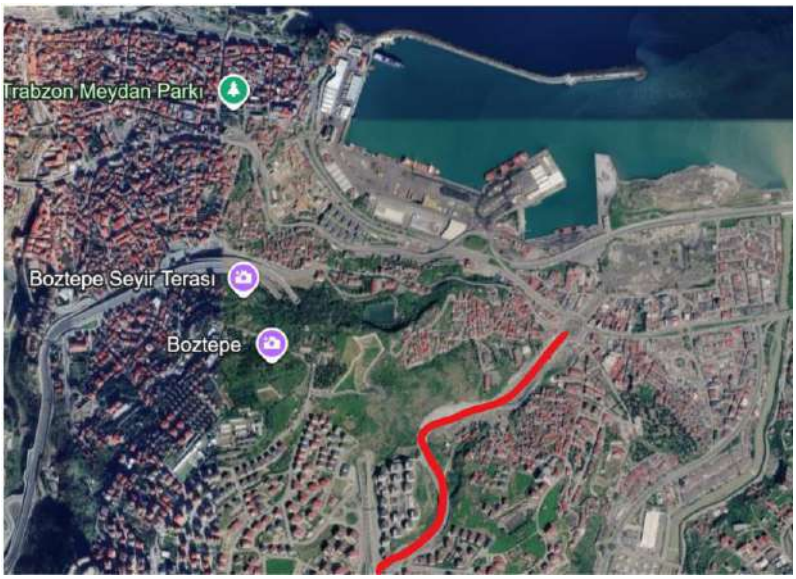
Gözlenen Mekânsal Bileşen	**2015**	**2021**	**2023**	**2026**
Yapı Dokusu	Yapılaşmış alanlarda süreklilik belirgin	Müdahale alanlarında boşalmalar ve kesintiler görülmeye başlıyor	Güzergâh boyunca yapı dokusundaki kesintiler belirginleşiyor	Yeni ulaşım hattının çevresinde parçalı bir yapı düzeni oluşuyor
Yeni Ulaşım İzi	Güncel	Müdahaleye	Güzergâhın	Değirmendere–

	güzergâha karşılık gelen belirgin bir iz görülmüyor	ilişkin ilk fiziksel izler ve açılan alanlar okunuyor	doğrultusu ve bağlantıları belirginleşiyor	Boztepe yönünde süreklilik gösteren belirgin bir ulaşım izi oluşuyor
Ulaşım Hattı-Mevcut Doku İlişkisi	Mevcut yapı dokusu mekânsal yapıyı tanımlıyor	Yeni müdahale mevcut doku içerisinde görünür hâle geliyor	Yeni ulaşım hattı ile mevcut doku arasındaki ölçek ve biçim farklılığı belirginleşiyor	Ulaşım altyapısı mevcut doku içerisinde güçlü ve ayrışan bir mekânsal unsur hâline geliyor
Değişimin Genel Niteliği	Müdahale öncesi durum	Değişimin başlangıcı	Dönüşümün belirginleşmesi	Yeni mekânsal durum

Uydu görüntülerinde izlenen değişim, yapı kaybının yalnızca tekil parsellerle sınırlı olmadığını göstermektedir. Müdahale öncesinde birbirine yakın ve süreklilik gösteren yapı gruplarının bulunduğu bazı kesimlerde, yeni güzergâhın açılmasıyla daha geniş açıklıklar ve yapı dokusunda kesintiler oluşmuştur. Alan fotoğrafları da yeni ulaşım yapıları ile varlığını sürdüren yapıların yan yana geldiği yeni mekânsal durumları göstermektedir. Dolayısıyla yapı dokusundaki değişim, yalnızca yapıların varlığı ya da yokluğu üzerinden değil, mevcut dokunun sürekliliğinde meydana gelen değişim üzerinden de okunabilmektedir.

5.2. Yeni Ulaşım İzinin Kentsel Doku İçindeki Konumu

Yapı dokusunda gözlenen değişimin yanı sıra ulaşım müdahalesi, çalışma alanında yeni ve süreklilik gösteren bir mekânsal iz ortaya çıkarmıştır. 2026 tarihli uydu görüntüsünde yeni güzergâh, Değirmendere çevresindeki ulaşım sisteminden ayrılarak Boztepe yönünde ilerleyen belirgin bir hat olarak okunmaktadır (Resim 5).



Resim 5. Değirmendere–Boztepe bağlantısını oluşturan yeni ulaşım güzergâhının çalışma alanındaki konumu, 2026. Kaynak: Google Earth uydu görüntüsü üzerinden yazarlar tarafından işaretlenmiştir.

Yeni güzergâhın çalışma alanındaki konumu, Bölüm 3'te ortaya konulan tarihsel ulaşım ilişkilerinden farklılaşmaktadır. Tarihsel kaynak ve haritalarda Değirmendere Vadisi iç bölgelere yönelen bir vadi aksı olarak gelişirken, Yeni Cuma–Boztepe hattı ayrı bir sırt aksı üzerinden biçimlenmiştir. **İncelenen tarihsel haritalarda güncel Değirmendere–Boztepe bağlantısıyla örtüşen doğrudan bir güzergâh tespit edilmemiştir.** Güncel müdahale ise bu iki alan arasında mevcut yapı dokusu içerisinden ilerleyen yeni bir bağlantı oluşturmaktadır.

Uydu görüntüleri ve alan fotoğrafları, bu bağlantının oluşturulması sırasında güzergâh üzerindeki yapı dokusunda boşalmalar meydana geldiğini ve araziye kazı, tünel, viyadük ve istinat uygulamalarıyla müdahale edildiğini göstermektedir. Böylece yeni ulaşım hattı, tarihsel olarak vadi ve sırtlar boyunca gelişen güzergâhlardan farklı olarak, yapı dokusu ve topoğrafya üzerinde gerçekleştirilen fiziksel müdahaleler aracılığıyla yeni bir doğrusal süreklilik oluşturmaktadır. Bu yeni ulaşım izinin topoğrafyayla kurduğu ilişki bir sonraki bölümde ele alınmaktadır.

5.3. Topoğrafik İlişkinin Dönüşümü

Değirmendere–Boztepe bağlantısının oluşturulma biçiminde belirginleşen bir diğer değişim, ulaşım güzergâhı ile topoğrafya arasındaki ilişkide görülmektedir. Trabzon'un tarihsel ulaşım ve yerleşim sisteminde vadiler ve sırtlar güzergâhların yönlenmesinde belirleyici olurken, güncel müdahalede Değirmendere ile Boztepe arasındaki kot farklılıkları büyük ölçekli mühendislik yapıları aracılığıyla aşılmaktadır. Alan fotoğraflarında görülen tünel, viyadük, kazı ve istinat uygulamaları, farklı kotlar arasında yeni bir ulaşım sürekliliğinin oluşturulabilmesi için topoğrafyaya doğrudan fiziksel müdahalelerde bulunulduğunu göstermektedir (Resim 6).



Resim 6. Değirmendere–Boztepe ulaşım müdahalesinde topoğrafyayla kurulan ilişkinin dönüşümü (yazarlar tarafından fotoğraflanmıştır)

Kazı ve istinat uygulamalarıyla yamaçların bazı kesimlerinin yeniden biçimlendirilmesi, güzergâh ile topoğrafya arasındaki değişen ilişkinin en belirgin göstergelerinden biridir. Tarihsel gelişimde Değirmendere Vadisi ve Boztepe sırtı farklı ulaşım yönlenmelerini tanımlarken, güncel müdahale tünel, viyadük ve kazı uygulamaları aracılığıyla bu iki topoğrafik oluşum arasında daha doğrudan bir bağlantı kurmaktadır. Böylece güzergâhın topoğrafyaya uyumlanma biçimi değişmekte; yeni ulaşım hattının oluşturulabilmesi için arazi bazı kesimlerde yeniden düzenlenmektedir. Yapı dokusundaki kesintiler, yeni ulaşım izinin ortaya çıkışı ve topoğrafyayla kurulan ilişkinin dönüşümü birlikte değerlendirildiğinde, müdahalenin çalışma alanındaki mevcut mekânsal ilişkileri birden fazla düzeyde değiştirdiği görülmektedir. Bu değişimin kentsel belleğin sürekliliği ve alanın kentsel temsili açısından taşıdığı anlam bir sonraki bölümde tartışılmaktadır.

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma, Trabzon'da Değirmendere-Boztepe aksında gerçekleştirilen ulaşım müdahalesini yapı dokusu, yeni ulaşım izi ve topoğrafik ilişkiler üzerinden incelemiştir. Farklı tarihli uydu

görüntüleri ve alan fotoğraflarının karşılaştırılması, yeni güzergâhın mevcut kentsel doku içerisinde aşamalı olarak oluştuğunu; bu süreçte yapı dokusunda kesintilerin meydana geldiğini ve topoğrafyanın tünel, viyadük, kazı ve istinat uygulamalarıyla yeniden düzenlendiğini göstermiştir. Bulgular birlikte değerlendirildiğinde müdahalenin etkisinin yalnızca tekil yapıların ortadan kaldırılmasıyla sınırlı olmadığı, yapı, güzergâh ve topoğrafya arasında kurulmuş mekânsal ilişkileri de değiştirdiği görülmektedir. Bu durum, kentsel belleğin maddi taşıyıcılarının tekil yapılardan daha geniş bir ilişkiler sistemi içerisinde değerlendirilmesi gerektiğine ilişkin yaklaşımlarla örtüşmektedir (Hebbert, 2005; Bozdoğan & Gürer, 2024; Yılmaz & Hiçsönmezler, 2026).

Yapı dokusunda gözlenen kesintiler bu açıdan değerlendirildiğinde, yıkımın etkisi ortadan kaldırılan mimari nesnelerin ötesine geçmektedir. Müdahale öncesinde birbirleriyle mekânsal süreklilik gösteren bazı yapı grupları ve bunların çevreleriyle kurduğu ilişkiler yeni güzergâhın oluşturulmasıyla değişmiştir. Özkuş'un (2018) yıkımı mekân ile zaman arasındaki sürekliliğin kesintiye uğraması üzerinden ele alan yaklaşımı ve Önen'in (2025) yıkım sonrası dönüşümü yapı ve sokak dokusu ile tarihsel süreklilik üzerinden birlikte değerlendirmesi, bu ilişkisel okumayı desteklemektedir. Yeni güzergâhın oluşturulması sırasında yapıların kaldırılması, boşlukların açılması ve araziye müdahale edilmesi, Akpınar'ın (2011, ss. 40–42) mevcut mekânsal katmanların kaldırılması ile yeni kentsel düzenin oluşturulmasını birlikte ele aldığı "yıkarak yapmak" yaklaşımıyla da ilişkilendirilebilir. Değirmendere–Boztepe örneğinde yıkım, bu anlamda yalnızca müdahalenin sonucu değil, yeni ulaşım düzeninin oluşturulma biçiminin de bir parçasıdır.

Çalışmanın ayırt edici bulgularından biri, yeni güzergâhın kentin tarihsel ulaşım coğrafyası içerisindeki konumudur. Tarihsel olarak Değirmendere Vadisi iç bölgelere yönelen bir vadi aksı, Yeni Cuma-Boztepe hattı ise farklı bir sırt aksı olarak gelişmiştir (Öztürk, 2021, ss. 18–20; Öksüz, 2005). İncelenen tarihsel kaynak ve haritalarda güncel Değirmendere–Boztepe bağlantısıyla örtüşen doğrudan bir güzergâhın tespit edilmemesi, yeni hattın mevcut bir tarihsel yolun devamı olarak değerlendirilmesini sınırlandırmaktadır. Güncel müdahale, tarihsel olarak topoğrafyanın yönlendirdiği bu iki sistemi farklı bir güzergâh ve altyapı ölçeği üzerinden ilişkilendirmektedir. Tünel, viyadük, kazı ve istinat uygulamaları da bu yeni bağlantının oluşturulmasında güzergâh ile topoğrafya arasındaki ilişkinin değiştiğini göstermektedir.

Bu dönüşüm alanın kentsel temsili açısından da önem taşımaktadır. Yeni ulaşım hattı, sürekliliği, ölçeği ve mühendislik yapılarıyla mevcut yapı dokusu içerisinde belirgin bir mekânsal unsur hâline gelmiştir. Lynch'in (1960) kentsel okunabilirliği mekânsal öğeler arasındaki ilişkiler üzerinden açıklayan yaklaşımı ve Rossi'nin (1982) kenti farklı dönemlerin izlerinin biriktiği kolektif bir oluşum olarak ele alması doğrultusunda, alanın güncel temsili geçmişten kalan mekânsal izler ile yeni altyapının birlikte oluşturduğu bir düzen üzerinden okunabilir. Müdahale böylece geçmişin bütün izlerini ortadan kaldırmamakta; ancak bu izlerin birbirleriyle ve yeni ulaşım sistemiyle kurduğu ilişkileri değiştirmektedir.

Bu noktada çalışmanın kapsamının sınırlarının belirtilmesi önemlidir. Kullanılan görsel ve mekânsal veriler, geçmişin okunmasına aracılık eden maddi izlerde meydana gelen değişimi ortaya koymakta; ancak kentlilerin müdahaleyi nasıl hatırladığını, yeni çevreyi nasıl deneyimlediğini ya da hangi anlamlarla ilişkilendirdiğini doğrudan göstermemektedir. Bu nedenle çalışma, kentsel belleğin yeniden yazılmasını kullanıcıların hatırlama pratikleri üzerinden değil, geçmişin kent içerisinde okunmasına aracılık eden fiziksel izlerin görünürlüğünün ve bu izler arasındaki mekânsal ilişkilerin değişmesi üzerinden değerlendirmektedir.

Sonuç olarak Değirmendere-Boztepe müdahalesi, yalnızca mevcut yapıların kaybına yol açan bir ulaşım yatırımı olarak değil, tarihsel olarak topoğrafyayla birlikte biçimlenmiş yapı-güzergâh-arazi ilişkilerini yeniden düzenleyen bir mekânsal dönüşüm olarak ele alınabilir. Kentsel bellek açısından bu dönüşüm geçmişin bütünüyle silinmesi anlamına gelmemektedir. Bazı mekânsal izler varlığını sürdürürken bu izlerin çevreleriyle kurduğu ilişkiler değişmekte ve yeni ulaşım hattı alanın fiziksel okunabilirliğinde belirgin bir konum kazanmaktadır. Bu çalışmada "kentsel belleğin yeniden yazılması", geçmişin ortadan kaldırılması değil, geçmişin kent içerisinde hangi mekânsal izler ve ilişkiler aracılığıyla okunabildiğinin değişmesi olarak tanımlanmaktadır. Değirmendere–Boztepe örneği bu nedenle büyük ölçekli ulaşım müdahalelerinin yalnızca yeni bağlantılar üretmediğini, aynı zamanda geçmişin okunmasına aracılık eden mekânsal ilişkileri de yeniden kurduğunu göstermektedir.

Gelecek çalışmalarda kentlilerle yapılacak görüşmeler ve gündelik güzergâhlara ilişkin incelemeler, burada fiziksel ve mekânsal düzeyde belirlenen dönüşümün hatırlama, aidiyet ve mekânsal deneyim üzerindeki karşılıklarının araştırılmasına olanak sağlayabilir.

7. KAYNAKÇA

Akpınar, İ. Y. (2011). İstanbul, "yıkarak yapmak"…. *Betonart*, Kış, 40–42.

Avşan Karaman, D. (2024). *Toplumsal hafıza çerçevesinde mekânsal yıkım, yerellik ve mimarlık: Denizli örneği* (Tez No. 897379) [Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Bozdoğan, G., & Gürer, T. K. (2024). The morphological impact of restructuring routes: Atatürk Boulevard's palimpsest phenomenon. *Journal of Contemporary Urban Affairs, 8*(2), 324–341. https://doi.org/10.25034/ijcua.2024.v8n2-3

Dede Vatansever, A. Z. (2026). *Mega yapılar arasında endüstriyel miras: İstanbul'da kentsel belleğin hız, mekân ve unutma dinamikleri* (Tez No. 1011607) [Yüksek lisans tezi, Bursa Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Gerçek, B. (1997). Trabzon'da mimari doku: Dün, bugün, yarın. *Bir tutkudur Trabzon*. Yapı Kredi Yayınları.

Hebbert, M. (2005). The street as locus of collective memory. *Environment and Planning D: Society and Space, 23*(4), 581–596. https://doi.org/10.1068/d55j

Karaibrahimoğlu, S., & Demirkan, Ö. (2026). The continuity, transformation, and disruption of urban memory: A reading on three Republican-era buildings in Giresun. *Proceedings of the International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism-ICCAUA, 9*(1), 2620011. https://doi.org/10.38027/ICCAUA2026TR0011

Kısa, A. (2020). I. Dünya Savaşı yıllarında Trabzon Vilayeti'nde yolların durumu ve askeri nakliyat üzerine etkileri. M. Okur, Ü. Köksal, & V. Aksoy (Ed.), *Geçmişten günümüze Karadeniz'de ulaşım* içinde (ss. 401–439). Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları.

Köprü, M., Akdağ, F., & Bağcı, C. (2023). Yıkım, bellek ve temsil: Belgesel filmlerinin mekânsal hafızayı ikame edebilme potansiyeli üzerine bir araştırma. *Türkiye Film Araştırmaları Dergisi, 3*(2), 106–124. https://doi.org/10.59280/film.1340663

Lynch, K. (1960). *The image of the city*. MIT Press.

Öksüz, A. M. (2005). Bölgesel merkez olarak Trabzon kenti gelişimi: Yeni ulaşım olanakları–kent makroformu ilişkisi. Ö. Ertekin (Ed.), *Planlamada yeni politika ve stratejiler: Riskler ve fırsatlar, 8 Kasım Dünya Şehircilik Günü 29. Kolokyumu* içinde (ss. 170–179). TMMOB Şehir Plancıları Odası.

Önen, S. (2025). *Yıkım sonrası kentsel doku yenilemesi: Diyarbakır Suriçi bölgesi örneği* (Tez No. 945249) [Yüksek lisans tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Özkuş, B. Y. (2018). *Bir olay olarak yıkım* (Tez No. 530988) [Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Öztürk, T. (2021). Trabzon'un coğrafi konumu ve stratejik önemi. T. Öztürk (Ed.), *Trabzon'da fetih ve şehir* içinde (ss. 15–31). Trabzon Büyükşehir Belediyesi Kültür Yayınları.

Rossi, A. (1982). *The architecture of the city* (D. Ghirardo & J. Ockman, Trans.). MIT Press. (Original work published 1966)

Sak, S., & Şenyapılı, B. (2019). Evading time and place in Ankara: A reading of contemporary urban collective memory through recent transformations. *Space and Culture, 22*(4), 341–356. https://doi.org/10.1177/1206331218764334

Trabzon Büyükşehir Belediyesi. (2015). *2015 yılı faaliyet raporu*. https://trabzon.bel.tr/Web/FaaliyetRaporu

Uzunali, A. (2017). *Kentsel gelişmenin kent silüetlerine etkisi: Trabzon/Boztepe örneği* [Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Üstün Demirkaya, F. (2021). Osmanlı Trabzon'unu haritalandırmak: Mahalleler ve anıtsal yapılar (15–19. yüzyıl). T. Öztürk (Ed.), *Trabzon'da fetih ve şehir* içinde (ss. 281–301). Trabzon Büyükşehir Belediyesi Kültür Yayınları.

Yılmaz, A., & Hiçsönmezler, İ. (2026). Walking through the urban memory palace: Embodied memory, temporality, and urban fragmentation. *Cultural Geographies*. Advance online publication. https://doi.org/10.1177/14744740261470824

METABOLİK SENDROMLU MORBİD OBEZ YAŞLI HASTADA ERCP SONRASI GELİŞEN KARDİYOPULMONER ARREST: OLGU SUNUMU
CARDIOPULMONARY ARREST AFTER ERCP IN AN ELDERLY MORBIDLY OBESE PATIENT WITH METABOLIC SYNDROME: A CASE REPORT

Ayşe AKHAN
Dr. Öğr. Üyesi, Karabük Üniversitesi Tıp Fakültesi

ÖZET
Giriş: Abdominal obezite, hiperglisemi, hipertansiyon, hipertrigliseridemi ve düşük HDL kolesterolün birlikte bulunması metabolik sendrom olarak adlandırılır. Obezite, diğer bileşenler olmasa bile, sedasyon sırasında solunum komplikasyonları ve ani kardiyak ölüm açısından risk taşır.
Olgu: Yetmiş bir yaşında, beden kitle indeksi (BKİ) 44 kg/m² ve bel çevresi 120 cm olan kadın hasta safra yolu taşı nedeniyle ERCP ile stent çekimine alındı. Kontrolsüz tip 2 diyabeti (HbA1c %12,1), hipertansiyonu, hiperlipidemisi, hipotiroidisi ve kronik böbrek hastalığı (tahmini GFR ~26 mL/dk/1,73 m²) olan hasta, üç yıl önce kolesistektomi sonrasında sol hemiparezi sekelli inme geçirmişti (ASA III, fonksiyonel kapasite < 4 MET). Pron pozisyonda, anestezistin uyguladığı propofol bazlı sedasyonla ve kapnografi izlemi altında yapılan işlemin hemen sonunda sunin pozisyona alındıktan sonra hastada bradikardi ve desatürasyon gelişti; bunu kardiyopulmoner arrest izledi. Hasta entübe edildi ve yaklaşık 6 dakikalık KPR ile spontan dolaşım sağlandı. Yoğun bakımda hiperglisemi, hipertansiyon ve tekrarlayan epileptik nöbetler görüldü; valproat ve fenitoin başlandı. Zamanla gözlerini spontan açmaya başlayan ve pupil ışık refleksi geri dönen hasta, arrestin 15. gününde entübe olarak yoğun bakımda izlenmektedir.
Sonuç: Morbid obez hastada desatürasyon hızlı gelişir; metabolik sendromun diğer bileşenleri ise kalbin hipoksiye dayanma gücünü azaltır. Bu iki durum bir araya geldiğinde deneyimli bir anestezi ekibi ve kapnografi bile arresti önlemeye yetmeyebilir. Sedasyon öncesi değerlendirmede BKİ tek başına yol gösterici değildir. Metabolik bileşenler ayrı ayrı ele alınmalı, bu hastalar da özellikle işlem bitiminde ve sonrasında yakından izlenmelidir.
Anahtar kelimeler: Metabolik sendrom, morbid obezite, kardiyopulmoner arrest, ERCP, sedasyon

ABSTRACT
Introduction: The coexistence of abdominal obesity, hyperglycemia, hypertension, hypertriglyceridemia, and low HDL cholesterol is termed metabolic syndrome. Obesity, even in the absence of other components, poses a risk for respiratory complications and sudden cardiac death during sedation.
Case: A 71-year-old female patient, with a body mass index (BMI) of 44 kg/m² and a waist circumference of 120 cm, underwent an ERCP for the placement of a biliary stent due to bile duct stones. Her medical history included uncontrolled type 2 diabetes (HbA1c 12.1%), hypertension, hyperlipidemia, hypothyroidism, and chronic kidney disease (estimated GFR ~26 mL/min/1.73 m²). She had also suffered a stroke three years prior—following a cholecystectomy—which left her with residual left-sided hemiparesis (ASA III, functional capacity < 4 METs). The procedure was performed in the prone position under propofol-based sedation administered by an anesthesiologist, with capnography monitoring. Immediately upon being repositioned to the supine position at the end of the procedure, the patient developed bradycardia and desaturation, followed by cardiopulmonary arrest. The patient was intubated, and spontaneous circulation was restored after approximately 6 minutes of CPR. In the intensive care unit, she experienced hyperglycemia, hypertension, and recurrent epileptic

seizures; treatment with valproate and phenytoin was initiated. As of the 15th day post-arrest, the patient—who has begun to open her eyes spontaneously and has regained her pupillary light reflex—remains intubated and under observation in the intensive care unit.
Conclusion: Morbidly obese patients desaturate quickly, and the other components of metabolic syndrome leave the heart less able to tolerate hypoxia. Together, these can lead to arrest even with an experienced anesthesia team and capnography. BMI alone tells us little before sedation. Each metabolic component deserves its own assessment, and these patients need close monitoring, especially as the procedure ends and in the period that follows.
Keywords: Metabolic syndrome, morbid obesity, cardiopulmonary arrest, ERCP, sedation

GİRİŞ

Obezite, kardiyovasküler hastalıklar ve tip 2 diyabetin görülme sıklığı bütün dünyada artmaktadır [1]. Bu hastalıkların genellikle aynı bireyde birlikte bulunması metabolik sendromu oluşturur. Abdominal obezite, yüksek açlık glukozu, hipertansiyon, düşük HDL ve yüksek trigliserid kriterlerinden üçünün olması metabolik sendrom tanısı koymak için yeterlidir [2]. Bel çevresi ölçümü visseral yağlanmayı BKİ'den daha iyi yansıttığı için değerlendirmede ayrı bir önem taşır [2, 3].

Obeziteli bireylerin %31,7'ye varan bir kısmı metabolik açıdan sağlıklıdır ve bu bireylerde kardiyovasküler risk normal kilolulardan pek farklı değildir; komplikasyonların büyük bölümü metabolik olarak sağlıksız obeziteli bireylerde görülür [3]. Obezite diğer risk faktörlerinden bağımsız olarak ani kardiyak ölümle ilişkilidir: BKİ'deki her 5 birimlik artış ani kardiyak ölüm riskini %16 artırır[4, 5].

Endoskopik işlemler sırasında kardiyak arrest nadir, fakat sonuçları ağır bir komplikasyondur. ABD'de 11 milyondan fazla hastanın incelendiği bir çalışmada yaklaşık her 10.000 Endoskopi işleminden birinde arrest gelişmiş, ERCP'nin riski üst GIS endoskopiyle benzer bulunmuştur. Bu çalışmada bağımsız prediktörler koroner arter hastalığı, kalp yetmezliği, kronik böbrek hastalığı ve sepsis olarak saptanmıştır [6]. 73.029 işlemin retrospektif incelendiği başka bir seride propofol uygulanan sedasyonda arrest midazolam-fentanile göre yaklaşık 10 kat sık görülmüş, %72 oranında hava yoluna bağlı gelişmiş ve ASA III hastalarda sık görülmüştür [7].

BKİ, yaş ve ASA ≥ 3 ileri endoskopi yapılan hastalarda sedasyon komplikasyonlarının bağımsız prediktörleridir[8]. Ülkemizde yapılan 1172 hastalık ERCP/EUS çalışmasında, BKİ'si 35–40 kg/m² olan hastalarda apne (%22,8) ve desatürasyon (%27,7) BKİ'si 25–30 kg/m² olanlara göre yaklaşık dört kat daha sık görülmüştür [9]. Yine de konuyla ilgili en geniş ulusal analizde obezite ve metabolik sendrom birer risk faktörü olarak değerlendirilmemiştir [6].

Bu yazıda, metabolik sendromun bütün kriterlerini karşılayan morbid obez yaşlı bir hastada, anestezist eşliğinde ve kapnografi takibiyle yapılan ERCP'nin hemen ardından gelişen kardiyopulmoner arresti sunuyoruz.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Olgu Sunumu

Yetmiş bir yaşında kadın hasta, kolanjit ya da kolesistit bulgusu olmayan safra yolu taşı tanısıyla ERCP ile stent çekimi uygulanmak üzere yatırıldı. BKİ'si 44 kg/m², bel çevresi 120 cm idi. İnsülin ve oral antidiyabetik kullanmasına rağmen kontrolsüz tip 2 diyabeti vardı. Hipertansiyon ve hiperlipidemi tanılarıyla da izleniyordu; tiroidektomi sonrası gelişen

hipotiroidisi için levotiroksin alıyordu. Üç yıl önce kolesistektomiden sonra geçirdiği inme sol hemiparezi sekeli bırakmıştı. Hasta o tarihten beri asetilsalisilik asit ve klopidogrel kullanıyordu.

Laboratuvar bulguları Tablo 1'de gösterilmiştir. İşlemden 8 gün önce kreatinin 2,0 mg/dL'ydi; tahmini GFR'si 26 mL/dk/1,73 m² idi ve kronik böbrek hastalığı ile uyumluydu.CRP normaldi (3,5 mg/L), TSH levotiroksin tedavisi altında hafif yüksek (5,75 mIU/L) bulundu.

Hasta metabolik sendromun beş kriterini de karşılıyordu. Abdominal obezite, hipertansiyon ve diyabete trigliserid yüksekliği (179 mg/dL) ile düşük HDL kolesterol (38 mg/dL) eşlik ediyordu [2]. Geçirilmiş inme ve kronik böbrek hastalığı nedeniyle Edmonton Obezite Evreleme Sistemi'ne göre evre 3 olarak değerlendirildi. King's değerlendirmesinde ise diyabet (HbA1c > %9) ve böbrek (eGFR < 30) alanlarında evre 3'teydi [3, 10]. Fonksiyonel kapasitesi 4 MET'in altındaydı ve ASA III olarak sınıflandırıldı. Dahiliye, nöroloji, kardiyoloji ve göğüs hastalıkları konsültasyonlarında işlem için engel görülmedi. Kardiyolojinin önerisiyle klopidogrel işlemden 3 gün önce kesildi. İşlem sonrası monitörize izlem için derlenme ünitesinde (PACU) yer ayrıldı.

Tablo 1. Laboratuvar değerleri

Parametre	**İşlem öncesi**	**Arrest günü**	**Referans**
HbA1c (%)	12,1	—	4–6
Glukoz (mg/dL)	236	310	74–106
Üre (mg/dL)	87	97	10–49
Kreatinin (mg/dL)	2,0	2,4	0,5–1,3
Tahmini GFR (mL/dk/1,73 m²)	~26	~21	—
İdrar albümin/kreatinin (mg/g)	~367	—	—
Trigliserid (mg/dL)	179	—	0–250
HDL / LDL kolesterol (mg/dL)	38 / 64	—	33–90 / 60–140
AST / ALT (U/L)	28 / 28	49 / 35	0–34 / 5–49
CRP (mg/L)	3,5	3,3	0–7
Albümin (g/dL)	3,8	3,3	3,2–4,8
CK / CK-MB (U/L)	157 / 27	119 / 34	34–145 / 0–25
Lökosit (×10⁹/L)	9,1	12,7	4–10
Hemoglobin (g/dL)	11,8	11,2	11–16
Trombosit (×10⁹/L)	139	96	130–400
TSH (mIU/L)	5,75	5,65	0,55–4,78
Serbest T4 (ng/dL)	1,47	1,63	0,89–1,76
Lipaz (U/L)		16	12–53

Tahmini GFR (CKD-EPI 2021) ve albümin/kreatinin oranı laboratuvar değerlerinden hesaplanmıştır. Arrest günü koagülasyon parametreleri normaldi (INR 1,03).

İşlem öncesi masaya alındığında hastanın sistolik kan basıncı 160 mmHg, nabız 96/dk, SpO_2 %96 idi. Hasta pron pozisyona alındıktan sonra anestezist sedasyonu IV 1 mg midazolam, 50 mcg fentanil ve 50 mg propofol ile sağladı. İşlem süresince ek doz gerekmedi. Nazal maskeyle oksijen verildi, hasta kapnografiyle izlendi. $EtCO_2$ işlem boyunca 30–40 mmHg arasında seyretti. Hemodinami işlem boyunca stabil seyretti. Stent çekimi 12. dakikada tamamlandı. Hastanın supin pozisyona alınmasının ardından önce bradikardi ve desatürasyon, kısa süre sonra da kardiyopulmoner arrest gelişti. Hasta entübe edildi; yaklaşık 6 dakika süren KPR sonrasında spontan dolaşım geri döndü. İnotrop desteği altında çekilen beyin BT'de sağ temporoparietal kronik enfarkt dışında bulgu yoktu, akut kanama saptanmadı. Hasta ileri yaşam desteği için yoğun bakıma alındı. Ekokardiyografide ejeksiyon fraksiyonu normal bulundu.

Yoğun bakıma kabulünde SpO_2 %99, arteriyel basınç 180/100 mmHg, nabız 82/dk olarak ölçüldü. İnotrop kesildi; 0,2 mg nitrogliserin sonrasında kan basıncı 140/70 mmHg dolaylarında seyretti. Sedasyon almadığı hâlde GKS'si 3'tü. Kataraktı nedeniyle pupilleri deformeydi ve ışık refleksi ancak minimal düzeyde alınabiliyordu. Hasta SIMV modunda, FiO_2 %50 ile mekanik ventilasyona bağlandı. İlk kan gazında pH 7,351, pCO_2 37,2 mmHg, pO_2 154,5 mmHg, HCO_3 20,1 mmol/L, baz açığı −4,9 ve laktat 1,73 mmol/L bulundu. Aynı örnekte glukoz 330 mg/dL, iyonize kalsiyum 1,06 mmol/L ve potasyum 3,49 mmol/L idi. Hafif metabolik asidoz ve belirgin hiperglisemi tedavi edildi.

Başlangıçta ağrılı uyarana yanıt alınamıyordu. Nörolojinin önerisiyle subkutan enoksaparin 2×0,4 ml başlandı. Epileptik nöbet görülünce IV valproat yüklemesi yapıldı ve tedaviye 2×500 mg idame dozla devam edildi. Sonraki günlerde hasta gözlerini spontan açmaya başladı. Pupiller izokorikti, ışık refleksi de alınıyordu. Bununla birlikte hasta konfüzyondaydı ve kooperasyon kurulamıyordu; inme sekeli nedeniyle sol tarafta motor yanıt yoktu. Sol kolda miyoklonik sıçramalar başlayınca nörolojinin önerisiyle tedaviye fenitoin eklendi. Arrestin 15. gününde hastanın gözleri spontan açık, kooperasyonu zayıf olup entübe olarak yoğun bakımda izlemi sürmektedir.

Tartışma

Olgumuzda gelişen arresti tek bir nedenle açıklamanın uygun olmadığını, metabolik sendromun bileşenlerinin birbirinin etkisini artırarak birlikte rol oynadığını düşünüyoruz. Hastamız metabolik olarak sağlıksız obezitenin ağır bir örneğiydi; hava yolu açıklığı ve oksijen rezervi azalmış, diyabet, dislipidemi, hipertansiyon ve böbrek hastalığı birlikte kalbin rezervini zayıflatmıştı[2, 3]. Wani ve arkadaşlarının sedasyon komplikasyonları için tanımladığı üç bağımsız risk faktörünü (yüksek BKİ, ileri yaş ve ASA ≥ 3) de taşıyordu [8]. Ulusal endoskopik arrest kohortunda 69,2 olan yaş ortalaması açısından da hastamız tipikti[6].

Obezitede akciğer hacimleri ve fonksiyonel rezidüel kapasite azalır, ventilasyon-perfüzyon dengesi bozulur, oksijen rezervi düşer ve desatürasyon kısa sürede gelişir [9]. Sedasyonun derinleşmesi üst hava yolunun kollabe olmasını kolaylaştırır [8]. Propofol ve fentanil gibi yağda çözünen ilaçların etkisi de obeziteli hastalarda beklenenden uzun sürebilir [8, 9]. Wani ve arkadaşlarının verilerine göre, hava yolu manevrası gereksinimi BKİ'si 30'un altındaki hastalarda %10,5 iken BKİ > 35 grubunda %26,8'e çıkmış; hipoksemi oranı da %5,3'ten %13,4'e yükselmiştir [8]. Bu çalışmalarda en yüksek risk grubu BKİ > 35 veya 35–40 kg/m^2 olarak tanımlanmıştır. Tarikci Kılıç ve arkadaşları ise 60 yaş üstündeki ve BKİ'si 40'ı aşan hastaları çalışmaya almamıştır [8, 9]. 71 yaşında ve BKİ'si 44 kg/m^2 olan hastamız, bu

çalışmaların kapsadığı risk aralığının da dışındadır.

Obstrüktif uyku apnesi obeziteli hastalarda sık görülmesine rağmen çoğunlukla tanı almaz. Ülkemizde 742 bariatrik cerrahi planlanan bireylerin değerlendirildiği bir çalışmada sıklık %47,9 bulunmuş ve yazarlar gerçek oranın bunun da üzerinde olabileceğini belirtmiştir [11]. Uyku apnesi hipoksemi ve insülin direnci aracılığıyla ani kardiyak ölüm riskini de artırır [4]. Bu nedenle obeziteli hastaların STOP-BANG skoruyla taranması, gerekirse gece oksimetrisi yapılması önerilmektedir [3]. Hastamızın uyku apnesi tanısı yoktu ancak hipertansiyon, BKİ > 35 kg/m² ve yaş > 50 kriterleriyle STOP-BANG 'e göre orta-yüksek risk grubundaydı.

İşlemin pron pozisyonda yapılmış olması da göz ardı edilmemesi gereken bir etkendir. Goudra ve arkadaşlarının bildirdiği bir olguda, hipertansif ve obez (BKİ 32) bir hastada propofol sedasyonuyla yapılan ERCP sırasında hipoventilasyon ve hipoksemiyi aritmi ve kardiyak arrest izlemiştir. Entübasyon için hastanın sırtüstü çevrilmesi gerekmiş ve hasta kaybedilmiştir [7]. Olgumuzda hasta supin pozisyon sonrası arrest geçirmişti.

Obezite zamanla kalpte de yapısal ve elektriksel değişikliklere sebep olabilir. Sol ventrikül hipertrofisi, sistolik ve diyastolik disfonksiyon, miyokard fibrozisi, QT uzaması ve otonomik dengesizlik görülebilir, uzun süreli hipertansiyon hipertrofiyi belirginleştirir [4]. Hastamızda kan basıncının işlem öncesinde 160 mmHg, arrest sonrasında 180/100 mmHg olması bu yükün klinikteki yansımasıydı. Obez bireylerde troponin I ve CK-MB'nin bazal düzeylerinin obez olmayanlardan yüksek bulunması, kalp yetmezliği tanısı olmayan hastalarda bile kardiyak rezervin azalmış olabileceğine işaret eder [12]. Literatürde bu değişiklikler daha çok ventriküler aritmilerle ilişkilendirilmektedir [4]. Hastamızda ekokardiyografide ejeksiyon fraksiyonunun normal olması sistolik fonksiyonun korunduğunu göstermekle birlikte, obeziteye bağlı diyastolik disfonksiyonu ve azalmış kardiyak rezervi dışlamaz [4]. Bu olguda obezitenin kalbin hipoksiye dayanıklılığını azaltarak etkili olduğunu düşünüyoruz.

Tip 2 diyabette koroner arter hastalığı riski iki-üç kat artar [1]. Diyabetli hastalarda BKİ yükseldikçe trigliserid ve LDL artar, HDL düşer. İnsülin direnci de LDL'yi aterojenik küçük-yoğun partiküllere doğru kaydırır [1]. Hastamızda LDL tedaviyle 64 mg/dL idi; ancak trigliseridin yüksek, HDL'nin düşük seyretmesi bu aterojenik profili düşündürüyordu. Tabloya kronik böbrek hastalığı da eşlik ediyordu. Ulusal verilerde hem koroner arter hastalığı hem de kronik böbrek hastalığı endoskopi sırasında gelişen arrestle bağımsız olarak ilişkili bulunmuştur [6]. Ek olarak, inme öyküsü olanve ikili antiplatelet tedavi alan bir hastada klopidogrelin işlemden 3 gün önce kesilmesinin trombotik riski artırmış olabileceği akılda tutulmalıdır.

Sepsis de endoskopik arrest için bağımsız risk faktörleri arasındadır [6]. Hastamızda ise kolanjit ya da kolesistit bulgusu yoktu ve işlem öncesi CRP normaldi. Bu nedenle sepsisin arreste katkısı olası görünmemektedir. Arrest günü lipazın normal bulunması ERCP sonrası pankreatiti de dışlamıştır.

Dikkat çekici noktalardan biri de, olgumuzda sedasyonun bir anestezist tarafından uygulanmış ve kapnografi kullanılmış olmasıdır. Benzer koşullarda yürütülen çalışmalarda bile BKİ'si 35'in üzerindeki hastalarda %13,4 hipoksemi, BKİ'si 35–40 olanlarda ise %27,7 desatürasyon bildirilmiştir [8, 9]. Bu veriler, deneyimli bir ekibin ve kapnografinin morbid obez hastada hipoksiyi her zaman önleyemeyebileceğini göstermektedir.

Düşük indüksiyon dozlarına rağmen propofolün opioid ya da midazolamla birlikte kullanılması solunum depresyonu riskini artırabilir [9]. Wani ve arkadaşlarının obeziteli hastalarında bu

kombinasyon propofol gereksinimini azaltmış, fakat hava yolu manevrası ve hipoksemi sıklığında azalma sağlamamıştır [8]. Goudra ve arkadaşlarının serisinde işlem sırasındaki arrestlerin başlıca nedeni hipoventilasyona bağlı hipoksemiydi; bu arrestlerin tamamı propofol bazlı sedasyon altında gelişmişti. Aynı seride işlemden hemen sonra görülen ve büyük olasılıkla vazovagal kökenli olan kısa süreli bir asistoli de tanımlanmıştır [7]. Yazarlar ayrıca anestezi ekiplerinin daha derin sedasyon uygulama ve daha düşük satürasyon değerlerini kabul etme eğiliminde olduğuna dikkat çekmiştir [7].

Endoskopi sırasında gelişen kardiyak arrestin prognozu, diğer hastane içi arrestlerden belirgin olarak daha iyidir. Hastane içi mortalite endoskopi ilişkili arrestte %30,6 iken diğer hastane içi arrestlerde %71,0'dır. Endoskopi ilişkili arrest geçiren hastaların %69,4'ü taburcu olabilmektedir [6]. Bu farkın nedeni olarak arrest nedenlerinin çoğunlukla geri döndürülebilir olması ve arrest gözlem altında geliştiği için KPR'ye hemen başlanabilmesi gösterilmektedir [6]. Hastamızda da arrest monitörize ortamda anında fark edildi, KPR'ye gecikmeden başlandı ve yaklaşık 6 dakika içinde spontan dolaşım sağlandı. Öte yandan bu veriler yalnızca yatan hastaları kapsamakta; sedasyon türü, ASA sınıfı ve arrest nedeni gibi bilgileri içermemektedir [6].

SONUÇ

Metabolik sendrom ile kronik böbrek hastalığı ve inme öyküsü bulunan morbid obez yaşlı hastada ERCP ciddi bir kardiyopulmoner risk taşır. Bu risk, sedatif ajanlar düşük dozlarda kullanılsa, sedasyonu deneyimli bir anestezi ekibi uygulasa ve kapnografi kullanılsa bile ortadan kalkmaz. Obezite desatürasyonun hızla gelişmesine zemin hazırlar. Diyabet, dislipidemi, hipertansiyon ve böbrek hastalığı da kalbin rezervini azaltır. Risk en çok, işlem bittiği hâlde sedasyonun etkisinin sürdüğü işlem sonrası dönemde belirginleşir.

Bu olgu, metabolik sendromun eşlik ettiği morbid obezitede rutin kabul edilen işlemlerin bile ciddi komplikasyonlara yol açabileceğini düşündürmektedir. Bu nedenle sedasyon vermeden önce yalnızca BKİ'ye bakılmaması, metabolik bileşenlerin ayrıntılı olarak değerlendirilmesi önerilir. Bu hastalar yüksek riskli kabul edilmeli ve özellikle işlem bitiminde, sedasyonun etkisi geçene kadar monitörize ortamda yakından izlenmelidir.

KAYNAKÇA

1. Özdoğan E, Özdoğan O, Güldal Altunoğlu E, Köksal AR. Tip 2 diyabet hastalarında kan lipid düzeylerinin HbA1c ve obezite ile ilişkisi. Ş.E.E.A.H. Tıp Bülteni. 2015;49(4):248–54. doi:10.5350/SEMB.20150903125636
2. Köksel P. Obezite cerrahisinde perioperatif yönetim. In: Uyar Hazar H, editör. Sağlık & Bilim 2023: Hemşirelik-I. İstanbul: Efe Akademi; 2023. s. 161–74.
3. Dobbie LJ, Coelho C, Crane J, McGowan B. Clinical evaluation of patients living with obesity. Intern Emerg Med. 2023;18:1273–85. doi:10.1007/s11739-023-03263-2
4. Yao Y, Xue J, Li B. Obesity and sudden cardiac death: prevalence, pathogenesis, prevention and intervention. Front Cell Dev Biol. 2022;10:1044923. doi:10.3389/fcell.2022.1044923
5. Aune D, Schlesinger S, Norat T, Riboli E. Body mass index, abdominal fatness, and the risk of sudden cardiac death: a systematic review and dose–response meta-analysis of prospective studies. Eur J Epidemiol. 2018;33(8):711–22. doi:10.1007/s10654-017-0353-9
6. Goble SR, Wong Arias D, Akambase JA, Leventhal TM. Cardiac arrests during inpatient gastrointestinal endoscopic procedures: a United States nationwide assessment. Dig Dis Sci. 2026;71:5356–62. doi:10.1007/s10620-026-10094-6

7. Goudra B, Nuzat A, Singh PM, Gouda GB, Carlin A, Manjunath AK. Cardiac arrests in patients undergoing gastrointestinal endoscopy: a retrospective analysis of 73,029 procedures. Saudi J Gastroenterol. 2015;21(6):400–11. doi:10.4103/1319-3767.164202
8. Wani S, Azar R, Hovis CE, Hovis RM, Cote GA, Hall M, et al. Obesity as a risk factor for sedation-related complications during propofol-mediated sedation for advanced endoscopic procedures. Gastrointest Endosc. 2011;74(6):1238–47. doi:10.1016/j.gie.2011.09.006
9. Tarikci Kilic E, Sayar S, Kahraman R, Ozdil K. The effects of obesity on sedation-related outcomes of advanced endoscopic procedures. North Clin Istanb. 2019;6(4):321–6. doi:10.14744/nci.2019.93763
10. Sharma AM, Kushner RF. A proposed clinical staging system for obesity. Int J Obes (Lond). 2009;33(3):289–95. doi:10.1038/ijo.2009.2
11. Gökosmanoğlu F, Güzel K, Bayçelebi G. Bariatrik cerrahi olgularında preoperatif değerlendirme sırasında tespit edilen hastalıkların prevalansı. Sakarya Tıp Dergisi. 2020;10(4):650–4. doi:10.31832/smj.791837
12. Yöntem M, Koçak FE, Yerli M, Erdoğdu BS. Obezite ve kardiyak belirteçler arasındaki muhtemel ilişki. Journal of Natural Life Medicine. 2021;3(2):39–47.

ANTRENÖR-SPORCU İLİŞKİSİNDE PSİKOLOJİK GÜVENLİK: SPORCU İYİ OLUŞU VE PERFORMANS AÇISINDAN GÜNCEL BİR YAKLAŞIM

PSYCHOLOGICAL SAFETY IN THE COACH-ATHLETE RELATIONSHIP: A CONTEMPORARY APPROACH REGARDING ATHLETE WELL-BEING AND PERFORMANCE

Barış İbrahim ASLANYÜREK
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Prof. Dr. Sefa LÖK
Selçuk Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi Antrenörlük Eğitimi Bölümü

ÖZET
Spor ortamlarında performansın sürdürülebilirliği yalnızca fiziksel ve teknik yeterliliklerle değil, sporcuların kendilerini kişilerarası açıdan güvende hissettikleri bir iklimin oluşturulmasıyla da ilişkilidir. Psikolojik güvenlik, sporcunun olumsuz kişilerarası sonuçlardan çekinmeden düşüncelerini ifade edebilmesi, soru sorabilmesi, hata ve kaygılarını paylaşabilmesi ve yardım isteyebilmesi için güvenli bir ortam algısını ifade etmektedir. Bu derlemenin amacı, antrenör-sporcu ilişkisinde psikolojik güvenlik kavramını güncel literatür doğrultusunda ele almak ve psikolojik güvenliğin sporcu iyi oluşu ile performans açısından olası yansımalarını tartışmaktır. Güncel çalışmalar, antrenörün destekleyici davranışlarının, sporcuya söz hakkı tanımasının, açık iletişimin ve çatışmaların yapıcı biçimde yönetilmesinin psikolojik güvenliğin gelişimini destekleyebildiğini göstermektedir. Buna karşılık kontrol edici, cezalandırıcı veya sporcunun kendini ifade etmesini sınırlandıran yaklaşımlar psikolojik güvenlik açısından risk oluşturabilmektedir. Nitelikli antrenör-sporcu ilişkisinin yakınlık, bağlılık ve tamamlayıcılık boyutları; sporcunun kendisini değerli, anlaşılmış ve desteklenmiş hissetmesine katkı sağlayarak iyi oluşu destekleyebilir. Psikolojik açıdan güvenli spor ortamlarının yardım arama, geri bildirim verme ve alma, hata sonrasında öğrenmeye yönelme ve etkili iletişim gibi performansla ilişkili süreçleri de kolaylaştırabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte psikolojik güvenlik, performansın doğrudan garantisi olarak değil, sağlıklı performans gelişimini destekleyen kişilerarası ve örgütsel bir koşul olarak değerlendirilmelidir. Sonuç olarak antrenörlerin psikolojik güvenliği destekleyen iletişim ve liderlik davranışları geliştirmeleri, sporcu iyi oluşunun korunması ve sürdürülebilir performans ortamlarının oluşturulması açısından önem taşımaktadır.
Anahtar Kelimeler: psikolojik güvenlik, antrenör-sporcu ilişkisi, sporcu iyi oluşu, sportif performans, antrenörlük

ABSTRACT
The sustainability of athletic performance is associated not only with physical and technical competence but also with creating an interpersonal climate in which athletes feel psychologically safe. Psychological safety refers to an athlete's perception that they can express ideas, ask questions, disclose mistakes or concerns, and seek help without fear of negative interpersonal consequences. This narrative review aims to discuss psychological safety within the coach-athlete relationship and to evaluate its potential implications for athlete well-being and performance in light of current literature. Recent evidence indicates that supportive coaching behaviours, athlete voice, open communication, and constructive conflict management may contribute to psychologically safe sport environments. In contrast, controlling or punitive approaches and behaviours that restrict athlete expression may undermine psychological safety. High-quality coach-athlete relationships characterised by

closeness, commitment, and complementarity may help athletes feel valued, understood, and supported, thereby contributing to well-being. Psychologically safe sport environments may also facilitate performance-related processes such as help-seeking, giving and receiving feedback, learning from mistakes, and effective communication. However, psychological safety should not be interpreted as a direct guarantee of improved performance; rather, it represents an interpersonal and organisational condition that may support healthy and sustainable performance development. In conclusion, strengthening coaches' communication and leadership behaviours that promote psychological safety is important for protecting athlete well-being and creating sustainable performance environments. Coach education programmes should therefore incorporate psychological safety, athlete voice, supportive communication, and constructive responses to mistakes as core components of contemporary coaching practice.
Keywords: psychological safety, coach-athlete relationship, athlete well-being, athletic performance, coaching

GİRİŞ

Spor, performansın ölçüldüğü ve rekabetin ön planda olduğu bir alan olmasının yanı sıra, sporcuların antrenörler, takım arkadaşları ve diğer paydaşlarla yoğun kişilerarası etkileşimler yaşadığı sosyal bir çevredir. Sporcuların bu çevrede edindikleri deneyimler yalnızca fiziksel ve sportif gelişimlerini değil; motivasyonlarını, duygusal iyi oluşlarını, kendilerini ifade etme biçimlerini ve spora yönelik tutumlarını da etkileyebilmektedir. Özellikle antrenörler, sporcularla sürekli ve doğrudan etkileşim içinde olmaları nedeniyle spor ortamının psikososyal niteliğinin şekillenmesinde önemli bir role sahiptir. Antrenörün liderlik tarzı, iletişim biçimi, geri bildirim yaklaşımı, hatalara verdiği tepkiler ve sporcuya sağladığı kişilerarası destek, sporcunun antrenman ve müsabaka ortamını nasıl algıladığını belirleyen temel unsurlar arasında yer almaktadır. Bu doğrultuda çağdaş antrenörlük yaklaşımı, yalnızca teknik ve taktik becerilerin geliştirilmesine ya da sportif performansın artırılmasına odaklanan geleneksel anlayışın ötesine geçmektedir. Günümüzde antrenörlük; sporcunun psikolojik, sosyal ve duygusal gelişimini destekleyen, karşılıklı güven ve saygıya dayalı bir ilişki süreci olarak değerlendirilmektedir. Bu yaklaşım içerisinde antrenör-sporcu ilişkisinin niteliği, sporcunun spor ortamındaki deneyimini anlamada temel yapılardan biri olarak kabul edilmektedir. Spor psikolojisi literatüründe antrenör-sporcu ilişkisi; yakınlık, bağlılık ve tamamlayıcılık gibi ilişkisel özellikler üzerinden açıklanmakta ve bu ilişkinin niteliğinin sporcuların motivasyonu, doyumu, stresle baş etmesi, olumlu spor deneyimi ve algılanan performans gelişimi gibi birçok sonuçla ilişkili olduğu bildirilmektedir. Sistematik derlemeler de destekleyici antrenör davranışlarının ve nitelikli antrenör-sporcu ilişkilerinin sporcuların psikolojik ve sosyal iyi oluşlarının desteklenmesinde önemli olduğunu ortaya koymaktadır (Jowett & Ntoumanis, 2004; Jowett et al., 2023; Rato Barrio et al., 2021). Bununla birlikte, antrenör-sporcu ilişkisinin yalnızca olumlu iletişim ve kişilerarası yakınlık üzerinden değerlendirilmesi, spor ortamındaki ilişkisel süreçlerin tümünü açıklamak açısından yeterli olmayabilir. Sporcuların hata yaptıklarında nasıl bir tepkiyle karşılaşacaklarına ilişkin beklentileri, antrenörlerine soru sorabilmeleri, farklı bir görüş ifade edebilmeleri, yaşadıkları güçlükleri paylaşabilmeleri ve gerektiğinde yardım isteyebilmeleri de ilişkinin niteliğini belirleyen önemli unsurlardır. Özellikle yüksek performans beklentisinin ve değerlendirilme baskısının bulunduğu spor ortamlarında sporcular, olumsuz değerlendirilme, eleştirilme, küçük düşürülme veya takım içerisindeki konumlarının zarar görmesi endişesiyle düşüncelerini ve yaşadıkları güçlükleri ifade etmekten kaçınabilirler. Bu durum, antrenör-sporcu ilişkisinde güvenli kişilerarası ortamların önemini daha görünür hâle getirmektedir. Son yıllarda bu ilişkisel çerçeve içerisinde psikolojik güvenlik kavramı giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Spor bağlamında psikolojik güvenlik; sporcuların kişilerarası risk alma, görüş bildirme, hata kabul etme, soru sorma, geri bildirim isteme veya destek talep etme gibi davranışları gerçekleştirirken kendilerini

kişilerarası açıdan güvende hissetmeleriyle ilişkili, bağlama duyarlı bir yapı olarak ele alınmaktadır. Psikolojik açıdan güvenli bir spor ortamında sporcunun hata yapmasının, soru sormasının veya farklı bir görüş ifade etmesinin kişilerarası açıdan olumsuz sonuçlar doğuracağına ilişkin kaygının azalması beklenmektedir. Bu yönüyle psikolojik güvenlik, yalnızca sporcunun kendisini rahat hissetmesi anlamına gelmemekte; açık iletişim, karşılıklı saygı, öğrenme, geri bildirim ve kişilerarası güven süreçleriyle ilişkili daha kapsamlı bir kavramsal yapıyı ifade etmektedir. Antrenör, psikolojik güvenliğin oluşabileceği spor ortamının şekillenmesinde önemli aktörlerden biridir. Sporcuyu dinleyen, görüşlerini dikkate alan, hataları yalnızca cezalandırılması gereken başarısızlıklar olarak değerlendirmeyen, yapıcı geri bildirim sağlayan ve yardım istemeyi destekleyen antrenör davranışları, sporcuların kendilerini ifade edebilecekleri daha güvenli bir kişilerarası ortamın gelişmesine katkıda bulunabilir. Buna karşılık aşırı kontrolcü, küçümseyici, tehdit edici veya yalnızca sonuç odaklı iletişim biçimleri sporcuların soru sorma, hata bildirme ya da yaşadıkları güçlükleri paylaşma konusunda daha çekingen davranmalarıyla ilişkili olabilir. Dolayısıyla psikolojik güvenlik, antrenör davranışları ile sporcuların psikososyal deneyimleri arasındaki ilişkinin anlaşılmasında önemli bir kavramsal çerçeve sunmaktadır. Psikolojik güvenliğin önemi yalnızca sporcu iyi oluşu açısından değil, öğrenme ve performansla ilişkili süreçler bakımından da dikkate değerdir. Sporcuların hata ve başarısızlıklarını açık biçimde değerlendirebildikleri, geri bildirim alabildikleri, soru sorabildikleri ve gerektiğinde yardım isteyebildikleri ortamların öğrenme ve gelişim süreçlerini destekleyebileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte psikolojik güvenlik ile sportif performans arasındaki ilişkinin doğrudan ve tek yönlü olduğu varsayılmamalıdır. Performans üzerindeki olası etkilerin iletişim, öğrenme davranışları, motivasyon, geri bildirim süreçleri, takım içi etkileşim ve psikolojik iyi oluş gibi değişkenler aracılığıyla ortaya çıkabileceği dikkate alınmalıdır. Bu nedenle psikolojik güvenliğin spor bağlamındaki rolünün hem iyi oluş hem de performansla ilişkili süreçler açısından bütüncül biçimde incelenmesi önem taşımaktadır. Vella ve arkadaşlarının (2024) kavram analizi, psikolojik güvenliğin spor alanında giderek daha fazla ele alınmasına karşın kavramın tanımlanması, sınırlarının belirlenmesi ve benzer kavramlardan ayrıştırılması konusunda dikkatli olunması gerektiğini ortaya koymuştur. Psikolojik güvenliğin güven, sosyal destek, aidiyet, kişilerarası ilişki kalitesi veya genel olarak olumlu takım iklimi ile eş anlamlı kullanılmaması; spor bağlamına özgü kişilerarası risk alma ve kendini ifade etme süreçleri temelinde değerlendirilmesi önemlidir. Ayrıca psikolojik güvenliğin oluşumunda antrenör davranışlarının nasıl bir rol oynadığı ve bu güvenlik algısının sporcu iyi oluşu ile performansla ilişkili süreçlere nasıl yansıdığı konusunda mevcut bulguların bütüncül olarak değerlendirilmesine gereksinim bulunmaktadır. Bu doğrultuda bu derlemenin amacı, antrenör-sporcu ilişkisinde psikolojik güvenliğin nasıl oluştuğunu, psikolojik güvenliği destekleyen veya zayıflatan antrenör davranışlarını, psikolojik güvenliğin sporcu iyi oluşu ve performansla ilişkili süreçlere olası yansımalarını ve elde edilen bulguların antrenörlük uygulamaları açısından anlamını güncel araştırmalar ışığında tartışmaktır. Böylece psikolojik güvenliğin spor ortamındaki yeri daha açık biçimde ortaya konularak, sporcu merkezli ve psikososyal açıdan destekleyici antrenörlük uygulamalarına yönelik bir çerçeve sunulması amaçlanmaktadır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Psikolojik güvenliğin spor bağlamındaki yeri. Psikolojik güvenlik, “rahatlık” ya da performans beklentisinin azaltılması ile eş anlamlı değildir. Aksine yüksek standartların korunduğu bir ortamda sporcunun soru sormasının, görüş ayrılığını ifade etmesinin, hata yaptığını kabul etmesinin veya yardıma gereksinim duyduğunu söylemesinin kişilerarası bir tehdit yaratmadığı algısıyla ilişkilidir. Spor alanındaki sistematik incelemeler, kavramın bireysel olarak

algılanmasına karşın grup ve çevre özellikleriyle şekillendiğini ortaya koymaktadır (Vella et al., 2024).

Antrenör davranışları ve psikolojik güvenlik. Antrenör, spor ortamındaki normların oluşmasında merkezi bir aktördür. Jowett ve arkadaşları (2023), 379 sporcu üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada açık iletişim ve çatışma yönetimi gibi iletişim kapasitelerinin psikolojik güvenlik ve nitelikli antrenör-sporcu ilişkileriyle bağlantılı olduğunu bildirmiştir. Çalışma, sporcuya söz hakkı verilmesinin psikolojik olarak güvenli bir ortam oluşturulmasında önemli olabileceğine işaret etmektedir. Türkiye'den 295 takım sporcusuyla yürütülen daha güncel bir araştırmada da destekleyici ve kontrol edici antrenör davranışları ile antrenör-sporcu ilişkisinin niteliğinin psikolojik güvenliği yordadığı; ilişki kalitesinin antrenör davranışları ile psikolojik güvenlik arasındaki bağlantıyı açıklamada rol oynadığı gösterilmiştir (Şenel ve ark., 2025). Psikolojik güvenlik ve sporcu iyi oluşu. Sporcu iyi oluşu, yalnızca psikopatolojinin bulunmaması değil; olumlu duygulanım, işlevsellik, aidiyet, özerklik ve anlamlı sosyal ilişkiler gibi bileşenleri içeren çok boyutlu bir yapıdır. Antrenörlük ve ruhsal iyi oluş üzerine yapılan sistematik haritalama çalışması, güçlendirici ortamların, özerklik destekleyici davranışların, temel psikolojik ihtiyaçların karşılanmasının ve kaliteli antrenör-sporcu ilişkisinin iyi oluşla ilişkili olduğunu göstermektedir (Rato Barrio et al., 2021).

Bu ilişki mücadele sporları açısından da dikkat çekicidir. Şenel ve arkadaşlarının (2025) judo sporcularında gerçekleştirdiği çalışma, antrenör-sporcu bağı, sosyal destek, psikolojik güvenlik ve mental iyi oluş arasında anlamlı ilişkiler bulunduğunu göstermiştir. Bulgular, özellikle spor içi ve spor dışı algılanan desteğin güvenli bir psikolojik atmosferin ve iyi oluşun oluşumunda önem taşıyabileceğini düşündürmektedir. Bu sonuçlar doğrudan tüm branşlara genellenemese de bireysel mücadele sporlarında antrenör-sporcu ilişkisinin ruhsal boyutunun araştırılması açısından önemlidir. Psikolojik güvenlik ve performans. Psikolojik güvenlik ile sportif performans arasındaki ilişkiyi yorumlarken nedensellik konusunda temkinli olunmalıdır. Psikolojik güvenliğin performansı otomatik olarak yükselttiğini söylemek mevcut kanıtların ötesine geçer. Bununla birlikte güvenli bir ilişkisel ortam; sporcunun geri bildirim istemesini, belirsizliği dile getirmesini, hatalardan öğrenmesini, takım veya antrenörle bilgi paylaşmasını ve gerektiğinde yardım aramasını kolaylaştırabilir. Bu davranışların öğrenme ve performans gelişimi için işlevsel olduğu düşünülebilir. Antrenör-sporcu ilişkisi üzerine yapılan derlemeler ilişki kalitesinin algılanan performans gelişimi, doyum, stres yönetimi, grup yeterliği ve bağlılık gibi performansla ilişkili çıktılarla bağlantılı olduğunu göstermektedir. Psikolojik güvenliği destekleyen antrenörlük uygulamaları. Literatürün ortak yönleri değerlendirildiğinde psikolojik güvenliği destekleyen antrenörlük için dört uygulama alanı öne çıkmaktadır: sporcuya ses ve söz hakkı tanımak; hataları aşağılayıcı veya cezalandırıcı bir iletişim yerine öğrenme fırsatı olarak ele almak; geri bildirimi çift yönlü hâle getirmek; antrenör-sporcu ilişkisinde saygı, tutarlılık ve güveni korumak. Bu uygulamalar disiplinin veya performans standartlarının azaltılması anlamına gelmemektedir. Amaç, yüksek performans beklentisini sporcunun psikolojik bütünlüğünü koruyan bir kişilerarası iklimle birlikte sürdürebilmektir.
Literatürdeki boşluklar. Psikolojik güvenlik spor bilimlerinde görece yeni bir araştırma alanıdır. Mevcut çalışmaların önemli bölümü kesitseldir ve öz-bildirim ölçümlerine dayanmaktadır. Branşa, yaşa, cinsiyete, performans düzeyine ve kültürel bağlama göre psikolojik güvenliğin farklılaşıp farklılaşmadığını ortaya koyacak boylamsal ve deneysel araştırmalara ihtiyaç vardır. Ayrıca bireysel mücadele sporları, genç sporcular ve yüksek performans ortamları özelinde antrenör davranışlarının psikolojik güvenlik üzerindeki etkisinin daha ayrıntılı incelenmesi önemlidir.

SONUÇ

Psikolojik güvenlik, çağdaş antrenörlük yaklaşımında sporcu iyi oluşu ile sportif performans hedeflerinin birbiriyle bütüncül biçimde ele alınmasına olanak sağlayan önemli bir kavramsal çerçevedir. Güncel literatür, antrenörün destekleyici ve kapsayıcı davranışlarının, açık ve çift yönlü iletişimin, sporcuya kendini ifade etme ve karar süreçlerine katılma fırsatı verilmesinin ve nitelikli antrenör–sporcu ilişkisinin psikolojik güvenliğin oluşmasında önemli bir role sahip olduğunu göstermektedir. Buna karşılık aşırı kontrol edici, cezalandırıcı, küçümseyici veya yalnızca sonuç ve başarı odaklı antrenörlük yaklaşımlarının sporcuların kendilerini ifade etmelerini sınırlandırabileceği ve psikolojik açıdan güvenli bir spor ortamının oluşmasını güçleştirebileceği görülmektedir. Psikolojik güvenliğin temel değeri, sporcunun hata yapmadığı veya sürekli olumlu deneyimler yaşadığı bir ortam oluşturmak değil; hata, başarısızlık, soru, kaygı, görüş farklılığı ve yardım gereksiniminin gelişim sürecinin doğal bir parçası olarak kabul edildiği bir iklim sağlamaktır. Böyle bir ortamda sporcuların antrenörleriyle daha açık iletişim kurabilmeleri, geri bildirim istemeleri, karşılaştıkları sorunları paylaşmaları ve hatalarından öğrenmeye daha fazla yönelmeleri mümkün olabilir. Bu özellikler psikolojik iyi oluşun desteklenmesinin yanı sıra öğrenme, gelişim ve sürdürülebilir sportif performans açısından da önem taşımaktadır. Bu doğrultuda antrenörlük uygulamalarında başarı ve performans göstergelerinin yanı sıra sporcunun psikososyal gereksinimlerinin de dikkate alınması gerekmektedir. Antrenör eğitim programlarında psikolojik güvenlik, sporcu iyi oluşu, etkili iletişim, yapıcı geri bildirim, çatışma yönetimi, sporcu sesi ve özerklik destekleyici yaklaşımlara daha fazla yer verilmesi önerilmektedir. Özellikle çocuk ve ergen sporcularla çalışan antrenörlerin bu konulardaki farkındalıklarının artırılması, uzun dönemli sporcu gelişiminin desteklenmesi açısından önemlidir. Bununla birlikte psikolojik güvenlik ile sportif performans arasındaki ilişkinin doğrudan ve tek yönlü bir nedensellik olarak değerlendirilmemesi gerekmektedir. Psikolojik güvenlik, performans artışını tek başına sağlayan bir unsurdan çok, sporcunun öğrenmesini, gelişimini, iletişimini ve iyi oluşunu destekleyen kişilerarası bir koşul olarak ele alınmalıdır. Mevcut literatürde kesitsel çalışmaların ağırlıkta olması nedeniyle farklı spor branşlarını, yaş gruplarını ve performans düzeylerini kapsayan boylamsal ve müdahale çalışmalarına ihtiyaç bulunmaktadır. Gelecekte yapılacak araştırmalarda psikolojik güvenliğin öz-bildirim ölçümlerinin yanı sıra objektif performans göstergeleri, sporda kalma, tükenmişlik, sakatlık sonrası uyum ve yardım arama davranışları gibi sonuçlarla birlikte incelenmesi alana önemli katkılar sağlayabilir. Sonuç olarak**,** sporcunun sesinin duyulduğu, hataların öğrenme fırsatı olarak değerlendirildiği ve karşılıklı güvenin korunduğu bir antrenörlük ortamının oluşturulması, hem sağlıklı sporcu gelişiminin hem de sürdürülebilir sportif başarının önemli bileşenlerinden biri olarak değerlendirilebilir.

KAYNAKÇA

Jowett, S., & Ntoumanis, N. (2004). The Coach-Athlete Relationship Questionnaire (CART-Q): Development and initial validation. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 14(4), 245-257.

Jowett, S., Nascimento-Júnior, J. R. A., Zhao, C., & Gosai, J. (2023). Creating the conditions for psychological safety and its impact on quality coach-athlete relationships. Psychology of Sport and Exercise, 65, 102363. https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2022.102363

Şenel, E., Jowett, S., Adiloğulları, İ., & Kerr-Cumbo, R. (2025). Investigating the impact of coach behaviours and coach-athlete relationships on psychological safety. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, *23*(7), 1051-1065.

Rato Barrio, M., Ley, C., Schomöller, A., & Dumon, D. (2021). Mental Well-Being or Ill-Being through Coaching in Adult Grassroots Sport: A Systematic Mapping Review. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(12), 6543

Kuruzović, N., & Đorić, V. (2023). Relations of coach-athlete relationship'quality and athlete psychosocial functioning: A systematic rewiew. *SportLogia*, *19*(1), 1-20.
Şenel, E., Küttel, A., Adiloğulları, İ., & Jowett, S. (2025). Psychological predictors of mental well-being in Judo athletes: Exploring the impacts of the coach-athlete relationship, social support, and psychological safety. Psychology of Sport and Exercise, 79, 102850. https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2025.102850
Vella, S. A., Mayland, E., Schweickle, M. J., Sutcliffe, J. T., McEwan, D., & Swann, C. (2024). Psychological safety in sport: A systematic review and concept analysis. International Review of Sport and Exercise Psychology, 17(1), 516-539. https://doi.org/10.1080/1750984X.2022.2028306

YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ ANTRENMAN PLANLAMASI VE SPORCU PERFORMANSININ İZLENMESİ: ANTRENÖRLÜK UYGULAMALARI AÇISINDAN GÜNCEL BİR DERLEME

AI-POWERED TRAINING PLANNING AND ATHLETE PERFORMANCE MONITORING: A CURRENT REVIEW FROM THE PERSPECTIVE OF COACHING PRACTICES

Barış İbrahim ASLANYÜREK
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Prof. Dr. Sefa LÖK
Selçuk Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi Antrenörlük Eğitimi Bölümü

ÖZET
Spor bilimlerindeki teknolojik gelişmeler, antrenman planlaması ve sporcu performansının izlenmesine yönelik geleneksel yaklaşımları önemli ölçüde dönüştürmektedir. Özellikle yapay zekâ (YZ), makine öğrenmesi, derin öğrenme ve üretken yapay zekâ uygulamaları; sporculardan elde edilen çok boyutlu verilerin analiz edilmesi, antrenman yükünün değerlendirilmesi, performans değişimlerinin izlenmesi ve bireyselleştirilmiş antrenman programlarının oluşturulması açısından yeni olanaklar sunmaktadır. Bu derlemenin amacı, yapay zekâ destekli antrenman planlaması ve sporcu performansının izlenmesine ilişkin güncel literatürü incelemek ve bu teknolojilerin antrenörlük uygulamaları açısından sunduğu olanakları, sınırlılıkları ve gelecekteki kullanım alanlarını değerlendirmektir. Güncel çalışmalar, yapay zekâ modellerinin giyilebilir sensörlerden elde edilen veriler, kalp hızı, hareket özellikleri, antrenman yükü ve performans göstergeleri gibi farklı veri kaynaklarını birlikte değerlendirebildiğini; hareketlerin tanımlanması, antrenman yükünün öngörülmesi ve kısa dönemli performans değişimlerinin öngörülmesi gibi alanlarda kullanılabildiğini göstermektedir. Üretken yapay zekâ ve büyük dil modellerinin antrenman programı oluşturmada temel egzersiz ilkelerine büyük ölçüde uygun öneriler sunabildiği, ancak bireysel fizyolojik yanıtların değerlendirilmesi, uzun dönemli uyum, yüklenme-toparlanma dengesi ve sporcuda ortaya çıkan anlık değişikliklere göre programın düzenlenmesi açısından önemli sınırlılıklarının bulunduğu görülmektedir. Bu nedenle yapay zekânın antrenörün yerini alan bağımsız bir karar verici olarak değil, verilerin yorumlanmasını ve karar verme sürecini destekleyen yardımcı bir araç olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Sonuç olarak yapay zekâ, antrenman planlamasının bireyselleştirilmesi ve sporcu performansının sürekli izlenmesi açısından önemli bir potansiyele sahip olmakla birlikte, etkili ve güvenli kullanımında antrenörün mesleki bilgisi, deneyimi ve değerlendirmesi temel önemini korumaktadır.
Anahtar Kelimeler: yapay zekâ, antrenman planlaması, sporcu performansı, performans izleme, antrenörlük

ABSTRACT
Technological advances in sports sciences are substantially transforming traditional approaches to training planning and athlete performance monitoring. In particular, artificial intelligence (AI), machine learning, deep learning, and generative AI applications offer new opportunities for analyzing multidimensional athlete data, assessing training load, monitoring changes in performance, and developing individualized training programs. This review aims to examine the current literature on AI-supported training planning and athlete performance monitoring and to evaluate the opportunities, limitations, and potential future applications of these

technologies in coaching practice. Recent studies indicate that AI models can integrate and analyze data from multiple sources, including wearable sensors, heart rate measurements, movement characteristics, training load, and performance indicators, and can be used for tasks such as movement recognition, training-load prediction, and forecasting short-term changes in performance. Although generative AI and large language models can provide training recommendations that are largely consistent with fundamental exercise principles, important limitations remain regarding the assessment of individual physiological responses, long-term adaptations, the balance between training load and recovery, and the adjustment of training programs in response to real-time changes in an athlete's condition. Therefore, AI should be regarded not as an autonomous decision-maker that replaces the coach, but rather as a supportive tool that facilitates data interpretation and enhances the decision-making process. In conclusion, although AI holds considerable potential for individualizing training planning and enabling continuous monitoring of athlete performance, coaches' professional knowledge, experience, and judgment remain essential for its effective and safe implementation.
Keywords: artificial intelligence, training planning, athlete performance, performance monitoring, coaching

GİRİŞ

Antrenman planlaması, sporcunun performans hedeflerine ulaşabilmesi için yüklenme, toparlanma ve uyum süreçlerinin sistematik biçimde düzenlenmesini gerektiren dinamik bir süreçtir. Geleneksel antrenörlük uygulamalarında bu süreç büyük ölçüde antrenörün gözlemlerine, performans testlerine, antrenman kayıtlarına ve mesleki deneyimine dayanmaktadır. Bununla birlikte giyilebilir teknolojiler, sensörler, görüntü çözümleme sistemleri ve sayısal performans izleme araçlarının yaygınlaşmasıyla sporculardan daha fazla miktarda ve çeşitlilikte veri elde edilmeye başlanmıştır. Bu gelişme, büyük veri kümelerinin analiz edilmesinde yapay zekâ ve makine öğrenmesi yöntemlerinin kullanımını spor bilimlerinin önemli araştırma alanlarından biri hâline getirmiştir (Reiner ve ark., 2026). Yapay zekâ, veriler arasındaki karmaşık ilişkilerin belirlenmesi, örüntülerin tanınması ve belirli sonuçların öngörülmesi amacıyla çeşitli algoritmik yöntemlerin kullanılmasını içermektedir. Spor bilimlerinde yapay sinir ağları, karar ağaçları, destek vektör makineleri, derin öğrenme modelleri ve son yıllarda üretken yapay zekâya dayalı büyük dil modelleri farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Yapay zekâ uygulamaları; performans analizi, hareket ve teknik değerlendirme, antrenman yükünün izlenmesi, performans değişimlerinin öngörülmesi ve antrenman programlarının oluşturulması gibi alanlarda antrenörlere yeni olanaklar sağlamaktadır (Claudino ve ark., 2019; Vec ve ark., 2024). Özellikle üretken yapay zekâ sistemlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte yapay zekâ, yalnızca mevcut verileri analiz eden bir teknoloji olmaktan çıkarak antrenman programları oluşturabilen ve antrenmana ilişkin öneriler sunabilen bir araç hâline gelmiştir. Bununla birlikte antrenman planlaması yalnızca egzersiz, set, tekrar ve yoğunluk değerlerinin belirlenmesinden oluşmamaktadır. Sporcunun antrenman geçmişinin, mevcut performansının, toparlanma durumunun, müsabaka takviminin, bireysel uyumunun ve antrenmana verdiği günlük yanıtların birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu durum, yapay zekâ sistemlerinin antrenörlük uygulamalarındaki rolünün ve sınırlarının dikkatle değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır (Washif ve ark., 2024).

Bu derlemenin amacı, yapay zekâ destekli antrenman planlaması ve sporcu performansının izlenmesine ilişkin güncel bilimsel kanıtları incelemek; yapay zekânın antrenörlük uygulamalarına sağlayabileceği katkıları, mevcut sınırlılıklarını ve gelecekteki kullanım alanlarını tartışmaktır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Yapay zekânın spor performansındaki yeri

Yapay zekânın spor bilimlerindeki kullanım alanları son yıllarda önemli ölçüde genişlemiştir. İlk uygulamalar ağırlıklı olarak müsabaka istatistiklerinin değerlendirilmesi ve performansın öngörülmesine odaklanırken, günümüzde makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemleri hareket analizi, hareketlerin tanımlanması, antrenman yükünün değerlendirilmesi, teknik performansın izlenmesi ve yaralanma riskinin modellenmesi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Claudino ve arkadaşlarının (2019) sistematik derlemesinde yapay sinir ağları, karar ağacı sınıflandırıcıları ve destek vektör makineleri gibi yöntemlerin takım sporlarında performansın öngörülmesi ve yaralanma riskinin değerlendirilmesinde kullanıldığı gösterilmiştir. Daha güncel çalışmalar ise derin öğrenme yöntemlerinin hareket takibi, biyomekanik analiz ve eş zamanlı performans değerlendirmesi açısından kullanım alanlarının genişlediğini göstermektedir (Vec ve ark., 2024; Wang ve ark., 2025).

Yapay zekâ destekli antrenman planlaması

Üretken yapay zekânın gelişimi, yapay zekânın doğrudan antrenman programı oluşturma amacıyla kullanılmasını gündeme getirmiştir. Washif ve arkadaşları (2024), ChatGPT tarafından oluşturulan 12 haftalık direnç antrenmanı programlarını değerlendirmiş ve oluşturulan programların antrenman sıklığı, yoğunluğu, set ve tekrar sayıları gibi temel değişkenler açısından genel olarak kabul edilebilir öneriler sunduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte programların uygulanmadan önce uzman tarafından ayrıntılı biçimde değerlendirilmesi ve gerekli düzenlemelerin yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Benzer biçimde Dergaa ve arkadaşları (2024), GPT-4 tarafından oluşturulan egzersiz reçetelerini değerlendirmiş ve yapay zekânın bireyselleştirilmiş egzersiz önerileri oluşturma potansiyeline sahip olduğunu; ancak güvenlik, bireysel özelliklerin değerlendirilmesi ve uzman denetimi açısından önemli sınırlılıklarının bulunduğunu göstermiştir. Yapay zekâ tarafından oluşturulan programların genel egzersiz ilkeleriyle büyük ölçüde uyumlu olabildiği, ancak bireye özgü düzenleme, kademeli ilerleme ve fizyolojik değişikliklere göre programın yeniden düzenlenmesi açısından yetersizliklerinin bulunduğu bildirilmektedir (Dergaa ve ark., 2024). Bu bulgular, yapay zekânın özellikle antrenman programının ilk taslağının oluşturulması, egzersiz seçeneklerinin belirlenmesi ve antrenman değişkenlerinin düzenlenmesi açısından yararlı olabileceğini düşündürmektedir. Ancak yapay zekâ tarafından oluşturulan antrenman programlarının doğrudan uygulanması yerine, antrenör tarafından sporcunun bireysel özellikleri ve gereksinimleri doğrultusunda değerlendirilmesi gerekmektedir.

Sporcu performansının izlenmesinde yapay zekâ

Günümüz antrenörlük uygulamalarında performansın izlenmesinde kullanılan önemli araçlardan biri giyilebilir teknolojilerdir. Küresel konumlandırma sistemleri, ivmeölçerler, kalp hızı ölçüm araçları ve diğer giyilebilir sensörler aracılığıyla sporcuların hareket özellikleri, hızları, kat ettikleri mesafe, kalp hızı yanıtları ve antrenman yüklerine ilişkin çok sayıda veri elde edilebilmektedir. Yapay zekâ, farklı kaynaklardan elde edilen bu verilerin birlikte değerlendirilmesine ve geleneksel analiz yöntemleriyle belirlenmesi güç olan örüntülerin ortaya çıkarılmasına olanak sağlayabilmektedir (Vec ve ark., 2024). Giyilebilir teknolojilere ilişkin güncel derlemeler, bu sistemlerin eş zamanlı veri toplama ve sporcu performansının sürekli izlenmesi açısından önemli olanaklar sağladığını göstermektedir. Bununla birlikte sensörlerin ölçüm doğruluğu, cihazlar arasındaki farklılıklar, verilerin ortak bir yapıda düzenlenmesi ve elde edilen bilgilerin antrenman kararlarına nasıl dönüştürüleceği önemli sorunlar olmaya devam etmektedir. Yapay zekâ yöntemleri, büyük miktardaki sensör verisinin işlenmesini

kolaylaştırarak antrenöre daha anlaşılır ve kullanılabilir bilgiler sunma potansiyeline sahiptir (Huang, 2026).

Antrenman yükünün değerlendirilmesi ve performansın öngörülmesi

Antrenman sürecinde yalnızca uygulanan yükün miktarı değil, sporcunun bu yüke verdiği bireysel yanıt da önemlidir. Yapay zekâ modelleri, geçmiş antrenman verileri, fizyolojik göstergeler ve performans sonuçları arasındaki ilişkileri analiz ederek belirli performans değişikliklerinin öngörülmesine yardımcı olabilmektedir. Güncel literatür, yapay zekânın hareketlerin tanımlanması, antrenman yükünün öngörülmesi ve kısa dönemli performans değişimlerinin öngörülmesi gibi alanlarda kullanılabileceğini göstermektedir (Reiner ve ark., 2026). Bununla birlikte bir yapay zekâ modelinin geçmiş veriler üzerinde yüksek öngörü doğruluğuna ulaşması, farklı sporcular veya farklı antrenman ortamlarında aynı doğrulukla sonuç vereceği anlamına gelmemektedir. Sporcu performansı; antrenman geçmişi, biyolojik özellikler, çevresel koşullar, müsabaka takvimi ve çok sayıda değişkenin etkileşimi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle yapay zekâ modellerinin farklı ve bağımsız sporcu gruplarında doğrulanması ve gerçek spor ortamlarında değerlendirilmesi önem taşımaktadır (Lee ve ark., 2026).

Yapay zekâ ve antrenörün karar verme süreci

Yapay zekâ, antrenman planlaması ve egzersiz reçetelendirmesinde büyük miktardaki bilgiyi işleyerek bireyselleştirilmiş öneriler oluşturma ve antrenörün karar verme sürecini destekleme potansiyeline sahiptir. Üretken yapay zekâ sistemleri; egzersiz türü, sıklığı, yoğunluğu, süresi ve kademeli ilerleme gibi temel antrenman değişkenlerine ilişkin öneriler sunabilmektedir. Bununla birlikte mevcut kanıtlar, bu sistemlerin bağımsız bir karar verici olarak değil, uzman değerlendirmesini destekleyen yardımcı araçlar olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir (Dergaa ve ark., 2024; Washif ve ark., 2024). Yapay zekâ tarafından oluşturulan egzersiz programlarının niteliği, sisteme sağlanan bilgilerin kapsamına ve oluşturulan önerilerin uzman tarafından değerlendirilmesine bağlıdır. Dergaa ve arkadaşları (2024), GPT-4 tarafından farklı sağlık ve fiziksel uygunluk özelliklerine sahip bireyler için oluşturulan egzersiz reçetelerini değerlendirmiş ve yapay zekânın bireyselleştirilmiş program oluşturmada önemli bir potansiyel taşımasına karşın bazı önerilerin güvenlik ve uygunluk açısından uzman gözetimi gerektirdiğini bildirmiştir. Benzer şekilde Washif ve arkadaşları (2024), üretken yapay zekânın direnç antrenmanı programlamasında yararlı bir araç olabileceğini, ancak oluşturulan programların nitelikli bir antrenörün değerlendirmesinin ve bireyselleştirilmiş antrenman planlamasının yerine geçmemesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu nedenle güncel kanıtlar, yapay zekânın antrenörün mesleki kararının yerini alan bir sistemden çok, antrenman planlaması ve egzersiz reçetelendirmesinde uzman kararını destekleyen tamamlayıcı bir araç olarak kullanılmasını desteklemektedir.

Antrenörlük uygulamalarında olası kullanım alanları

Güncel literatür birlikte değerlendirildiğinde yapay zekânın antrenörlük uygulamalarında; sporcu verilerinin analiz edilmesi, antrenman programlarının oluşturulmasının desteklenmesi, antrenman yükünün değerlendirilmesi, kısa dönemli performans değişimlerinin öngörülmesi ve sportif hareketlerin analiz edilmesi gibi farklı alanlarda kullanılabileceği görülmektedir (Vec ve ark., 2024; Reiner ve ark., 2026). Üretken yapay zekâ uygulamaları ayrıca egzersiz seçimi, antrenman sıklığı, yoğunluğu, hacmi ve kademeli ilerleme gibi programlama değişkenlerine ilişkin öneriler oluşturabilmektedir (Dergaa ve ark., 2024; Washif ve ark., 2024). Bu özellikler, yapay zekânın antrenman ve performans verilerinin işlenmesinde antrenörlere destek sağlayabilecek bir araç olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte mevcut kanıtlar, yapay zekâ sistemlerinden elde edilen sonuçların sporcuya ilişkin kararların tek

kaynağı olarak kullanılmasını desteklememektedir. Yapay zekâ tarafından oluşturulan antrenman önerilerinde bireyselleştirme, güvenlik, uzun dönemli uyum ve sporcuda meydana gelen değişikliklere göre programın düzenlenmesi açısından sınırlılıklar bildirilmektedir (Dergaa ve ark., 2024; Reiner ve ark., 2026). Bu nedenle yapay zekânın antrenörün mesleki bilgi ve değerlendirmesinin yerini alan bağımsız bir sistemden çok, antrenman planlama ve performans izleme süreçlerini destekleyen tamamlayıcı bir araç olarak kullanılması daha uygun görünmektedir (Washif ve ark., 2024; Reiner ve ark., 2026).

Sınırlılıklar ve etik sorunlar

Yapay zekâ uygulamalarının spor alanında yaygınlaşması; veri güvenliği, sporcu mahremiyeti, algoritmik şeffaflık, yanlılık ve hesap verebilirlik gibi önemli etik sorunları da beraberinde getirmektedir. Özellikle sporculardan elde edilen kişisel, biyometrik ve performans verilerinin yapay zekâ sistemleri tarafından işlenmesi, bu verilerin nasıl toplandığı, saklandığı, kullanıldığı ve kimlerin erişimine açık olduğu konularını önemli hâle getirmektedir. Güncel bir sistematik kapsam derlemesinde, sporda yapay zekâ kullanımına ilişkin başlıca etik sorunların adalet ve yanlılık, şeffaflık ve açıklanabilirlik, mahremiyet ve veri etiği ile hesap verebilirlik alanlarında yoğunlaştığı bildirilmiştir (Kim ve ark., 2025). Bunun yanında yapay zekâ modellerinin güvenilirliği, geliştirildikleri veri kümelerinin niteliği ve temsil gücüyle yakından ilişkilidir. Spor alanındaki güncel incelemeler, yapay zekâ temelli öngörü modellerinde örneklem çeşitliliğinin ve modellerin bağımsız veri kümelerinde doğrulanmasının sınırlı olabildiğini göstermektedir. Bu durum, geliştirilen modellerin farklı sporcu gruplarına ve gerçek spor ortamlarına uygulanabilirliğini sınırlandırabilir (Lee ve ark., 2026). Bu nedenle yapay zekâ destekli antrenman ve performans izleme sistemlerinin değerlendirilmesinde yalnızca algoritmanın öngörü doğruluğunun değil; kullanılan verinin niteliğinin, örneklemin temsil gücünün, bağımsız örneklemlerde doğrulanmasının ve gerçek spor ortamlarındaki uygulanabilirliğinin de dikkate alınması gerekmektedir.

Literatürdeki boşluklar

Yapay zekâ destekli egzersiz ve antrenman planlamasına ilişkin araştırmalar giderek artmakla birlikte, mevcut çalışmaların önemli bir bölümü yapay zekâ tarafından oluşturulan programların uzmanlar tarafından değerlendirilmesine veya temel egzersiz programlama ilkelerine uygunluğunun incelenmesine dayanmaktadır (Dergaa ve ark., 2024; Havers ve ark., 2025). Buna karşılık, yapay zekâ tarafından oluşturulan ve süreç içerisinde sporcu verilerine göre düzenlenen antrenman programlarının gerçek sporcular üzerinde uzun süre uygulanarak performans ve antrenmana uyum üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği araştırmalar sınırlıdır. Ayrıca yapay zekâ sistemlerinin sporcunun fizyolojik ve performans verilerindeki değişikliklere göre önerilerini nasıl düzenleyebileceğinin ve bu uygulamaların gerçek antrenman ortamlarındaki etkililiğinin incelenmesine gereksinim bulunmaktadır (Dergaa ve ark., 2024; Reiner ve ark., 2026). Gelecekte yapılacak araştırmalarda farklı sporcu gruplarının ve antrenman koşullarının değerlendirilmesi, yapay zekâ modellerinin bağımsız sporcu gruplarında doğrulanması ve yapay zekâ destekli uygulamaların antrenörün karar verme sürecine nasıl katkı sağladığının incelenmesi önem taşımaktadır (Reiner ve ark., 2026).

SONUÇ

Yapay zekâ, çağdaş antrenörlük uygulamalarında antrenman planlaması ve sporcu performansının izlenmesi açısından giderek daha önemli bir teknoloji hâline gelmektedir. Güncel literatür, yapay zekâ ve makine öğrenmesi yöntemlerinin büyük ve çok boyutlu sporcu verilerinin analiz edilmesi, antrenman yükünün değerlendirilmesi, hareket ve performans örüntülerinin belirlenmesi ve kısa dönemli performans değişimlerinin öngörülmesinde kullanılabileceğini göstermektedir. Üretken yapay zekâ ve büyük dil modelleri ise doğrudan

antrenman programları oluşturabilmekte ve antrenman değişkenlerine ilişkin öneriler sunabilmektedir. Bununla birlikte mevcut kanıtlar, yapay zekâ tarafından oluşturulan antrenman programlarının uzman antrenör tarafından değerlendirilmeden doğrudan uygulanmasını desteklememektedir. Yapay zekâ sistemleri temel antrenman ilkelerine uygun programlar oluşturabilse de sporcunun bireysel uyumunun, günlük fizyolojik durumunun, uzun dönemli performans gelişiminin ve değişen antrenman koşullarının bütüncül biçimde değerlendirilmesi açısından sınırlılıklara sahiptir. Bu nedenle yapay zekâ, antrenörün mesleki kararının yerine geçen bir teknoloji olarak değil, antrenörün karar verme sürecini destekleyen bir araç olarak değerlendirilmelidir. Gelecekte giyilebilir sensörlerden, performans testlerinden ve antrenman kayıtlarından elde edilen verilerin yapay zekâ sistemleriyle birlikte değerlendirilmesi, antrenman planlarının daha dinamik ve bireyselleştirilmiş hâle gelmesine katkı sağlayabilir. Ancak bu gelişimin güvenilir algoritmalar, nitelikli veriler, bağımsız örneklemlerde doğrulama, veri güvenliği ve insan denetimi temelinde gerçekleşmesi gerekmektedir. Sonuç olarak yapay zekânın antrenörün yerini almasından çok, antrenörün verileri yorumlama ve karar verme kapasitesini destekleyen yardımcı bir teknoloji olarak kullanılması güncel bilimsel kanıtlarla daha uyumlu görünmektedir. Gelecekte teknolojik yeterlilik ile antrenörün bilimsel bilgisinin, saha deneyiminin ve mesleki değerlendirmesinin birlikte kullanılması, yapay zekâ destekli uygulamalardan güvenli ve etkili biçimde yararlanılmasının temelini oluşturacaktır.

KAYNAKLAR

Claudino, J. G., Capanema, D. O., de Souza, T. V., Serrão, J. C., Machado Pereira, A. C., & Nassis, G. P. (2019). Current approaches to the use of artificial intelligence for injury risk assessment and performance prediction in team sports: A systematic review. *Sports Medicine - Open, 5*(1), 28. https://doi.org/10.1186/s40798-019-0202-3

Dergaa, I., Saad, H. B., El Omri, A., Glenn, J., Clark, C., Washif, J. A., & Chamari, K. (2024). Using artificial intelligence for exercise prescription in personalised health promotion: A critical evaluation of OpenAI's GPT-4 model. *Biology of Sport, 41*(2), 221–241.

Havers, T., Jelonnek, C., Masur, L., Isenmann, E., Sperlich, B., Geisler, S., & Düking, P. (2025). A professional assessment of training plans for muscle hypertrophy and maximal strength developed by generative artificial intelligence. *Biology of Sport, 42*(4), 353–380. https://doi.org/10.5114/biolsport.2026.152350

Reiner, S. L., Pearson, R. C., Reed, R. A., Olenick, A. A., & Pojednic, R. M. (2026). Artificial intelligence in exercise programming and coaching: Opportunities and limitations. *Current Sports Medicine Reports, 25*(8), 245–252.

Vec, V., Tomažič, S., Kos, A., & Umek, A. (2024). Trends in real-time artificial intelligence methods in sports: A systematic review. *Journal of Big Data, 11*(1), 148.

Washif, J. A., Pagaduan, J., James, C., Dergaa, I., & Beaven, C. M. (2024). Artificial intelligence in sport: Exploring the potential of using ChatGPT in resistance training prescription. *Biology of Sport, 41*(2), 209–220. https://doi.org/10.5114/biolsport.2024.132987.
Huang, E. (2026). Artificial intelligence and wearable technology in athlete load management and injury prediction: a systematic literature review. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*.

Lee, C. H., Chang, M. H., & Li, Z. H. (2026). From data to prevention: A systematic review of artificial intelligence applications in sports injury prediction. *Technology and Health Care*, 09287329261455797.

Kim, J.-H., Kim, J., Kang, H., & Youn, B.-Y. (2025). Ethical implications of artificial intelligence in sport: A systematic scoping review. *Journal of Sport and Health Science, 14*, 101047. DOI: 10.1016/j.jshs.2025.101047.

DEĞİŞEN İKLİMDE BİTKİ SAĞLIĞI RİSKLERİ: AGROEKOSİSTEM DİNAMİKLERİ VE İKLİME DAYANIKLI YÖNETİM STRATEJİLERİ

PLANT HEALTH RISKS IN A CHANGING CLIMATE: AGROECOSYSTEM DYNAMICS AND CLIMATE-RESILIENT MANAGEMENT STRATEGIES

Bekir CENGİL

Asst. Prof. Dr., Çankiri Karatekin University, Food and Agriculture Vocational School, Çankiri, Türkiye

Alihan KARAMANLI

Master's student, Muğla Sıtkı Koçman University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Plant Protection, Muğla, Türkiye

ÖZET

İklim değişikliği; sıcaklık artışları, yağış rejimlerindeki değişim, kuraklık ve atmosferdeki CO_2 konsantrasyonun yükselmesiyle tarımsal ekosistemlerde bitki hastalıkları ve zararlılarının biyolojisini, coğrafi dağılımını ve konukçu–patojen ilişkilerini önemli ölçüde etkilemektedir. Sıcaklık artışları birçok böcek zararlısında gelişme süresini kısaltarak nesil sayısını ve kışlama başarısının artmasına neden olurken; abiyotik stresler ise bitki savunma mekanizmalarını ve mikrobiyom yapısını etkileyerek hastalık şiddetini değiştirebilmektedir. Ancak bu etkiler, türlerin ekolojik toleranslarına ve bölgesel koşullara göre farklılık gösterebilmektedir. Akdeniz havzasında yer alan ve iklim değişikliğine karşı kırılgan ülkelerden biri olan Türkiye'de son yıllarda kaydedilen sıcaklık artışları ve yağışlardaki ani değişimler, bitki sağlığına yönelik bölgesel riskleri artırmaktadır. Bu dinamikler, geleneksel bitki koruma yaklaşımlarının ötesine geçilerek iklim temelli erken uyarı sistemleri, entegre zararlı yönetimi (IPM), biyolojik mücadele, yapay zekâ destekli tahmin modelleri ve dayanıklı çeşitlerin birlikte kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Bu çalışmada, iklim değişikliğinin küresel ve bölgesel bitki–patojen–zararlı ilişkileri üzerindeki etkileri incelenmiş, ortaya çıkabilecek riskler değerlendirilmiş ve iklime dirençli, sürdürülebilir tarımsal üretim ve bitki sağlığı göz önüne alınarak bütüncül bir yaklaşım içinde sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, Bitki sağlığı, Entegre zararlı yönetimi (IPM), Konukçu–patojen etkileşimi, Erken uyarı sistemleri, Türkiye tarımı

ABSTRACT

Global climate change significantly alters the biology, spatial distribution, and host–pathogen–pest interactions in agricultural ecosystems, driven primarily by rising temperatures, shifting precipitation patterns, prolonged drought events, and elevated atmospheric CO_2 concentrations. Rising temperatures can shorten development times for many insect pests, thereby increasing the number of generations and overwintering success, while abiotic stresses can modify disease severity by affecting plant defense mechanisms and microbiome structure. Nevertheless, these eco-physiological responses remain highly contingent upon species-specific thermal tolerances and hyper-local environmental conditions. Situated within the climate-vulnerable Mediterranean basin, Türkiye faces heightened plant health risks associated with recent trends of warming and precipitation deficits. Mitigating these dynamic threats requires a paradigm shift away from conventional crop protection methods toward an integrated management framework. Such an approach

synthesizes climate-driven early warning systems, Integrated Pest Management (IPM), conservation and augmentative biological control, machine-learning predictive modeling, and the deployment of stress-resilient germplasm. This review critically evaluates the multifaceted impacts of global and regional climate shifts on plant–pathogen–pest dynamics based on current literature, assesses the emerging phytosanitary risks confronting Turkish agriculture, and outlines a holistic operational strategy for climate-resilient, sustainable plant protection.

Keywords: Climate change, Plant health, Integrated pest management (IPM), Host–pathogen interaction, Early warning systems, Turkish agriculture.

1. GİRİŞ

Günümüzde iklim değişikliğine bağlı tarımsal üretimin sürdürülebilirliğinin tehdit altında olduğu bilinen bir gerçektir. Sıcaklık artışları, yağış rejiminde meydana gelen şiddetli ve ani değişimler, kuraklık ve ekstrem yağış olayları, sıcak hava dalgaları ve atmosferdeki CO_2 konsantrasyonunun artması, bitkilerin büyüme ve gelişme süreçlerini doğrudan etkilemektedir. Ancak bu etkiler abiyotik streslerle sınırlı kalmamakta; bitkiler, patojenler, böcekler, nematodlar, yabancı otlar ve doğal düşmanlar arasındaki biyotik ilişkiler de değişen iklim koşullarından etkilenmektedir (IPCC, 2022).

Bitki hastalıkları ve zararlılarındaki değişimler gıda güvenliği açısından kritik önemdedir. Ürün kayıpları yalnızca doğrudan hastalık veya zararlı etkisinden değil, iklim stresleriyle fizyolojik olarak zayıflayan bitkilerin biyotik streslere verdiği tepkilerdeki değişimden de kaynaklanmaktadır. (IPCC, 2022), iklim değişikliğinin zararlı, hastalık ve yabancı otların görülme sıklığını ve dağılımını değiştireceğini; bunun bazı sistemlerde kontrol maliyetlerini ve çevresel baskıları artırabileceğini değerlendirmektedir.

Sıcaklık, nem, yağış ve CO_2 değişimleri patojenlerin yaşam döngülerini, spor oluşumunu, enfeksiyon süreçlerini ve coğrafi dağılımlarını etkileyebilmektedir. Singh ve ark. (2023), iklim değişikliğinin bitki patojenlerinin biyocoğrafyasını, hastalık oluşumunu ve şiddetini değiştirebileceğini; ayrıca patojen evrimi, konukçu–patojen ilişkileri ve bitki mikrobiyomu üzerinde etkiler doğurabileceğini vurgulamaktadır. Zararlılar açısından ise sıcaklık, böceklerin gelişme ve üreme hızını belirleyen en temel faktörlerdendir. Ma ve ark. (2025), küresel ölçekte tarımsal zararlıların ısınmaya genel olarak genişleyen dağılım alanları, öne kayan fenolojik olaylar ve artan nesil sayısıyla tepki verdiğini belirtmektedir.

Bununla birlikte iklim değişikliği ile bitki hastalıkları ve zararlıları arasındaki ilişki doğrusal değildir. Türün optimum sıcaklık aralığının aşılması gelişmeyi ve hayatta kalmayı azaltabilir; benzer şekilde kuraklık bazı zararlılarda bitki zararını artırırken, şiddetli kuraklık hem konukçuyu hem de zararlıyı olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle değerlendirmelerde tek bir iklim değişkeni yerine çoklu stresler ve biyotik etkileşimler birlikte ele alınmalıdır. Bu çalışmanın amacı, iklim değişikliğinin bitki hastalıkları ve zararlıları üzerindeki etkilerine ilişkin mevcut literatür üzerinden bütüncül bir yaklaşımla değerlendirmelerde bulunmak, değişen risklerin temel mekanizmalarını açıklamak, Türkiye açısından ortaya çıkan riskleri tartışmak ve iklime dayanıklı, sürdürülebilir bitki koruma stratejileri üzerinde değerlendirmelerde bulunmaktır.

2. İKLİM DEĞİŞKENLERİ VE BİTKİ SAĞLIĞI

2.1. Sıcaklık

Sıcaklık hem bitki patojenlerinin hem de böcek zararlılarının biyolojisini şekillendiren ana çevresel faktörlerden biridir. Böceklerin metabolizması, gelişim dönemi, üreme kapasitesini ve davranış değişiklikleri büyük oranda sıcaklığa bağlıdır; bir organizmanın gelişimi için ideal aralıktaki sıcaklık artışı organizmanın gelişimin dönemini hızlandırabilir ve yıllık nesillerin sayısını artışı üzerinde etkili olabilir (Ma ve ark. 2025). Ancak ılık geçen kışlar bazı hassas organizmaların kışa dayanıklılığını ve dolayısıyla ilkbaharda nüfus artışına ve erken kontrol dönemlerinin başlamasına neden olabilir.

Bununla birlikte sıcaklık artışının herhangi bir türün nüfusunu artıracağı varsayılamaz. Böcekler kendi sıcaklık eşiğine sahiptir ve aşırı sıcaklıklar veya soğukluklar gelişimlerini, üremelerini ve hayatta kalmalarını sınırlayabilir. Bu nedenle risk değerlendirmesi sadece ortalamaları değil aynı zamanda sıcak dalgalarının yoğunluğunu ve zamanlamasını da içermelidir.

Spor çimlenmesi, enfeksiyon, latent dönem ve spekülasyon gibi bitki patojenlerinde bulunan süreçler de sıcaklığa bağlıdır. Ancak patojenlerin sıcaklıklara verdiği yanıtlar farklıdır; bu nedenle bir sıcaklıktaki artışın bir hastalığı teşvik edip etmeyeceğini veya bastıracağını tahmin etmek için patojenin ideal sıcaklık aralığı ve aynı koşullara karşı ev sahibinin fizyolojik yanıtının değerlendirilmesi yapılmalıdır (Méndez ve ark. 2026; Singh ve ark. 2023).

2.2. Yağış ve Nem

Yağış ve nem, özellikle yaprak ıslaklığı süresi ve atmosferik nem üzerinden hastalık gelişiminde etkili olur. Mantar ve bakterilerin bir bölümü enfeksiyon için yüksek bağıl neme veya yaprak yüzeyinin belirli bir süre ıslak kalmasına ihtiyaç duyar. Yoğun yağış, patojenlerin bitkinin farklı bölümlerine ya da çevredeki diğer bitkilere taşınmasını da kolaylaştırabilir. Zararlılar üzerindeki etki daha değişkendir: şiddetli yağış küçük ve yumuşak vücutlu böcekleri bitkiden uzaklaştırabilir; buna karşılık bitki dokularının gelişmesini destekleyen koşullar bazı zararlı türleri için elverişli olabilir. Ma ve ark. (2025), yağışın etkisinin zararlı türüne, davranışına ve ekosistemin özelliklerine göre değiştiğini vurgulamaktadır.

2.3. Kuraklık ve Su Stresi

Kuraklık tarım üretimi açısından önemli bir iklim değişkenidir. Bitki büyümesini sınırlamanın yanı sıra su kıtlığı aynı zamanda bitki biyotik streslere verdiği tepkiyi de değiştirir. Stomatal kapanma, fotosentez, karbon tahsisi, ikincil metabolit sentezi, antioksidan sistemleri, hormon sinyalleşmesi ve kök-toprak etkileşimi kuraklığa tepki olarak değişmektedir ve bu değişiklikler bitki-patojen etkileşimleri üzerinde etkili olabilir. Méndez ve ark. (2026) su kıtlığının hastalığın şiddetine bağlı önemli bir iklim değişkeni olduğunu bulmuşlardır ancak bulguları ev sahibi-patojen etkileşimi üzerine kuruludur. Hafif kuraklık zararlılar açısından bakıldığında bitki dokularında fizyolojik değişiklikler

nedeniyle bazı otçul hayvanların beslenmesini teşvik edebilir. Ma ve ark. (2025) bunun ev sahibi-zarar verici etkileşimi ile su talebinin azalması arasındaki ilişkiye bağlı olduğunu bulmuşlardır.

2.4. Ekstrem Hava Olayları

Aşırı sıcaklıklar, yağışlar, sel ve kuraklık gibi aşırı iklim olaylarının bitkilerin fizyolojik durumunu ve patojenler arasındaki etkileşimlerin dinamiklerini hızla değiştirebileceği bilinmektedir. Aşırı sıcaklıklar bazı böceklerin gelişimini sınırlayabilir fakat aynı zamanda çok düşük sıcaklıktan dolayı kısıtlanmış olan böceklerin yaşam alanlarını genişletebilir. Aşırı yağışlar zararlı böcek sayısını azaltabilir ve nemli bir ortam gerektiren patojenlerden enfeksiyon olma ihtimalini artırabilir. IPCC (2022)' ye göre aşırı iklim olayları zararlı organizmaların, hastalıkların ve otların varlığı ve dağılımını etkileyebilir. Bu nedenle bitki sağlığı risklerinin analizinde hem ortalama iklim hem de aşırı olaylar göz önünde bulundurulmalıdır.

2.5. Atmosferik CO_2 Artışı

Atmosferdeki CO_2 miktarındaki değişiklikler fotosentez ve bitki büyümesi yoluyla bitki-parazit etkileşimi üzerinde bir etkiye sahip olabilir. CO_2 seviyelerindeki artış bitki yapraklarında biyomas üretimini ve karbon/azot oranını artırır ve bu da bitkinin kimyası ve savunma mekanizmalarını etkiler. Ancak bu tür değişikliklerin bitki hastalıklarına etkisi parazitin yaşam tarzına bağlıdır. Bazı durumlarda parazitler ya artan biyomasdan ya da ev sahibinin savunma mekanizmasındaki değişmeden yararlanabilirken diğer durumlarda parazitlerin enfeksiyonu önlenebilir. Méndez ve ark. (2026) tarafından belirtildiği gibi yüksek CO_2 seviyeleri, sıcaklık ve su stresi konusunda yeterli bilgi bulunmamaktadır.

3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BİTKİ ZARARLILARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

3.1. Coğrafi Dağılımın Değişmesi

İklim değişikliğinin zararlılar üzerindeki çok açık bir etkisi potansiyel coğrafi dağılım aralıklarında bir kaymadır. Yüksek sıcaklıklar ya da düşük sıcaklıklar sınırlayıcı faktör olan bölgelerde artarsa belirli zararlı türleri daha yüksek enlemlerde ve yüksekliklerde bulunabilirler. Ancak bir türün yeni bir coğrafi bölgeye gelmesi sadece iklime değil aynı zamanda bir ev sahibi bitkinin varlığına, ticaretin ve bitkisel maddelerin taşınmasına da bağlıdır. Böyle bir zararlının örneği Akdeniz meyve sineğidir (Ceratitis capitata). Szyniszewska ve ark. (2024) tarafından 1970-2019 yılları arasında alınan iklim verileri kullanılarak yapılan bir çalışmada bu türün iklimsel olarak uygun alanı Avrupa ve Kaliforniya'da kuzeye ve daha yüksek yüksekliklere kaymıştır.

3.2. Fenoloji ve Yıllık Nesil Sayısı

Bir zararlının yaşam döngüsünü tamamlamak için ihtiyaç duyduğu ısı birikiminin daha kısa sürede sağlanması, aynı üretim sezonunda daha fazla nesil meydana gelmesine yol açabilir. Tarımsal açıdan bu durum, geçmişte belirli bir dönemde görülen zararlının daha erken ortaya çıkması veya ekonomik zarar oluşturabilecek düzeyde daha uzun süre kalması

anlamına gelebilir. Ma ve ark. (2025), ısınmanın birçok tarımsal zararlıda fenolojik olayları öne çekebildiğini ve nesil sayısını artırabildiğini bildirmektedir. Bununla birlikte aşırı sıcaklıklar bazı türlerin gelişimini engelleyebilir.

3.3. İstilacı Zararlıların Yayılması

İklim değişikliği istilacı türlerin girişi için uygun koşullar oluşturabilir ancak uluslararası ticaret ve insan faaliyetleri de bu durumda önemli bir paya sahiptir. Fall Armyworm (Spodoptera frugiperda) böyle bir türdür. Sumila ve ark. (2024)' e göre Mozambik'te gelecekteki iklim senaryosu bu türün yaşam döngüsünde bölgesel farklılıklara neden olabilir; sıcaklığın artması bazı bölgelerde toplam sıcaklığın ve nesillerin sayısının artmasına neden olurken diğer bölgelerde başka sonuçlara neden olabilir. Bu örnek iklimin istilacı zararlılara etkisinin sadece olumsuz olmadığını ve bölgesel bir bakış açısıyla ele alınması gerektiğini göstermektedir.

3.4. Zararlı–Konukçu–Doğal Düşman Etkileşimleri

Parazitoitler, avcılar ve entomopatojenler de sıcaklık ve nem değişimlerine tepki verir. Zararlılarla doğal düşmanlarının aynı iklim koşullarına aynı hızda yanıt vermemesi, fenolojik uyumsuzluk yaratabilir. Örneğin zararlı ilkbaharda daha erken ortaya çıktığı halde doğal düşmanı aynı ölçüde erkenden gelişmezse biyolojik kontrolün etkinliği azalabilir. Erdem Küçük ve Tunca (2024), Türkiye'de iklim değişiminin böceklerin olası dağılımı, kışın hayatta kalması, nesil sayısı ve doğal düşmanlarıyla ilişkileri üzerindeki etkilerini kapsamlı biçimde ele almıştır. Bu nedenle zararlı yönetimi; konukçu bitki, zararlı ve doğal düşmanları içeren daha geniş bir ekolojik ağ çerçevesinde değerlendirilmelidir.

4. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BİTKİ HASTALIKLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

4.1. Hastalık Üçgeninden Hastalık Ağına

Geleneksel olarak bitki patolojisi alanında hastalık gelişimi ev sahibi bitki, patojen ve çevre arasındaki karmaşık bir etkileşim sonucu olarak atfedilir. İklim değişikliğinin yukarıda bahsedilen üç faktörden hepsine bir etkisi olduğu için iklim değişikliğinin hastalığın üçgenindeki dinamik sistemin de bir parçası olarak görülmesi gerektiği söylenebilir. Singh ve ark. (2023)' e göre iklim değişikliği aynı zamanda bitkilerin mikrobiomunu da etkiler. Bitkilerin patojenlere karşı savunmalarını geliştiren mikroorganizmaların topluluklarındaki değişiklikler, bitkilerin besin maddelerini kullanma şekilleri, bitki toleransı ve bağışıklık tepkileri dolaylı olarak da olsa hastalığın gelişimi sürecini etkileyebilir.

4.2. Patojenlerin Gelişimi ve Dağılımı

Sıcaklık ve nemdeki değişiklikler patojenlerin gelişme hızını, spor oluşumunu ve bulaşıcılık düzeyini etkileyecektir. Bazı patojenler sıcak hava tercih ederken diğerleri en iyi performanslarını ideal sıcaklıktan daha yüksek sıcaklıklarda gösterememektedir. Bu nedenle "küresel ısınma hastalıkları artırıyor" iddiası bilimsel olarak geçerli değildir. Méndez ve ark. (2026) bu konuyu bilimsel olarak kanıtlamıştır. Bir meta analizde; 2010-2024 yılları arasında yapılan 2459 araştırmayı PRISMA kriterlerine göre analiz edilmiş ve bunlardan 106' sı derinlemesine incelenmiştir. Araştırmalar sonucunda iklim değişikliği

nedeniyle oluşan biyotik değişikliklerin patojen türüne ve konukçu sistemine göre hastalıkların şiddetinde farklı etkilere sahip olduğu bulunmuştur.

4.3. Kuraklığın Hastalık Gelişimine Etkisi

Kuraklıklar bazı patojenlere karşı bitkilerin fizyolojisini etkilediği bilinmektedir. Ancak nem ve yaprak ıslaklığı gerektiren patojenler kuraklık dönemlerinde enfeksiyon yapmakta zorlanabilir. Toprağa bağlı bir patojen köklerde stresli koşullarda gelişirse daha fazla enfeksiyon yaşayacaktır. Bu bağlamda "kuraklık hastalıklara neden olur" hipotezi "kuraklık belirli ev sahibi patojen etkileşimlerinde hastalığın gelişimini etkileyebilir" hipotezinden daha az bilimseldir.

5. ÇOKLU İKLİM STRESLERİ VE BİTKİ–HASTALIK–ZARARLI ETKİLEŞİMLERİ

Tarla koşullarında bitkiler yüksek sıcaklık, kuraklık, değişen nem, atmosferik CO_2 artışı ve aşırı hava olayları gibi birden fazla etkene aynı anda maruz kalabilir. Bu nedenle tek bir stres etmenini inceleyen deneylerin sonuçları doğal koşullara doğrudan genellenmemelidir. Méndez ve ark. (2026), çoklu streslerin tekil streslere kıyasla daha az araştırıldığını göstermektedir. Birden fazla etmenin etkisi birbirini güçlendirebilir, zayıflatabilir veya bağımsız biçimde ortaya çıkabilir. Örneğin sıcaklık artışı ile kuraklık bitkinin fizyolojik durumunu bozarken aynı koşullar belirli bir patojenin enfeksiyon yeteneğini sınırlayabilir. Doğal düşmanlar da benzer streslerden etkilenir. Bu nedenle iklim etkileri yalnızca zararlı popülasyonundaki değişim üzerinden değil; iklim, bitki, patojen, zararlı, doğal düşman ve mikrobiyom arasındaki etkileşimler birlikte dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

6. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TÜRKİYE'DE BİTKİ SAĞLIĞI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Türkiye geniş tarımsal üretim alanına sahip ve çeşitli iklim bölgelerinin kesiştiği ülkeler arasındadır. Bu nedenle iklim değişikliğinin bitkilerin hastalıkları ve zararlıları üzerindeki etkisi bölgelere göre değişebilmektedir. MGM (2025)' e göre 2024 yılında Türkiye'de ortalama sıcaklık 15,6 °C idi ve bu değer 1991-2020 dönemindeki ortalama sıcaklıktan (13,9 °C) 1,7 °C daha yüksektir ve bu dönem için bir rekor olarak kabul edilmektedir. Öte yandan ortalama yağış miktarı 537.2 mm olarak gerçekleşmiş ve 1991-2020 yılları arasında ortalama yağış miktarı olan 573.4 mm' den %6.3 daha az olarak gerçekleşmiştir.

Yukarıda belirtilen rakamların hastalık veya zararlıların sayısının arttığını kesinlikle göstermediği unutulmamalıdır. Ancak iklimin tarım bölgelerindeki biyolojik süreçlere etkisini göz önünde bulundurarak izleme ve risk değerlendirmelerinin önemi artmaktadır. Dolayısıyla önemli sıcaklık ve su stres faktörlerine sahip yerlerde kuraklık ve ısı ile ilgili zararlıların ortaya çıkması daha belirginleşecek; öte yandan yüksek nem rol oynadığında bazı mantar ve bakteriyel hastalıkların gelişimi için koşullar değişebilir.

Erdem Küçük ve Tunca (2024)'e göre iklim değişikliği Türkiye'de zararlı böceklerin coğrafi dağılımı, kışlama, nesil sayısı ve doğal düşmanlarla olan etkileşimlerinde önemli bir rol

oynayabilir. Avrupa'da ekonomik açıdan önemli olan C. capitata'nın kuzeye doğru genişlemesi ve yükselişi (Szyniszewska ve ark. 2024) Türkiye'deki risk haritalarının sadece mevcut dağılım verilerine göre değil aynı zamanda iklim senaryoları ve yayılma rotalarına göre de yapılması gerektiğini göstermektedir.

İklim değişikliği ve küresel ticaret nedeniyle istilacı türlerin riski Türkiye ile ilgili diğer bir konudur. Bitki materyali ve tarım ürünleri hareketinin yeni zararlıların taşınmasına izin vermesi ve iklim koşullarındaki değişikliklerin bu türlerin yerleşme olasılığını artırması sonucunda bu türler için iklim risk değerlendirmesinin entegrasyonu ve bu türler için ürün ve bölge ölçeğinde iklim-zararlı ve iklim-hastalık modelleri geliştirilmesi önemlidir.

7. İKLİME DAYANIKLI BİTKİ KORUMA VE YÖNETİM STRATEJİLERİ

7.1. Entegre Zararlı Yönetiminin Yeniden Yapılandırılması

İklim değişikliğiyle ilişkili koşullar bitki koruma stratejilerinin sabit tarihlere dayalı sistemlerden risk tabanlı ve dinamik sistemlere değiştirilmesini önemli hale getirmektedir. Entegre haşere yönetimi (IPM) bütün biyolojik, kültürel, mekanik ve fiziksel tekniklerin bir arada kullanıldığı bir sistemdir. Bu sistemde daha çok önleyici ve biyolojik çözümlere ağırlık verilmelidir. İklim değişikliği açısından IPM' yi esnek hale getirmek gerekir. Bunun nedeni sabit tarih yaklaşımları haşere türlerinin ortaya çıkışı ve hastalık enfeksiyonu gibi değişen koşullar altında düzgün çalışmayabilirler. Bu nedenle meteorolojik ve fenolojik veriler ve haşere türlerinin mevcut durumu da göz önünde bulundurulmalıdır.

7.2. Erken Uyarı ve Tahmin Sistemleri

İklim temelli erken uyarı sistemleri gelecekte bitki korumasında önemli bir rol oynamalıdır. Bu tür uyarı sistemleri herhangi bir risk oluşmadan önce hava durumu verileri, sıcaklık kayıtları, nemin ve yağışın kayıtları, yaprak nemliliği, zararlı sayıları, bulaşıcı hastalık sayıları, bitki fenolojisi ve uzaktan algılama verilerini birleştirir. Özellikle hızlı tespit ve müdahale için sınır ötesi zararlıların toplanması ve izlenmesi özellikle geniş alanlara yayılan riskin en aza indirilmesine yardımcı olabilir.

7.3. Biyolojik Mücadele

Biyolojik mücadele, bitkileri korurken kimyasal girdiye bağımlılığı azaltma ve doğal düşmanları koruma bakımından önemli yöntemlerden biridir. Bununla birlikte biyolojik mücadele etmenleri de sıcaklık, nem ve diğer çevresel koşullardan etkilenir. Dolayısıyla iklim değişikliği koşullarında kullanmak için biyolojik ajanlar seçilirken hem bu ajanların etkinliği hem de iklimlere dayanıklılıkları göz önünde bulundurulmalıdır. Galli ve ark. (2024)' e göre uygun biyolojik kontrol ajanlarının kullanılması bitki koruması için bir fırsattır.

7.4. Dayanıklı Çeşitlerin Geliştirilmesi

İklim değişikliğine uyum sağlamak açısından sıcaklık ve kuraklık gibi abiyotik strese karşı hem direnci hem de dayanıklılığı olan çeşitlerin geliştirilmesi çok önemlidir. Bitkilerin aynı anda hem biyotik hem de abiyotik streslere maruz kalma olasılığının her zaman daha yüksek

olduğu gerçeği göz önüne alındığında yetiştirme stratejisi tek bir hastalığa veya zarara karşı direnç oluşturmak yerine birden fazla strese karşı dayanıklılık sağlamalıdır.

İklim değişikliğine uyum sağlama konusunda hastalıklara karşı dayanıklı olabilen bitkilerin geliştirilmesi önemlidir. Bitkilerin hem patojenlere hem de sıcaklık ve kuraklık gibi diğer abiyotik stres faktörlerine karşı aynı anda zarar görebileceğini göz önünde bulundurarak bir tarımsal yetiştirme stratejisi uygulaması çoklu stres türlerine karşı dayanıklılık sağlamalıdır. İklimdeki değişiklikler aynı zamanda konukçu ve patojenler arasındaki etkileşimleri de etkileyebilir bu nedenle bitkilerin dinamik olarak değerlendirilmesi gerekir.

7.5. Kültürel ve Agroekolojik Uygulamalar

Üretim sistemlerinin çeşitlendirilmesi, ekim dönüşümü, doğru ekim zamanı, toprak sağlığının korunması ve yararlı organizmalar için uygun yaşam alanlarının geliştirilmesi gibi adımlar bitkilerin iklim değişikliğinin etkilerini azaltmada yardımcı olabilir. Ma ve ark. (2025)' e göre manzara çeşitliliği doğal düşmanların korunmasında ve biyolojik kontrolün geliştirilmesinde önemli bir faktördür. FAO (2026)'ya göre dirençli çeşitlerin kullanılması, ekim zamanı ve toprak yönetimi entegre zararlı yönetimi (IPM)' nin bazı önemli unsurları olarak belirlenmiştir. Bu uygulamalar kendi başlarına tüm sorunları çözemeyebilir fakat bu uygulamalar problemlerin çözümünde önemlidir.

7.6. Uzaktan Algılama, Yapay Zekâ ve Dijital Tarım

Uzaktan algılama sensörleri, insansız hava araçları (UAV'lar) ve yapay zekâ ile yapılan görüntü analizi bitki sağlığı izleme sistemlerinin geliştirilmesini kolaylaştırmaktadır. Uydu ve UAV görüntülerinden elde edilen spektral bilgiler bile görsel belirtiler ortaya çıkmadan önce stres sinyallerini tespit etmek için kullanılabilir; yapay zekâ ve makine öğrenimi aynı zamanda hava durumu verileri, görüntüler, toprak verileri ve hastalık/zarar geçmişinin birlikte analiz edilmesini de kolaylaştırabilir. Ancak bu teknolojilerin uygulanmasında veri kalitesi ve standartlaştırma, farklı alanlarda modelin doğrulanması, yanlış pozitif/yanlış negatif sonuçlar ve üreticilerin bu teknolojiye erişimi gibi sorunlar göz önünde bulundurulmalıdır.

7.7. Karantina, İzleme ve Risk Haritalaması

İklim değişikliği sorunu bitki sağlığı yönetiminin sadece alan düzeyinde değil aynı zamanda ulusal ve bölgesel düzeyde yapılması gerektiğini göstermektedir. Karantina sistemi, sınır kontrolü, taramalar, laboratuvarda teşhis ve risk haritaları istilacı zararlıların erken tespitinde kritik öneme sahip bazı önlemlerdir. Bu sistemlere iklim modellerinin entegrasyonu gelecekte bazı türler için uygun olacak bölgeleri belirlemek için senaryo analizlerinin yapılmasını mümkün kılmaktadır. Bu sistemlerin başarısı alan verilerinin toplanması, doğrulaması ve haritalanmasına bağlıdır.

8. SONUÇ

İklim değişikliğinin çevre üzerindeki etkileri çok karmaşıktır. Çünkü bu etkiler sadece zararlı veya patojenlerin miktarı ile ilgili değildir aynı zamanda onların ortaya çıktığı zaman, dağılımı, biyolojik özellikleri ve bitkilerle olan ilişkileri de ilgilidir. Yüksek

sıcaklıklar bazı zararlı türlerinin gelişimi ve üreme oranlarını uyarırken yüksek sıcaklıklar tam tersi bir etkiye de sahip olabilir. Yağış, nem ve kuraklık patojenlerin enfeksiyon sürecinde zararlı-konukçu etkileşimi arasında farklı etkilere sahiptir. Mevcut araştırmaların açıkça gösterdiği gibi iklim değişikliğinin her bir sistemdeki hastalık veya zararlı üzerindeki etkileri değişmektedir. Bu nedenle "iklim değişikliği hastalıkları veya zararlıları artırır" şeklinde genellemeler yanıltıcıdır; bütüncül olarak "konukçu-patojen-zararlı-doğal düşman-çevre sistemi" olarak sistemleri değerlendirmeliyiz. Gerçek alan koşullarını yansıtacak şekilde çeşitli stres faktörlerini içeren deneyler ve modellemeler tasarlanmalıdır. Türkiye'de belirli bir zararlı/patojen için ulusal düzeyde iklim verilerine dayanarak bir sonuç çıkarmak yanlıştır; değerlendirmeler gerçek alan verilerine dayanarak ürün, bölge, patojen ve zararlı konularını göz önünde bulundurarak yapılmalıdır.

İklim değişikliği nedeniyle bitki koruma erken uyarı ve anket yöntemlerinin, Entegre Zararlı Mücadelesi (IPM), biyolojik kontrol, dirençli çeşitler, üretim sisteminin çeşitlendirilmesi, karantina ve yapay zekâ ile birleştirilmiş uzaktan algılama tekniklerinin kullanımını içerir. Bu tür bir tekniğin temel amacı sadece bir hastalık veya zararın meydana geldiğinde ortadan kaldırmak değil aynı zamanda değişen iklim ortamında bitki hastalıklarını veya zararlılarını öngörebilen ve izleyebilen bir üretim sistemi tasarlamaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için iklim bilimi, entomoloji, bitki patolojisi, mikrobiyoloji, bitki yetiştiriciliği, ekoloji, uzaktan algılama ve veri bilimi gibi farklı disiplinleri birleştiren çalışmaların güçlendirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKÇA

Erdem Küçük, M., & Tunca, H. (2024). İklim Değişikliğinin Tarım Ürünleri ve Böcekler Üzerindeki Etkisi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *38*(2), 535-564. https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1417075

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2026). Integrated pest management: Principles and practices. https://www.fao.org/pest-and-pesticide-management/ipm/principles-and-practices/en/ (Erişim tarihi: Ekim 2026)

Galli, M., Feldmann, F., Vogler, U. K., & Kogel, K.-H. (2024). Can biocontrol be the game-changer in integrated pest management? A review of definitions, methods and strategies. Journal of Plant Diseases and Protection, 131, 265–291. https://doi.org/10.1007/s41348-024-00878-1

IPCC, (2022). Intergovernmental Panel on Climate ChangeClimate change: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama, Eds.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009325844

Ma, C.-S., Wang, B.-X., Wang, X.-J., Lin, Q.-C., Zhang, W., Yang, X.-F., van Baaren, J., Bebber, D. P., Eigenbrode, S. D., Zalucki, M. P., Zeng, J., & Ma, G. (2025). Crop pest

responses to global changes in climate and land management. Nature Reviews Earth & Environment, 6, 264–283. https://doi.org/10.1038/s43017-025-00652-3

Méndez, I., Barra, P. J., Larama, G., & Durán, P. (2026). Does climate change increase disease severity caused by crop pathogens? A systematic review. Plant Disease, 110(7), 2556–2571. https://doi.org/10.1094/PDIS-03-25-0573-SR

MGM (2025). Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2024 yılı iklim değerlendirmesi. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.

Singh, B. K., Delgado-Baquerizo, M., Egidi, E., Guirado, E., Leach, J. E., Liu, H., & Trivedi, P. (2023). Climate change impacts on plant pathogens, food security and paths forward. Nature Reviews Microbiology, 21, 640–656. https://doi.org/10.1038/s41579-023-00900-7

Sumila, T. C. A., Ferraz, S. E. T., & Durigon, A. (2024). Climate change impact on Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) life cycle in Mozambique. PLOS Climate, 3(1), Article e0000325. https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000325

Szyniszewska, A. M., Bieszczak, H., Kozyra, K., Papadopoulos, N. T., De Meyer, M., Nowosad, J., Ota, N., & Kriticos, D. J. (2024). Evidence that recent climatic changes have expanded the potential geographical range of the Mediterranean fruit fly. Scientific Reports, 14, Article 2515. https://doi.org/10.1038/s41598-024-52861-3

COP31 ANTALYA İKLİM ZİRVESİ ODAĞINDA FEN-MÜHENDİSLİK YAKLAŞIMLARIYLA İKLİME DİRENÇLİ YENİLİKÇİ SİSTEM TASARIMI

CLİMATE-RESILIENT INNOVATIVE SYSTEM DESIGN THROUGH SCIENCE AND ENGINEERING APPROACHES: FOCUSING ON THE COP31 ANTALYA CLIMATE SUMMIT

Bekir CENGİL
Asst. Prof. Dr., Çankiri Karatekin University, Food and Agriculture Vocational School, Çankiri, Türkiye

ÖZET
Günümüzde iklim değişikliği, sadece atmosferdeki sıcaklık artışları veya kuraklık ile yağış rejimlerinde meydana gelen değişimler ve bazı parametrelerdeki göstergelerin değişmesiyle açıklanabilir bir süreç olmaktan çıkmış; ekosistemler arası etkileşim, enerji kaynakları, altyapı sorunları ve üretimde kullanılan teknolojilerle birlikte değerlendirilmesi gereken farklı boyutları olan bir alana dönüşmüştür. Dünya Meteoroloji Örgütü'nün son raporlarında; 2015–2025 dönemi uzun dönem gözlemlerinde en sıcak on bir yıllık dönem olarak görülmüş, Dünya'nın enerji dengesizliği de hem iklim değişikliği etkisi hem de dünyada devam edegelen konjonktürel belirsizliklerin etkisiyle 65 yıllık gözlem dönemindeki en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bu durum, iklim değişikliğinin bilinen atmosferik ve fiziksel oluşumlarının yanında farklı ekosistemler arasındaki etkileşimlerin de dikkate alınmasını zorunlu hale getirmektedir.
Bu çalışma, geleneksel yaklaşımdaki iklim değişikliği süreçlerine adaptasyon stratejisinden iklime dayanıklılığı ve dirençliliği süreçlerine geçilmesi gerekliliğini; fiziksel, kimyasal, biyolojik ve ekolojik bilgi birikimi ile fen bilimleri; yeni tasarım, model geliştirme, yeni teknoloji geliştirme ve uygulama kapasitesi ile mühendislik disiplinlerinin multidisipliner bir bakış açısıyla birlikte değerlendirilmektedir. Üretim sistemleri ve teknolojileri, ekosistemler arası etkileşimler, enerji akışları, yeni teknolojilerin kullanımı ve dijitalleşme ile sistemler arası etkileşimler disiplinler arası bağlantı ve ekosistem mühendisliği ile iklime dirençli sistem tasarımı yaklaşımıyla yeniden yapılandırmayı önermektedir.
Çalışmanın son bölümünde bu yaklaşım, Türkiye' nin ev sahipliğinde 9-20 Kasım 2006 tarihlerinde düzenlenecek olan COP31 Antalya (2026 Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı)'nın uygulamaya dönük gündemi, Türkiye'nin yeşil dönüşüm ve iklim dirençliliği politikaları bağlamında ele alınmaktadır.
Anahtar Kelimeler: COP31 Antalya, iklime dirençli sistem tasarımı, ekosistem mühendisliği, fen-mühendislik yaklaşımları

ABSTRACT
Today, climate change has evolved beyond a process that can be explained solely by rising atmospheric temperatures, shifts in precipitation regimes, drought, or fluctuations in specific parameters. It has transformed into a multifaceted issue that must be evaluated in conjunction with inter-ecosystem interactions, energy resources, infrastructure challenges, and the technologies employed in production. Recent reports from the World Meteorological Organization indicate that the 2015–2025 period stands as the warmest eleven-year span in long-term observational records. Furthermore, the Earth's energy imbalance—driven by both the effects of climate change and ongoing global cyclical uncertainties—has reached its highest level in 65 years of observation. This reality necessitates that, alongside the well-

known atmospheric and physical manifestations of climate change, the complex interactions between various ecosystems must also be taken into account.
This study addresses the need to shift from traditional climate change adaptation strategies toward approaches centered on climate resilience and robustness. It examines this transition through a multidisciplinary lens, integrating knowledge from the physical, chemical, biological, and ecological sciences with the engineering disciplines—encompassing design, model development, and the creation and implementation of new technologies. It is proposed that production systems and technologies—along with inter-ecosystem interactions, energy flows, the adoption of new technologies, and the digitalization of systemic interconnections—be restructured through an approach centered on interdisciplinary integration, ecosystem engineering, and the design of climate-resilient systems.
In the final section of the study, this approach is examined within the context of the action-oriented agenda for COP31 Antalya (the 2026 United Nations Climate Change Conference)—to be hosted by Turkey—as well as Turkey's policies regarding the green transition and climate resilience.
Keywords: COP31 Antalya, climate-resilient system design, ecosystem engineering, science-engineering approaches

1. GİRİŞ

Günümüzde ilim değişikliği sadece atmosferik olaylar sonucunda çevresel koşullarda ve bazı iklim parametrelerinde meydana gelen uzun dönemli bir değişim olarak değil, doğal ve insan etkisi ile sistemlerin tamamının işleyişi üzerinde aynı anda etkili olan kapsamlı bir değişim ve dönüşüm süreci olarak değerlendirilmektedir. Atmosferdeki ısınma, okyanuslardaki enerji depolanması, yağış rejimlerinde meydana gelen değişimler, ani yağışlar ve sel baskınları ile ekstrem hava olayları, ekosistemleri baskı altına almaktadır. Aynı zamanda bu baskıya maruz kalan sistemlerin altyapılarının iklim değişikliğinden kaynaklanan risklerle daha fazla karşılaşması birbirinden bağımsız süreçler değildir. Dünya Meteoroloji Örgütü'nün son raporlarındaki değerlendirmelere göre 2015–2025 döneminin kayıtlardaki en sıcak on bir yıl olduğu, Dünya'nın enerji dengesizliğinin ise 65 yıllık gözlem dönemindeki en yüksek seviyeye ulaştığı bildirilmektedir (WMO, 2026).
Bu gelişmeler, iklim değişikliğinin yalnızca atmosfere salınan karbon emisyonlarının azaltılması veya bazı iklim parametrelerinin çevresel etkilerinin azaltılması olarak ele alınmasının yeterli olmadığını göstermektedir. İklim kaynaklı sistemlerdeki değişim ve dönüşümlerin etkisi; enerji akışından kentlerin altyapı sistemlerine, sanayi ve üretim süreçlerinden bilgi teknolojilerine kadar geniş bir alanı etkilemektedir. Dolayısıyla iklim değişikliğine karşı dirençli ve dayanıklı sistemlerin geliştirilmesi, farklı bilim ve mühendislik alanlarından elde edilen bilginin bütüncül bir yaklaşımla ortak bir tasarım şeklinde değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır.
Bu yaklaşım, temel bilimleri ve fen bilimlerini yalnızca iklim değişikliği süreçlerini, nedenlerini ve beklenen etkilerini açıklayan bir bilim dalı, mühendisliği ise bu süreçlerin sonunda ortaya çıkacak sorunlara teknik çözümler geliştiren bir uygulamalı bilim dalı olarak görmek yerine, iki alan arasındaki iş birliğini ve karşılıklı ilişkiyi öne çıkarmaktadır. Fizik ısı ve enerji akışlarını, kimya maddelerin döngüsünü ve dönüşümünü, biyoloji canlı sistemlerin etkilenmelerini ve tepkilerini, atmosfer bilimleri ise sistemlerin davranışlarını ortaya koyarken; mühendislik bilimleri bu bilgileri ölçülebilir, analiz edilebilir, modellenebilir ve uygulanabilir hale dönüştürme görevini üstlenmektedir.
IPCC'nin iklim dirençli kalkınma modeli de bu bütünleştirilmiş yaklaşımı desteklemektedir. İklim dirençli bu kalkınma modelinde; azaltım, uyum ve sürdürülebilirlik birlikte ele alınarak enerji, kara ekosistemleri, kent ve altyapı ile sanayi sistemlerinde dönüşümlerin gerçekleştirilmesi gereken bir süreç olarak değerlendirilmektedir (Schipper et al., 2022).

2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE SİSTEMLER ARASI BAĞLANTISALLIK

İklim; atmosfer, hidrosfer, kara yüzeyi ve biyosfer arasında sürekli madde alışverişi ve enerji akışı üzerine kurulu bir sitemdir. Dolayısıyla iklim değişikliğinin ortaya çıkan etkileri de tek bir parametre ya da bileşenler üzerinde ortaya çıkmamakta; sistemin farklı bileşenleri arasında zincirleme etkiler meydana gelmektedir. Atmosferdeki sıcaklık değişimleri atmosferin radyasyon ve ısı dengesi ile enerji dengesini etkilemektedir. Bunu sonucunda meydana gelen değişimler, su döngüsünü ve ekosistemdeki süreçleri etkilemekte; ekosistemlerdeki etkilenen bu değişim süreçleri de üretim ve altyapı sistemlerini etkileyebilmektedir (Schipper et al., 2022).

Bu bağlantısallığın anlaşılması açısından açıklayıcı bir örnek olarak; toprak, bitki, su ve atmosfer arasındaki ilişki ve etkileşim verilebilir. Bitkilerin fotosentez yapma ve bitki su tüketimi-terleme süreçleri atmosferdeki değişen koşullardan etkilenirken, toprakta depolanan suyun ve enerjinin bitkilerin gelişim ve fizyolojik süreçleri doğrudan etkilenir. Aynı şekilde yüzey sıcaklığı, ortamın nemi ve radyasyon koşullarındaki değişimler ekosistemlerin işleyişini ve üretim sistemlerinin ihtiyaçlarını da değiştirebilir. Bu nedenle söz konusu parametreler ve bileşenler birbirinden bağımsız kaynaklar olarak değil, enerji ve madde alışverişi içerisindeki bir sistem olarak değerlendirilmelidir.

Aynı şekilde sistemler arasındaki bu bağlantısallık doğal sistemlerle sınırlı değildir. İnsanlar tarafından inşa edilen enerji altyapısı, ulaşım ve taşıma sistemleri, üretim tesisleri ve binalar ile dijital izleme altyapıları da bu sistem içerisinde değerlendirilmektedir. Böylece iklim değişikliğinin etkileri karşısında ortaya çıkan tehditler ve riskler, doğal sistemler ile teknolojik sistemlerin kesişiminde meydana gelmektedir. Bu durum iklim dirençliliği kavramının etkilere karşı dayanma şeklinde değil, sistemin yeni koşullara adaptasyon sağlayabilme, sistemdeki fonksiyonlarını sürdürebilme ve koşullara göre kendini yeniden düzenleyebilme kapasitesi olarak değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. (Schipper et al., 2022).

3. İKLİM DİRENÇLİ SİSTEMLERİN TASARIMI

3.1. Enerji ve Teknoloji Etkileşimi

İklim değişikliğine karşı dirençli sistemlerin oluşturulmasında öncelikli olarak, sistem içerisindeki madde ve enerji akışlarının birlikte değerlendirilerek enerji üretimi, kullanımı ve ekosistemlerdeki dönüşümü ile aynı zamanda aralarındaki etkileşim ve ilişkiler optimize edilmelidir. Bu nedenle iklim dirençliliği yalnızca belirli sektörlerde yeni bir teknolojinin kullanılmasına indirgenmemeli; kullanılan yeni teknolojinin içinde bulunduğu fiziksel ve ekolojik sistemlerle birlikte değerlendirilmelidir. (Schipper et al., 2022).

Enerji sistemleri bu bağlantının belirgin örneklerindendir. İklim değişikliği; sıcaklık ve kuraklık koşulları, su kaynakları üzerindeki baskılar ve ekstrem hava olayları üzerinden enerji üretimi ve enerji altyapısının güvenilirliğini etkilemektedir. Buna karşılık enerji sistemlerinin dönüşümü de iklim değişikliğinin azaltılması ve sistemlerin uzun dönemli dirençliliğinin artırılması açısından önemlidir. Bu nedenle enerji güvenliği ile iklim dirençliliğinin birlikte ele alınması gerekmektedir (IEA, 2024).

İklim eylemi ve sürdürülebilir kalkınma birbirine bağımlı süreçlerdir; iklime dirençli kalkınma ise ancak bu karşılıklı bağımlılıktan yararlanıldığında mümkün olabilir. Bu hedeflerin bütünleşik bir yaklaşımla ele alınması, insan ve ekolojik refahın artırılmasındaki etkinliklerini güçlendirir. İklime dirençli kalkınma, 2030' ların başlarında 1,5 °C küresel ısınma eşiğinin aşılması ihtimali yaklaşırken sera gazı emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunmanın yanı sıra, iklim değişikliğine karşı sosyal, ekonomik ve ekolojik direnci güçlendiren uyum seçeneklerinin uygulanmasına olanak tanıyarak iklim eylemi kapasitesinin oluşturulmasına yardımcı olabilir (IPCC, 2026)

Aynı şekilde bütünleşik bir yaklaşım doğal sistemlerin yönetimi için de gereklidir. Toprak, bitki, su ve atmosfer arasındaki etkileşimlerin izlenmesi, sistemin tek bir değişken parametre üzerinden değerlendirilmesinin önüne geçebilir. Toprak nemi, yüzey sıcaklığı, atmosferik koşullar, bitki gelişimi ve enerji kullanımı gibi değişkenlerin aynı sistem içerisinde izlenmesi ve değerlendirilmesi, değişen koşullara karşı önlem alınması açısından ve gerektiğinde eyleme geçilmesi açısından önemlidir.

Bu noktada teknolojik gelişmelerin önemi ortaya çıkmaktadır. Sensör teknolojileri, uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri (CBS), nesnelerin interneti (IoT), yapay zekâ ve modelleme; fiziksel ve ekolojik sistemlerden sürekli veri elde edilmesine imkân tanımaktadır. Bu teknolojilerin bir arada kullanılması, iklim kaynaklı risklerin izlenmesi ve sistem performansının değerlendirilmesi açısından önemlidir.

Dijital ikiz yaklaşımı burada özellikle dikkate değer olarak karşımıza çıkmaktadır. Sistemin gerçek bir fiziksel davranışını dijital ortamda senaryolaştıran bu yaklaşım, farklı senaryoların gerçek uygulamalardan önce simüle edilerek değerlendirilmesini olanaklı hale getirmektedir. Böylece mühendislik yaklaşımı ve çözümleri ile yalnızca mevcut koşulların ve ortaya çıkan sorunların çözümüne değil, gelecekte iklim koşullarının oluşturabileceği farklı opsiyonlara karşı hazır hale gelinebilir.

3.2 Fen Bilimleri ve Mühendislik Yaklaşımları Arasındaki Etkileşim

İklim dirençli sistemlerin geliştirilmesinde farklı bilim alanlarından yararlanılmalıdır. Bu çerçevede farklı bilim alanlarının iklim dirençli sistem tasarımında bütünleşik biçimde yer alması ve bunların katkılarının ortak bir çerçevede toplanmalıdır. Fen bilimleri sistemlerin nasıl çalıştığını açıklarken, mühendislik bilimleri de bu bilgiyi işlevsel hale getirmektedir. Bu nedenle iklim dirençli sistem tasarımında temel bilimlerden elde edilen bilgi ile mühendislik teknolojilerinin uygulanması arasındaki geçişin güçlendirilmesi önem taşımaktadır.

Tablo 1. Fen bilimleri ile mühendislik ve teknolojinin iklim dirençli sistem tasarımındaki bütünleşik rolü

Bilimsel Temel	Mühendislik Yaklaşımı	Teknolojik Araç	İklim Dirençliliğine Katkısı
Fizik ve enerji bilimi	Enerji sistemleri tasarımı	Yenilenebilir enerji, depolama, akıllı şebekeler	Enerji sürekliliği ve verimlilik
Atmosfer bilimleri	İklim ve risk modellemesi	İklim modelleri, erken uyarı sistemleri	İklim risklerinin öngörülmesi
Biyoloji ve ekoloji	Ekosistem mühendisliği	Ekosistem izleme, uzaktan algılama	Ekosistem işlevlerinin korunması
Yer bilimleri	Mekânsal ve altyapı planlaması	CBS, uzaktan algılama, dijital modeller	Risk duyarlı altyapı tasarımı
Fizik–kimya–malzeme bilimi	Malzeme ve enerji verimliliği	Düşük karbonlu malzemeler, enerji verimli sistemler	Kaynak ve enerji kullanımının azaltılması
Veri bilimi	Dinamik karar destek	IoT, yapay zekâ, dijital ikiz	Gerçek zamanlı izleme ve uyarlanabilir yönetim

Bu bütünleşme yaklaşımı yalnızca farklı disiplinlerin aynı projede yer alması anlamına gelmemektedir. Asıl önemli olan, bir alanda üretilen bilginin ve teknolojinin diğer alanın tasarım kararlarında kullanılabilmesini sağlamaktadır. Örneğin atmosfer bilimlerinden elde edilen iklim projeksiyonlarının sistemlerin altyapı tasarımında kullanılabilmesi; aynı şekilde biyolojik süreçlerdeki gelişmeler, değişim ve dönüşüme ait bilgilerin ekosistem mühendisliğine aktarılması veya fiziksel enerji modellerinin akıllı kontrol sistemleriyle birleştirilmesi bu etkileşimin örneklerindendir.

Bu açıdan geleceğin iklim dirençli sistemleri tasarlanırken yalnızca daha dayanıklı malzemelerden veya daha yeni ve teknolojik cihazlardan yararlanılmayacaktır. Aynı zamanda,

değişimi izleyen, farklı senaryoları değerlendirebilen ve elde edilen sonuçlara göre yeni duruma uyum sağlayabilen ve değer üreten sistemlere gereksinim duyulacaktır.

Tablo2. İklim dirençli sistemlerde fen bilimleri ile mühendislik bilimleri arasındaki etkileşim döngüsü

FEN BİLİMLERİ	**MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ**	
AKADEMIK BILGI	İZLEME VE DEĞERLENDİRME →	YENİ TASARIM
↓	↑ PERFORMANS VE RİSKLER	
İZLEME VE VERI TOPLAMA (Uzaktan algılama/CBS/Sensör ↓	↑ UYGULAMA	
MODELLEME VE PROJEKSIYON (Yapay zekâ/Dijital ikiz) →	↑ TASARIM PROJE (Ekosistem/Enerji/ Teknoloji/Proje/ Tasarım)	

4. COP31 ANTALYA: UYGULAMADAN İKLİM DİRENÇLİLİĞİNE

İklim dirençli sistemlerin tasarımında ve geliştirilmesinde, bilimsel ve teknolojik altyapının güçlendirilmesi kadar, bu kazanımların sahada uygulamaya aktarılması da kritik bir öneme sahiptir. Bu açıdan 9-20 Kasım 2026 tarihleri arasında Türkiye'nin ev sahipliğinde Antalya'da gerçekleştirilecek COP31 İklim zirvesi, uluslararası boyutlarıyla ele alınan iklim gündeminin uygulamaya dönük boyutlarının öne çıkarılması bakımından önemli bir fırsatlar oluşturmaktadır.

COP31 Başkanlığı tarafından açıklanan çerçevede Antalya Konferansı hem "Implementation COP" hem de "COP of the Future" olarak tanımlanmaktadır. Bu yaklaşım, iklim taahhütlerinin yalnızca söylem ve politik belgelerde kalmaması ve somut, izlenebilir ilerlemeye dönüştürülmesini amaçlamaktadır. COP31 kapsamında öncelik verilen alanlar arasında elektrifikasyon ve enerji dönüşümü, sıfır atık ve döngüsel ekonomi, dirençli kentler ve altyapı, sürdürülebilir tarım ve gıda sistemleri, yeşil sanayi dönüşümü, iklim finansmanı ve kırılgan bölgeler ile ekosistemlerin dirençliliğinin güçlendirilmesi yer almaktadır (UNFCCC, 2026a; T.C. İklim Değişikliği Başkanlığı. (2024a).

Bu önceliklerin ortak özelliği, iklim değişikliğinin tek bir sektörün problemi olarak ele alınmamasıdır. Enerji dönüşümü altyapı ile, yeşil sanayileşme teknoloji ve finansman ile, dirençli kentler ekosistem ve mühendislik çözümleri ile, gıda sistemleri ise doğal kaynaklar ve üretim sistemleri ile değerlendirilmektedir. Dolayısıyla COP31'in uygulama odaklı yaklaşımı, bu çalışmada ortaya konulan fen bilimleri–mühendislik–teknoloji bağlantısıyla örtüşmektedir. COP31 Başkanlığı tarafından 2026 yılında açıklanan Küresel İklim Eylem Gündemi kapsamında 2035 yılına yönelik ölçülebilir hedeflerin gündeme alınması da iklim eyleminde izleme ve performans değerlendirmesinin önemini artırmaktadır. Açıklanan hedefler arasında nihai enerji talebinde elektriğin payının 2035'e kadar %35'e çıkarılması ve bina sektöründeki enerji tüketim yoğunluğunun en az %25 azaltılması bulunmaktadır (UNFCCC, 2026b; T.C. İklim Değişikliği Başkanlığı, 2024b; T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2025).

5. SONUÇ

İklim değişikliği, doğal sistemlerle insan yapımı sistemlerin artarak daha çok birbirine bağımlı hale geldiği ve birbiriyle daha çok etkileşim içerisinde olduğu gerçeğiyle

değerlendirilmelidir. Bu nedenle iklim dirençliliğinin geliştirilmesi, yalnızca tek bir sektörün veya disiplinin sorumluluğu olarak ele alınamaz. Fizik, kimya, biyoloji, atmosfer ve yer bilimleri tarafından üretilen bilginin mühendislik tasarımı, dijital teknolojiler, enerji sistemleri ve altyapı uygulamalarıyla bütünleştirilmesi gerekmektedir. Bu bütünleşmenin pratik ve sistematik karşılığı ise doğa ile mühendislik çözümlerini bir araya getiren ekosistem mühendisliği yaklaşımlarıdır.

Bu çalışmada ele alınan yaklaşımın temelini akademik (bilimsel) bilgi, izleme ve veri toplama, modelleme ve projeksiyon, mühendislik tasarımı, uygulama ve izleme ve değerlendirme arasındaki sürekli ilişki oluşturmaktadır. Böyle bir yaklaşım, sistemlerin yalnızca mevcut iklim koşullarına uyumuna göre değil, ekosistem mühendisliği ilkeleriyle gelecekte ortaya çıkabilecek farklı koşullara uyum sağlayabilecek şekilde tasarlanmasına imkân tanımaktadır.

COP31 Antalya'nın "Implementation COP" ve "COP of the Future" yaklaşımı bu açıdan özel bir önem taşımaktadır. Temiz enerji dönüşümü, dirençli kentler ve altyapı, yeşil sanayileşme, gıda sistemleri, döngüsel ekonomi, iklim finansmanı ve ekosistemlerin dirençliliği gibi alanların bütünleşik bir yaklaşımla aynı uygulama gündemi içerisinde ele alınması, iklim eyleminin giderek daha fazla sistemler arası bir niteliğe kavuştuğunu göstermesi açısında önemlidir. (UNFCCC, 2026a, 2026b).

Sonuç olarak iklime dirençli sistem tasarımı, yalnızca salınan emisyonların azaltılması şeklindeki sistemlerin değil; bilimsel veriyi kullanabilen, değişen koşulları izleyebilen, teknolojik olarak esnek ve yeni durumalara uyarlanabilen, ekosistemdeki madde alışverişi, enerji akışı ve üretim süreçleriyle uyum içinde kendisini yeniden tasarlayabilen sistemlerin geliştirilmesine bağlıdır. COP31 Antalya'nın uygulama odaklı yaklaşımı, Türkiye için bu dönüşümün bilim, mühendislik, teknoloji ve politika arasında daha güçlü bir bağ kurulmasıyla somutlaştırılması açısından önemli bir zemin sunmaktadır.

KAYNAKÇA

IEA (2024). International Energy Agency, World energy outlook 2024

IPCC (2026) IPCC Sixth Assessment ReportImpacts, Adaptation and Vulnerability Chapter 18: Climate Resilient Development Pathways, (https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/chapter/chapter-18/) Erişim tarihi: Ekim 2026)

Schipper, E. L. F., Revi, A., Preston, B. L., Carr, E. R., Eriksen, S. H., Fernandez-Carril, L. R., Glavovic, B. C., Hilmi, N. J. M., Ley, D., Mukerji, R., Muylaert de Araujo, M. S., Perez, R., Rose, S. K., & Singh, P. K. (2022). Climate resilient development pathways. In H.-O. Pörtner et al. (Eds.), Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability (pp. 2655–2807). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009325844.027

T.C. İklim Değişikliği Başkanlığı. (2024a). İklim değişikliğine uyum stratejisi ve eylem planı (2024–2030).

T.C. İklim Değişikliği Başkanlığı. (2024b). İklim değişikliği azaltım stratejisi ve eylem planı (2024–2030).

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2025). Türkiye Yeşil Sanayi Projesi 2024 yılı faaliyet raporu.

United Nations Framework Convention on Climate Change. (2026a, May 20). Joint letter from COP31 President-Designate and President of the Conference of the Parties.

United Nations Framework Convention on Climate Change. (2026b, June 9). COP31 Presidency announces new targets on global electrification, cutting waste, resilient cities.

World Meteorological Organization. (2026, March 23). State of the global climate 2025.

TÜRKİYE'DE YAPAY ZEKÂ VE EĞİTİM ARAŞTIRMALARINDAKİ EĞİLİMLER: TR DİZİN VE YÖKTEZ'DE 2021–2026 DÖNEMİNE İLİŞKİN BİR İÇERİK ANALİZİ

TRENDS IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND EDUCATION RESEARCH IN TÜRKİYE: A CONTENT ANALYSIS OF STUDIES RETRIEVED FROM TR DİZİN AND YÖKTEZ, 2021–2026

Beytunur TECİMER
Yüksek Lisans Öğrencisi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Eğitim Programları ve Öğretim Anabilim Dalı

ÖZET

Günümüz dijital çağında hızla gelişen yapay zeka teknolojileri her alanı olduğu gibi alışılagelmiş öğrenme süreçlerini ve eğitim yöntemlerini de küresel ölçekte dönüştürmektedir. Bu dönüşümün ülkemizdeki yansımalarını anlamak gelecekteki eğitim politikalarına yön vermek açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu bağlamda araştırmada, Türkiye'de yapay zekâ ve eğitim alanında yapılan ulusal literatürdeki çalışmalar içerik analizi yöntemiyle incelenerek alandaki eğilimlerin bütüncül bir görünümünü ortaya koymak amaçlanmaktadır. Bu araştırma kapsamında TR Dizin ve YÖK Ulusal Tez Merkezi'nde (YÖKTEZ) 2021–2026 yıllarında yer alan ve belirlenen dahil etme ölçütlerini karşılayan 54 çalışma incelenmiştir. 2026 yılı bulguları, 20 Eylül 2026 tarihine kadar erişilebilen çalışmalarla sınırlandırılmıştır. Araştırmada incelenen çalışmalar; yayımlandıkları yıl, anahtar kelimeler, çalışma grupları, örnekleme yöntemleri, incelenen değişkenler, araştırma konuları, araştırma yöntemleri ve veri toplama araçları yönünden analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular: Yapay zeka ve eğitim alanında yapılan çalışmaların özellikle 2025 ve 2026 yıllarında artış gösterdiği tespit edilmiş olup incelenen çalışmaların %53,70'i 2026 yılına ait olduğu görülmektedir. Araştırma konularının eğitimde yapay zekâ kullanımı, yapay zekâ okuryazarlığı, yapay zekaya ilişkin güvenlik, tutum, algı, kabul, kaygı, öğrenme, etik ve politika geliştirme gibi alanlarda çeşitlilik gösterdiği görülmüştür. Çalışmalar yöntemsel açıdan incelendiğinde en fazla nitel araştırmalara rastlanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre Türkiye'de yapay zekâ ve eğitime ilişkin literatürün hızla geliştiği ve yöntemsel olarak çeşitlendiği görülmektedir. Araştırmanın önemli bulgularından bir diğeri ise yapay zekâ ve eğitime ilişkin öğrenci ve öğretmenlere yönelik çalışmalar yapılmasına karşın incelenen 54 çalışmanın hiçbirinde doğrudan ebeveynlerden veri toplanan bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Sonuç olarak bulgular; Türkiye'de yapay zekâ ve eğitim araştırmalarının hem nicelik hem de konu ve yöntem çeşitliliği bakımından hızlı bir gelişim gösterdiği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ, eğitim, eğitimde yapay zekâ, içerik analizi.

ABSTRACT

Rapid advances in artificial intelligence (AI) technologies in today's digital age are transforming conventional learning processes and educational practices worldwide, as they are many other fields. Understanding how this transformation is reflected in Türkiye is critical for informing future educational policies. Against this background, the present study aims to provide a comprehensive overview of emerging trends in the field by examining studies on artificial intelligence and education in the national literature in Türkiye through content analysis.

The study examined 54 publications available in TR Dizin and the Council of Higher Education National Thesis Center (YÖKTEZ) between 2021 and 2026 that met the predetermined inclusion criteria. For 2026, the analysis was limited to studies accessible as of September 20, 2026. The included studies were analyzed according to year of publication, keywords, study groups, sampling methods, variables examined, research topics, research methods, and data collection tools.

The findings revealed a substantial increase in research on artificial intelligence and education, particularly in 2025 and 2026, with studies published in 2026 accounting for 53.70% of the total sample. The research topics covered a broad range of areas, including the use of artificial intelligence in education, AI literacy, AI-related security, attitudes, perceptions, acceptance, anxiety, learning, ethics, and policy development. In terms of methodological approaches, qualitative research was the most frequently employed. Overall, the findings indicate that the literature on artificial intelligence and education in Türkiye is expanding rapidly and becoming increasingly diverse in terms of research topics and methodological approaches. Notably, although numerous studies have focused on students and teachers, none of the 54 studies examined collected data directly from parents. This finding highlights an underexplored area in the national literature and points to the need for future research incorporating parental perspectives. Taken together, the findings demonstrate that research on artificial intelligence and education in Türkiye has developed rapidly in terms of both research output and the diversity of topics and methodological approaches.

Keywords: Artificial intelligence, education, artificial intelligence in education, content analysis.

1. GİRİŞ

Yapay zekâ, son yıllarda eğitim alanında hem teorik olarak hem de uygulamalı düzeyde giderek daha etkin hâle gelmektedir. Özellikle üretken yapay zekâ araçlarının yaygınlaşması yapay zekanın eğitimde sadece teknik bir araç olarak değerlendirilmesinin ötesinde ve yapay zekanın pedagojik ve psikolojik boyutlarıyla da ele alınmasının gerekliliğine dikkat çekmiştir. Yapay zekânın eğitim alanında; öğrenme süreçlerinin kişiselleştirilmesi, öğretim materyallerinin üretilmesi, ölçme ve değerlendirme süreçlerinin desteklenmesi, öğrenci performansları, eğitim yönetimi sürecinin güçlendirilmesi ve eğitimsel eğilimlerin belirlenmesi gibi çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır (Temur, 2025a, 2025b).

Geleneksel eğitim anlayışında öğretmen bilgiyi aktaran, öğrenci ise bu bilgiyi alan konumunda görülürken yapay zekâ destekli öğrenme süreçlerinde, bilgiye ulaşımın ve eğitim içeriği üretiminin daha kişiselleştirilebilir duruma geldiği ifade edilmektedir(Akyürek, 2025; İmamoğlu Akman ve Akman, 2025). Bu kişiselleştirilebilirlik yapay zekâya dair bilgi, farkındalık, etik sınırların da araştırılmasının gerekli olduğunu ortaya koymaktadır (Özer vd., 2025; Tınmaz, 2025).

Türkiye'deki literatürde yapay zekâ ve eğitim ilişkisi farklı boyutlarda ele alınmaktadır. Ulusal literatürde; yapay zekâ okuryazarlığı (Akyürek, 2025), eğitim paydaşlarının yapay zekâya ilişkin görüş ve deneyimleri (Yaylak, 2025; Yaşar ve Vuran, 2025), teknoloji kullanımı, etik ve açıklanabilirlik (Özer vd., 2025; Tınmaz, 2025), eğitim politikaları (Temur, 2025a, 2025b) ve alanın bibliyometrik gelişimi (Bardakcı, 2024; Bayındır, 2023; Uysal vd., 2024) konularına ilişkin çalışmalar bulunmaktadır. Özellikle 2026 yılında yapılan çalışmalar incelendiğinde yapay zeka ve eğitime dair araştırma alanlarının daha da çeşitlendiği görülmektedir. Yapay zekâ okuryazarlığı ve kaygı (Öztürk ve Yaltagil, 2026), eğitimde yapay zekâ algısı, dijital akıcılık ve farklılaştırılmış öğretim (Gönülal, 2026), dijital liderlik ve yapay

zekâ kabulü (Batuk, 2026), yapay zekâ destekli programlama eğitimi (Dülek, 2026), etik sorunlar (Sarıkaya, 2026), kapsayıcı eğitim politikaları (Temur, 2026) güncel araştırma konuları arasında yer almaktadır.

TR Dizin ve YÖKTEZ veri tabanlarında 2021-2026 yıllarında yer alan yapay zekâ ve eğitim konulu çalışmalar incelendiğinde yapay zeka ve eğitim alanındaki araştırmaların son yıllarda artış gösterdiği görülmektedir.

Türkiye'deki çalışmaların gelişimini inceleyen araştırmalar da yapay zeka ve eğitim ilişkisinin son yıllarda giderek daha fazla akademik ilgi gördüğünü ve araştırma konularının bu kapsamda çeşitlendiğini ortaya koymaktadır (Bardakcı, 2024; Temur, 2025b; Uysal vd., 2024). Bu kapsamda yapay zeka ve eğitim alanındaki araştırmaların sayısal olarak artış göstermesi, alanın çalışma eğilimlerinin belirlenmesinde önemli bir katkı sağlamaktadır. Literatürde hangi paydaşların araştırılıp, hangi değişkenlerin ön planda olduğu, hangi yöntemlerin kullanıldığı ve hangi araştırma alanlarının görece sınırlı kaldığının belirlenmesi, sadece mevcut alanyazının eğilimlerinin açıklanması açısından değil, gelecekteki araştırma alanlarının oluşturulması açısından da önem arz etmektedir.

Bu çalışmada yapılan literatür araştırmasında; alanyazının çoğunlukla öğretmenler, öğretmen adayları, öğrenciler ve eğitim yöneticileri üzerine yoğunlaştığı görülmektedir (Kurt, 2024; Yaylak, 2025; Yaşar & Vuran, 2025). Son dönemde yapılan çalışmalarda duygu analizi, büyük verilere ilişkin analiz, yapay zekâ destekli sistem geliştirme ve eğitim tasarımları gibi yeni araştırma alanlarının da olduğu anlaşılmaktadır (Koç, 2025; Topallı, 2025). Bununla birlikte incelenen çalışmalarda aile bakış açısından eğitimde yapay zekâyı ele alan çalışmalara rastlanılamamıştır. Oysa çocukların eğitim süreçleri yalnızca okul ortamında şekillenmemektedir. Aile, özellikle de ebeveynler, çocuğun öğrenme deneyimini yönlendiren, dijital araçlarla kurduğu ilişkiyi belirleyen ve eğitim süreçlerine ilişkin önemli kararları etkileyen temel aktörlerden biri olarak kabul edilmektedir. Ancak mevcut ulusal literatürün, bu boyutu yeterince temsil etmediği görülmektedir. Bu nedenle yapay zekâ ve eğitim alanındaki ulusal çalışmaların eğilimlerini ortaya koyan, aynı zamanda literatürdeki boşlukları belirleyen sistematik bir içerik analizine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu araştırmanın amacı, TR Dizin ve YÖKTEZ'de 2021–2026 döneminde yapay zekâ ve eğitim temalı çalışmaların genel eğilimlerini içerik analizi yoluyla incelemektir. Araştırmaya dahil edilen çalışmalar; yayımlandıkları yıl, anahtar kelimeler, çalışma grupları, örnekleme yöntemleri, çalışma grubu büyüklükleri, incelenen değişkenler, araştırma konuları, araştırma yöntemleri ve veri toplama araçları yönünden analiz edilmiştir. Bu araştırmanın gelecekteki araştırmalara katkı sunması beklenmektedir.

2. YÖNTEM

Bu araştırmada, Türkiye'de 2021–2026 yılları arasında TR Dizin ve YÖK Ulusal Tez Merkezi (YÖKTEZ) veri tabanlarında yer alan yapay zekâ ve eğitim temalı çalışmaların genel eğilimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırma, nitel araştırma yaklaşımı çerçevesinde doküman incelemesine dayalı olarak yürütülmüştür. Doküman incelemesi, araştırılan konuya ilişkin yazılı materyallerin sistematik biçimde incelenmesini içeren bir yöntemdir (Bowen, 2009). Araştırma kapsamına alınacak çalışmaların belirlenmesinde sistematik bir literatür taraması yaklaşımı benimsenmiştir. Bu doğrultuda, ilgili veri tabanlarında belirlenen anahtar kelimeler kullanılarak taramalar gerçekleştirilmiş ve ulaşılan çalışmalar önceden belirlenen dâhil etme ve dışlama ölçütleri doğrultusunda değerlendirilmiştir. Sistematik derleme yaklaşımında, literatürün taranması ve çalışmaları seçerken kullanılan kriterlerin açıkça belirtilmesi, araştırma sürecinin daha az yanlı ve daha objektif bir tarama metodudur (Karaçam, 2013).

Araştırma kapsamında belirlenen çalışmalar, betimsel içerik analizi yaklaşımıyla çözümlenmiştir. Betimsel içerik analizi, belirli bir araştırma alanındaki çalışmaların genel özelliklerini ve eğilimlerini ortaya koymayı amaçlayan bir analiz yaklaşımıdır (Çalık & Sözbilir, 2014). Bu doğrultuda çalışmalar, önceden belirlenen kategoriler çerçevesinde sınıflandırılmış; elde edilen veriler frekans ve yüzde dağılımlarıyla sunularak Türkiye'de yapay zekâ ve eğitim alanındaki araştırma eğilimleri betimlenmiştir.

Araştırma kapsamında veri kaynaklarını TR Dizin ve YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanları oluşturmaktadır. Bu iki veri tabanının birlikte kullanılması, ulusal literatürü sadece makaleler düzeyinde değil, lisansüstü tezler düzeyinde de bütüncül bir şekilde değerlendirmeye imkan sağlamıştır. Bu yaklaşımın, makalelerin daha güncel ve yoğun içeriklerini, tezlerin ise daha ayrıntılı yöntem, veri ve uygulama örneklerini yansıtması açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Literatürde yapılan tarama ve inceleme için güncellik açısından 2021–2026 yılları çalışma yılları olarak belirlenmiştir. 2026 yılına ilişkin taramalar 20 Eylül 2026 tarihinde sonlandırılmıştır.

Çalışmaların araştırmaya dahil edilmesinde çeşitli dahil etme kriterleri kullanılmıştır. Belirlenen bu kriterler;

- Çalışmanın 2021–2026 döneminde yayımlanmış olması,
- Çalışmada yapay zekâ ile eğitim ilişkisinin doğrudan ele alınması,
- Eğitim, öğretim, öğrenme, eğitim yönetimi, eğitim teknolojileri, öğrenci, öğretmen, okul, eğitim politikası veya eğitim tasarımı gibi eğitsel bir bağlam içeriyor olmasıdır.

Araştırma kapsamında değerlendirmeye alınan çalışmalara karar vermede; ''yapay zekâ'' terimini içermekle birlikte eğitim-öğretim bağlamı taşımayan sağlık, mühendislik ve benzeri çalışmalar; ''eğitim/training'' kavramını yalnızca makine öğrenmesinde model eğitimi anlamında kullanan araştırmalar ve araştırma problemine doğrudan katkı sağlamayan çalışmalar araştırma kapsamı dışında tutulmuştur.

2021–2025 döneminde araştırmaya dahil edilme kriterlerini karşılayıp değerlendirmeye alınan 25 çalışma tespit edilirken, 2026 yılı için toplam 29 çalışma veri kaynağı olarak elde edilmiştir. Bu çalışmanın nihai veri kaynağı 26 TR Dizin makalesi ve 28 YÖKTEZ tezinden oluşan toplam 54 çalışmadan oluşmaktadır.

3. BULGULAR

Araştırma kapsamında incelenen 54 çalışma; yayınlandığı yıla, kullanılan anahtar kelimelere, çalışma grubuna, örneklem yöntemlerine, incelenen değişkenlere, araştırma yöntemlerine ve veri kaynaklarına göre ana başlıklar altında analiz edilmiş ve elde edilen bilgiler tablolar ile sunulmuştur.

3.1. Çalışmaların Yıllara Göre Dağılımı

Tablo 1. *Çalışmaların yıllara göre dağılımı*

Yıl	f	%
2021	1	1,85
2022	0	0,00
2023	2	3,70
2024	6	11,11
2025	16	29,63
2026*	29	53,70
Toplam	**54**	**100,00**

**2026 yılı verileri 20 Eylül 2026 tarihine kadar erişilebilen çalışmaları kapsamaktadır.*

Araştırmaya dahil edilen çalışmaların 45 tanesinin (%83,33) 2025 ve 2026 yıllarında gerçekleştirilmiş olduğu tespit edilmiştir. 2021–2024 dönemindeki çalışmaların ise dahil edilen çalışmaların yalnızca %16,67'sini oluşturmakta olduğu görülmüştür. Bu bulgu, yapay zekâ ve eğitim alanında yapılan ulusal araştırmaların özellikle son iki yılda belirgin şekilde arttığını göstermektedir.

3.2. Anahtar Kelime Kullanımı ve Araştırma Konularına Göre Dağılımı

Anahtar kelimeler değerlendirilirken benzer anlam taşıyan ifadeler ortak başlıklar altında birleştirilmiş olup birbiriyle ilişkili kavramlar daha geniş temalar kapsamında gruplandırılmıştır. Böylece anahtar kelimelerin kullanım sıklıkları ve araştırmaların yoğunlaştığı temel konular belirlenmiştir. Bir anahtar kelime birden fazla temayla ilişkili olabildiğinden kategoriler birbirini dışlamamaktadır.

Tablo 2. *Çalışmaların anahtar kelimelerinin yaklaşık frekansları*

Anahtar kavram	f
Yapay zekâ / AI	54
Eğitim / öğretim	24
Öğretmen / öğretmen adayı	15
Öğrenci / çocuk / öğrenen	12
Eğitimde yapay zekâ	11
Yapay zekâ okuryazarlığı	7
Eğitim teknolojisi / öğretim teknolojileri	7
Yapay zekâ farkındalığı / farkındalık	5
ChatGPT / üretken yapay zekâ / chatbot	5
Tutum / yapay zekâ tutumu	5
Etik / etik duyarlılık	5
Eğitim yönetimi / eğitim politikası	5
Kaygı / yapay zekâ kaygısı	3
Öz yeterlik	3
Güven / açıklanabilirlik / güvenlik	3
Teknoloji kabulü / kullanımı	3

Araştırmalarda kullanılan anahtar kelimeler incelendiğinde, öğretmen, öğrenci ve öğretmen adaylarına ilişkin anahtar kelimelerin sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Bu bulgu, çalışmalarda daha çok bu gruplara odaklanıldığını düşündürmektedir. Bunun yanında yapay zekâ okuryazarlığı, farkındalık, tutum, yeterlik, teknoloji kabulü, etik ve kaygı gibi kavramlara da yer verilmiştir. Bu bulgular, araştırmaların temel olarak yapay zekânın eğitimde kullanımına odaklandığını, ancak bireylerin bu teknolojiye yönelik bilgi, beceri ve yaklaşımlarının da farklı yönleriyle incelendiğini ortaya koymaktadır.

3.3. Çalışma Grubuna Göre Dağılım

Çalışmaların sınıflandırılmasında sadece katılımcılardan oluşan çalışma grupları değil, araştırmalarda incelenen diğer veri kaynakları da dikkate alınmıştır.

Tablo 3. *Çalışma grubuna göre araştırmaların dağılımı*

Analiz birimi / çalışma grubu	**f**
Eğitim profesyonelleri (öğretmen, yönetici vb.)	16
Yükseköğretim öğrenenleri / öğretmen adayları	10
Okul çağı çocukları / ergenler	4
Karma paydaş grupları	3

Sosyal medya / genel kullanıcı verisi	2
Dokümanlar / yayınlar / resmî kayıtlar	8
Sistemler / algoritmalar / yapay zekâ çıktıları	4
Kuramsal / örneklemsiz çalışmalar	5
Çevresel örneklem (eğitimle dolaylı ilişkili yetişkinler)	2

Bulgular, 2026 yılında yapılan araştırmaların öğretmenler, eğitim yöneticileri ve yükseköğretim öğrencileri üzerinde yoğunlaştığını, çocuk ve ergenlere ise daha az sayıda çalışmada yer verildiğini göstermektedir. Ayrıca incelenen çalışmalar arasında ebeveynlerden doğrudan veri toplayan herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

3.4. Çalışmalarda Kullanılan Örneklem Yöntemine Göre Dağılım

Tablo 4. Çalışmaların örneklem yöntemlerine göre dağılımı

Örnekleme yöntemi/durumu	**f**	**%**
Uygun/kolay ulaşılabilir	25	46,29
Amaçlı/ölçüt	8	14,81
Basit seçkisiz/rastgele	2	3,70
Tabakalı/küme	1	1,85
Katılımcı bulunmayan	18	33,33
Toplam	**54**	**100,00**

İncelenen 54 çalışmanın 36'sında katılımcılar yer alırken 18'inde doğrudan katılımcılardan oluşan bir örneklem bulunmamakta olduğu belirlenmiştir. Katılımcılarla yürütülen çalışmalarda en çok uygun/kolay ulaşılabilir örnekleme yönteminin kullanıldığı bunu amaçlı/ölçüt örnekleme yöntemlerinin takip ettiği tespit edilmiştir. Örneklemi katılımcı olmayan çalışmalar arasında bibliyometrik analizler, doküman incelemeleri ve sistem geliştirme araştırmalarının yer aldığı görülmüştür.

3.5. Çalışmalarda İncelenen Değişkenlere Göre Dağılım

Araştırmalarda ölçülen değişkenler, benzer özellikleri ve ilişkili oldukları konular göz önüne alınarak altı başlıkta bir arada gruplandırılmıştır. Bu sınıflandırmada sadece doğrudan ölçülen değişkenler esas alınarak değerlendirme yapılmış olup çalışmalarda hangi değişkenler ile daha fazla çalışıldığı belirlenmeye çalışılmıştır.

Tablo 7. Çalışmalardaki değişkenlerin dağılımı

Değişkenler	**f**	**%***
Tutum, algı ve kabul	13	24,07
Okuryazarlık, farkındalık ve yeterlik	11	20,37
Kullanım ve teknoloji entegrasyonu	9	16,67
Öğrenme ve performans çıktıları	8	14,81
Duyuşsal ve etik boyutlar	7	12,96
Yönetim, politika ve sistem performansı	6	11,11

Bir çalışma birden fazla değişken kümesine kodlanabildiğinden kategoriler birbirini dışlamamaktadır.

Araştırmalarda incelenen değişkenler değerlendirildiğinde, %24,07 oranı ile en fazla yapay zekâya yönelik tutum, algı ve kabul üzerinde çalışmaların yapıldığı, bunları yapay zekâ okuryazarlığı, farkındalık ve yeterlik değişkenlerinin izlediği görülmektedir. Bulgular, çalışmaların büyük oranda bireylerin yapay zekâya yaklaşımlarına ağırlık verdiğini, yapay

zekayı ne oranda tanıdıklarını ve kullanım yeterliklerini belirlemeye yönelik olduğunu göstermektedir.

3.8 Çalışmalarda Kullanılan Araştırma Yöntemleri

Çalışmaların araştırma yöntemleri incelenirken temel araştırma yöntemi esas alınmıştır. Bibliyometrik analiz, sosyal ağ analizi, duygu analizi ve doküman incelemesi gibi mevcut verilerin incelenmesine dayanan çalışmalar ise ayrı bir grupta ele alınmış olup çalışmaların araştırma yöntemlerine göre dağılımının daha açık ve anlaşılır biçimde ortaya konulması amaçlanmıştır.

Tablo 8. Çalışmaların temel araştırma yöntemlerine göre dağılımı

Ana yöntemsel yaklaşım	f	%
Nitel	19	35,19
Nicel	14	25,93
Karma yöntem	8	14,81
Kavramsal/kuramsal-derleme	5	9,26
Bibliyometrik/bilim haritalama/sosyal ağ temelli	3	5,56
Sistem/prototip geliştirme	3	5,56
Büyük veri/hesaplamalı ikincil veri analizi	1	1,85
Değerlendirme/analitik inceleme	1	1,85
Toplam	**54**	**100,00**

İncelenen çalışmaların araştırma yöntemlerine göre dağılımında 19 (%35,19) tane ile nitel araştırma yönteminin daha sık kullanıldığı**,** bununla birlikte nicel ve karma yöntemlerin de yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir

3.10. Çalışmalarda Kullanılan Veri Toplama Araçları ve Veri Kaynakları

Çalışmaların veri toplama araçları ve veri kaynakları dört ana grupta değerlendirilmiştir.

Tablo 10. Çalışmalardaki veri toplama araçları ve veri kaynaklarının genel sınıflaması

Veri toplama aracı	f
Yarı yapılandırılmış görüşme / derinlemesine görüşme	13
Ölçek / anket	16
Test / ön test-son test	4
Açık uçlu yazılı görüş / soru formu	8
Sosyal medya verisi	2
Doküman / yayın / veri tabanı kayıtları	9
Sistem performans çıktıları / analitik ölçümler	6
Kuramsal	3

Bir çalışmada birden fazla veri toplama aracı kullanılabildiğinden aynı çalışma birden fazla kategoride kodlanmıştır. Bu nedenle frekansların toplamı 54 'ü aşabilmektedir.

Elde edilen bulgulara göre incelenen çalışmalarda en sık kullanılan veri toplama araçlarının ölçek ve anketler ile görüşmeler olduğu görülmektedir. Ölçek ve anketler daha çok yapay zekâya yönelik okuryazarlık, farkındalık, tutum, algı ve kaygı gibi özellikleri ölçmek amacıyla kullanılırken, görüşmeler öğretmenlerin, öğretmen adaylarının ve eğitim yöneticilerinin görüş ve deneyimlerini belirlemek amacıyla tercih edilmiştir. Bu durum, araştırmalarda hem bireylerin yapay zekâya yönelik özelliklerinin ölçülmesine hem de eğitimde yapay zekâ kullanımına ilişkin görüşlerin anlaşılmasına ağırlık verildiğini göstermektedir.

4. Sonuç ve Tartışma

Bu araştırmada, Türkiye'de 2021–2026 yılları arasında yapay zekâ ve eğitim alanında gerçekleştirilen 54 çalışma; yayımlandıkları yıllar, anahtar kelimeler/araştırma konuları, çalışma grupları, incelenen değişkenler, araştırma yöntemleri ve veri toplama araçları bakımından incelenmiştir. Elde edilen bulgular ile, Türkiye'de yapay zekâ ve eğitim alanında yapılan çalışmaların özellikle son yıllarda sayısal olarak arttığı ve farklı eğitim alanlarına yayıldığı görülmüştür.

Araştırmanın önemli bulgularından biri çalışmaların yıllara göre dağılımındaki belirgin farklılık olduğunun tespit edilmesidir. İncelenen 54 çalışmanın 16'sının 2025 yılına, 29'unun ise 2026 yılında yayınlandığı görülmüştür. Böylece çalışmaların 45 tanesinin (%83,33'ünün) bu iki yıla ait olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, yapay zekânın eğitim alanında giderek daha fazla araştırılan bir konu hâline geldiğini göstermektedir. Nitekim Bayındır (2023), Bardakcı (2024) ve Uysal vd., (2024) tarafından yapılan bibliyometrik çalışmalar da yapay zekâ ve eğitim ilişkisinin araştırma literatüründe önemli bir yer edindiğini ortaya koymaktadır.

Çalışmalarda araştırılan konular incelendiğinde, yapay zekânın eğitimde kullanımı ve eğitim paydaşlarının bu teknolojilere dair görüşlerinin literatürde önemli bir araştırma alanı oluşturduğu görülmektedir. Alanyazında yapay zekanın eğitimde kullanımını öğretmen ve öğretmen adaylarının bakış açısından çalışılan (örn. Yazıcı ve Erkoç, 2023; Yaşar ve Vuran, 2025; Yaylak, 2025; Temizsoy, 2026; Karadoğan, 2026; Göze, 2026) araştırmalara rastlanmıştır. Kurt (2024) eğitim yöneticilerinin, eğitimde yapay zeka kullanımına yaklaşımlarını incelediği tespit edilmiştir. Eğitimde yapay zekâ kullanımına dair farklı yıllarda ve farklı katılımcı gruplarıyla yapıldığı tespit edilen çalışmalar bu konunun araştırma literatüründe sıklıkla çalışılan bir konu olduğunu ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte Akyürek (2025) yapay zekâ okuryazarlığı; Öztürk ve Yaltagil (2026), yapay zekâ okuryazarlığı ile kaygıyı; Düzgüner (2026), öğretmenlerin yapay zekâ algısı ve kaygısını; , İmamoğlu Akman ve Akman (2025) öğretmen adaylarının eğitim inançları ile yapay zekâ arasındaki ilişkiyi; Batuk (2026) ise dijital liderlik, yapay zekâ kullanımı, kabulü ve tutumu arasındaki ilişkileri araştırdığı tespit edilmiştir. Gönülal (2026) da öğretmenlerin yapay zekâ algısını dijital ve farklılaştırılmış öğretim öz yeterliğiyle birlikte ele almıştır. Bu çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, araştırmaların yapay zekâya ilişkin genel görüşleri belirlemenin ötesinde, teknoloji kullanımını etkileyebilecek bireysel ve mesleki özellikler arasındaki ilişkileri de incelemeye yöneldiği değerlendirilmektedir.

Araştırmada dikkat çeken bir başka bulgu, yapay zekâ uygulamalarının farklı ders ve eğitim alanlarında ele alındığının tespit edilmesidir. Çelik (2026) çalışmasında geometri eğitimini, Alpaslan (2026) felsefe eğitimini, Kösen (2026) turizm coğrafyası öğretimini, Göze (2026) sosyal bilgiler eğitimini ve Gençoğlu (2026) görsel sanatlar alanındaki değerlendirme süreçlerini incelediği görülmektedir. Bu araştırmalar, yapay zekânın eğitimde kullanımının alışılagelmiş teknoloji tartışmasının ötesinde derslerin içeriği, öğretim süreçleri ve değerlendirme süreçleriyle birlikte ilişkilendirilebileceğini göstermektedir.

İncelenen çalışmalarda eğitim amaçlı yapay zekâ sistemlerinin geliştirilmesi ve değerlendirilmesine yönelik araştırmaların da bulunduğu görülmektedir. Literatürde Değirmencioğlu (2025), eğitim kurumları için yapay zekâ destekli sistem üzerinde çalışırken; Özülkü (2026), kişiselleştirilmiş yapay zekâ eğitim robotu üzerinde çalışmış; Koç (2025) çocuklara yönelik eğitim teknolojisini geliştirmeye yönelik çalışmalar yürüttüğü tespit edilmiştir. Bu çalışmalar, yapay zekâ ve eğitim ilişkisinin yalnızca bireylerin tutum ve görüşleri üzerinden değil, geliştirilen sistemlerin işlevleri ve eğitim süreçlerindeki kullanım imkanları üzerinden de araştırıldığını göstermektedir.

Bulgular literatürde, yapay zekâ ve eğitim ilişkisinin bireysel kullanım ve öğretim uygulamalarının yanında etik, güven ve eğitim politikaları boyutlarıyla da araştırıldığını göstermektedir. tespit edilmiştir. Tınmaz (2025), eğitimde yapay zekâ ve güven konuları; Özer ve arkadaşları (2025) yapay zekânın eleştirel düşünme ve eğitim sistemleri üzerindeki etkileri; Sarıkaya (2026), öğretmenlerin sosyal medya paylaşımları ve etik sorunları; Yazıcı (2026) ise yapay zekâ destekli eğitimi hemşirelik öğrencilerinin etik duyarlılığı açısından incelediği tespit edilmiştir. Eğitim politikaları bakımından ise Temur (2026), yapay zekâ politikaları ve kapsayıcı eğitim; Aslan (2026) eğitim ve bilim alanındaki strateji, düzenleme ve etik dokümanları üzerine çalışma yaptığı tespit edilmiştir.

Araştırmaların çalışma gruplarına ilişkin bulgular değerlendirildiğinde, araştırmaların önemli bir bölümünde öğretmenler, öğretmen adayları, üniversite öğrencileri ve eğitim yöneticilerinin yer aldığı çalışmalar (örn. Karabey, Çakmak ve Günay, 2026; Kandemir, 2026; Çelik, F., 2026; Çelik, Ş. G., 2026; Gün, 2026; Düzgüner, 2026; Karadoğan, 2026; Kösen, 2026; Güney, 2026; Gönülal, 2026; Batuk, 2026; Yaşar ve Vuran, 2025; Yaylak, 2025; Özaltığ, 2025; Yazıcı ve Erkoç, 2023; Kurt, 2024) olduğu tespit edilmiştir. Özellikle öğretmenlerle gerçekleştirilen çalışmalar, yapay zekânın eğitim ortamlarında kullanımı, teknolojiye yönelik tutumlar ve mesleki yeterlikler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Okul çağındaki çocuklar ile ergenleri katılımcı olarak alan çalışmaların (Günerhan Sadık, 2024; Dülek, 2026; Alpaslan, 2026; Kaya, 2026) sayısının sınırlı olduğu tespit edilmiştir. Literatürde aynı zamanda bazı araştırmaların katılımcı kullanmadığı dokümanları, sosyal medya gönderilerini veya yapay zekâ sistemlerini analiz birimi olarak kullandığı görülmüştür. Bu durum, veri setindeki çalışmaların yalnızca katılımcı grupları bakımından değil, incelenen veri türleri bakımından da farklılaştığı şeklinde değerlendirilmiştir.

Araştırma yöntemleri açısından bakıldığında, nitel, nicel ve karma yöntemlerin yanında doküman incelemesi, bibliyometrik analiz, kavramsal model oluşturma ve sistem geliştirme çalışmalarının da analiz birimi olarak kullanıldığı tespit edilmiştir. Kandemir (2026), öğretmenlerin yapay zekâ uygulamalarına yönelik tutumlarını nicel ve nitel verilerle ele alırken, Gönülal (2026) açıklayıcı sıralı karma yöntem kullanmıştır. Göze (2026) ise öğretmen ve öğretmen adaylarının görüşlerini ele alan karma desenle incelendiği tespit edilmiştir. Bu çalışmalar, araştırma problemlerinin farklı araştırma yöntemleri ile ele alındığını göstermektedir.

Veri toplama araçlarına ilişkin bulgular da araştırma yöntemleriyle uyumludur. Özellikle 2026 yılında ölçek ve anketlerin, yarı yapılandırılmış görüşmelere göre daha sık kullanıldığı görülmüştür. Ölçek ve anketler daha çok okuryazarlık, tutum, algı, kaygı ve öz yeterlik gibi özelliklerin ölçülmesinde kullanılırken, görüşmeler öğretmenlerin, öğretmen adaylarının ve yöneticilerin deneyimlerini ortaya koymak amacıyla tercih edilmiştir. Bununla birlikte bazı çalışmalarda örnekleme yönteminin veya veri toplama aracının açık biçimde belirtilmemesi, araştırmaların yöntemsel özelliklerinin karşılaştırılmasını güçleştiren bir durumdur.

Son olarak, incelenen 54 çalışmada ebeveynlerden doğrudan veri toplanan herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu bulgu, araştırma kapsamındaki çalışmaların ağırlıklı olarak eğitim kurumları ve bu kurumlarla doğrudan ilişkili paydaşlar üzerinde yoğunlaştığını gösteren diğer bulgularla birlikte değerlendirilebilir. Bununla birlikte ebeveynlere ilişkin bu sonuç, yalnızca araştırmaya dahil edilen çalışmalar ve belirlenen dâhil edilme ölçütleri çerçevesinde geçerlidir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, Türkiye'de yapay zekâ ve eğitim araştırmalarının 2021–2026 döneminde hem sayısal hem de konu bakımından genişlediği; kullanım ve paydaş görüşleriyle birlikte okuryazarlık, tutum, kaygı, öğretim tasarımı, etik, politika ve sistem geliştirme gibi farklı alanların araştırmalara konu olduğu görülmektedir. Bununla birlikte

araştırmaların özellikle eğitim profesyonelleri ve yükseköğretim grupları üzerinde yoğunlaşması, çalışma grupları bakımından dengeli bir dağılım bulunmadığı şeklinde değerlendirilebilir. Elde edilen bulgular, alanın gelişimini değerlendirirken yalnızca çalışma sayısının değil, araştırma konularının, katılımcı gruplarının, yöntemlerin ve kullanılan veri kaynaklarının da birlikte dikkate alınması gerektiğini ortaya koymuştur.

6. Öneriler

Türkiye'deki yapay zekâ ve eğitim literatürü hızla gelişmekte ve farklılaşmakta olduğu görülmüştür. Bununla birlikte gelecekte alanın yalnızca teknoloji, öğretmen ve öğrenci ekseninde değil, eğitim ekosisteminin diğer paydaşlarını da kapsayacak biçimde ele alınması alanyazında daha kapsamlı bir araştırma birikimine katkı sağlayabilir.

Bu araştırma TR Dizin ve YÖKTEZ ile sınırlandırılmıştır. Daha fazla çalışmaya ulaşılması adına dahil edilecek çalışmaların yıl itibari ile kapsamı genişletilebilir. İlerde yapılacak derleme çalışmaları için kitaplar, bildiriler vb. literatürde dikkate alınabilir. Böylece alanyazında konu ile ilgili derinlemesine ve daha ileri düzeyde çalışmalar ortaya çıkarılabilir.

Gelecekteki araştırmalarda tutum ve algının yanında güven, risk algısı, mahremiyet, etik, pedagojik uygunluk, eleştirel yapay zekâ okuryazarlığı ve çocukların güvenli yapay zekâ kullanımı gibi özgül boyutlar daha fazla çalışılabilir.

Betimsel ve kesitsel araştırmaların yanında boylamsal, deneysel ve karma yöntem araştırmalarının artırılması, yapay zekâ kullanımının zaman içerisindeki değişiminin ve eğitimsel sonuçlarının daha güçlü biçimde değerlendirilmesini sağlayabilir.

Eğitimde yapay zekâ uygulamalarının geliştirilmesinde öğretmen ve öğrenci perspektiflerinin yanında ailelerin bilgi ve rehberlik gereksinimleri de değerlendirilebilir.

Kaynakça

Akyürek, M. İ. (2025). Yapay zekâ okuryazarlığı ölçeğinin Türkçe uyarlaması: Geçerlik ve güvenirlik çalışması (Eğitim Paydaşlarına Yönelik). *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 45(2), 649–663. https://doi.org/10.17152/gefad.1469370

Alpaslan, E. (2026). *NLP aracılığıyla yapay zeka destekli interaktif felsefe eğitiminin lise düzeyindeki öğrencilerin felsefi düşünme becerisine etkisi* (Tez No. 1005940) [Yüksek lisans tezi, Bingöl Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Arslan, A. C. (2026). Güvenlik pedagojisini yeniden düşünmek: Yapay zekâ ve siber çağında dayanıklılık temelli bir eğitim. *Mevzu – Sosyal Bilimler Dergisi*, (15), 191–216. https://doi.org/10.56720/mevzu.1811281

Aruğaslan, E. (2025). Artificial intelligence-based proctored online exams: A study on the experiences of distance education students. Buca Eğitim Fakültesi Dergisi, 65, 2728–2748. https://doi.org/10.53444/deubefd.1543471

Aslan, A. (2026). Medya ekolojisi perspektifinden yapay zekâ: Türkiye'nin eğitim ve bilim alanındaki arayışları ve yeni sorumluluklar. *TRT Akademi*, 11(27), 510–547. https://doi.org/10.37679/trta.1899209

Bal, S., & Tanışık, S. (2025). İletişim çalışmalarında eğitim ve yapay zekâ: Öğrencilerin kullanım deneyiminde teknik-pratik-etik bir tartışma. *ARTS*, (13), 109–136. https://doi.org/10.46372/arts.1585826

Bardakcı, S. (2024). Yapay zekâ-eğitim ilişkisine bütüncül bakış: Bir bilim haritalama çalışması. *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 12(3), 1080–1114. https://doi.org/10.46778/goputeb.1522277

Batuk, B. (2026). *Öğretmenlerin dijital liderlik özellikleri ile yapay zekâ kullanımı arasındaki ilişkide yapay zekâ kabulü ve tutumunun rolü* (Tez No. 1017406) [Doktora tezi, Siirt Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Bayındır, E. (2023). *Eğitim alanında yapılan yapay zeka çalışmalarının sosyal ağ analizi ile incelenmesi* (Tez No. 816991) [Yüksek lisans tezi, Bahçeşehir Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. Qualitative Research Journal, 9(2), 27–40. https://doi.org/10.3316/QRJ0902027

Çalık, M., & Sözbilir, M. (2014). İçerik analizinin parametreleri. Eğitim ve Bilim, 39(174), 33–38. https://doi.org/10.15390/EB.2014.3412

Çelik, F. (2026). *Geometri eğitiminde yapay zeka kullanımının öğretmen perspektifinden değerlendirilmesi: 5. sınıf geometrik şekiller ünitesi örneği* (Tez No. 991246) [Yüksek lisans tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Çelik, Ş. G. (2026). *Okul yöneticilerinin eğitimde yapay zeka kullanımına ilişkin görüşlerinin incelenmesi* (Tez No. 1008373) [Yüksek lisans tezi, Karabük Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Değirmencioğlu, Ç. (2025). *AI supported dynamic scheduling for educational institutions* (Tez No. 995349) [Yüksek lisans tezi, İzmir Bakırçay Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Duran, V., & Ekici, G. (2024). Çeşitli meta-sezgisel yapay zekâ optimizasyon uygulamalarının incelenmesine dayalı bir meta-sezgisel eğitim programı değerlendirme modeli taslağı tasarlanması. *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi, 12*(2), 989–1055. https://doi.org/10.46778/goputeb.1463058

Dülek, L. N. (2026). *Programlama eğitiminde yapay zeka destekli ipucu kullanımının bilişsel yük ve performans üzerindeki etkisinin incelenmesi* (Tez No. 1000469) [Yüksek lisans tezi, Bartın Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Düzgüner, O. (2026). *İlköğretim fen bilimleri ve matematik öğretmenlerinin eğitimde yapay zeka kullanımına yönelik algı ve kaygı düzeylerinin incelenmesi (Karaman ili örneği)* (Tez No. 995600) [Yüksek lisans tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Gençoğlu, F. (2026). *İlkokul görsel sanatlar eğitiminde yapay zeka araçlarının ölçme değerlendirme amacıyla kullanılabilirliği* (Tez No. 1007221) [Yüksek lisans tezi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Gönülal, H. (2026). *Sınıf öğretmenlerinin farklılaştırılmış öğretime yönelik öz-yeterlikleri ile dijital akıcılık ve eğitimde yapay zeka algıları arasındaki ilişki* (Tez No. 1015617) [Doktora tezi, İnönü Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Göze, R. (2026). *Sosyal bilgiler eğitiminde üretken yapay zeka araçlarının kullanımı: Tanıtımı ve öğretmen-öğretmen adayı perspektifleri* (Tez No. 1019429) [Yüksek lisans tezi, Sinop Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Gün, Ö. E. (2026). *Yapay zeka ve programlama: Öğretmenlerin programlama özyeterlilikleri, yapay zeka farkındalıkları ve eğitimde yapayzeka kullanımına ilişkin görüşlerinin incelenmesi* (Tez No. 1017296) [Yüksek lisans tezi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Güner Kibaroğlu, G., & Aydın, E. (2025). AI-supported analysis of the relationship between diversity climate and innovative work behavior: The role of psychological well-being and education level. *Sosyal Mucit Academic Review, 6(*4), 524–544. https://doi.org/10.54733/smar.1740112.

Günerhan Sadık, A. (2024). *Ortaöğretim öğrencilerinin yapay zeka eğitim süreçlerinde algılarının incelenmesi* (Tez No. 894930) [Yüksek lisans tezi, Kocaeli Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Güney, Z. (2026). *Tunceli ve Elazığ ilinde görev yapan beden eğitimi öğretmeni ve antrenörlerin yapay zeka farkındalık düzeylerinin incelenmesi* (Tez No. 1016895) [Yüksek lisans tezi, Munzur Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

İmamoğlu Akman, G., & Akman, Y. (2025). Eğitim inançları ve yapay zekâ: Eğitim fakültesi öğrencilerinin algıları üzerine bir araştırma. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi, 16*(1), 911–928. https://doi.org/10.51460/baebd.1601530.

İnce, M. (2026). Özel eğitim öğretmeni adaylarının yapay zekâ kavramına ilişkin bilişsel yapılarının belirlenmesi. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,* (53), 37–71. https://doi.org/10.14520/adyusbd.1942277

Kandemir, M. A. (2026). Özel eğitim öğretmenlerinin öğretim sürecinde yapay zekâ uygulamalarını kullanmaya yönelik tutumlarının analizi. *Sinop Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 10*(1), 1130–1169. https://doi.org/10.30561/sinopusd.1835438

Karabey, B., Çakmak, A., & Günay, Y. (2026). An examination of mathematics teachers' views on differentiated and individualized education programs for gifted students developed with artificial intelligence. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi, 20*(1), 357–383. https://doi.org/10.17522/balikesirnef.1821050

Karadoğan, G. (2026). *Eğitimde yapay zeka uygulamalarına ilişkin öğretmen görüşlerinin incelenmesi* (Tez No. 1013923) [Yüksek lisans tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Karataş, Ö., & Karataş, S. (2025). Urge inkontinans yönetiminde yapay zeka destekli eğitim: ChatGPT'nin değerlendirilmesi [Artificial intelligence–supported education in the management of urge incontinence: An evaluation of ChatGPT]. *Bozok Tıp Dergisi, 15*(1), 58–63. https://doi.org/10.16919/bozoktip.1657931

Kaya, Z. Y. (2026). *Diyetisyen rehberliğinde yapılan geleneksel ve yapay zeka destekli beslenme eğitiminin adölesanların beslenme bilgi düzeyine etkisi* (Tez No. 1021083) [Yüksek lisans tezi, İstanbul Bilgi Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Koç, Ç. (2025). *Yeni nesil oyun arkadaşı: Yapay zeka destekli, etkileşimli çocuk oyun ve eğitim teknolojileri üzerine bir görsel tasarım önerisi* (Tez No. 949511) [Yüksek lisans tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Köse, N. (2026). Üniversite öğrencilerinin yapay zekâ okuryazarlıkları: Eğitim ve mühendislik fakültesi öğrencileri arasında bir karşılaştırma. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi, 24*(1), 184–203. https://doi.org/10.37217/tebd.1782832

Kösen, İ. (2026). *Yapay zeka ve online eğitim araçlarının turizm coğrafyası konularının öğretimine etkisi* (Tez No. 1003458) [Doktora tezi, Marmara Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Kurt, M. (2024). *Eğitim yöneticilerinin yapay zeka teknolojilerini kullanmaya yönelik görüşlerinin belirlenmesi* (Tez No. 896191) [Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Özaltığ, A. (2025). *Öğretmenlerin yapay zeka farkındalık düzeylerinin incelenmesi ve eğitim-öğretimde yapay zeka kullanımına ilişkin hizmet içi eğitim: Bir program tasarısı önerisi* (Tez No. 966423) [Yüksek lisans tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Özer, M., Tanberkan, H., & Perc, M. (2025). Artificial intelligence threatens critical thinking in education systems. *Yükseköğretim ve Bilim Dergisi, 15*(2), 157–164. https://doi.org/10.5961/higheredusci.1747885.

Uruç Öztürk, E., & Ilıman Yaltagil, E. (2026). Sağlık alanında eğitim alan öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlık düzeylerinin ve yapay zekâ kaygı düzeylerinin belirlenmesi: Ağrı ili örneği. *Doğuş Üniversitesi Dergisi, 27*(1), 824–841. https://doi.org/10.31671/doujournal.1817098

Öztürkoğlu, Z. (2026). *Web 3.0 araçlarının fen eğitimine entegrasyonunun, öğretmen adaylarının TPAB öz yeterlilik düzeylerine, yapay zeka, eğitsel sanal gerçeklik ve eğitimde metaverse kullanımlarına ilişkin tutumlarının incelenmesi* (Tez No. 999024) [Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Özülkü, B. (2026*). Çocukların öğrenme ve sosyal gelişimleri için kişiselleştirilmiş yapay zeka tabanlı eğitim robotunun tasarımı ve uygulaması* (Tez No. 1024113) [Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Sarıkaya, C. (2026). *Öğretmenlerin Facebook grubunda eğitimde yapay zeka kullanımına ilişkin etik sorunlara yönelik paylaşımlarının incelenmesi: Bir netnografik durum çalışması* (Tez No. 1009123) [Yüksek lisans tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Şahin Başdelioğlu, D. (2026). *Gestasyonel diyabetli gebelerde yapay zeka destekli mobil uygulama ile verilen eğitim ve danışmanlığın gestasyonel diyabete yönelik niyet, tutum, davranış ve öz yeterliliğe etkisi* (Tez No. 1002902) [Doktora tezi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Tataj, X., & Kola, M. (2021). Education policies in line with the latest developments in the field of artificial intelligence: Case of Albania. İnsan ve İnsan, 8(27), 101–116. https://doi.org/10.29224/insanveinsan.818263

Temizsoy, F. (2026*). İlköğretim matematik öğretmeni adaylarının eğitimde yapay zeka kullanımına ilişkin görüşleri* (Tez No. 1020690) [Yüksek lisans tezi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Temur, S. (2025a). 2000–2024 yılları arasında eğitim alanında yapılan yapay zekâ konulu lisansüstü çalışmaların incelenmesi. Buca Eğitim Fakültesi Dergisi, (63), 1181–1218. https://doi.org/10.53444/deubefd.1600146

Temur, S. (2025b). Yapay zeka ve eğitim: Güncel uygulamalar ve gelecek perspektifleri. Trakya Üniversitesi *Sosyal Bilimler Dergisi, 27*(1), 162–178. https://doi.org/10.26468/trakyasobed.1539210

Temur, S. (2026). Türkiye'de yapay zekâ kullanımına yönelik eğitim politikası belgelerinde kapsayıcı eğitim perspektifi. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi, 24*(1), 457–490. https://doi.org/10.37217/tebd.1766423

Tınmaz, H. (2025). From transparency to trust: A literature review on explainable AI in educational systems. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 21*(3), 999–1018. https://doi.org/10.17860/mersinefd.1739347

Cansu Topallı, T. (2025). *Türkiye'de yaşanan zorunlu uzaktan eğitim süreçlerine ilişkin X gönderilerinin yapay zeka destekli duygu analizi* (Tez No. 921703) [Doktora tezi, Anadolu Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Tuncer, M., Tuncer, G. Z., & Yalçınkaya, T. (2026). Olgu temelli yapay zekâ eğitim uygulamasına yönelik hemşirelik son sınıf öğrencilerinin görüşleri: Tanımlayıcı nitel çalışma. *Türkiye Klinikleri Sağlık Bilimleri Dergisi, 11*(2), 631–643. https://doi.org/10.5336/healthsci.2025-112561.

Uysal, M., Topal, M., & Kaymak, Z. D. (2024). Artificial intelligence and education: An insight through bibliometric analysis. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 21*(2), 450–470. https://doi.org/10.33711/yyuefd.1381074

Yaşar, B., & Vuran, S. (2025). Özel eğitim öğretmenlerinin yapay zekâ destekli Web 2.0 araçlarını kullanım durumları. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, (75), 306–325. https://doi.org/10.21764/maeuefd.1631818.

Yaylak, E. (2025). Sosyal bilgiler öğretmenlerinin yapay zekâ araçlarını eğitim süreçlerinde kullanımına yönelik görüşleri. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi, Özel Sayı, 185–206. https://doi.org/10.30783/nevsosbilen.1753115

Yazıcı, E. (2026). *Yapay zeka destekli eğitim programının hemşirelik öğrencilerinin etik duyarlılıklarına etkisi* (Tez No. 1004498) [Yüksek lisans tezi, İstanbul Medipol Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Yazıcı, S. Ç., & Erkoç, M. (2023). Fen bilimleri grubu öğretmenlerinin uzaktan eğitim sürecinde yapay zekâ kullanma durumlarının analizi. Buca Eğitim Fakültesi Dergisi, (58), 2682–2704. https://doi.org/10.53444/deubefd.1316144

TEK YAPIDAN MAHALLEYE: KENTSEL DÖNÜŞÜMDE ÖLÇEK DEĞİŞİMİ

Yüksek Lisans Öğrencisi, Beyza Miraç Kelkit Aydın
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Disiplinlerarası Gayrimenkul Geliştirme Anabilim Dalı
Prof. Dr. Ali Tolga Özden
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü

ABSTRACT
Cities are not merely physical spaces composed of buildings; they are dynamic living environments in which social, economic, and environmental relationships are continuously reshaped. Population growth, the deterioration of buildings over time, changing user needs, unplanned urbanization, and particularly disaster risks necessitate the renewal of existing urban structures. In Türkiye, this necessity has made urban transformation one of the central issues of urban development policies, primarily due to the high risk of earthquakes and the fact that a significant proportion of the existing building stock does not meet current safety standards.
The scale at which interventions are implemented in urban transformation practices directly influences the quality of the resulting urban environment. Building-scale transformation, which is commonly practiced in Türkiye, involves the demolition and reconstruction of buildings that are considered unsafe or have reached the end of their economic lifespan within their existing plots. Although this approach plays an important role in improving building safety, it generally addresses transformation within the boundaries of individual buildings and plots. Consequently, existing problems related to urban components that require neighborhood-scale consideration, such as transportation, infrastructure, public spaces, green areas, and social facilities, may persist. The renewal of buildings without a corresponding transformation of the surrounding urban environment may eventually lead to the formation of a fragmented urban fabric.
Neighborhood-scale transformation, on the other hand, defines a broader area of intervention by considering buildings not as isolated structures but in relation to their surrounding environment. This approach makes it possible to reconsider transportation systems, open and green spaces, technical infrastructure, social facilities, and public spaces collectively, alongside improvements in building safety. This study aims to examine building-scale and neighborhood-scale urban transformation in Türkiye within a theoretical framework. Accordingly, the two different scales of transformation are conceptually evaluated in terms of spatial integrity, building–environment relationships, and the reorganization of urban living spaces. The main discussion of the study focuses on identifying the fundamental differences between the role of building-scale interventions within the urban fabric and the more integrated approach adopted at the neighborhood scale. Thus, the study highlights that the concept of scale in urban transformation determines not only the extent of the intervention area but also the fundamental approach to transforming the city.
Keywords: City, Urban Transformation, Building-Scale Transformation, Neighborhood-Scale Transformation.

ÖZET
Kentler, yalnızca yapıların bir araya geldiği fiziksel mekânlar değil; sosyal, ekonomik ve çevresel ilişkilerin sürekli olarak yeniden biçimlendiği dinamik yaşam alanlarıdır. Nüfus artışı, yapıların zamanla eskimesi, değişen kullanıcı ihtiyaçları, plansız kentleşme ve özellikle afet riskleri, kentlerin mevcut yapısının yenilenmesini gerekli kılmaktadır. Türkiye'de bu gereklilik, deprem riskinin yüksek olması ve mevcut yapı stoğunun önemli bir bölümünün güncel güvenlik

koşullarını karşılamaması nedeniyle kentsel dönüşümü kentleşme politikalarının temel konularından biri hâline getirmiştir.
Kentsel dönüşüm uygulamalarında müdahalenin hangi ölçekte gerçekleştirildiği, dönüşüm sonucunda ortaya çıkan kentsel çevrenin niteliğini doğrudan etkilemektedir. Türkiye'de yaygın olarak karşılaşılan tek yapı ölçeğindeki dönüşüm, riskli veya ekonomik ömrünü tamamlamış yapıların bulunduğu parsel içerisinde yıkılarak yeniden yapılmasına dayanmaktadır. Bu yaklaşım yapı güvenliğinin artırılması açısından önemli olmakla birlikte dönüşümü çoğunlukla bina ve parsel sınırları içerisinde ele almaktadır. Dolayısıyla ulaşım, altyapı, kamusal alanlar, yeşil alanlar ve sosyal donatılar gibi mahalle ölçeğinde değerlendirilmesi gereken kentsel bileşenlerin mevcut sorunları devam edebilmektedir. Yapılar yenilenirken kentsel çevrenin aynı ölçüde dönüşmemesi, zaman içerisinde parçalı bir kent dokusunun oluşmasına neden olabilmektedir.
Mahalle ölçeğinde dönüşüm ise yapıyı tek başına ele almak yerine onu çevresiyle kurduğu ilişkiler üzerinden değerlendiren daha geniş bir müdahale alanı tanımlamaktadır. Böylece yapı güvenliğinin sağlanmasının yanında ulaşım sistemi, açık ve yeşil alanlar, teknik altyapı, sosyal donatılar ve kamusal mekânların birlikte yeniden düşünülmesi mümkün hâle gelmektedir. Bu çalışma, Türkiye'de kentsel dönüşümün tek yapı ve mahalle ölçeğinde ele alınışını teorik bir çerçevede incelemeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda iki farklı dönüşüm ölçeği; mekânsal bütünlük, yapı-çevre ilişkisi ve kentsel yaşam alanlarının yeniden düzenlenmesi bağlamında kavramsal olarak değerlendirilmektedir. Tek yapı ölçeğinde gerçekleştirilen müdahalelerin kentsel doku içerisindeki yeri ile mahalle ölçeğinde benimsenen daha bütüncül yaklaşım arasındaki temel farklılıkların ortaya konulması, çalışmanın ana tartışmasını oluşturmaktadır. Böylece kentsel dönüşümde ölçek kavramının yalnızca müdahale alanının büyüklüğünü değil, dönüşümün kente yaklaşım biçimini de belirleyen temel bir unsur olduğu tartışmaya açılmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Kent, Kentsel Dönüşüm, Tek Yapı Dönüşümü, Mahalle Ölçeğinde Dönüşüm.

GİRİŞ

"Kent, insanoğlu var olduğundan bu yana yaşadığı fiziksel ortamı tanımlarken; aynı zamanda sürekli bir değişim ve gelişim içerisinde tüm yaşananların izlenebildiği sahnedir" (Artuç, 2016, s. 5). Nüfus yoğunluğu, ekonomik yetersizlik ve yanlış yer seçimi kararları kentlerin çöküş yaşamasına neden olmaktadır. Kentlerin çeşitli faktörler sonucu çöküntüye uğraması, ilgili çevreleri bu çöküntüyü ortadan kaldıracak çözüm arayışlarına yöneltmiştir" (Çetin, 2005, s. 1) Mevcut yapı stoğumuz 1999 yılı öncesinde yapılmış olan binaların depremde yıkıcı hasar görme ihtimalinin yüksek olduğunu göstermektedir (Bağdatlı, 2020, s. 1). Bu durum kentsel dönüşümü kentleşme politikalarının temel tartışma alanlarından biri hâline getirmiştir.
Kentsel dönüşüm uygulamalarında benimsenen müdahale ölçeği, dönüşüm sonucunda ortaya çıkan kentsel çevrenin niteliğini belirleyen önemli unsurlardan biridir. Türkiye'de konut alanlarındaki dönüşüm biçimlerinden biri olan tek yapı ölçeğinde dönüşümü, "Bir yapı adası içinde yer alan tek bir parsel üzerindeki bir binanın yıkılıp tekrar yapılması" şeklinde tanımlanmaktadır (Sınmaz, 2018, s. 35). Bu yaklaşım, yapı güvenliğinin artırılması açısından önemli katkılar sağlamakla birlikte dönüşüm sürecini çoğunlukla bina ve parsel ölçeğiyle sınırlandırmaktadır. Bu durum, ulaşım sistemleri, teknik altyapı, açık ve yeşil alanlar, kamusal mekânlar ve sosyal donatılar gibi mahalle bütününde ele alınması gereken bileşenlere ilişkin sorunların devam etmesine yol açabilmektedir. Dolayısıyla, kentsel dönüşüm çok boyutlu bir müdahale olarak değerlendirilmekte ve yalnızca binaların yenilenmesine odaklanan uygulamaların yetersizliği sıkça eleştirilmektedir (Yumrutepe, 2025, s. 33).
Mahalle ölçeğinde kentsel dönüşüm ise yapıları bağımsız müdahale alanları olarak değerlendirmek yerine, yapıların birbirleriyle ve içinde bulundukları kentsel çevreyle

kurdukları ilişkileri esas almaktadır. Bu yüzden, kentsel çevrenin dönüşümü sosyal gelişim, ekonomik kalkınma, çevre koruma ve demokratik örgütlenme ile birlikte bütüncül bir yaklaşımla düşünülmelidir (Ataöv & Osmay, 2007, s. 73). Böylece dönüşüm süreci, yalnızca mevcut yapı stokunun yenilenmesiyle sınırlı kalmayarak kentsel çevrenin mekânsal bütünlüğünün ve işlevsel niteliğinin geliştirilmesini de kapsayabilmektedir.

Bu çalışma, Türkiye'de kentsel dönüşümün tek yapı ve mahalle ölçeklerinde ele alınışını teorik bir çerçevede incelemeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda iki farklı müdahale ölçeği; mekânsal bütünlük, yapı-çevre ilişkisi ve kentsel yaşam alanlarının yeniden düzenlenmesi bağlamında kavramsal olarak değerlendirilmektedir. Tek yapı ölçeğinde gerçekleştirilen müdahalelerin kentsel doku üzerindeki etkileri ile mahalle ölçeğinde benimsenen bütüncül yaklaşımın sunduğu olanaklar arasındaki farklılıkların ortaya konulması, çalışmanın temel tartışma eksenini oluşturmaktadır. Bu doğrultuda ölçek kavramı, yalnızca dönüşüm alanının fiziksel büyüklüğünü ifade eden bir ölçüt olarak değil, kentsel sorunların tanımlanma ve çözülme biçimini etkileyen temel bir planlama bileşeni olarak ele alınmaktadır.

1. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu çalışmada, tek yapı ve mahalle ölçeğindeki kentsel dönüşüm yaklaşımları nitel bir literatür incelemesiyle ele alınmaktadır. İki farklı müdahale ölçeğinin kentsel çevreye etkilerini karşılaştırmak amacıyla; mekânsal bütünlük, yapı-çevre ilişkisi, altyapı, ulaşım, sosyal donatılar ve toplumsal yansımalar temel değerlendirme ölçütleri olarak belirlenmiştir.

İncelenen yayınlar, tek yapı ölçeğindeki dönüşümün mevcut bina stokunu yenilemede etkili olduğunu, ancak kentsel çevreyi bütüncül biçimde iyileştirme hususunda tıkandığını göstermektedir. Örneğin Zengin Çelik ve Çilingir (2017), İzmir Bostanlı Mahallesi'ndeki parsel bazlı yenilemelerin yapı yoğunluğunu artırırken teknik ve sosyal altyapının aynı oranda geliştirilemediğini saptamaktadır. Aydın Gök ve Çınar Çıtak (2021) da Kadıköy örneğinde benzer bir tabloya dikkat çekmektedir: Yapılaşma yoğunluğu artsa da mevcut yol ve kanalizasyon altyapısı olduğu gibi kalmakta, kentsel donatı alanları ise genişletilememektedir. Bütün bu veriler, münferit binaları yenilemenin kentsel çevreyi kendiliğinden iyileştirmeye yetmediğini açıkça ortaya koymaktadır.

Mahalle ölçeğindeki dönüşümlere bakıldığında ise, fiziksel yapıyla birlikte sosyal ve ekonomik dinamiklerin de sürece dahil edildiği bütüncül bir anlayış öne çıkmaktadır. Görgülü ve arkadaşları (2006) dönüşümde her bölgenin kendi özgün kimliğinin korunması gerektiğini savunurken, Banai (2024) konut, ulaşım, kamusal alan ve yeşil doku arasındaki ilişkinin bir bütün olarak kurgulanması gerektiğinin altını çizmektedir. Tabii mahalle ölçeğindeki dönüşümün yaşam üzerindeki etkisi yalnızca fiziksel mekânla sınırlı kalmamaktadır. Nitekim İşlek ve Şengül'ün (2024) Alibeyköy Mahallesi'nde yaptığı saha çalışması; konutların yenilenmesi ve yaşam konforunun yükselmesi gibi olumlu gelişmelerin yanında, zayıflayan komşuluk ilişkilerini, tırmanan yaşam giderlerini ve kaybedilen yeşil alanları olumsuz sonuçlar olarak karşımıza çıkarmaktadır. Dolayısıyla mahalleyi bir bütün olarak ele almak, yalnızca binaları ve sokakları değil, toplumsal ve ekonomik dokuyu da hesaba katmayı zorunlu kılmaktadır.

Tek yapı ve mahalle ölçeğindeki dönüşüm yaklaşımlarının temel özellikleri, müdahale kapsamından toplumsal etkilere kadar olan geniş bir yelpazede Tablo 1'de karşılaştırmalı olarak ele alınmaktadır.

Tablo 1. Tek Yapı ve Mahalle Ölçeğindeki Kentsel Dönüşüm Yaklaşımlarının Karşılaştırılması (*)

Değerlendirme ölçütü	Tek yapı ölçeği	Mahalle ölçeği
Mekânsal bütünlük	Birbirinden bağımsız, parçacıl müdahaleler	Yapılar ve kentsel çevre arasında bütüncül planlama
Temel yaklaşım	Mevcut yapı stokunun yenilenmesi	Fiziksel, sosyal ve ekonomik koşulların birlikte iyileştirilmesi
Müdahale kapsamı	Tekil bina ve parsel	Mahalle ve çevresindeki kentsel bileşenler
Kamusal alanlar ve sosyal donatılar	Yapı yenileme sürecinde çevresel ihtiyaçlar yeterince karşılanmayabilir	Kamusal alanlar, parklar ve sosyal donatılar birlikte değerlendirilebilir
Altyapı ve ulaşım	Yapılaşma yoğunluğu artarken mevcut altyapı yetersiz kalabilir	Altyapı ve ulaşım sistemlerinin birlikte ele alınmasına olanak tanır
Toplumsal ve ekonomik etkiler	Yenilemenin çevrede yarattığı etkiler sınırlı ölçekte ele alınabilir	Sosyal ilişkiler, yaşam koşulları ve ekonomik etkilerin birlikte değerlendirilmesini gerektirir

(*) Zengin Çelik ve Çilingir (2017), Aydın Gök ve Çınar Çıtak (2021), Görgülü vd. (2006), Banai (2024) ve İşlek ve Şengül (2024) çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Kent ve Kentleşme Kavramı

Kent tanımı tarihsel süreç içerisinde farklı biçimlerde tanımlanmış ve sürekli yeniden anlam kazanmıştır.

TDK'ya göre kent; "Sürekli toplumsal gelişme içinde bulunan ve toplumun, yerleşme, barınma, gidişgeliş, çalışma, dinlenme, eğlenme gibi gereksinmelerinin karşılandığı, pek az kimsenin tarımsal uğraşılarda bulunduğu, köylere bakarak nüfus yönünden daha yoğun olan ve küçük komşuluk birimlerinden oluşan yerleşme birimi" ifadeleriyle geniş olarak tanımlanmakla birlikte, basitçe "şehir" olarak tanımlanmaktadır. Şehir kelimesi ise yine Türk Dil Kurumu sözlüğünde; "Yirmi binden çok nüfusu olan, bu nüfusunun çoğu ticaret, sanayi, hizmet veya yönetimle ilgili işlerle uğraşan, genellikle tarımsal etkinliklerin olmadığı yerleşim alanı; kent, site." olarak tanımlanmıştır.

Kentbilim Terimleri Sözlüğünde kent, toplumun sürekli bir değişim ve gelişim içinde olduğu, bireylerin barınma, dinlenme, eğlenme gibi gereksinimlerinin karşılandığı, tarımsal uğraşın olmadığı, nüfusun köylere göre daha yoğun olduğu, küçük komşuluk ilişkilerin olduğu yerleşim yeri olarak tanımlanmaktadır (Keleş, 1980, s. 75).

Zaman içinde yaşanan sosyoekonomik değişimlerle birlikte kent tanımı da değişmektedir; geçmişte kale ve sur gibi yapılarla tanımlanan kentler, zamanla nüfus yoğunluğu, ekonomik faaliyetler ve istihdam yapısı gibi özelliklerle ele alınmaya başlanmıştır. Özellikle sanayi devrimiyle birlikte kentsel mekânlarda meydana gelen biçim ve işlev değişiklikleri kent kavramının içeriğini de bütünüyle değiştirmiş sosyoloji, tarih, coğrafya ve ekoloji gibi birçok bilim dalının inceleme alanına girmesiyle beraber "kentin tanımlanması"nda farklı yaklaşımlar sergilenmiştir (Topal, 2004: 277).

Ankara Mimarlar Odası da kent kavramını nüfus büyüklüğünün ötesinde, üretim ve dağıtım faaliyetleri üzerinden ele almaktadır. Bu yaklaşıma göre kent; ekonomik faaliyetlerin,

konutların, altyapının, eğitim, kültür ve yönetim gibi çeşitli işlevlerin yoğunlaştığı bir yerleşim alanıdır (Ertürk, 1996, 1997; Kartal, 1992, Topal, 2004).
Çavuşoğlu'na göre kent kavramı; "Kent kolayca okunamayan, denetlenemeyen, öngörülemeyen ve tasarlanamayan karmaşık ilişkiler ağıdır… kent, karmaşık ilişkilerin gömülü olduğu bir toplumsal mekân", olarak tanımlamıştır (Çavuşoğlu, 2014).

Kentleşme olgusu ise yalnız nüfus artması ile sınırlı kalmayıp toplumsal, ekonomik ve kültürel alanlarda meydana gelen değişimleri de kapsayan çok boyutlu bir süreçtir.

Türk Dil Kurumu'na (TDK) göre kentleşme, şehirleşme kavramıyla eş anlamlı olarak kullanılmakta olup özellikle sanayileşmenin etkisiyle nüfusun kentlerde yoğunlaşması ve kentsel yerleşim alanlarının genişlemesiyle gerçekleşen bir süreç olarak tanımlanmaktadır.
Kethudaoğlu (2018), kentlerin ortaya çıkışının üretim biçimleriyle doğrudan ilişkili olduğunu belirtmektedir. Demir ve Cengiz (2022) ise üretim biçimlerinin değişmesi ve fabrikaların kurulmasıyla birlikte insanların kentlere yöneldiğini ifade etmektedir.
Sanayileşmeyle birlikte hız kazanan nüfus hareketleri, kentleşme sürecinin gelişmesinde önemli bir rol oynamıştır. Bununla birlikte kentleşme, yalnızca kırsal alanlardan kentlere gerçekleşen göçlerle açıklanabilecek bir olgu değildir. Zeybekoğlu Dündar, kentleşmenin toplumların ekonomik ve toplumsal yapısında meydana gelen değişimlerle ilişkili olduğunu belirtmektedir.
Kentleşmenin toplumsal boyutuna dikkat çeken Erdoğan (2016), bu sürecin nüfus hareketlerinin ötesinde yeni sosyal tabakalaşmanın oluşumunda da etkili olduğunu ifade etmektedir. Bu doğrultuda kentleşme, sanayileşme ve göç hareketleriyle hız kazanan, nüfusun kentlerde yoğunlaşmasının yanı sıra ekonomik ve toplumsal yapıda değişimlerin yaşandığı çok boyutlu bir süreç olarak değerlendirilebilir.

Kentsel Dönüşüm Kavramı

Kentler, tarihsel süreç boyunca çeşitli etkenlere bağlı olarak değişim göstermektedir. Kentleşmeyle birlikte fiziksel, ekonomik ve toplumsal yapıda yaşanan değişimler, mevcut kentsel alanların yeniden düzenlenmesi ve iyileştirilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Bu bağlamda kentsel dönüşüm, söz konusu alanlarda ortaya çıkan sorunların giderilmesine yönelik farklı müdahale ve uygulama biçimlerini içeren bir süreç olarak ele alınabilir.
Akkar (2006, s. 29), kentsel dönüşümü, kentsel alanlarda zaman içerisinde ortaya çıkan fiziksel, ekonomik, toplumsal ve çevresel bozulmalara karşı geliştirilen bir cevap olarak ele almakta ve mevcut koşulların kapsamlı ve bütünleşik yaklaşımlarla iyileştirilmesini amaçlayan strateji ve eylemler bütünü olarak tanımlamaktadır.
Couch (1990, s. 3), kentsel dönüşümü, devletin veya yerel toplumun kentsel alanlarda yatırımları, istihdamı ve tüketimi yeniden canlandırmayı ve yaşam kalitesini artırmayı amaçladığı bir süreç olarak ele almaktadır.
Kentsel dönüşüm, müdahale edilen alanın mevcut koşullarına ve ihtiyaçlarına bağlı olarak farklı uygulama biçimlerinde gerçekleştirilmektedir. Özden (2001), kentsel dönüşüm türlerini yeniden canlandırma, yenileme, yeniden oluşum, soylulaştırma ve sağlıklaştırma olmak üzere beş başlık altında ele almaktadır.

- **Yeniden Canlandırma (Revival–Revitalization):** Sosyal, kültürel, ekonomik ve fiziksel nedenlerle çöküntü alanı haline gelen kentsel bölgelerin, bu duruma neden olan olumsuzlukların giderilerek yeniden canlandırılmasıdır.
- **Yenileme (Renewal–Renovation):** Kentsel alanlarda bulunan eskimiş ve köhne yapıların yıkılarak yeniden inşa edilmesidir.
- **Yeniden Oluşum (Regeneration):** Bozulmuş ve eskimiş kentsel alanlarda yeni bir kentsel doku oluşturulması veya mevcut alanların iyileştirilmesidir.

- **Soylulaştırma (Gentrification):** Kentsel alanların iyileştirilmesi sürecinde sosyal yapının farklılaşmasını içeren dönüşüm türüdür.
- **Sağlıklaştırma (Rehabilitation):** Bozulmaya başlamış ancak temel özelliklerini kaybetmemiş kentsel alanların iyileştirilerek yeniden sağlıklı hale getirilmesidir.

Kentsel Dönüşümün Tarihsel Gelişimi

Kentsel dönüşüm kavramının ilk ortaya çıktığı Batılı ülkelerin dönüşüm süreciyle ilgili deneyimlerine bakıldığında kentsel dönüşüm olgusunun farklı aşamalardan geçtikten sonra kentsel politikalarda yer aldığı görülmektedir. Kentlerde oluşan fiziki, sosyal ya da iktisadi sorunlara karşı üretilen çözümler, kentsel dönüşüm sürecini başlatan etkenlerdir. Dünya'da gerçekleşen kentsel dönüşümü asıl motive eden güç, üretim tarzının değişimidir. 18. Yüzyılın ortalarından itibaren İngiltere'de başlayan sanayi devrimiyle geleneksel tarım toplumundan sanayi toplumuna ve üretim tarzına geçilmesiyle, kentlerde kurulan fabrikalarda çalışmak için gelen işçi göçü, kentleri yeniden biçimlendirmiştir (Aktay vd., 2012: 3).

19. yüzyıl ve 20. yüzyılın başlarında Sanayi Devrimi ile birlikte kentlerde yaşanan hızlı büyüme, kentsel dönüşüm sürecinin gelişmesinde etkili olmuştur. Sanayileşmenin getirdiği değişimlere uyum sağlayamayan mevcut kentsel yapılar, düşünürleri ve tasarımcıları kent yaşamını ve mekânsal düzenlemeleri yeniden ele almaya yöneltmiştir (Kara, 2013).

Kentsel dönüşüm kavramı özellikle 19. Yüzyılda etkilerini ciddi boyutta göstermiştir. (Demirel, 2013).

1850'li yıllarda Avrupa'da ve Kuzey Amerika'da kırsal alanlardan, kentlere yoğun göçler gerçekleşmiş ve bu kentlerde artan nüfusun etkisi ile çeşitli sağlık sorunları, yerleşim sorunları, ekonomik ve sosyal sorunlar ortaya çıkmıştır. Bu sorunlar zamanla kentlerde ciddi çöküntülere yol açmıştır. Bunun üzerine 1870-1880 arasında Avrupa'da tüm metropollerde geniş kapsamlı kent planları ile modern merkezler yaratılmaya başlanmıştır (Kocamemi, 2006).

19. yüzyılın sonlarında ve 20. Yüzyılın başlarında, Modernist Hareket kentsel dönüşüm çalışmalarını etkileyen ve biçimlendiren yaklaşım olmuştur. Bu dönemlerde bir taraftan kentlerin sorunlarını çözmek isteyen, diğer taraftan modernizmin etkisinde olan kişi ve kurumlar ütopik kent planları yapmışlardır (Daşkıran, 2019: 79).

Bu dönemde düşünürler ve tasarımcılar önerdikleri fiziksel modellerle kentlinin sosyal ve ekonomik seviyesini de arttırmayı hedeflemiştir. Howord'ın " bahçe şehri ", fikri Le Corbusier'in " radiant city ", Tony Garnier'in "İndustrial city " önerisi bu bağlamda geliştirilmiş düşüncelerdir (Kara, 2013).

Modernist Hareket, İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra, kentlerin yeniden yapılanması sürecinde de etkili olmuştur. Savaş sonrası Avrupa kentlerinde oluşan büyük yıkımlar, kentlerin yeniden inşaası (urban reconstruction) stratejisini gündeme getirmiştir. 1940 ve 1950'lerin kentsel politikaları, yeni kentsel kullanımların eski kullanımların yerine gelmesini ve geçmişten gelen fiziksel sorunların yok edilmesine yönelik kentlerin yeniden inşaasını öngörmüştür (Akkar, 2006).

1960'lı ve 1970'li yıllarda kentsel dönüşüm uygulamalarında fiziksel bozulmanın yanı sıra toplumsal sorunlar da önem kazanmaya başlamıştır. Bu dönemde kent merkezlerinin ve eski yerleşim alanlarının iyileştirilmesine yönelik çalışmalar ön plana çıkarken, 1970'li yılların sonlarından itibaren işlevini kaybeden sanayi alanlarının yeniden kente kazandırılması gündeme gelmiştir (Dişkaya ve Emir, 2021, s. 208).

1980'li yıllarda kentsel dönüşüm uygulamalarında ekonomik kalkınma ön plana çıkarken, 1990'lı yıllarda kentsel sorunların yalnızca fiziksel müdahalelerle çözülemeyeceği anlayışı gelişmiştir. Bu dönemde kentsel dönüşümün fiziksel, sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarını birlikte ele alan bütünleşik alan bazlı dönüşüm yaklaşımı benimsenmiştir. Ayrıca dönüşüm süreçlerine kamu, özel sektör, sivil toplum kuruluşları ve kent sakinlerinin katılımı önem kazanmıştır (Tataroğlu, 2018, s. 200).

Kentsel dönüşüm yaklaşımları, tarihsel süreç içerisinde kentlerin değişen fiziksel, sosyal ve ekonomik ihtiyaçlarına bağlı olarak farklılaşmıştır. Bu kapsamda, kentsel dönüşümün tarihsel gelişimi ve dönemlere göre benimsenen yaklaşımlar Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2. Kentsel Dönüşümün Tarihsel Gelişimi ve Dönemlere Göre Yaklaşımlar (*)

Dönem	Kentsel Dönüşüm Yaklaşımı	Temel Özellikler
1870–1880	Kapsamlı kent planları	Avrupa kentlerinde modern merkezler oluşturulması.
1980'ler	Ekonomik kalkınma odaklı dönüşüm	Ekonomik gelişmenin ön plana çıkması.
1960–1970'ler	Kentsel iyileştirme	Fiziksel bozulmanın yanı sıra toplumsal sorunların da önem kazanması.
1990'lar	Bütünleşik alan bazlı dönüşüm	Fiziksel, sosyal, ekonomik ve çevresel boyutların birlikte ele alınması ve paydaş katılımının önem kazanması.
19. yüzyıl	Kentsel sorunlara çözüm arayışı	Hızlı nüfus artışı, sağlık, yerleşim, ekonomik ve sosyal sorunların ortaya çıkması.
1970'lerin sonu	Sanayi alanlarının dönüşümü	İşlevini kaybeden sanayi alanlarının yeniden kente kazandırılması.
1940–1950'ler	Yeniden inşa	Savaş sonrası yıkılan kentlerin yeniden yapılması.
18. yüzyıl ortaları	Sanayileşme ile başlayan dönüşüm	Üretim tarzının değişmesi, kırsal alandan kente göç ve kentlerin yeniden biçimlenmesi.
19. yüzyıl sonu – 20. yüzyıl başı	Modernist yaklaşımlar	Ütopik kent planları ve yeni kent modellerinin geliştirilmesi.

(*) Aktay vd.; 2012, Kara; 2013, Demirel; 2013, Kocamemi; 2006, Daşkıran; 2019, Daşkıran; 2013, Akkar; 2006, Dişkaya ve Emir; 2021 ve Tataroğlu; 2018 çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır.

Tek yapı ölçeğinde dönüşüm

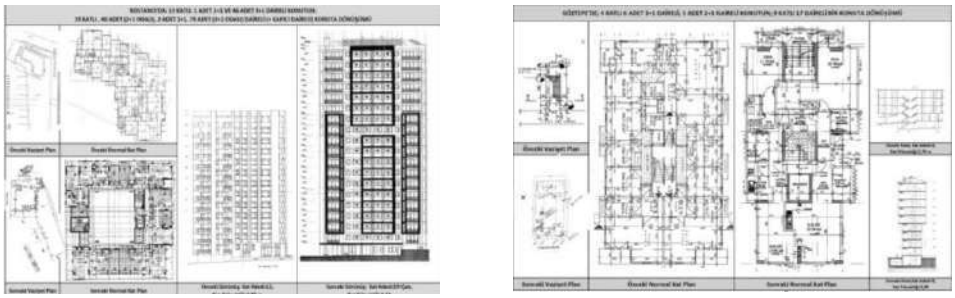
Tek yapı ölçeğinde dönüşüm, kentsel dönüşüm uygulamalarının tekil binalar üzerinden gerçekleştirildiği bir dönüşüm biçimidir. Firidin Özgür ve Seçer Sipahi (2026, s. 27), riskli yapı statüsü kapsamında gerçekleştirilen dönüşümün parsel ölçeğinde, tekil binaların müteahhit güdümlü dönüşümünü amaçladığını belirtmektedir.

Tek yapı ölçeğinde dönüşüm uygulamalarında, yapıların deprem riskine karşı güvenli hale getirilmesi önemli bir yer tutmaktadır. Bu kapsamda 6306 sayılı Kanun, riskli yapıların tespit edilmesi, yıkılması ve yeniden yapılmasına ilişkin uygulamaların yasal çerçevesini oluşturmaktadır (6306 Sayılı Kanun'un Uygulama Yönetmeliği, 2012).

Çakmak vd. (2023), 6306 sayılı Kanun ile riskli olduğu belirlenen yapıların güçlendirilmesi veya yıkılmasının zorunlu hâle getirildiğini belirtmektedir. Bu kapsamda yapı maliklerinin ilgili birimlere başvuruda bulunması ve gerekli tespitlerin yapılmasının ardından yapının güçlendirilmesine veya yıkılmasına yönelik karar alınabilmektedir.

Tek yapı ölçeğinde gerçekleştirilen dönüşüm uygulamaları, yapıları afetlere karşı korurken yapıların çevresiyle olan ilişkisinde de değişikliğe neden olabilmektedir. Aydın Gök ve Çınar Çıtak (2021), Kadıköy'de kentsel dönüşümün yaygınlaşmasında yüksek emsal değerlerinin, büyük yapı parsellerinin, ulaşım olanaklarının ve dönüşümün yükleniciye sağladığı rant farkının etkili olduğunu belirtmektedir. Çalışmada, kentsel dönüşümün yalnızca yapıların yenilenmesiyle sınırlı kalmadığı, konutların ve çevrelerinin büyüyerek fiziksel değişime

uğradığı ifade edilmektedir. Kadıköy'de yapıların yaklaşık üçte birinin yenilendiği ve kat sayılarının ortalama %100 arttığı belirtilmektedir. Artan yapı ve nüfus yoğunluğuna karşılık mevcut yol ve kanalizasyon sistemlerinin değişmemesi, kentsel donatı alanlarının artırılmaması ve parsellerin bodrum katlarının otopark olarak kullanılmasının mevcut ağaçlar üzerindeki olumsuz etkileri üzerinde durulmaktadır. Ayrıca yüksek emsal değerlerinin yoğun bir yapılaşma oluşturduğu ve parsel ölçeğinde gerçekleştirilen yüksek duvarlı, güvenlikli site uygulamalarının sokak ile insan arasındaki ilişkiyi zayıflatabileceği ifade edilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Tek yapı ölçeğinde gerçekleştirilen dönüşüm uygulamaları (Gök ve Çıtak,2021)

Tekil yapıların birbirinden bağımsız olarak yenilenmesi, kentsel dönüşüm uygulamalarının parçacıl niteliğini de ortaya koymaktadır. Zengin Çelik ve Çilingir (2017), İzmir Bostanlı Mahallesi'ndeki parsel bazlı yenileme uygulamalarının çevresel etkilerini incelemiştir. 6306 sayılı Kanun kapsamında gerçekleştirilen parsel ölçeğindeki dönüşüm uygulamalarının parçacıl bir yapıda ilerlediğini belirtmektedir (Şekil 2). Çalışmada, parsellerin mevcut imar haklarının kullanılmasıyla yapı yoğunluğunun arttığı, ancak bu süreçte kentsel mekânın teknik ve sosyal altyapısıyla birlikte bütüncül olarak iyileştirilmesinin sağlanamadığı ifade edilmektedir.



9502 Ada Parsel no	Yenileme öncesi birim sayısı	Yenileme sonrası birim sayısı	Eklenen birim
15	8	16	8
16	7	10	3
17	8	10	2
18	11	15	4
19	11	15	4
20	11	15	4
21	8	15	7
22	12	16	4
Toplam	76	112	36

9503 Ada Parsel no	Yenileme öncesi birim sayısı	Yenileme sonrası birim sayısı	Eklenen birim
6	11	15	4
7	8	11	3
8	8	12	4
9	10	15	5
10	8	10	2
12	12	16	4
13	11	17	6
Toplam	68	96	28

Şekil 2. 6306 sayılı Kanun kapsamında gerçekleştirilen parsel ölçeğindeki dönüşüm uygulamaları (Çelik ve Çilingir,2017)

Çalışmada, yapı kalitesinin artırılmasının tek başına yeterli olmadığı, artan nüfus ve yapı yoğunluğunun mevcut altyapı, ulaşım ve yaşam kalitesi açısından yeni sorunlar ortaya çıkarabildiği vurgulanmaktadır. Aynı zamanda yapı kalitesinin artırılmasının tek başına yeterli olmadığını, artan nüfus ve yapı yoğunluğunun mevcut altyapı, ulaşım ve yaşam kalitesi açısından yeni sorunlar ortaya çıkarabildiğini vurgulamaktadır.

Mahalle Ölçeğinde Dönüşüm

Gohaud vd. (2025)'ne göre; mahalle ölçeğinde kentsel dönüşüm, mahalle sakinlerinin fiziksel, ekonomik ve sosyal yaşam koşullarını iyileştirmeyi amaçlayan bir kentsel dönüşüm yaklaşımıdır.

Görgülü vd. (2006), kentsel dönüşümün yalnızca fiziksel müdahalelerden oluşmadığını, ekonomik ve sosyal koşulları da kapsayan çok bileşenli bir süreç olarak ele alınması gerektiğini belirtmektedir. Ayrıca dönüşüm uygulamalarının tek tip bir modelle değil, her bölgenin kendine özgü özelliklerine uygun biçimde geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Banai (2024), mahalle ölçeğinde gerçekleştirilen yenileme ve canlandırma süreçlerinde konutlar, eğitim alanları, kamusal ve ticari alanlar, sokak ağları, parklar ve yeşil alanların birbirleriyle ilişkili bir bütün olarak değerlendirilmesinin önemini vurgulamaktadır.

İşlek ve Şengül (2024) İstanbul Alibeyköy Mahallesi'nde gerçekleştirdikleri araştırmada, kentsel dönüşüm uygulamalarının fiziksel, sosyal, ekonomik ve kültürel etkilerini mahalle sakinlerinin görüşleri üzerinden değerlendirmiştir. Araştırmada, yapıların depreme dayanıklılığının artırılması, konutların yenilenmesi, yaşam konforunun iyileştirilmesi ve sosyal donatı alanlarının çoğalması dönüşümün olumlu sonuçları arasında yer almaktadır. Park, kafe, market ve spor alanları gibi yeni kullanım alanlarının sosyal yaşamı canlandırdığı, ulaşım olanaklarındaki gelişmelerin ise katılımcılar tarafından olumlu karşılandığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, artan yapılaşma ve nüfus yoğunluğu, yeşil alanların azalması ve otopark yetersizliği fiziksel çevreye ilişkin olumsuzluklar olarak öne çıkmaktadır (Şekil 3). Sosyal açıdan komşuluk ilişkilerinin, yardımlaşma ve dayanışmanın zayıfladığı; mahalle sakinlerinin güvenlik kaygıları ve yabancılaşma yaşadığı tespit edilmiştir. Ekonomik açıdan ise bazı konutların değer kazanmasına karşın taşınma giderleri, yetersiz kira yardımları ve yeni konutların aidatları nedeniyle güçlükler yaşandığı belirtilmiştir. Tablo 3'de olumlu ve olumsuz etkilerine yer verilmiştir.



Şekil 3. Fiziksel çevreye ilişkin olumsuzluklar (URL-1)

Tablo 3. Alibeyköy Mahallesi'nde Kentsel Dönüşümün Olumlu ve Olumsuz Etkileri (*)

Değerlendirme boyutu	Olumlu etkiler	Olumsuz etkiler
Fiziksel yapı	Deprem güvenliğinin ve konut konforunun artması	Yapı ve nüfus yoğunluğunun artması, yeşil alanların azalması
Sosyal donatılar	Park, spor alanları ve sosyal olanakların artması	Kalabalıklaşma ve otopark sorunları

Sosyal ilişkiler	Sosyalleşme olanaklarının gelişmesi	Komşuluk, yardımlaşma ve dayanışma ilişkilerinin zayıflaması
Ekonomik yapı	Bazı konutların değer kazanması	Taşınma giderleri, yetersiz kira yardımları ve yüksek aidatlar
Ulaşım	Toplu taşıma olanaklarının gelişmesi	Ulaşım gelişmelerinin kentsel dönüşümle doğrudan ilişkisinin belirsizliği
Mahalle yaşamı	Yaşam çevresinin canlanması	Güvenlik kaygıları, yabancılaşma ve eski mahalle yaşamına duyulan özlem

(*)İşlek ve Şengül 2024'ten değiştirelerek oluşturulmuştur.

3. SONUÇ

Literatür incelendiğinde, tek yapı ölçeğindeki kentsel dönüşüm hamlelerinin mevcut yapı stokunu yenilediğini, ancak kentsel çevreyi bütüncül olarak iyileştirmede yetersiz kaldığını göstermektedir. Aydın Gök ve Çınar Çıtak (2021), Kadıköy örneğinde artan yapılaşma yoğunluğuna rağmen altyapı ve kentsel donatıların aynı oranda artmadığını vurgularken, Zengin Çelik ve Çilingir (2017) Bostanlı'daki parsel bazlı yenilemelerde benzer bir açmaza işaret etmektedir. Bu çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, yapıların birbirinden bağımsız yenilenmesinin kronik kentsel sorunları çözmede yetersiz kaldığı anlaşılmaktadır. Dolayısıyla dönüşüm süreçlerinde yalnızca yapı güvenliği değil; altyapı, ulaşım ve sosyal donatı ihtiyaçlarının da bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir.

Mahalle ölçeğindeki dönüşüm ise fiziksel, sosyal ve ekonomik dinamikleri aynı anda değerlendirme olanağı sunmaktadır. Görgülü vd. (2006) ile Banai (2024), yapıların yakın çevresiyle kurduğu bağın ve mahalleye özgü niteliklerin göz ardı edilmemesi gerektiğine dikkat çekmektedir. Ne var ki, İşlek ve Şengül'ün (2024) Alibeyköy Mahallesi çalışması, konutlar yenilenip yaşam koşulları yükseltilse dahi komşuluk bağlarının zayıflaması, yaşam maliyetlerinin tırmanması ve yeşil alanların daralması gibi sorunların ortaya çıkabildiğini göstermektedir. Buradan hareketle, mahalle ölçeğinin daha geniş bir müdahale alanı sunması tek başına olumlu sonuçları garanti etmemekte; fiziksel iyileştirmelerin sosyal ve ekonomik politikalarla desteklenmesini zorunlu kılmaktadır.

İki ölçek karşılaştırıldığında, müdahale alanının büyüklüğünün kentsel meselelere yaklaşım biçimini doğrudan etkilediği görülmektedir. Tek yapı ölçeğinde odak noktası yapının kendisiyken, mahalle ölçeğinde altyapıdan toplumsal ilişkilere kadar geniş bir yelpazenin harmanlanması mümkün olmaktadır. Ancak alanın genişlemesi tek başına başarı için yeterli sayılamamaktadır. Bu doğrultuda ölçek değişimi, yalnızca mekânsal bir büyüme olarak değil; kentsel dönüşümün fiziksel, sosyal ve ekonomik boyutlarının bir bütün olarak kurgulanması açısından önem taşımaktadır.

Tüm bu değerlendirmeler, kentsel dönüşümün yalnızca yapısal güvenliğe indirgenemeyeceğini, kentin yaşayan dinamiklerinin hesaba katılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Altyapı, ulaşım, kamusal alanlar ve mahalle sakinlerinin sosyo-ekonomik koşullarının süreçte birlikte ele alınması icap etmektedir. Bu nedenle projelerin, uygulama alanının özgün nitelikleri gözetilerek ve yerel hanehalkının katılımı sağlanarak tasarlanması önerilmektedir. Bununla birlikte, mevcut çalışma literatür taramasına dayandığından doğrudan saha verisi içermemektedir. Gelecekte gerçekleştirilecek karşılaştırmalı saha araştırmaları, müdahale ölçeğinin yaşam kalitesi üzerindeki etkilerini somut verilerle ortaya koymaya katkı sağlayabilecektir.

KAYNAKÇA

Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun (Kanun No. 6306). (2012, 31 Mayıs). Resmî Gazete (Sayı: 28309).

Akkar, Z. M. (2006). Kentsel dönüşüm üzerine Batı'daki kavramlar, tanımlar, süreçler ve Türkiye. *Planlama, 2006*(2), 29–38.

Aktay, Y., Orçan, M., ve Osmanoğlu, E. (2012). Türkiye'de kentsel dönüşüm projelerinin sağlıklı yürütülmesi için yöntem arayışı: TOKİ Mersin Kentsel Dönüşüm Projesi araştırma ve çalıştay raporu. Stratejik Düşünce Enstitüsü.

Artuç, D. (2016). Kentsel dönüşümün sosyal ve mekânsal etkileri: Fikirtepe dönüşüm alanı [Yüksek lisans tezi, Maltepe Üniversitesi].

Ataöv, A., ve Osmay, S. (2007). Türkiye'de kentsel dönüşüme yöntemsel bir yaklaşım. ODTÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi, 24(2), 57–82.

Aydın Gök, S. F., ve Çınar Çıtak, C. (2021). Konut politikalarının fiziksel yansımaları; Kadıköy örneği. *Mimarlık ve Yaşam, 6*(1), 165–197.

Bağdatlı, E. (2020). Kentsel dönüşüm kanunu kapsamında Niğde ili için riskli yapıların değerlendirilmesi

Banai, R. (2024). How does the neighborhood unit inform community revitalization? *Land, 13*(6), Article 734.

Couch, C. (1990). *Urban renewal: Theory and practice*. Macmillan Education.

Çakmak, C., Erdal, M., ve Ekinci, E. (2023). Afet riski altındaki alanların dönüştürülmesi hakkında kanun kapsamında riskli yapı tespit süreci, teşvikler ve maliyet analizi: Bir vaka çalışması. *Politeknik Dergisi, 26*(4), 1431–1439.

Çavuşoğlu, E. (2014). *Türkiye kentleşmesinin toplumsal arkeolojisi*. Ayrıntı Yayınları.

Çetin, B. (2005). İstanbul kent merkezi yakın çevresindeki konut alanlarındaki üniversite kampüslerinin sosyal ve fiziksel çevrenin canlandırılmasındaki etkileri

Daşkıran, F. (2016). *Kentsel dönüşüm sürecinde deprem riski altında gayrimenkul değerlemesi: Denizli örneği* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi.

Demir, M., & Cengiz, E. (2022). Kentleşme sürecinin Türk sineması'na yansıması: Bitmeyen Yol film örneği. *Paradigma: İktisadi ve İdari Araştırmalar Dergisi, 11*(2), 89–99.

Demirel, D. (2018). *Kentsel dönüşüm* [Tezsiz yüksek lisans dönem projesi]. Pamukkale Üniversitesi.

Dişkaya, F., ve Emir, Ş. (2021). AHP-TOPSIS bütünleşik yaklaşımıyla deprem riski tabanlı İstanbul ili kentsel dönüşüm öncelik sıralaması. *Afet ve Risk Dergisi, 4*(2), 203–223.

Erdoğan, Ö. (2016). Kentsel yaşam ve yozlaşma. *ABMYO Dergisi*, (41), 13–33.

Ertürk, H. (1996). *Çevre bilimlerine giriş*. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayınları.

Ertürk, H. (1997). *Kent ekonomisi*. Ekin Kitabevi.

Firidin Özgür, E., ve Seçer Sipahi, S. (2026). Riskli yapıları yenilemek: Kadıköy örneğinde parsel ölçeğinde dönüşümün kamusal mekâna yansımaları. *mimar.ist, 26*(85), 26–33.

Gohaud, E., Arora, A. S., ve Schuetze, T. (2025). Urban form and sustainable neighborhood regeneration—A multiscale study of Daegu, South Korea. *Sustainability, 17*(11), Article 4888.

Görgülü, Z., Dinçer, İ., Enlil, Z., Örnek Özden, E., Kurtarır, E., ve Altınok, E. (2006). *Mahalle ölçeğinde kentsel dönüşüm modeli – Küçükbakkalköy örneği (İstanbul'un eylem planlamasına yönelik mekânsal gelişme stratejileri araştırma ve model geliştirme işi)* [Araştırma raporu]. Yıldız Teknik Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü.

İşlek, U. Z., ve Şengül, F. N. (2024). Kentsel dönüşümün toplumsal yapıya etkileri: İstanbul Alibeyköy Mahallesi örneği. *Uluslararası Sosyal Bilimlerde Yeni Ufuklar Dergisi, 1*(2), 71–83.

Kara, A. (2013). *Kentsel dönüşümlerde kentsel kimliğin sürdürülebilirliği: Trabzon Zağnos Vadisi Kentsel Dönüşüm Projesi örneği* [Yüksek lisans tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi.

Keleş, R. (1980). *Kentbilim terimleri sözlüğü*. Türk Dil Kurumu Yayınları.

Kethudaoğlu, F. (2018). İktisadi dönüşümün mekansal yansıması: Kentleşme. *Asya Studies*, (5), 87–101.

Kocamemi, G. (2006). *Kentsel dönüşüm süreci Kazlıçeşme örneği* [Yüksek lisans tezi]. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi.

Özden, P. P. (2001). Kentsel yenileme uygulamalarında yerel yönetimlerin rolü üzerine düşünceler ve İstanbul örneği. *İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, (23–24), 255–270.

Sınmaz, S. (2018). Türkiye'de kentsel planlama ve dönüşüm sürecinde eksik bir halka: Yarı kamusal mekânlar. Mimarlık, (402), 32–38.

Tataroğlu, N. (2018). Regional integration through locality: EU cohesion and urban regeneration practices. In T. Uçma Uysal & C. Aldemir (Eds.), *Multi-level governance in developing economies* (pp. 190–214). IGI Global.

Topal, A. K. (2004). Kavramsal olarak kent nedir ve Türkiye'de kent neresidir? *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 6*(1), 276–294.

URL-1. Fiziksel çevreye ilişkin olumsuzluklar, https://www.google.com/maps

Yumrutepe, M. (2025). Kentsel dönüşüm uygulamaları kapsamında arsa payı karşılığı inşaat sözleşmeleri [Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi].

Zengin Çelik, H., & Çilingir, T. (2017). Parsel bazındaki dönüşüm uygulamalarının kentsel maliyetleri, Karşıyaka-Bostanlı Mahallesi örneği. Planlama, 27(3), 329–346.

Zeybekoğlu Dündar, Ö. (2011). Türkiye'de kentsel yoksulluk sorunu açısından sosyal belediyeciliğin önemi. *Mediterranean Journal of Humanities, 1*(2), 117–126.

DİJİTAL ÇAĞIN GÖRÜNMEYEN YÜKÜ: SÜREKLİ BAĞLANTIDA OLMANIN RUH SAĞLIĞINA ETKİLERİ

Beyza Nur KIVANÇ
Selçuk Üniversitesi / Hemşirelik Fakültesi / Hemşirelik Bölümü / Psikiyatri Hemşireliği / Psikiyatri Hemşireliği Anabilim Dalı, Konya, Türkiye
Prof. Dr. Neslihan LÖK
Selçuk Üniversitesi / Hemşirelik Fakültesi / Hemşirelik Bölümü / Psikiyatri Hemşireliği / Psikiyatri Hemşireliği Anabilim Dalı, Konya, Türkiye
Doç. Dr. Alime SELÇUK TOSUN
Selçuk Üniversitesi / Hemşirelik Fakültesi / Hemşirelik Bölümü / Halk Sağlığı Hemşireliği / Halk Sağlığı Hemşireliği Anabilim Dalı, Konya, Türkiye

ÖZET
Dijital teknolojilerin günlük yaşamın ayrılmaz bir parçası hâline gelmesi, bireylerin bilgiye erişimini, iletişim olanaklarını ve sosyal bağlantılarını önemli ölçüde artırmıştır. Bununla birlikte akıllı telefonlar, sosyal medya platformları, anlık bildirimler ve çevrim içi iletişim araçları aracılığıyla sürekli erişilebilir olma durumu, bireylerin fiziksel ve psikolojik sınırlarını yeniden şekillendirmektedir. Sürekli bağlantıda olma; bireyin iş, eğitim, sosyal yaşam ve dinlenme süreçlerinde dijital uyaranlara sürekli maruz kalmasına, çevrim dışı kalmaya yönelik huzursuzluk yaşamasına, dikkat bölünmesine ve psikolojik olarak erişilebilir olma baskısının artmasına neden olabilmektedir.
Özellikle problemli akıllı telefon ve sosyal medya kullanımı ile depresyon, anksiyete, stres, uyku sorunları ve düşük iyi oluş arasındaki ilişkiler son yıllarda giderek daha fazla araştırılmaktadır.
Bu çalışmanın amacı, dijital çağda sürekli bağlantıda olmanın bireylerin ruh sağlığı üzerindeki görünmeyen yükünü güncel literatür doğrultusunda değerlendirmektir. Çalışma kapsamında dijital çağ ve sürekli bağlantıda olma kavramları, dijital stres ve bilgi yükü, dikkat ve bilişsel işlevler, sosyal medya kullanımı, uyku, depresyon ve anksiyete ile ilişkiler, iş ve özel yaşam sınırlarının bulanıklaşması ve ruh sağlığı açısından riskli kullanım örüntüleri ele alınmıştır. Ayrıca sürekli bağlantıda olmanın yalnızca bireysel bir davranış olarak değerlendirilmemesi, dijital platformların tasarımı, sosyal beklentiler, çalışma yaşamı ve dijital sağlık okuryazarlığı gibi çevresel faktörlerle birlikte değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Literatür, dijital teknolojilerin ruh sağlığı üzerinde tek yönlü ve yalnızca olumsuz bir etkiye sahip olmadığını; kullanım amacı, kullanım biçimi, içerik, bireysel özellikler ve sosyal bağlamın sonuçları belirlediğini göstermektedir. Sonuç olarak ruh sağlığının korunmasında amaç teknolojiden tamamen uzaklaşmak değil, bireyin dijital yaşam üzerindeki kontrolünü güçlendirmek, sağlıklı bağlantı ve bağlantısızlık dönemleri oluşturmak, dijital sağlık okuryazarlığını geliştirmek ve riskli kullanım örüntülerini erken dönemde belirlemektir.
Anahtar Kelimeler: Dijital sağlık, sürekli bağlantıda olma, dijital stres, sosyal medya, akıllı telefon, ruh sağlığı, psikiyatri hemşireliği

ABSTRACT
The integration of digital technologies into everyday life has increased individuals' opportunities for access to information, communication, and social interaction. However, constant connectivity and accessibility through smartphones, social media platforms, and online communication tools have increasingly blurred the boundaries between work, education, social life, and rest. Constant connectivity may be associated with intensive exposure to digital stimuli,

attentional fragmentation, information overload, discomfort related to being offline, and expectations of continuous availability. This study aims to evaluate the effects of constant connectivity on mental health in the digital age in light of the current literature. In this context, constant connectivity is discussed in relation to digital stress and information overload, attention and cognitive functioning, social media and smartphone use, sleep, depressive symptoms, anxiety, psychological well-being, and work–life boundaries. The literature indicates that the relationship between digital technology use and mental health is not unidirectional. Mental health outcomes are associated not only with the duration and frequency of use but also with the purpose and pattern of use, the content to which individuals are exposed, individual characteristics, and the social context. Therefore, the effects of digital technologies on mental health should be evaluated through a multidimensional approach that considers both individual and environmental factors. Psychiatric nurses may play important roles in assessing individuals' digital use patterns and associated psychological symptoms, supporting the early identification of potentially problematic use, promoting digital health literacy, and supporting healthy digital use behaviors. In conclusion, protecting mental health in the digital age requires strengthening individuals' control over their digital lives, establishing healthy digital boundaries, and identifying potentially problematic patterns of use at an early stage.
Keywords: Digital health, constant connectivity, digital stress, social media, smartphone, mental health, psychiatric nursing

GİRİŞ

Dijital teknolojiler son yıllarda bireylerin çalışma, öğrenme, iletişim kurma, eğlenme ve sağlık hizmetlerine ulaşma biçimlerini önemli ölçüde değiştirmiştir. Akıllı telefonların yaygınlaşması ve internet bağlantısının sürekli erişilebilir hâle gelmesi, bireyin günün hemen her saatinde bilgiye, sosyal çevresine ve dijital hizmetlere ulaşabilmesini mümkün kılmıştır. Bu dönüşüm önemli kolaylıklar sağlamakla birlikte, birey ile dijital çevre arasındaki sınırların giderek belirsizleşmesine de yol açmıştır. Dünya Sağlık Örgütü dijital çağda sağlığı etkileyen faktörleri yalnızca teknolojiye erişimle sınırlı görmemekte; dijital okuryazarlık, bireysel davranışlar, sosyal çevre, ticari faktörler ve teknoloji tasarımı gibi unsurların birbiriyle etkileşerek sağlık sonuçlarını şekillendirdiğini belirtmektedir (WHO, 2024).

Günümüzde bireylerin önemli bir bölümü akıllı telefonlarını yalnızca iletişim amacıyla değil; sosyal medya, bankacılık, alışveriş, eğitim, çalışma, sağlık takibi ve eğlence gibi çok sayıda işlev için kullanmaktadır. Bu durum teknolojiyi günlük yaşamın dışında konumlandırmayı giderek zorlaştırmaktadır. Dolayısıyla sorun yalnızca "ne kadar süre ekran kullanıldığı" ile açıklanamamakta; bireyin dijital ortamda ne yaptığı, neden yaptığı, hangi duygusal durumda yaptığı ve kullanım üzerinde ne ölçüde kontrol sahibi olduğu da önem kazanmaktadır.

Bu noktada "sürekli bağlantıda olma" kavramı öne çıkmaktadır. Sürekli bağlantıda olma, bireyin dijital iletişim kanallarına devamlı olarak erişilebilir durumda bulunması ve çevresinden de benzer biçimde ulaşılabilir olmasının beklenmesi şeklinde değerlendirilebilir. Mesajların, e-postaların, sosyal medya bildirimlerinin ve iş ile ilişkili dijital iletişimlerin günün farklı zamanlarında devam etmesi, bireyin zihinsel olarak çevrim dışına çıkmasını güçleştirebilmektedir. Özellikle iş yaşamında çalışma saatleri dışında bağlantılı olma beklentisinin psikolojik sıkıntı ile ilişkili olduğu gösterilmektedir (Li ve ark., 2025).

Sürekli bağlantıda olmanın ruh sağlığı açısından önemli olmasının bir diğer nedeni, dijital teknolojilerin yalnızca iletişim araçları olmaktan çıkıp bireyin dikkatini yönlendiren sistemlere dönüşmesidir. Bildirimler, mesajlar ve sosyal medya içerikleri bireyin dikkatini mevcut etkinlikten dijital ortama kaydırabilmektedir. Akıllı telefon bildirimlerinin doğrudan telefonla etkileşim kurulmasa bile dikkat gerektiren görevlerde performansı bozabildiği gösterilmiştir (Stothart ve ark., 2015).

Bu nedenle sürekli bağlantıda olmanın ruh sağlığı üzerindeki etkileri; stres, anksiyete ve depresyon gibi psikolojik belirtilerin yanı sıra dikkat, bilişsel yük, uyku ve sosyal ilişkiler üzerinden de değerlendirilmektedir. Problemli akıllı telefon kullanımı ile anksiyete ve depresyon belirtileri arasında anlamlı ilişkiler bildirilmiş; ancak bu ilişkilerin nedensel yönde yorumlanmasının sınırlı olduğu vurgulanmıştır (Augner ve ark., 2023).

Dijital teknolojilerin ruh sağlığı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde önemli bir diğer nokta, teknolojinin yalnızca risk kaynağı olarak görülmemesidir. Dijital teknolojiler ruh sağlığı hizmetlerinin erişilebilirliğini artırabilmekte, psikoeğitim sağlayabilmekte, psikoterapötik müdahalelerin çevrim içi sunulmasına olanak tanıyabilmekte ve bireylerin destek kaynaklarına ulaşmasını kolaylaştırabilmektedir. İnternet temelli ruh sağlığı müdahalelerini değerlendiren bir derlemede, özellikle anksiyete bozuklukları ve travma sonrası stres bozukluğu gibi bazı alanlarda olumlu etkiler bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2024).

Dolayısıyla temel problem teknolojinin varlığı değil, teknoloji ile birey arasındaki ilişkinin niteliğidir. Bu çalışmada "görünmeyen yük" kavramı, bireyin sürekli dijital olarak erişilebilir olmasının oluşturduğu bilişsel, duygusal, sosyal ve davranışsal yükü ifade etmek amacıyla kullanılmaktadır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Dijital Çağda Sürekli Bağlantıda Olma Kavramı

Sürekli bağlantıda olma, dijital iletişim araçlarının bireyin günlük yaşamına sürekli biçimde eşlik etmesi ve bireyin çevrim içi iletişimden tamamen ayrılmakta zorlanması şeklinde değerlendirilebilir. Bu durum yalnızca bireyin kendi tercihleriyle açıklanamaz. Günümüzde hızlı yanıt verme, mesajlara kısa sürede karşılık verme, sosyal medya içeriklerini takip etme ve iş ile ilgili dijital iletişimlere ulaşılabilir olma beklentisi sosyal normlar tarafından da desteklenmektedir.

Özellikle çalışma yaşamında akıllı telefonlar, e-posta sistemleri ve mesajlaşma uygulamaları işin zaman ve mekân sınırlarını genişletebilmektedir. Böylece fiziksel olarak işyerinden ayrılan birey zihinsel olarak işten uzaklaşamayabilmektedir. İş saatleri sonrasında devam eden bağlantılılığın çalışanların psikolojik sıkıntılarıyla ilişkili olduğu ve örgütsel desteğin bu ilişkiyi etkileyebildiği bildirilmektedir (Li ve ark., 2025).

Dijital bağlantılılığın önemli bileşenlerinden biri de "ulaşılabilir olma" beklentisidir. Bireyin herhangi bir anda mesaj, bildirim veya çağrı alabileceğini düşünmesi, cihaz aktif olarak kullanılmasa dahi zihinsel bir hazırlık hâli oluşturabilmektedir. Bu durum bireyin dinlenme ve boş zaman etkinliklerinde bile çevresinden tamamen ayrışmasını zorlaştırabilir.

Bu nedenle sürekli bağlantıda olma, sadece fiziksel ekran süresiyle ölçülemeyen bir olgudur. Örneğin bireyin telefonunu birkaç saat aktif olarak kullanmaması ancak sürekli bildirim gelip gelmediğini kontrol etmesi de bağlantılılığın davranışsal bir göstergesi olabilir. Bu açıdan dijital sağlık değerlendirmelerinde kullanım süresinin yanında kontrol kaybı, kullanımın işlevselliğe etkisi, çevrim dışı kalmaya verilen tepki ve günlük yaşam sınırlarının bozulması gibi göstergelerin de değerlendirilmesi gerekmektedir.

Dijital Stres ve Teknolojik Aşırı Yük

Dijital teknolojilerin bireyin yaşamına yoğun biçimde girmesi "teknostres" kavramının önem kazanmasına neden olmuştur. Teknostres, bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımından kaynaklanan psikolojik ve davranışsal stres tepkilerini ifade etmektedir. Teknostres yalnızca iş yaşamında değil, bireyin özel yaşamında da ortaya çıkabilmektedir (La Torre ve ark., 2019).

Teknostresin önemli bileşenlerinden biri teknolojik aşırı yüklenmedir. Bireyin kısa süre içerisinde çok sayıda mesaj, bildirim, haber, sosyal medya içeriği ve iş bilgisiyle karşılaşması, mevcut bilgilerin değerlendirilmesini ve önceliklendirilmesini güçleştirebilir. Özellikle iş yaşamında teknostresörleri inceleyen bir derlemede teknostresörlerin olumsuz sağlık ve iş sonuçlarıyla tutarlı biçimde ilişkili olduğu bildirilmiştir (Borle ve ark., 2021).

Teknolojiyle sürekli bağlantı hâlinde olmak bireyin zihinsel kaynaklarının sürekli kullanılmasına neden olabilir. Birey bir yandan çalışırken diğer yandan mesajları takip etmek, sosyal medya bildirimlerini kontrol etmek veya gelen e-postaları değerlendirmek zorunda kalabilmektedir. Bu durum görevler arasında sürekli geçiş yapılmasına ve bilişsel kaynakların parçalanmasına yol açabilir.

Bu süreç uzun süre devam ettiğinde bireyde zihinsel yorgunluk, irritabilite, dikkat güçlüğü, motivasyon azalması ve tükenmişlik hissi ortaya çıkabilir. Hemşirelik alanındaki güncel literatürde de dijital teknolojilerin iş yükünü ve bilgi yönetimini bazı yönlerden kolaylaştırırken, teknolojiye bağlı yorgunluk, frustrasyon ve tükenmişlik gibi olumsuz sonuçlara da neden olabileceği bildirilmektedir (Schlicht ve ark., 2024).

Özellikle sağlık çalışanları açısından bu konu ayrıca önem taşımaktadır. Çünkü sağlık hizmetlerinde dijital kayıt sistemleri, mobil iletişim, elektronik mesajlaşma ve farklı bilgi sistemlerinin aynı anda kullanılması çalışanların sürekli dijital uyaran altında kalmasına neden olabilir. Hemşirelerde bilgi ve iletişim teknolojilerinin oluşturduğu stres deneyimlerini inceleyen nitel bir çalışmada, teknolojinin sunduğu olanakların yanında çalışanların ek stres kaynaklarıyla karşılaşabildiği gösterilmiştir (Thielmann ve ark., 2024).

Sürekli Bildirimler, Dikkat ve Bilişsel Yük

Sürekli bağlantılılığın ruh sağlığı üzerindeki görünmeyen etkilerinden biri dikkat süreçleri üzerindeki etkisidir. Akıllı telefon bildirimleri kısa süreli ve önemsiz görünse de bireyin dikkatini mevcut görevden uzaklaştırabilmektedir.

Stothart ve ark. (2015), cep telefonu bildirimlerinin birey telefonu kullanmasa bile dikkat gerektiren görevlerde performansı bozabildiğini göstermiştir. Bildirimlerin bireyde görevle ilişkili olmayan düşünceleri ve zihinsel gezinmeyi artırabileceği belirtilmiştir.

Bu durum özellikle öğrenciler, yoğun çalışan bireyler ve sağlık çalışanları açısından önemlidir. Sürekli dikkat bölünmesi bireyin yaptığı işe tam olarak odaklanmasını güçleştirebilir. Ayrıca bir görevin tamamlanmasından önce başka bir dijital uyarana geçiş yapılması, bireyin zihinsel olarak sürekli "başlangıç" hâlinde kalmasına neden olabilir.

Sürekli bağlantılılığın yarattığı bilişsel yük, doğrudan bir psikiyatrik bozukluk anlamına gelmemektedir. Bununla birlikte uzun süreli zihinsel yük ve yetersiz dinlenme, stres ve tükenmişlik gibi ruhsal sonuçlar açısından risk oluşturabilir. Bu nedenle dijital bağlantılılık ile psikiyatrik belirtiler arasındaki ilişki değerlendirilirken doğrudan nedensellik kurmak yerine çok faktörlü bir yaklaşım benimsenmelidir.

Sosyal Medya Kullanımı ve Ruh Sağlığı

Sosyal medya, dijital çağda sürekli bağlantıda olmanın en görünür alanlarından biridir. Sosyal medya platformları bireylere sosyal destek, iletişim, bilgi paylaşımı ve aidiyet duygusu sağlayabilir. Bununla birlikte kullanım biçimine bağlı olarak ruh sağlığı açısından riskler de ortaya çıkabilmektedir.

2024 yılında yayımlanan bir sistematik derlemede sosyal medya kullanımı, ruh sağlığı ve uyku arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Toplam 182 çalışmanın değerlendirildiği bu çalışmada, genel sosyal medya kullanımı ile depresyon ve anksiyete arasında küçük ancak anlamlı ilişkiler bulunmuş; problemli sosyal medya kullanımının ise depresyon, anksiyete ve uyku sorunlarıyla daha belirgin biçimde ilişkili olduğu bildirilmiştir (Ahmed ve ark., 2024).

Benzer şekilde yetişkinlerde sosyal medya kullanımının ruh sağlığı ve iyi oluş üzerindeki etkilerini inceleyen bir çalışmada da sosyal medya kullanımının olumlu ve olumsuz sonuçlarla ilişkili olabileceği vurgulanmıştır (Koh ve ark., 2024).

Bu bulgular sosyal medyanın tek başına "zararlı" olarak değerlendirilmemesi gerektiğini göstermektedir. Kullanımın aktif veya pasif olması, sosyal destek sağlama düzeyi, içerik türü, kullanım süresi, problemli kullanım özellikleri ve bireyin psikolojik özellikleri sonuçları değiştirebilmektedir.

Özellikle problemli kullanım önem taşımaktadır. Problemli sosyal medya kullanımı; kullanımın kontrol edilememesi, günlük sorumlulukların ihmal edilmesi, çevrim dışı kalındığında huzursuzluk yaşanması ve kullanımın olumsuz sonuçlarına rağmen devam edilmesi gibi özelliklerle ilişkilendirilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'nün 2024 yılında yayımladığı HBSC raporunda 11, 13 ve 15 yaşlarındaki yaklaşık 280.000 gençten elde edilen verilerde problemli sosyal medya kullanımının 2018'de %7 iken 2022'de %11'e yükseldiği bildirilmiştir. Aynı raporda gençlerin %36'sının arkadaşlarıyla sürekli çevrim içi temas hâlinde olduğu belirtilmiştir (WHO, 2024).

Bu veriler özellikle ergenlerin dijital bağlantılılık açısından önemli bir grup olduğunu göstermektedir. Ergenlik döneminde kimlik gelişimi, akran ilişkileri ve sosyal kabul ihtiyacı devam ettiği için sosyal medya üzerinden gelen beğeni, yorum, mesaj ve geri bildirimler psikolojik açıdan daha anlamlı hâle gelebilmektedir.

Sürekli Bağlantıda Olma, Anksiyete ve Depresyon

Sürekli bağlantılılık ile anksiyete ve depresyon arasındaki ilişki son yıllarda önemli bir araştırma alanı hâline gelmiştir. Problemli akıllı telefon kullanımını değerlendiren çalışmada 120.895 katılımcının yer aldığı 27 çalışma incelenmiş ve problemli akıllı telefon kullanımı ile anksiyete ve depresyon belirtileri arasında orta düzeyde ilişkiler bildirilmiştir (Augner ve ark., 2023).

Bununla birlikte bu tür ilişkilerin çift yönlü olabileceği unutulmamalıdır. Ruhsal sıkıntı yaşayan bireyler sosyal destek, dikkat dağıtma veya yalnızlık duygusunu azaltma amacıyla akıllı telefon ve sosyal medya kullanımını artırabilir. Diğer taraftan problemli kullanım uyku bozukluğu, sosyal karşılaştırma, siber zorbalık ve sosyal izolasyon gibi mekanizmalar aracılığıyla ruhsal sıkıntıyı artırabilir. WHO'nun 2025 politika belgesinde de teknoloji kullanımı ile gençlerin ruh sağlığı arasındaki ilişkinin çift yönlü olduğu özellikle vurgulanmaktadır (WHO, 2025).

Dolayısıyla "çok telefon kullanmak depresyona neden olur" şeklindeki tek yönlü bir açıklama bilimsel açıdan yetersizdir. Daha doğru yaklaşım, dijital kullanım ile ruh sağlığı arasındaki ilişkinin bireysel özellikler, sosyal çevre, kullanım amacı, içerik ve kullanım üzerindeki kontrol gibi değişkenlerden etkilendiğini kabul etmektir.

Sürekli Bağlantıda Olmanın Uyku Üzerindeki Etkileri

Uyku, sürekli dijital bağlantılılıktan etkilenebilen en önemli biyolojik süreçlerden biridir. Akıllı telefonun yatakta kullanılması, gece gelen bildirimlerin kontrol edilmesi veya sosyal medya kullanımının uyku saatlerini geciktirmesi uyku süresinin ve kalitesinin azalmasına yol açabilir. Akıllı telefon kullanım süresi ile uyku kalitesi arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmada 36.485 katılımcıyı içeren 17 çalışma değerlendirilmiş ve akıllı telefon kullanımının artması ile kötü uyku kalitesi arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur (Chu ve ark., 2023).

2024 yılında yayımlanan çalışmada problemli sosyal medya kullanımının uyku sorunlarıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir (Ahmed ve ark., 2024).

Uyku bozulması ise ruh sağlığı açısından yalnızca bağımsız bir sonuç değildir. Yetersiz uyku; stres toleransını, duygu düzenlemeyi, dikkat süreçlerini ve bilişsel performansı olumsuz etkileyebilir. Böylece dijital kullanım ile ruhsal belirtiler arasında bir kısır döngü oluşabilir. Örneğin birey stres nedeniyle gece sosyal medyaya yönelebilir; sosyal medya kullanımı uyku saatini geciktirebilir; uyku yoksunluğu ertesi gün stres ve duygusal hassasiyeti artırabilir; artan stres ise yeniden dijital kaçış davranışını tetikleyebilir.

Bu nedenle dijital ruh sağlığı açısından yalnızca "ekran süresi" değil, ekran kullanımının zamanı da önemlidir.

Sürekli Bağlantıda Olma ve İş-Özel Yaşam Sınırları

Dijital teknolojiler çalışma yaşamının esnekleşmesine ve uzaktan çalışmaya olanak sağlamış olsa da çalışma ve özel yaşam arasındaki sınırların belirsizleşmesine de neden olabilmektedir. Özellikle e-posta, mesajlaşma uygulamaları ve kurumsal iletişim sistemleri çalışanların mesai sonrasında da işle ilgili bilgilere ulaşmasına olanak tanımaktadır.

Bu durum "işten psikolojik olarak uzaklaşma" sürecini zorlaştırabilir. Çalışan fiziksel olarak işyerinden ayrılmış olsa bile zihinsel olarak iş ile bağlantısını sürdürebilir. (Li ve ark., 2025).
Bu konu sağlık çalışanları açısından ayrıca önemlidir. Sağlık hizmetlerinin 24 saat devam etmesi, çalışanların vardiyalı çalışması ve acil iletişim gereksinimleri nedeniyle dijital bağlantılılık sağlık sektöründe daha yoğun olabilir. Hemşirelikte dijital teknolojilerin etkilerini inceleyen geniş bir derlemede, teknolojilerin bazı iş süreçlerini kolaylaştırmasına karşın iş yükü, yorgunluk, frustrasyon ve tükenmişlik gibi olumsuz sonuçların da bildirildiği görülmektedir (Schlicht ve ark., 2024).
Bu nedenle kurumların yalnızca teknolojik altyapıyı geliştirmesi yeterli değildir. Çalışanların mesai dışındaki dijital erişilebilirliklerine ilişkin açık sınırların belirlenmesi, gereksiz bildirimlerin azaltılması ve çalışanların dinlenme dönemlerinin korunması da çalışan ruh sağlığı açısından önem taşımaktadır.

Dijital Bağlantılılığın Her Zaman Olumsuz Olmaması

Dijital teknolojiler ile ruh sağlığı arasındaki ilişkiyi değerlendirirken teknolojinin sağlayabileceği olumlu katkılar göz ardı edilmemelidir. Sosyal medya bireylere sosyal destek ve topluluk duygusu sağlayabilir. Çevrim içi ruh sağlığı hizmetleri psikolojik desteğe erişimi kolaylaştırabilir. Mobil uygulamalar psikoeğitim, duygu izleme, farkındalık ve davranış değişikliği süreçlerinde kullanılabilir.
İnternet temelli ruh sağlığı müdahalelerini inceleyen derlemede, internet temelli müdahalelerin bazı ruhsal bozukluklarda orta düzeyde olumlu etkiler sağlayabildiği bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2024).
Benzer biçimde internet üzerinden sunulan bilişsel davranışçı terapi uygulamalarını değerlendiren güncel bir derleme, internet temelli BDT'nin duygu durum ve anksiyete bozukluklarında önemli bir dijital müdahale alanı olduğunu göstermektedir (Käll ve ark., 2024).
Dolayısıyla amaç "dijital detoks" adı altında teknolojiyi tamamen ortadan kaldırmak olmamalıdır. 2024 yılında yayımlanan çalışma dijital kullanımın azaltılmasının bazı ruh sağlığı sonuçları açısından olumlu etkiler sağlayabileceğini ortaya koymakla birlikte, dijital teknolojilerin tamamen bırakılmasının her birey için gerekli veya uygulanabilir olduğu sonucuna varmak doğru değildir (Ramadhan ve ark., 2024).
Burada temel hedef kontrollü, amaçlı ve bireyin iyi oluşunu destekleyen teknoloji kullanımı olmalıdır.

Ruh Sağlığı Açısından Riskli Dijital Kullanımın Değerlendirilmesi

Ruh sağlığı profesyonelleri açısından dijital kullanım değerlendirilirken yalnızca günlük kullanım süresinin sorgulanması yeterli değildir. Bireyin dijital teknolojiyi hangi amaçla kullandığı, kullanımın günlük işlevselliği etkileyip etkilemediği ve kullanım üzerinde kontrol sahibi olup olmadığı değerlendirilmelidir.
Özellikle aşağıdaki göstergeler riskli dijital kullanım açısından dikkate alınabilir:

- Telefon veya sosyal medya kullanımını kontrol etmekte güçlük yaşama,
- Çevrim dışı kalındığında huzursuzluk veya yoğun kaygı hissetme,
- Uyku saatlerini dijital kullanım nedeniyle erteleme,
- Sosyal veya mesleki sorumlulukları dijital kullanım nedeniyle aksatma,
- Gün içerisinde sürekli bildirim ve mesaj kontrol etme,
- Çalışma veya ders sırasında tekrar tekrar telefona yönelme,
- Olumsuz duygulardan kaçınmak için sürekli dijital ortama yönelme,
- Sosyal karşılaştırma nedeniyle benlik saygısında azalma,
- Dijital kullanımın ardından pişmanlık yaşamasına rağmen davranışı sürdürememe,
- Gerçek yaşam ilişkilerinin yerini giderek çevrim içi ilişkilerin alması.

Problemli akıllı telefon kullanımına ilişkin çalışmalar, özellikle genç yetişkinlerde kullanımın psikolojik sıkıntılarla ilişkili olabildiğini göstermektedir (Sánchez-Fernández ve ark., 2023).

Bununla birlikte bu belirtilerin tek başına psikiyatrik tanı anlamına gelmediği ve klinik değerlendirmede bireyin bütüncül olarak ele alınması gerektiği unutulmamalıdır.

Psikiyatri Hemşireliği Açısından Değerlendirme

Sürekli bağlantıda olmanın ruh sağlığı üzerindeki etkileri psikiyatri hemşireliği açısından yeni bir değerlendirme alanı oluşturmaktadır. Psikiyatri hemşiresi bireyin ruhsal durumunu değerlendirirken dijital yaşamın bireyin günlük işlevselliği üzerindeki etkisini de dikkate almalıdır.

Öncelikle bireyin dijital kullanım örüntüsü değerlendirilmelidir. Uyku düzeni, sosyal ilişkiler, akademik veya mesleki işlevsellik, duygu durumu ve stres düzeyi ile dijital kullanım arasındaki ilişki incelenebilir. Özellikle anksiyete, depresyon, uyku bozukluğu veya sosyal izolasyon belirtileri olan bireylerde problemli dijital kullanım açısından farkındalık oluşturulması önemlidir.

Psikiyatri hemşireleri aynı zamanda dijital sağlık okuryazarlığının geliştirilmesinde önemli bir role sahiptir. Bireylere sosyal medya içeriklerinin güvenilirliğini değerlendirme, dijital ortamda karşılaşılan psikolojik riskleri tanıma, bildirimleri yönetme, uyku öncesi dijital kullanımı azaltma ve sağlıklı çevrim içi-çevrim dışı sınırlar oluşturma konusunda eğitim verilebilir.

Bu yaklaşım yalnızca ruhsal hastalığı bulunan bireylerle sınırlı olmamalıdır. Sağlıklı bireylerde koruyucu ruh sağlığı kapsamında dijital iyi oluşun desteklenmesi de psikiyatri hemşireliğinin önleyici rolüyle uyumludur.

Özellikle gençlerde dijital ruh sağlığı okuryazarlığının artırılması önem taşımaktadır. WHO, gençlerin dijital ortamlarda sağlıklı davranış geliştirmelerini desteklemek amacıyla dijital okuryazarlığın okul ortamlarına entegre edilmesini, ruh sağlığı hizmetlerine erişimin güçlendirilmesini ve aile, okul ve toplum düzeyinde açık iletişimin desteklenmesini önermektedir (WHO, 2024; WHO, 2025).

Hemşirelerin dijital teknolojiyi yalnızca bir risk unsuru olarak değerlendirmemesi de önemlidir. Dijital teknolojiler ruh sağlığı müdahalelerinin uygulanmasında yararlı araçlar olabilir. Hemşireler tarafından kullanılan mobil sağlık uygulamaları, psikoeğitim programları ve dijital destek uygulamaları bireylerin ruh sağlığını destekleme potansiyeline sahiptir. Hemşirelerin ruh sağlığını desteklemek amacıyla kullanılan mHealth uygulamalarını inceleyen sistematik derlemede, kişisel dijital müdahalelerin hemşirelerin ruhsal iyi oluşunu artırabileceğine ilişkin umut verici sonuçlar bildirilmiştir (Moore ve ark., 2024).

Bu nedenle psikiyatri hemşireliğinin dijital çağdaki rolü iki yönlüdür: dijital teknolojilerin oluşturabileceği ruhsal riskleri azaltmak ve teknolojinin ruh sağlığını destekleme potansiyelinden yararlanmak.

Dijital Sağlıkta Koruyucu Yaklaşımlar

Sürekli bağlantıda olmanın ruh sağlığı üzerindeki olası olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla bireysel, ailevi, kurumsal ve toplumsal düzeyde önlemler alınmalıdır.

Bireysel düzeyde bildirimlerin gereksiz olanlarının kapatılması, belirli saatlerde telefonsuz dönemler oluşturulması, yatak odasında telefon kullanımının sınırlandırılması ve sosyal medya kullanımının bilinçli biçimde planlanması yararlı olabilir. Bunun yanında bireyin dijital kullanımını tamamen yasaklamak yerine kullanım amacını fark etmesi ve teknoloji kullanımının kendi değerleriyle uyumlu olup olmadığını değerlendirmesi önemlidir.

Aile düzeyinde özellikle çocuk ve ergenlerde yasaklayıcı yaklaşımlar yerine birlikte belirlenen dijital kullanım sınırları tercih edilmelidir. WHO'nun güncel yaklaşımında ailelerin, okulların ve sağlık çalışanlarının gençlerle dijital yaşam hakkında açık iletişim kurması ve dijital okuryazarlığın desteklenmesi önerilmektedir (WHO, 2024).

Okullarda dijital sağlık okuryazarlığı eğitimlerinin verilmesi, siber zorbalık, sosyal karşılaştırma, yanlış sağlık bilgileri ve problemli sosyal medya kullanımı gibi konuların ele alınması koruyucu ruh sağlığı açısından önemlidir.

Çalışma yaşamında ise çalışanların mesai dışındaki erişilebilirliklerinin sınırlandırılması, gereksiz bildirimlerin azaltılması ve "bağlantıyı kesme" kültürünün desteklenmesi gerekmektedir. 2026 yılında yayımlanan bir sistematik derleme, çalışma saatleri dışındaki erişilebilirlik beklentilerini azaltmaya yönelik politikaların ve müdahalelerin giderek daha fazla araştırıldığını göstermektedir (Nilsen ve ark., 2026).

Toplum düzeyinde ise dijital platformların yalnızca bireysel sorumluluk üzerinden değerlendirilmesi yeterli değildir. Platform tasarımı, algoritmalar, bildirim sistemleri, kullanıcıların dikkatini çekmeye yönelik mekanizmalar ve veri temelli ticari modeller de dijital sağlık açısından değerlendirilmelidir. OECD, dijital ortamların anonimlik, sürekli erişilebilirlik ve çevrim içi etkileşim özelliklerinin ruh sağlığı üzerinde hem fırsatlar hem de riskler oluşturabileceğini vurgulamaktadır (OECD, 2024).

Bu nedenle dijital ruh sağlığı, yalnızca bireyin "telefonunu daha az kullanması" üzerinden ele alınamayacak kadar geniş bir konudur.

SONUÇ

Dijital teknolojiler bireylerin yaşamını kolaylaştıran, iletişim olanaklarını artıran ve ruh sağlığı hizmetlerine erişimi destekleyebilen önemli araçlardır. Bununla birlikte sürekli bağlantıda olma hâli, bireyin dijital çevreden yeterince uzaklaşamaması, sürekli bildirimlere maruz kalması, iş ve özel yaşam sınırlarının bulanıklaşması, dikkat bölünmesi, uyku düzeninin bozulması ve problemli sosyal medya kullanımının gelişmesi gibi mekanizmalar aracılığıyla ruh sağlığı açısından görünmeyen bir yük oluşturabilmektedir.

Güncel literatür, özellikle problemli akıllı telefon ve sosyal medya kullanımı ile depresyon, anksiyete, stres, uyku sorunları ve düşük iyi oluş arasında ilişkiler bulunduğunu göstermektedir. Ancak bu ilişkiler tek yönlü değildir. Ruhsal sıkıntı yaşayan bireylerin de dijital teknolojileri daha fazla kullanabileceği ve teknolojinin bazı bireyler için sosyal destek ve ruh sağlığı hizmetlerine erişim sağlayabileceği dikkate alınmalıdır. Bu nedenle teknoloji kullanımının ruh sağlığı üzerindeki etkisi; kullanım süresi, kullanım amacı, içerik, bireysel özellikler, sosyal çevre ve dijital platformların yapısal özellikleri birlikte değerlendirilerek ele alınmalıdır.

Sürekli bağlantıda olmanın oluşturduğu yükün azaltılmasında temel amaç teknolojiyi yaşamdan çıkarmak değil, teknoloji üzerindeki bireysel ve toplumsal kontrolü güçlendirmektir. Bireylerin dijital sağlık okuryazarlığının artırılması, sağlıklı çevrim içi ve çevrim dışı sınırların oluşturulması, uyku ve dinlenme dönemlerinin korunması, çalışma saatleri dışındaki dijital erişilebilirliğin sınırlandırılması ve problemli kullanım örüntülerinin erken dönemde fark edilmesi önemlidir.

Psikiyatri hemşireliği açısından ise dijital çağ yeni bir koruyucu ruh sağlığı alanı ortaya çıkarmaktadır. Psikiyatri hemşireleri bireylerin dijital kullanım alışkanlıklarını değerlendirebilir, riskli kullanım konusunda farkındalık oluşturabilir, dijital sağlık okuryazarlığını geliştirebilir ve uygun dijital ruh sağlığı müdahalelerinin kullanımını destekleyebilir. Böylece psikiyatri hemşireliği yalnızca ruhsal hastalıkların tedavi ve bakımına değil, dijital çağın ortaya çıkardığı yeni ruh sağlığı risklerinin önlenmesine de katkı sağlayabilir.

Sonuç olarak dijital çağın temel ruh sağlığı sorunu teknolojinin varlığı değil, bireyin teknolojiyle kurduğu ilişkinin kontrolünü kaybetmesidir. Sağlıklı dijital yaşam; sürekli çevrim içi olmak değil, gerektiğinde bağlantıda kalabilmek ve gerektiğinde bağlantıyı güvenli biçimde kesebilmektir.

KAYNAKÇA

Ahmed, O., Walsh, E. I., Dawel, A., Alateeq, K., Espinoza Oyarce, D. A., & Cherbuin, N. (2024). Social media use, mental health and sleep: A systematic review with meta-analyses. *Journal of Affective Disorders, 367*, 701–712.

Ansari, S., Iqbal, N., Asif, R., Hashim, M., Farooqi, S. R., & Alimoradi, Z. (2024). Social media use and well-being: A systematic review and meta-analysis. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking, 27*(10), 704–719.
Augner, C., Vlasak, T., Aichhorn, W., & Barth, A. (2023). The association between problematic smartphone use and symptoms of anxiety and depression: A meta-analysis. *Journal of Public Health, 45*(1), 193–201.
Borle, P., Reichel, K., Niebuhr, F., & Voelter-Mahlknecht, S. (2021). How are techno-stressors associated with mental health and work outcomes? A systematic review of occupational exposure to information and communication technologies within the technostress model. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(16), 8673.
Chu, Y., Oh, Y., Gwon, M., Hwang, S., Jeong, H., Kim, H.-W., Kim, K., & Kim, Y. H. (2023). Dose-response analysis of smartphone usage and self-reported sleep quality: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Journal of Clinical Sleep Medicine, 19*(3), 621–630.
Davis, C. E., Eche-Ugwu, I. J., & Alcindor, N. (2024). Social media use and psychological distress among undergraduate nursing students: A review. *Journal of Nursing Education, 63*(8), 540–545.
Käll, A., Biliunaite, I., & Andersson, G. (2024). Internet-delivered cognitive behaviour therapy for affective disorders, anxiety disorders and somatic conditions: An updated systematic umbrella review. *Digital Health, 10*.
Koh, G. K., Ow Yong, J. Q. Y., Lee, A. R. Y. B., Ong, B. S. Y., Yau, C. E., Ho, C. S. H., & Goh, Y. S. (2024). Social media use and its impact on adults' mental health and well-being: A scoping review. *Worldviews on Evidence-Based Nursing, 21*(4), 345–394.
La Torre, G., Esposito, A., Sciarra, I., & Chiappetta, M. (2019). Definition, symptoms and risk of techno-stress: A systematic review. *International Archives of Occupational and Environmental Health, 92*(1), 13–35.
Li, Y., Chen, C., & Yuan, Y. (2025). Evolving the job demands-resources framework to JD-R 3.0: The impact of after-hours connectivity and organizational support on employee psychological distress. *Acta Psychologica, 253*, 104710.
Linardon, J., Anderson, C., McClure, Z., Liu, C., & Messer, M. (2024). The effectiveness of smartphone app-based interventions for insomnia and sleep disturbances: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Sleep Medicine, 122*, 237–244.
Lu, X., An, X., & Chen, S. (2024). Trends and influencing factors in problematic smartphone use prevalence (2012–2022): A systematic review and meta-analysis. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking, 27*(9), 616–634.
Moore, C., Kelly, S., & Melnyk, B. M. (2024). The use of mHealth apps to improve hospital nurses' mental health and well-being: A systematic review. *Worldviews on Evidence-Based Nursing, 21*(2), 110–119.
Nilsen, W., Nordberg, T., Lescoeur, K., Ingelsrud, M. H., & Egeland, C. (2026). What do we know about limiting after-hours availability expectations and work-related connectivity? A systematic review of interventions and policies. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 52*(3), 206–218.
OECD. (2024). *OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 1): Embracing the Technology Frontier*. OECD Publishing.
Ramadhan, R. N., Rampengan, D. D., Yumnanisha, D. A., Setiono, S. B. V., Tjandra, K. C., Ariyanto, M. V., Idrisov, B., & Empitu, M. A. (2024). Impacts of digital social media detox for mental health: A systematic review and meta-analysis. *Narva Medical Journal, 4*(2), e786.
Sánchez-Fernández, M., & Borda-Mas, M. (2023). Problematic smartphone use and specific problematic Internet uses among university students and associated predictive factors: A systematic review. *Education and Information Technologies, 28*(6), 7111–7204.

Schlicht, L., Roesler, U., & diğerleri. (2024). Digital technologies in nursing: An umbrella review. *International Journal of Nursing Studies, 159*, 104950.
Stothart, C., Mitchum, A., & Yehnert, C. (2015). The attentional cost of receiving a cell phone notification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 41*(4), 893–897.
Thielmann, B., Schmidt, S., & Böckelmann, I. (2024). Stress experience by information and communication technologies among nurses in outpatient care: A qualitative interview study. *Pflege, 37*(3), 149–157.
Upshaw, M. B., et al. (2022). The hidden cost of a smartphone: The effects of smartphone notifications on cognitive control from a behavioral and electrophysiological perspective. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*.
World Health Organization. (2024). *A focus on adolescent social media use and gaming in Europe, central Asia and Canada: Health Behaviour in School-aged Children international report from the 2021/2022 survey. Volume 6*. WHO Regional Office for Europe.
World Health Organization. (2024). *Addressing health determinants in a digital age: Project report*. WHO Regional Office for Europe.
World Health Organization. (2025). *Addressing the digital determinants of youth mental health and well-being: Policy brief*. WHO Regional Office for Europe.
Zhang, M., Fan, C., Ma, L., Wang, H., Zu, Z., Yang, L., Chen, F., Wei, W., & Li, X. (2024). Assessing the effectiveness of internet-based interventions for mental health outcomes: An umbrella review. *General Psychiatry, 37*(4), e101355.

KRONİK RUHSAL HASTALIKLARIN YÖNETİMİNDE PSİKİYATRİ HEMŞİRELİĞİNİN ROLÜ
THE ROLE OF PSYCHIATRIC NURSING IN THE MANAGEMENT OF CHRONIC MENTAL ILLNESSES

Beyza Nur KIVANÇ
Selçuk Üniversitesi / Hemşirelik Fakültesi / Hemşirelik Bölümü / Psikiyatri Hemşireliği / Psikiyatri Hemşireliği Anabilim Dalı, Konya, Türkiye
Prof. Dr. Neslihan LÖK
Selçuk Üniversitesi / Hemşirelik Fakültesi / Hemşirelik Bölümü / Psikiyatri Hemşireliği / Psikiyatri Hemşireliği Anabilim Dalı, Konya, Türkiye
Doç. Dr. Alime SELÇUK TOSUN
Selçuk Üniversitesi / Hemşirelik Fakültesi / Hemşirelik Bölümü / Halk Sağlığı Hemşireliği / Halk Sağlığı Hemşireliği Anabilim Dalı, Konya, Türkiye

ÖZET
Kronik ruhsal hastalıklar, bireylerin bilişsel, duygusal, sosyal ve mesleki işlevselliklerini uzun süre etkileyen, yineleyici seyir gösterebilen ve süreklilik gösteren bakım gereksinimi oluşturan önemli sağlık sorunlarıdır. Bu hastalıkların yönetiminde yalnızca farmakolojik tedavi yeterli olmayıp psikososyal müdahaleler, rehabilitasyon uygulamaları, aile desteği ve toplum temelli ruh sağlığı hizmetlerinin bütüncül biçimde ele alınması gerekmektedir.
Bu çalışmanın amacı, kronik ruhsal hastalıkların temel özelliklerini ve birey ile aile üzerindeki etkilerini açıklamak ve bu hastalıkların yönetiminde psikiyatri hemşirelerinin rollerini güncel literatür doğrultusunda değerlendirmektir. Çalışma kapsamında kronik ruhsal hastalık kavramı, yaygın görülen kronik ruhsal hastalıklar, kronikleşmeyi etkileyen faktörler, birey ve aile üzerindeki etkiler, hastalıkların yönetiminde biyopsikososyal yaklaşım ve toplum temelli ruh sağlığı hizmetleri ele alınmıştır. Ayrıca psikiyatri hemşiresinin bakım verici ve klinik uygulayıcı, terapötik iletişim ve danışmanlık, eğitici, savunucu, rehabilitasyon ve toplum temelli ruh sağlığı hizmetlerindeki rolleri incelenmiştir.
Literatür doğrultusunda psikiyatri hemşirelerinin tedaviye uyumun desteklenmesi, semptomların izlenmesi, psikoeğitim sağlanması, ailelerin bakım sürecine katılımının güçlendirilmesi, nükslerin önlenmesi, sosyal işlevselliğin geliştirilmesi ve bakımın sürekliliğinin sağlanmasında önemli sorumluluklar üstlendiği görülmektedir.
Sonuç olarak psikiyatri hemşireliği, kronik ruhsal hastalıkların yönetiminde birey, aile ve toplum düzeyinde bütüncül, sürekli, kanıta dayalı ve iyileşme odaklı bakımın temel bileşenlerinden biridir.
Anahtar Kelimeler: Kronik ruhsal hastalık, psikiyatri hemşireliği, psikososyal bakım, toplum ruh sağlığı, rehabilitasyon

ABSTRACT
Chronic mental illnesses are important health problems that may have long-term effects on individuals' cognitive, emotional, social, and occupational functioning, may follow a recurrent course, and may create ongoing care needs. Their management requires a holistic and continuous care approach encompassing not only pharmacological treatment but also psychosocial interventions, rehabilitation practices, family support, and community-based mental health services. Psychiatric nurses have important responsibilities in the long-term management of chronic mental illnesses because of their continuous interaction with individuals and their families. The aim of this study is to address the effects of chronic mental illnesses on individuals and families and to evaluate the roles of psychiatric nurses in the

management of these illnesses in light of the current literature. In this context, psychiatric nurses' roles as caregivers, educators, counselors, and advocates, as well as their responsibilities in therapeutic communication, psychoeducation, rehabilitation, supporting family involvement, and community-based mental health services, are discussed. The literature indicates that psychiatric nurses have important responsibilities in monitoring and managing symptoms, supporting treatment adherence, providing psychoeducation, maintaining therapeutic communication, strengthening the participation of individuals and families in the care process, preventing relapse, supporting social functioning, facilitating participation in rehabilitation, and ensuring continuity of care. In conclusion, psychiatric nursing is an important component of holistic care in the long-term management of chronic mental illnesses, focusing not only on symptom control but also on supporting individuals' functioning and recovery, strengthening family involvement, and facilitating community integration. Accordingly, strengthening the roles of psychiatric nurses in the management of chronic mental illnesses is important for ensuring continuity of care and improving recovery-oriented mental health services.
Keywords: Chronic mental illness, psychiatric nursing, psychosocial care, community mental health, rehabilitation

GİRİŞ

Kronik ruhsal hastalıklar; bireylerin günlük yaşam aktivitelerini, fonksiyonel becerilerini ve yaşam kalitesini uzun süre olumsuz etkileyen, karmaşık ve çok boyutlu sağlık sorunlarıdır. Bu hastalıkların etkin yönetimi yalnızca farmakolojik tedavi ile sınırlı kalmamakta, psiko-sosyal yaklaşımlar ve sürekli bakım ihtiyacını da içermektedir. Psikiyatri hemşireleri, bu süreçte hastaların tedavi uyumunu destekleme, psikososyal gereksinimlerini karşılamada aracılık yapma ve sürekli bakım sağlayarak hem klinik hem de toplum temelli bakımın etkinliğini artırma gibi kritik roller üstlenmektedir (Ward-Miller ve ark 2020; Rojas 2025). Ayrıca hemşirelerin psikoterapi uygulamalarına ilişkin süreçlere dair görüşleri, bakım kalitesinin artırılmasında rol oynayan uygulamaların geliştirilmesine ışık tutmaktadır (Bilkay ve ark 2025). Bu çerçevede, kronik ruhsal hastalıkların yönetiminde psikiyatri hemşireliğinin rolü yalnızca bakım sürecinin ayrılmaz bir parçası olmakla kalmayıp, bütüncül ve sürdürülebilir bakım modellerinin merkezinde yer almaktadır (Alzahrani 2023).

Bu seminerde Kronik ruhsal hastalıkların çeşitleri, bireylere etkileri ve bu hastalıkların yönetiminde psikiyatri hemşireliğinin rolü hakkında bilgi vermek amaçlanmıştır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

KRONİK RUHSAL HASTALIKLAR

Kronik Ruhsal Hastalık Kavramı

Kronik ruhsal hastalıklar, uzun süreli seyreden, tekrarlayıcı veya sürekli bakım gerektiren ve bireylerin bilişsel, duygusal ve davranışsal işlevlerinde süreklilik gösteren bozukluklardır. Bu hastalıklar yaşamın farklı dönemlerinde başlayabilir ve bireylerin sosyal ilişkilerini, işlevselliğini ve yaşam kalitesini önemli ölçüde etkileyebilir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verilerine göre dünyada yaklaşık 1,1 milyar insan ruhsal bir bozuklukla yaşamaktadır ve bunların çoğu kronik seyir gösterir (DSÖ, 2021).

Bir ruhsal bozukluğun kronik bir klinik görünüm kazanmasında hastalık sürecinin en az iki yıl boyunca devam etmesi ve bu süreçte bireyin günlük yaşam aktiviteleri ile sosyal işlevselliğinde belirgin düzeyde yetersizliğe yol açması temel belirleyici ölçütler arasında yer almaktadır (Pitkänen ve Puolakka 2013, Vigo ve ark 2016).

Yaygın Görülen Kronik Ruhsal Hastalıklar

Kronik ruhsal hastalıklar; şizofreni, şizoaffektif ve diğer psikotik bozukluklar, bipolar duygudurum bozukluğu, obsesif-kompülsif bozukluk, madde kullanımına bağlı bozukluklar ve kişilik bozuklukları gibi çeşitli tanı gruplarını içermektedir (Pitkänen ve Puolakka 2013, Vigo ve ark 2016).

DSÖ 2021 verilerine göre dünya genelinde her 7 kişiden yaklaşık 1'inin bir ruhsal bozuklukla yaşadığı ve en yaygın olan bozuklukların anksiyete ve depresyon olduğu belirlenmiştir (DSÖ 2023). Anksiyete ve depresyon dışındaki kronik bozukluklar arasında bazı kişilik bozuklukları, uyum bozuklukları ve madde kullanımıyla ilişkili bozukluklar yer alır; bunların görülme sıklıkları toplumda değişse de uzun dönemli bakım ihtiyacı oluşturabilmektedir (Barr ve ark 2022). Bu kronik bozuklukların çoğu genç erişkinlik döneminde başlayabilir, yaşam boyu sürebilir ve tekrarlayan dönemler gösterebilir; bu yüzden kronik ruhsal hastalık yönetiminde sistematik, sürekli ve bütüncül bakım gereklidir (DSÖ 2023).

Kronikleşme Sürecini Etkileyen Faktörler

Ruhsal hastalıkların kronikleşmesi; biyolojik, psikososyal ve çevresel çok sayıda etmenin birlikte etkileşimi sonucunda ortaya çıkan dinamik bir süreçtir. Dünya Sağlık Örgütü, kronik ruhsal bozukluklarda hastalığın erken yaşta başlaması, tekrarlayıcı seyir ve uzun dönem işlevsellik kaybının kronikleşme riskini artırdığını bildirmektedir (DSÖ 2023). Genetik yük, nörobiyolojik duyarlılık ve ailesel ruhsal hastalık öyküsü, özellikle psikotik ve duygudurum bozukluklarında kronikleşme riskini artıran önemli belirleyicilerdendir. Yapılan bir araştırmada psikiyatrik tanıların önemli bir bölümünde aile öyküsü ve yaşam boyu hastalık yükünün kronikleşme ile anlamlı ilişkisi olduğu bulunmuştur (Barr ve ark 2022). İlaç tedavisine düzensiz uyum, tedavinin yarıda bırakılması, izlem randevularının aksatılması ve bakım sürekliliğinin sağlanamaması kronikleşme riskinin artmasına yol açmaktadır (Bilkay ve ark 2025).

Kronik Ruhsal Hastalıkların Birey ve Aile Üzerindeki Etkileri

Kronik ruhsal hastalıklar; bireylerin duygu, düşünce ve bilişsel işlevlerinde bozulmalara, kişilik özellikleri ve bireysel alışkanlıklarında değişimlere yol açmakta; bununla birlikte önemli düzeyde sosyal ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Yıldırım ve ark 2017). Bu bozukluklara sahip bireyler, kendi rollerini yerine getirmekte zorlanır, sosyal ilişkilerde izolasyon riski artar ve sürekli bakım ihtiyacıyla karşılaşırlar (Baysan Arabacı ve ark 2018). Kronik psikiyatrik hastalığı olan bireylerin önemli bir bölümü aileleriyle birlikte yaşamakta olup, aile üyeleri çoğu zaman bakım verme sorumluluğunu herhangi bir profesyonel destek almaksızın üstlenmek durumunda kalmaktadır (Çetinkaya Duman ve Bademli 2013). Bu nedenle kronik ruhsal hastalık tanısı bulunan bireyler, çoğu zaman aile üyelerine ya da sosyal destek sistemlerine bağımlı olarak yaşamlarını sürdürmekte ve toplumdan kısmen ya da tamamen uzak bir yaşam deneyimlemektedir (Tel 2023). Ailesi ile birlikte yaşamını sürdüren hastanın ailesinden en az bir kişi hasta bakımı nedeni ile sosyal aktivitelerinden uzak kalmakta ve aileler fiziksel, ruhsal, duygusal, sosyal ve ekonomik sorunlar yaşamaktadır (Yıldırım ve ark 2017). Bu bireyler topluma uyumlarının sağlanması ve yaşam kalitelerinin yükseltilmesi için ruh sağlığı profesyonellerinin ve aile bireylerinin bütüncül bakımına gereksinim duymaktadırlar (Tuncer ve ark 2020).

KRONİK RUHSAL HASTALIKLARIN YÖNETİMİ

Kronik ruhsal hastalıkların yönetimi; yalnızca farmakolojik tedavi ile sınırlı değildir. Psikososyal müdahaleler; bireyin psikolojik, sosyal ve mesleki işlevselliğini güçlendirmeyi ve yaşam kalitesini artırmayı hedefler. Bu müdahaleler arasında psikoeğitim, aile terapisi, sosyal beceri eğitimi ve grup destek programları yer alır. Araştırmalar, psikososyal müdahalelerin

ilaç tedavisine uyumu artırdığını göstermektedir (Tel 2023). DSÖ, kronik ruhsal bozuklukların yönetiminde biyopsikososyal yaklaşım, çok disiplinli ekip çalışması ve toplum temelli ruh sağlığı hizmetlerinin temel bileşenler olduğunu vurgulamaktadır (DSÖ 2023). Kronik ruhsal hastalıkların yönetiminde fiziksel aktivite programlarının da olumlu etkileri olduğu vurgulanmaktadır. Fiziksel egzersiz, ruhsal işlevselliğin artışı, anksiyete düzeyinde azalma ve tedavi uyumunda iyileşme gibi faydalar sağlayabilmektedir. Bu yaklaşım, biyopsikososyal bakım modelinin aktif bir bileşeni olarak kabul edilir (Lök ve Lök 2016). Tedaviye uyum ise kronik ruhsal bozukluk yönetiminin en kritik unsurlarından biridir. Son yapılan bir çalışmada, kronik ruhsal bozukluğu olan bireylerin tıp dışı yardım arama davranışları ve ilaç tedavisine uyum düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır; sonuçlar hem uyum hem de yardım arama davranışlarının bakım kalitesiyle yakından ilişkili olduğunu göstermektedir (Şişginoğlu & Molu 2024).

Güncel ruh sağlığı hizmet modellerinde kronik ruhsal hastalıkların yönetimi; toplum temelli bakım, rehabilitasyon programları, psiko-sosyal destek hizmetleri ve işlevselliği artırmaya yönelik girişimler birlikte yürütülmektedir. Bu yaklaşım, bireyin yalnızca semptom düzeyinde değil, yaşamın tüm alanlarında desteklenmesini ve toplumsal katılımının güçlendirilmesini hedeflemektedir (WHO 2023, Barr ve ark 2022). Bu doğrultuda kronik ruhsal hastalıkların yönetiminde aile ve bakım verenlerin rolü giderek daha fazla öne çıkmaktadır. Aile ve bakım verenlerin ruh sağlığının güçlendirilmesi, bakım yükünün azaltılması ve istismarın önlenmesi gibi konular hem bakım kalitesini hem de tedavi uyumunu doğrudan etkiler (Toğluk 2025; Geçdi 2025). Konsültasyon liyezon psikiyatri hemşireliği kronik hastalık yönetiminde aile ile iş birliği kurarak multidisipliner ekip içinde psikososyal problemlerin belirlenmesi ve çözümünde aktif rol oynar. Kronik ruhsal bozuklukların etkileri genellikle çok boyutlu olduğu için, hemşirelik girişimleri yalnızca semptom kontrolünü değil, bütüncül bakım planlamasını da içermelidir (Çam & Engin 2018).

Biyopsikososyal Model

Kronik ruhsal hastalıkların yönetiminde biyopsikososyal model; bireyin sağlık ve hastalık durumunu yalnızca biyolojik süreçler üzerinden değil, psikolojik ve sosyal boyutlarıyla birlikte ele alan bütüncül bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Bu model, ruhsal hastalıkların ortaya çıkışı ve sürdürülmesinde genetik yatkınlık, nörobiyolojik mekanizmalar, bilişsel-duygusal süreçler, aile ilişkileri, yaşam olayları ve sosyal çevre koşullarının etkileşim içinde değerlendirilmesini öngörmektedir (Engel 1977, WHO 2023). Bireyin baş etme becerileri, duygu düzenleme süreçleri, benlik algısı, travmatik yaşantılar ve stresle başa çıkma mekanizmalarını içermektedir. Psikososyal müdahalelerin, bireyin işlevselliğini destekleme ve semptom yönetimini güçlendirmede önemli rol oynadığı belirtilmektedir (Tel 2023). Biyopsikososyal model kapsamında psikiyatri hemşireliği; bireyin biyolojik tedavi gereksinimlerinin karşılanmasının yanında, psikoeğitim, danışmanlık, aile ile işbirliği, sosyal destek kaynaklarına yönlendirme ve işlevselliği artırmaya yönelik girişimleri içeren bütüncül bir bakım anlayışı ile hareket etmektedir (Çam ve Engin 2018, Bilkay ve ark 2025).

Toplum Temelli Ruh Sağlığı Hizmetleri

Toplum temelli ruh sağlığı hizmetleri, kronik ruhsal hastalığı olan bireylerin tedavi ve bakım süreçlerinin yalnızca hastane merkezli kurumlarda değil, bireyin yaşadığı çevre ve sosyal bağlam içerisinde sürdürülmesini amaçlayan çağdaş bir hizmet modelidir. Bu model, bireyin toplumdan kopmadan yaşamını sürdürebilmesini, sosyal işlevselliğinin desteklenmesini ve damgalanma ile dışlanmanın azaltılmasını hedeflemektedir (Bekiroğlu ve Demiröz 2020, DSÖ 2023).

Toplum temelli ruh sağlığı hizmetlerinin temel ilkeleri; birey merkezli bakım, çok disiplinli ekip yaklaşımı, hizmete erişilebilirlik, bakımın sürekliliği, rehabilitasyon ve psikososyal

destek uygulamalarıdır. Bu kapsamda Toplum Ruh Sağlığı Merkezleri, kronik ruhsal bozukluğu olan bireylere düzenli izlem, psikoeğitim, psiko-sosyal destek, rehabilitasyon ve sosyal yaşama katılımı artırmaya yönelik müdahaleler sunmaktadır (Bilir Uslu 2022, Sağlık Bakanlığı Yönergesi 2011). Araştırma sonuçları, toplum temelli hizmetlere katılan bireylerde hastaneye yatış sıklığı ve sürelerinde azalma, sosyal işlevsellik ve yaşam kalitesinde artış olduğunu göstermektedir. Ayrıca bu modelin, aile bakım yükünü azalttığı ve bakım verenlerin baş etme süreçlerini güçlendirdiği bildirilmektedir (Gıynaş ve ark 2019, Yıldız ve Kaçak 2021). Toplum temelli ruh sağlığı hizmetleri, ruh sağlığı politikalarında hastane odaklı kurumsal modellerden toplum odaklı ve hak temelli bakım yaklaşımlarına geçişin önemli bir bileşeni olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda psikiyatri hemşireliği; izlem, psikoeğitim, danışmanlık, rehabilitasyon ve aile ile iş birliği süreçlerinde etkin rol üstlenerek topluma uyum ve işlevselliğin güçlendirilmesine katkı sağlamaktadır (Bilir Uslu 2022, Çam ve Engin 2018).

PSİKİYATRİ HEMŞİRELİĞİNİN KURAMSAL TEMELLERİ

Psikiyatri hemşireliği, bireylerin ruhsal sağlığını korumaya, iyileştirmeye ve ruhsal bozukluklarının etkilerini azaltmaya yönelik bilimsel bilgi ve hemşirelik uygulamalarını bütünleştiren uzmanlık alanıdır. Bu disiplin; birey, aile ve toplumu etkileyen psikiyatrik süreçlerin sistematik değerlendirilmesini, bireyselleştirilmiş bakım planlarının hazırlanmasını ve uygulanmasını içerir (Stuart ve Laraia, 2020). Psikiyatri hemşireliği kuramlarının tarihsel gelişimi, ruh sağlığı alanındaki bilimsel bilgi birikimi, psikiyatrik tedavi yaklaşımları ve hemşirelik mesleğinin profesyonelleşme süreci ile paralel ilerlemiştir. Alanın temel kuramsal çerçevesi, özellikle 20. yüzyılın ortalarından itibaren hemşirelik kuramları, psikodinamik yaklaşımlar, davranışsal ve bilişsel modeller ile zenginleşmiş ve günümüzde kanıta dayalı, bütüncül ve iyileşme odaklı bir yapıya evrilmiştir (Stuart 2020; Townsend 2018).

Psikodinamik Kuram

Psikodinamik kuram, bireyin davranışlarının bilinç dışı süreçler ve erken yaşam deneyimleri tarafından şekillendiğini öne sürer (Freud 2008). Psikiyatri hemşireliği pratiğinde bu yaklaşım, bireyin geçmiş deneyimlerini anlamaya ve şimdiki davranışlarını yorumlamaya yardımcı olur. Hemşireler bu yaklaşımı, terapötik ilişkiyi güçlendirmek ve kişinin savunma mekanizmalarını tanımak için kullanır (Peplau 1997).

Davranışsal Kuram

Davranışsal kuram, öğrenilmiş davranışların çevresel uyaranlar aracılığıyla şekillendiğini savunur (Skinner 1953). Psikiyatri hemşireliği uygulamalarında davranışsal teknikler; sistematik duyarsızlaştırma, ödül ve pekiştireç stratejileri gibi müdahalelerle hastaların uyum sağlayıcı davranışlar geliştirmesine yardımcı olur (Miltenberger 2016). Bu yaklaşım özellikle anksiyete bozuklukları ve uyum sorunlarının tedavisinde etkilidir.

Bilişsel Davranışçı Kuram

Bilişsel Davranışçı Kuram (BDK), düşüncelerin duyguları ve davranışları etkilediğini ileri sürer. Bu kuram, bireyin irrasyonel düşünce kalıplarını tanımasını ve daha uyumlu düşünceler geliştirmesini hedefler (Beck 1976). Psikiyatri hemşireliği bağlamında BDK, bireyin olumsuz bilişsel süreçlerini yeniden yapılandırmak için terapötik müdahaleler sağlar. Bu yaklaşım, depresyon, anksiyete ve stresle başa çıkma konularında hemşirelik uygulamalarında giderek daha fazla benimsenmektedir (Hoffman ve ark 2012).

Kuramların Klinik Uygulamadaki Yansımaları

Psikiyatri hemşireliği kuramları, klinik uygulamada değerlendirme, bakım planı oluşturma ve uygulama süreçlerine doğrudan yansır. Örneğin, davranışsal yaklaşımlar, problem davranışlarını tanımlamak ve değiştirmek için davranış analizi tekniklerini kullanırken; bilişsel yaklaşım, olumsuz otomatik düşünceleri yeniden yapılandırmak için bireysel görüşmelerde uygulanır (Kerfoot, 2014). Terapötik ilişki odaklı yaklaşımlar ise güven ortamı yaratarak bireylerin tedavi sürecine aktif katılımını kolaylaştırır.

Bu dönüştürücü etki, çalışmaların bireysel bakım hedeflerinin ötesine geçerek grup terapileri, aile danışmanlığı ve toplumsal ruh sağlığı çalışmaları gibi daha geniş kapsamlı müdahaleleri de desteklediğini göstermektedir (Happell, 2018).

KRONİK RUHSAL HASTALIKLARIN YÖNETİMİNDE PSİKİYATRİ HEMŞİRESİNİN ROLLERİ

Kronik ruhsal hastalıklar uzun süreli yeti yitimi, işlevsellik kaybı, yineleyici hastalık dönemleri ve toplumsal uyum güçlükleri ile seyreden bir süreç olup; bu süreçte psikiyatri hemşiresi birey, aile ve toplum düzeyinde çok yönlü roller üstlenmektedir. Psikiyatri hemşireleri kronik ruhsal hastalığı olan bireylerin semptom yönetimi, tedaviye uyum, psiko-sosyal işlevsellik ve yaşam kalitesinin desteklenmesi amacıyla klinik, toplum temelli ve rehabilitasyon odaklı alanlarda aktif görev almaktadır (Stuart 2020, Townsend 2018).

Psikiyatri hemşiresinin rollerinin kuramsal **t**emeli terapötik ilişki**,** bütüncül bakım**,** kanıta dayalı uygulama ve iyileşme odaklı yaklaşım ilkelerine dayanmaktadır. Güncel literatür, kronik ruhsal hastalık yönetiminde hemşirelik girişimlerinin; hastaneye yeniden yatış oranlarını azaltma, tedaviye uyumu artırma ve toplumsal işlevselliği destekleme üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermektedir (Happell 2018, Chien ve Thompson 2014).

Bakım Veren ve Klinik Uygulayıcı Rolü

Psikiyatri hemşiresi kronik ruhsal hastalığı olan bireyin duygu, düşünce ve davranış örüntülerini değerlendirir, bakım gereksinimlerini belirler ve bireyselleştirilmiş bakım planı oluşturur. Bu süreçte hemşire; psikiyatrik değerlendirme, semptom izlemi, kriz dönemlerinin yönetimi ve tedavi sürecinin koordinasyonunda aktif rol üstlenir (Stuart 2020).

Ayrıca hemşire:

- İlaç yan etkilerini izler,
- Psikotrop ilaç kullanımına ilişkin eğitim verir,
- Nüks belirtilerini erken dönemde tanımlar,
- Bireyin günlük yaşam aktivitelerine katılımını destekler.

Klinik uygulayıcı rol, kronik ruhsal hastalık sürecinin süreklilik gerektiren bakım niteliği nedeniyle uzun dönem izlem ve destek gerektirir (Townsend 2018).

Terapötik İletişim ve Danışmanlık Rolü

Psikiyatri hemşiresi, kronik ruhsal hastalığı olan birey ile kurduğu terapötik ilişki aracılığıyla duygusal destek, güven ve kabul ortamı sağlar. Terapötik iletişim süreci, bireyin hastalık deneyimini ifade etmesine, baş etme becerilerini geliştirmesine ve tedavi sürecine aktif katılımına katkıda bulunur (Peplau 1952, Arnold ve Boggs 2019).

Danışmanlık rolü kapsamında hemşire:

- Stresle baş etme,
- Dürtü kontrolü,
- Kriz yönetimi,
- Hastalıkla yaşamı sürdürme konularında birey ve aileye rehberlik eder (Happell 2018).

Eğitici Rolü

Kronik ruhsal hastalık yönetiminde psikiyatri hemşiresinin temel rollerinden biri psikoeğitim uygulamalarıdır. Psikoeğitim; hastalık belirtileri, ilaç tedavisi, baş etme yöntemleri, nüks belirtileri ve sosyal işlevsellik konularını kapsamaktadır (Chien ve Thompson 2014).

Hemşire eğitimi;

- Bireye,
- Bakım verenlere,
- Toplum ruh sağlığı birimlerine

yönelik planlamakta ve sürdürülebilir öğrenmeyi hedeflemektedir. Literatür, hemşire tarafından yürütülen aile temelli psikoeğitim programlarının nüks oranlarını azalttığını ve işlevselliği artırdığını bildirmektedir (Sharifi ve ark 2016).

Savunuculuk ve Hak Temelli Rolü

Psikiyatri hemşiresi kronik ruhsal hastalığı olan bireyin:

- Sağlık hizmetine erişim,
- Tedavi sürecine katılım,
- Etik ve insan hakları,
- Damgalama ve ayrımcılıkla mücadele

konularında savunuculuk rolü üstlenir (DSÖ 2022). Bu bağlamda hemşire, bireyin bakım sürecinde özerkliğinin korunması, mahremiyetin gözetilmesi ve onurlu bakım ilkelerini temel alır. Güncel çalışmalar, savunuculuk temelli hemşirelik müdahalelerinin kronik ruhsal hastalığı olan bireylerde toplumsal katılım ve iyileşme algısını güçlendirdiğini göstermektedir (Happell 2018).

Toplum Temelli Ruh Sağlığı ve Rehabilitasyon Rolü

Toplum temelli ruh sağlığı hizmetlerinin yaygınlaşması ile birlikte psikiyatri hemşiresi ev ziyareti programları, toplum ruh sağlığı merkezleri, psiko-sosyal rehabilitasyon birimleri, rehabilitasyon ve destek grupları içinde aktif görev almaktadır (Townsend 2018).

Bu rol kapsamında hemşire;

- Sosyal işlevselliği destekleme,
- Günlük yaşam becerilerini güçlendirme,
- Toplumsal rollere geri dönüşü kolaylaştırma,
- Bakım sürekliliğini sağlama

amaçlı girişimler yürütmektedir. Rehabilitasyon temelli hemşirelik uygulamalarının yaşam kalitesini artırdığı ve hastaneye tekrar yatış oranlarını azalttığı bildirilmektedir (Chien ve Thompson 2014).

Kronik ruhsal hastalıkların yönetiminde psikiyatri hemşiresi; bakım veren, eğitici, danışman, savunucu ve toplum temelli ruh sağlığı çalışanı rolleri ile sürecin her aşamasında etkin bir profesyonel aktör olarak yer almaktadır. Güncel literatür, bu rollerin bütüncül ve iyileşme odaklı bakım yaklaşımı ile birlikte ele alındığında birey ve ailelerin yaşam kalitesine önemli katkı sağladığını göstermektedir.

SONUÇ

Kronik ruhsal hastalıklar; bireylerin bilişsel, duygusal, sosyal ve mesleki işlevselliklerini uzun süreli olarak etkileyen, yineleyici seyir gösteren ve sürekli bakım gerektiren önemli bir halk sağlığı sorunudur. Bu hastalıkların yönetiminde yalnızca farmakolojik tedavi yeterli olmayıp, psikososyal müdahaleler, rehabilitasyon uygulamaları, aile ve toplum desteği ile bütüncül bakım yaklaşımı büyük önem taşımaktadır (Stuart 2020, Townsend 2018).

Psikiyatri hemşireleri kronik ruhsal hastalığı olan bireylerin tedavi sürecine uyumunun artırılması, semptom yönetiminin desteklenmesi, baş etme becerilerinin güçlendirilmesi ve toplumsal işlevselliklerinin sürdürülmesi süreçlerinde aktif ve belirleyici bir rol üstlenmektedir. Terapötik iletişim, psikoeğitim, danışmanlık, kriz yönetimi, savunuculuk ve

toplum temelli ruh sağlığı uygulamaları hemşirelik pratiğinin temel bileşenlerini oluşturmaktadır (Peplau 1952, Happell 2018).
Literatür, hemşire tarafından yürütülen psikoeğitim ve aile temelli müdahalelerin nüks oranlarını azalttığını, tedaviye uyumu artırdığını ve bireylerin sosyal işlevselliklerini geliştirdiğini göstermektedir (Chien ve Thompson 2014, Sharifi ve ark 2016). Toplum temelli ruh sağlığı hizmetleri ve rehabilitasyon odaklı hemşirelik uygulamalarının ise yaşam kalitesini artırdığı, hastaneye yatış sıklığını ve bakım yükünü azalttığı bildirilmektedir (Bilir Uslu 2022, Gıynaş ve ark 2019).
Bu bulgular doğrultusunda kronik ruhsal hastalıkların yönetiminde psikiyatri hemşireliği; birey, aile ve toplum düzeyinde süreklilik gösteren, kanıta dayalı ve iyileşme odaklı bir profesyonel uygulama alanı olarak kritik bir konuma sahiptir. Hem klinik hem de toplum temelli hizmet modellerinde psikiyatri hemşiresinin aktif rol alması, bakımın niteliğinin artırılması ve sürdürülebilir ruh sağlığı politikalarının güçlendirilmesi açısından temel bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Alzahrani M, 2023. The role of mental health nurse in the application of different treatment modalities in mental health nursing: Essay. Evidence-Based Nursing Research, 5(2), 45-47.
2. Alyanak SNE, Akdoğan M, Yıldırım S, 2024. Kanser hastalarına bakım verenlerde psikososyal sorunlar ve konsültasyon liyezon psikiyatrisi hemşiresinin rolü. Türkiye Klinikleri.
3. Arnold EC, Boggs KU, 2019. Interpersonal relationships: Professional communication skills for nurses. St. Louis, Elsevier, p. 1-320.
4. Barr PB, Bigdeli TB, Meyers JL, 2022. Prevalence, comorbidity, and sociodemographic correlates of psychiatric diagnoses reported in the All of Us Research Program. JAMA Psychiatry, 79, 622-628.
5. Baysan Arabacı L, Büyükbayram A, Aktaş Y, Taşkın N, 2018. Kronik ruhsal bozukluk tanısı alan hastaların bakım verenlerine verilen psikoeğitimin yaşadıkları güçlük ve psikososyal uyumlarına etkisi. Journal of Psychiatric Nursing, 9(3), 175-185.
6. Beck AT, 1976. Cognitive therapy and the emotional disorders. New York, International Universities Press.
7. Bekiroğlu A, Demiröz D, 2020. Toplum temelli ruh sağlığı hizmetlerinin ruh sağlığı bakım sistemindeki yeri ve önemi. Journal of Society and Social Work, 33, 113-132.
8. Bilkay HI, Ozturk Akdeniz C, Sirin B, Bozkurt Tonguc A, 2025. Investigation of psychiatric nurses' views on psychotherapy implementation processes: A qualitative study. BMC Nursing, 24, Article 785.
9. Bilir Uslu MK, 2022. Türkiye'de ruh sağlığı politikalarında dönüşüm ve toplum temelli bakım yaklaşımı. Toplum ve Sosyal Hizmet, 33, 245-260.
10. Çam MO, Engin E, 2018. Kronik hastalıklarda konsültasyon liyezon psikiyatri hemşireliği ve uygulamaları. Türkiye Klinikleri, 21-27.
11. Chien WT, Thompson DR, 2014. Effects of a nurse-led psychoeducation program for Chinese families of individuals with schizophrenia. Journal of Clinical Nursing, 23, 1346-1356.
12. Çetinkaya Duman Z, Bademli K, 2013. Kronik psikiyatri hastalarının aileleri: Sistematik bir inceleme. Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar, 5(1), 78-94.
13. Engel GL, 1977. The need for a new medical model: A challenge for biomedicine. Science, 196, 129-136.
14. Freud S, 2008. The interpretation of dreams. Oxford, Oxford University Press, p. 1-680.

15. Geçdi T, 2025. Kronik ruhsal hastalığa sahip bireye yönelik ihmal ve istismarın önlenmesinde bakım verenin rolü. Kronik Ruhsal Bozukluklarda Bakım Verenler ve Psikiyatri Hemşireliği. Türkiye Klinikleri.
16. Gıynaş M, Köse A, Ercan S, Yıldız ŞB, Yardım HÖ, Özayhan İ, 2019. Toplum ruh sağlığı merkezi hizmetlerinden yararlanan şizofreni tanılı hastaların yakınlarındaki bakım yükü. Cumhuriyet Tıp Dergisi, 41, 92-99.
17. Happell B, 2018. Mental health nursing interventions: Contemporary practice. London, Sage Publications.
18. Hoffman SG, Asnaani A, Vonk IJ, 2012. The efficacy of cognitive behavioral therapy: A review of meta-analyses. Cognitive Therapy and Research, 36(5), 427-440.
19. Kerfoot K, 2014. Psychiatric nursing: Assessment, care plans, and medications. Philadelphia, F.A. Davis Company.
20. Lök S, Lök N, 2016. Kronik psikiyatri hastalarına uygulanan fiziksel egzersiz programlarının etkinliği: Sistematik derleme. Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar, 8(4), 354-366.
21. Miltenberger RG, 2016. Behavior modification: Principles and procedures. Boston, Cengage Learning.
22. Peplau HE, 1952. Interpersonal relations in nursing. New York, G.P. Putnam's Sons.
23. Peplau HE, 1997. Interpersonal relations in nursing: A conceptual frame of reference for psychodynamic nursing. New York, Springer.
24. Puolakka K, Pitkänen A, 2019. Effectiveness of psychosocial interventions on quality of life of patients with schizophrenia and related disorders: A systematic review. Archives of Psychiatric Nursing, 33(5), 73-82.
25. Rojas V, 2025. From hospital to home: Nursing strategies to promote psychosocial recovery in schizophrenia. Journal of Mental Health, 2(2), 30-36.
26. Sağlık Bakanlığı, 2011. Toplum Ruh Sağlığı Merkezleri Yönergesi. Ankara.
27. Sharifi V, Vatankhah R, Alaghband-Rad J, 2016. Family psychoeducation in chronic mental disorders: A randomized controlled trial. International Journal of Social Psychiatry, 62, 205-213.
28. Şişginoğlu EC, Molu NG, 2024. Kronik ruhsal bozukluğu olan hastaların tıp dışı yardım arama davranışları ve ilaç uyum düzeylerinin belirlenmesi. Medical Journal of Süleyman Demirel University, 31(1), 1-12.
29. Skinner BF, 1953. About behaviorism. New York, Alfred A. Knopf.
30. Stuart GW, Laraia MT, 2020. Principles and practice of psychiatric nursing. St. Louis, Elsevier.
31. Tel H, 2023. Kronik ruhsal hastalıklarda psikososyal müdahalelerin iyileştirici etkisi. Cumhuriyet Hemşirelik Dergisi, 7(2), 72-77.
32. Toğluk S, 2025. Psikofarmakolojik tedaviye uyumda bakım verenlerin rolü ve psikiyatri hemşireliği. Kronik Ruhsal Bozukluklarda Bakım Verenler ve Psikiyatri Hemşireliği. Türkiye Klinikleri.
33. Townsend MC, 2018. Psychiatric mental health nursing: Concepts of care in evidence-based practice. 9th ed. Philadelphia, F.A. Davis.
34. Tuncer GZ, Duman ZÇ, 2020. Kronik ruhsal bozukluğu olan bireylerin gereksinimleri: Sistematik derleme. Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar, 12, 1-11.
35. Vigo D, Thornicroft G, Atun R, 2016. Estimating the true global burden of mental illness. The Lancet Psychiatry, 3(2), 171-178.
36. Ward-Miller S, Farley EM, Espinosa L, Brous ME, Giorgi-Cipriano J, Ferguson J, 2021. Uluslararası Hemşirelik Yılı ve COVID-19'da psikiyatrik ruh sağlığı hemşireliği: Bir hastanenin dayanıklılık ve yenilikçilik perspektifi. Archives of Psychiatric Nursing, 35(3), 303-310.

37. World Health Organization (WHO), 2021. Mental disorders. Erişim tarihi: 12 Aralık 2025. https://www.who.int/mega-menu/health-topics/popular/mental-disorders
38. World Health Organization (WHO), 2022. Guidance on community mental health services. Geneva, WHO Press.
39. World Health Organization (WHO), 2023. Mental disorders – Fact sheet. Erişim tarihi: 02 Ocak 2026. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mental-disorders
40. Yıldırım S, Yalçıner N, Güler C, 2017. Kronik ruhsal hastalıklarda bakımveren yükü: Sistematik derleme. Psikiyatri Hemşireliği Dergisi, 8(3), 165-171.
41. Yıldız MS, Kaçak H, 2021. Pandemi döneminde toplum temelli ruh sağlığı hizmetlerinin önemi: Toplum ruh sağlığı merkezleri örneği. Ulusal Sağlık ve Hastane İdaresi Kongresi Bildiri Kitabı, 115-122

İYİLİĞİN TOPLUMSALLAŞMIŞ SİYASALLIĞI ÜZERİNE
ON THE SOCIALIZED POLITICS OF GOODNESS

Doç. Dr. Cem ÖZKURT, Trabzon Üniversitesi İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi Sosyoloji Bölümü

Özet
Gündelik yaşantıda kişiler arası ilişkilerde derinlemesine gözlemlediğimiz, karşılaşmalarımızda bir insan olarak kendimizi inşa ettiğimiz iyi ile kötü, (iyicil ile kötücül) psiko/biyografik yaşantının tekil durumlarıyla açıklanamayacak karakterde olan karmaşık bir sosyo-oluşumdur. Bu sosyo-oluşumun toplumsal güç ilişkileriyle ilişkisi kurumsal yapılaşmanın içeriğinde gizlidir. Bireylerin tekil dünyalarında iyicil ilişkiler ağıyla karşılaşma olasılığının yükselmesi, kurumsal yapılaşmanın bir ilke olarak ötekinin gözetimi ve kolektif bir iyi tasarımını yüceltmesine bağlıdır. Sadece felsefi olarak gündeme getirdiğimizde, gerçeklik dayanakları eksikmiş gibi gözüken kurumsallığın kolektif iyi hedefi, insanın sosyal gerçekliği potansiyel olarak inşa kapasitesi hesaba katıldığında bir ütopya değildir. Bu eksende bu bildiri, iki bağlamda kuramsal tartışma başlatmayı hedeflemektedir. ilk olarak iyinin felsefi temellendirmesine yönelik bir girişimde bulunulacaktır. İkinci olarak ise toplumsal iyinin siyasal oluşumu tartışmaya açılacaktır.
Anahtar Kelimeler: Toplumsallaşmış Siyasallık, Sosyo-oluşum, İyicil, Kötücül, İyi Düzenlemiş Toplum

Abstract
It is a complex socio-formation that we observe in depth in interpersonal relations in everyday life, in which we construct ourselves as human beings through our encounters with good and evil, (benevolent and malevolent) and whose character cannot be explained by singular instances of psycho/biographical experience. The relationship of this socio-formation to social power relations is concealed within the content of institutional structuring. The increased likelihood of individuals encountering a network of benevolent relations in their singular worlds depends on institutional structuring elevating, as a principle, the oversight of the other and a collective design of the good. When we bring it up only philosophically, the collective good objective of institutionality, which appears to lack grounds in reality, is not a utopia when humanity's potential capacity to construct social reality is taken into account. Along this axis, this paper aims to initiate a theoretical discussion in two contexts. First, an attempt will be made to provide a philosophical foundation for the good. Second, the political formation of the social good will be opened up for discussion.
Keywords: Socialized Politics, Socio-formation, Benign, Malignant, Well-Organized Society

Giriş
İyi ve iyicil üzerine felsefi bir tartışma yürütmek, felsefe tarihinde çağır açmış ve gündemi belirlemiş bazı yaklaşımları yeniden gözden geçirmeyi gerektirir. Bunların başında da Nietzsche'nin felsefi girişimi gelir. Nietzsche'ye göre iyi ile kötü karşıt iki değer değildir. Kendi başına iyi olan ya da kendi başına kötü olan bir şey yoktur, iyi ya da kötü olarak adlandırılan şeyler, değer yargıları ve ahlaklar vardır, dolayısıyla bir inşa faaliyeti söz konusudur. İnsanla ilgili her şeyi değerlendirirken kurulan değer yargıları, insan tipine göre değişir, toplumdan topluma çeşitlenir. Nietzsche, bunu "sürüden sürüye" farklılaşma olarak yorumlar. Sürünün bir ferdi olarak birey değerlendirmesini yaparken, sürünün varlığına/yeniden üretimine zarar verdiğini düşündüğü her şeyi kötü addeder. Sürü insanının

tekil olarak insanı değerlendirmesi de aynıdır. Sürü insanı, ortadoksi değerlerin dışında, evrensel ve iyicil bir insan ideali ortaya koyamaz (Kuçuradi, 2021, s. 29-37).

Birey ve toplum düzeyinde kötücül değerlendirmeler ve önyargıların inşasıyla ilişkili Goffmancı kavramsal çerçeveye yoğunlaştığımızda ise farklı bir bakış açısıyla karşılaşırız. Buna göre bireyler iletişimsel dünyanın örtük kuralları gereği toplumsal gücün denetimine maruz kalarak kirlenirler. Kirlenme, radikal düzeyli bir dışlanma gerekçesidir ve bireylerin biyografik yaşantıları açısından bir dizi nesnel düzenliliğe gönderme yapar: Sosyal yatkınlıklardan devralınan ekonomik ve kültürel sermaye yetersizliği kaynaklara erişimde yoksunluklar inşa eder ve kapasite sorunları oluşturur (Özkurt, 2025). Bu eksende, Goffman, damga nosyonunu gündeme getirir ve kavramı geniş kapsamlı biçimde kullanarak, üç farklı damga türünden bahseder. İlki, bedensel çirkinlikler, muhtelif beden deformasyonlarıdır- İkincisi kişisel zafiyetler, basiretsizlik ya da marjinal eğilimler, sapkınlık ve radikal inançlar, köktencilik, ahlaksızlıktır; bunlara ruh bozukluğu, hapis yatmak, bağımlılık, alkolizm, eşcinsellik, işsizlik, intihar girişimi ve radikal siyasi davranış biçimlerini de eklemek gerekir. Üçüncüsü ise bir ırka, ulusa ve dine tabi olmanın ortaya çıkardığı etnolojik damgalardır; bunlar, soy bağıyla aktarılabilir nitelikte ve bütün aile mensuplarına yansıyan karakterdedir. (Goffman, 2014, s. 31).

Damgalı bireyler, benzer öğrenme deneyimlerinden geçme ve homojen pratikler sergileme eğilimdedir. Bu aynı zamanda, benzer ahlaki kariyerlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Sosyalizasyonun ilk aşamalarında, damgalı birey normalin olağan hâllerini algılamakta, deneyimlemekte ve öğrenmektedir. Bu süreç aynı zamanda çift yönlü olarak işlemektedir. Bir yandan kısıtlıklar tüm trajik gerçekliğiyle deneyimlenmekte; öte yandan da, normalliğin yaşam ritmi, ruh hâli, düşünsel ve duygusal kalıpları ötekini gözlemleyerek, bilişsel ve edimsel bakımdan taklit edilmektedir (Özkurt, 2025). Bu durum, benliğin maruz kaldığı özel türden bir yarılmayı oluşturmaktadır. Birey, damgalı olarak saygınlık dünyasının dışına atılma, sürekli biçimde cereyan eden ötekileştirme ve aşağılanmaya maruz kalmaktadır. Bütün bu negatif durumlara karşı olarak da bireyler makul ve sağduyulu yaşam ritimleri ve davranış kodlarını öğrenmeye çalışmaktadır (Goffman, 2014, s. 63-64). Goffmancı kavramsal çerçevede iyi, kötü, güzel, çirkin, iğrenç, sakıncalı gibi insan değerlendirmeleri etkileşim düzeninin kendine has ritminde damgalama pratikleriyle inşa olmaktadır. Buna etkili bir örnek, annesi escort olan bir erkek çocuğunun, tüm çocukluk ve gençlik döneminde bu gerçekle yüzleşmesinin verdiği trajik iç bunaltısı ve aile kurumuna güvensizliğine rağmen, kendi evlenip de çocuk sahibi olduğunda aile kurumunun saygınlığını yüceltmesidir.

Rawls'ın yaklaşımı ise iyi düzenlenmiş bir toplumun, kolektif iyiyi nasıl ortaya çıkardığına ilişkin sıra dışı bir bakış açısı sunmaktadır. Rawls'ın toplumsal ve siyasal ütopyasının temel çıkış noktası adaletin uygulama alanındaki kısıtlarını ortadan kaldırmaktır. Rawls, demokratik kurumların inşasına felsefi ve ahlaki zemin hazırlayabilecek kuramsal düzeyde bir tartışma başlatmıştır. İlk adımı, toplumun özgürlük ve eşitlik taleplerine cevap vermektir. Bunun için "hakkaniyet olarak adalet" nosyonunu ortaya atmış ve bu nosyonu üç karakteristik özelikle ilişkilendirmiştir. İlki kurumsal yapıları içeriksel mahiyette düzenleyecek ve özsel nitelikleriyle dönüştürebilecek bir ahlaktır. İkincisi, siyasetin ve toplumun makul kapsamlı doktrinlerle güçlendirilmesidir. Üçüncüsü ise siyasal adalet anlayışının demokratik toplumun kamusal siyasal kültüründeki mevcut belli düşünceler ışığında ifade edilmesidir. Bunun anlamı, makul çoğulculuk ilkesi çerçevesinde birbiriyle uzlaşmayan makul kapsamlı doktrinlerin toplumun siyasal kültüründeki arka plan düşünceler setinden gelmesidir (Özkurt, 2026). Rawls'a göre İyi düzenlemiş bir toplumda kurumsal yapıların sistematik işleyişi yurttaşların demokrasiyle bağını güçlendirmelidir. Demokratik ilişkiler ve adalet ilkesinin uygulama alanının genişlemesiyle, sosyal yaşamda hayati önemde olan bir ilke öne çıkmaktadır: Bir şeyin hak olması durumu. Rawls'ın yaklaşımında, sosyal sistemde hak kavramının adalet ilkeleriyle güçlendirilmesi için iki ilkeye dayanması gerekir. Bu ilkelerden

ilki, statü ve mevkilerin eşit olarak dağıtılmasıdır. İkincisi, sosyal ve doğal durumun istismara yol açan etkenlerinin ve olası risklerin ortadan kaldırılmasıdır.
Bu bildiri, bir yönüyle iyinin felsefi temellendirmesini gündeme getirmektedir. Düşünce tarihinde iyinin insan dünyasının bir parçası olarak nasıl yorumlandığı ve bir anlama/anlamlandırma biçimi olarak ne olduğunu betimlemektedir. Bir yönüyle de sosyal ve kültürel alanın farklı disiplinlerinden gelen yaklaşımları göz önünde bulundurarak, siyasallaşmış bir toplumsallıkta kolektif bir iyinin inşa edilip edilemeyeceği bir sorunsal olarak tartışmaya açmaktadır.

1. Kuramsal Tartışma

1.1. Felsefi Bir Spekülasyonun Kritik Eşiği: İyinin ve Kötünün Ötesinde İyi ve Kötü

Nietzsche'nin sürü insanının kolektif değer alanından seslenen zihin dünyasına vurgusu, iyi ile kötü arasındaki keskin sınırı da belirginleştirir çünkü bu sesleniş aynı zamanda hem sürünün yeniden üretimine olanak sağlayan değer alanının güçlendirilmesine hem de bu değer alanını tehdit ettiği düşünülen toplumsal ve kültürel grupların kötü olarak addedilerek dışlanmasına aracılık eder. Nietzsche'ye göre sürü insanlarının lideri rahip tiplidir. Rahip, ezilmiş sürü insanlarının iyileşmeyen hastalıklarını iyileştirmek, her an patlamaya hazır kızgınlıklarını dağıtmak işlevini görmektedir. Bazı durumlarda, bu kızgınlıklara başka bir yön vererek, onları zararsız hale çevirmek için kendine karşı çevirmekte; böylece yeni bir ideali, yeni putları olan bir ahlakı geçerli kılarak grubun değerlerini yeniden değerlendirmektedir. Sürü insanları korkunç bir mantıkla sıyrılamayacağı şeylere yeni bir anlam vermektedir. Nietzsche'ye göre Avrupa'da değerlerin yeniden değerlendirmesi sonucu "zayıflık meziyet" olmuş, karşılık verme gücünün eksikliği iyilik halini almış ve korkaklık alçak gönüllülüğe dönüşmüştür. Zayıf insanın kendine yönelen küfrü duymaması, korkaklığı, kapıda beklemek zorunda olması, sabır gibi adlar kazanmış, bunlara erdemin kendisi denilmiştir.
Nietzsche'ye göre bu değerler, yeniden değerlendirilmesi gereken değerlerdir. Yaratıcı insandan beklenen budur. Nietzsche, Avrupa toplumlarında yaşanan çatışmanın iyi ile kötü arasında değil, iyi ile daha kötüsü/fena arasında olduğu düşüncesindedir. Asıl gerilim, iki farklı ahlak ve insan tipi arasındadır: Grubun değer yargılarına uygun davranan veya davranır gibi gözüken insanlarla, yaratıcı insan arasındadır. Yaratıcı insan çağında genel geçerlilikte olan ahlakın dışında, iyinin ve kötünün ötesinde olan insandır. İyinin ve kötünün ötesinde olmak geçerlikte olan ahlaksal değer yargılarına göre değerlendirme yapmamak, sürünün çıkarını göz önünde bulundurarak hüküm vermemek demektir (Kuçuradi, 2021, s. 29-37).
Aydınlanmanın ilk filozoflarından Kant'ın analizinde ise kolektif iyi ideali bir ödev ahlakıyla formüle edilmiştir. İyi tahayyülü kişiye bir sorumluluk olarak yüklenmiş ve insan aklıyla iyi arasında mutlak bir uyuşma öngörülüştür. Kant'a göre insanlar arası ilişkilerde kendimiz için istediğimizi öteki için de istediğimiz ve insanı bir araç olarak değil, bir amaç olarak gördüğümüz ahlak anlayışıyla eylemek gerekir. Kant'ın girişimi, tekil olarak bireyin ahlaki konumunu saptamaya yönelik bir motivasyon taşısa da aslında toplumsal iyi çağrısına dayayan pratik bir sesleniştir. Benzer bir pratik sesleniş, Sartre'dan gelir. Varoluşun özden önce geldiği teziyle insanın varlığını seçme, reddetme, olanak yaratma, öyle değil de böyle eyleme gibi bilinçli eylemlerle kendini inşa bir kapasitesini öne çıkarmıştır. Sartre'a göre insan bu yolla özgürlük yolunun kapısı aralar. Bu özgürlük, bireyleri kapatan ve toplumsal dünyayla iletişimsiz bir nosyon değildir; kendi dışına çıkan, kolektif bir özgürlük talebiyle güçlenen, iyicil bir konumlanmadır ve toplumsal özgülüğü, iyi düzenlenmiş bir sosyal düzenle birleştirmeyi hedeflemektedir.
Goffman'ın damga nosyonu ise toplumsal nesnel ilişkilerdeki dışlama pratiklerini ve kötünün/kötücülün inşa süreçlerini göstermesi bakımından dikkate değerdir. Bu eksende toplum, kendine hâkim olabilenleri güçlü karakter olarak görüp, kolayca bunalıp hüsrana uğrayan ve yolundan şaşanları zayıf karakter şeklinde adlandırarak, kabiliyetleri olanları

ahlaki açıdan ödüllendirir olmayanları ise cezalandırır (Goffman, 2019, s. 291). Bu karşıtlığa, itibar sembolleri ve damga sembolleri açısından yaklaştığımızda, toplumsal hafızayı keşfetmek açısından yol alırız. Toplumsal bilgiyi, ileten bazı göstergeler iletişimsel ortamlarda rutin olarak kullanılır ve bu göstergelere sembol/simge denir. Bu simgenin taşıdığı sosyal kavrayış prestij, güç, saygınlık gibi anlamlara gönderme yapıyorsa, bu türden bir sembole "statü sembolü" ya da "itibar sembolü" denilebilir ve "damga sembolü" nün karşıtında konumlanır. Damga sembolleri, uyumlu olabilecek içerikleri parçalar ve küçültücü imalarla kimlik uyuşmazlığına neden olur. Üçüncü tür ise, itibar ve damga sembolleri dışında kalan, aktörün olağan yaşam akışı ve kendiliği açısından damga sembolü ortaya çıkarması çok olası bir durumda, yine aktörün algının olağan seyrini gayretiyle değiştirdiği bir pratiktir ki, buna "kimlik karıştırıcılar" denir. Eğitimli bir siyahinin düzgün İngilizcesi bu bağlamda iyi bir örnektir (Goffman, 2014, s. 79-80)

1.2. İyinin Siyasal Oluşumu ve İnşa Edilmiş Toplumsallığı

İyinin siyasal oluşumuna ilişkin bir tartışmanın temel çıkış noktasını şöyle bir sorunsalla derinleştirelim: Gündelik yaşantı karşılaşmalarında bireylerin "iyi" olarak addettikleri ve insani duygulanımlarını olumlu yönde etkileyen olup bitmeleri, toplumsal düzeyde yaygınlaştırmak ve görünür kılmak olanaklı mıdır? İlk bakışta, gerçeklik dayanakları eksikmiş gibi gözüken bu sorunsal, siyasal ve toplumsal yaşantının kadim bir tartışmasına göndermeyle, toplumsal ve kolektif iyi tasarımının siyasal bakımdan nasıl inşa edileceği gibi yeni bir tartışmaya kapı aralar.

Bu tartışmaya, John Rawls'ın verdiği kuramsal uzam, anayasal bir rejim çerçevesinde toplumun iyi düzenlenmesidir. Bu düzenlemenin ilk koşulu, sosyal düzenin eşitlikçi dengesinin sağlanmasıdır. İkincisi ise yurttaşların temel haklar ve ideallere demokratik yollardan katılımıdır (Rawls, 1985). Rawls'a göre bu iki koşul, en kolay biçimde kamusal akıl düşüncesiyle yaşama geçmektedir. Kamusal akıl, demokratik bir halkın karakteristik özelliği olarak eşit yurttaşlık konumunu paylaşan herkesin ortak aklıdır ve kamusal aklın birbiriyle ilişkili beş farklı yönü söz konusudur: Toplumun temel siyasal sorunları, siyasal failler, makul çoğulcu doktrinlerin içeriği, rekabetçi tartışma ortamı ve yurttaş katılımı. Rawls'a göre, iyi düzelenmiş bir toplum, kamusal adalet anlayışıyla inşa edilmiş bir toplumdur fakat bu toplum bir cemaat değildir çünkü cemaatik ilişkide kapsayıcı bir doktrin insanların tümünü istisnaya yer bırakmayacak biçimde kapsamaktadır ve alternatif yaklaşımların geçerlilik iddialarına yer yoktur. Oysa, demokratik kurumlara sahip özgür bir toplumda, makul çoğulculuk ilkesi, toplumun tümünü kapsayacak düşünce ve felsefi sistemlere kapıyı kapatır. Makul çoğulculuk, vatandaşların makul kapsayıcı dini, felsefi ya da ideolojik dünya görüşlerinde derin ve uzlaşmaz farklılıkları olumlar (Rawls, 2020, s. 24). Burada kastedilen, iyi düzenlenmiş bir toplumda siyasal anlayışın kitleselleşmiş ve nesilden nesile varlığını sürdüren düşünceler demetinin çatışma halinde olsalar da, makul dini, felsefi ve ahlaki doktrinler tarafından desteklenmesidir (Rawls, 2020, s. 59).

Rawls'çı kavramsal çerçevenin kamusal akılla ilişkili iki kurucu pratiği rekabetçi tartışma ortamı ve yurttaş katılımıdır. Çağdaş siyasettin en yakıcı sorun alanını oluşturan bu iki gerçeklik bağlamında yorumcular, ağırlıklı olarak liberal demokrasinin artık gerçek yurttaş katılımının dayanağı olmaktan uzaklaşması ve küresel olarak siyasetsizleşmeye vurgu yapmaktadır. Yurttaş katılımı yoksunluğuyla kastedilen liberal demokrasilerin geniş halk kitlerinin çıkarını korumaktan uzaklaşmalarıdır. Daha da vahim olan demokrasilerin işleyişinin yurttaşsızlaşma pratiğini kanıksaması ve aksini ispatlamak için hiçbir çaba sarf edilmemesidir. Demokratik temsilin anlam kayması olarak betimlenebilecek bu durumsallığa geniş halk kitlerinin de uyum sağladığı görülmektedir. Gündelik yaşantısı, sosyo-ekonomik baskıyla her geçen gün daha da ağırlaşan geniş halk kitleleri, siyasete aktif olarak katılıma

ilişkin ikircikli davranmaktadır. Kitleler, siyasetin dönüştürme kapasitesine inancını yitirmektedir.

Sonuç

İyinin toplumsal dünyada ve kurumsal yapılaşmalarda inşası hem felsefenin hem de siyaset kuramının gündemini meşgul eden temel konulardan biridir. Felsefi düşünce geleneğinin iyiyi ele alış biçimi, çoğu zaman kavramsal bir çözümleme biçiminde cereyan etmiştir. İyi ile kötü arasındaki değerlendirme farkını gündeme getirilerek, değerlerin yeniden değerlendirilmesinde, toplumsal iyi için yeni değer yaratımını önerilmiştir. Siyaset kuramının analizi ise iyinin sosyal inşasını toplumsal güç ilişkilerine gömülü olarak anlamlandırma girişimidir. Siyasetin geniş kitlelerin seferberliğiyle sosyal sistemdeki kuvvet dengelerini değiştirip değiştiremeyeceği bir sorunsal olarak cevaplanmaya çalışılmıştır. Siyaset kuramı, çoğunlukla bir analiz birimi olarak tarihsel perspektifi kullanır. Hem iktidarın tarihsel olarak kurulu yapılaşmalarında sınıf ve ideoloji eksenli yarılmaları hem de çağdaş toplumlarda demokrasi olanağını tartışmasına dâhil etmiştir. Güncel tartışma eksenleri ise liberal demokrasinin artık gerçek yurttaş katılımının dayanağı olmaktan uzaklaşması ve küresel olarak siyasetsizleştirme pratiklerine vurgu yapmasıdır.

Kaynakça

Goffman, E. (2014). Damga (Çev. S. Geniş, L. Ünsaldı, S. N. Ağırnaslı). Ankara: Heretik Yayınları.

Goffman, E. (2019b). Kamusal alanda ilişkiler (Çev. M. Fatih). Ankara: Heretik Yayınları.

Kuçuradi, İ. (2021). “İyilik Üzerine”, İyiliği Düşünmek İçinde, (Der: Zülfü Livaneli ve Ayla Göksel), İstanbul: İletişim Yayınları, s. 29-37.

Özkurt, C. (2025). Sosyal etkileşimin Goffmancı analitik incelemesi: İletişimin toplumsal karakteri, düşünümsel anlamlandırma ve etkileşim düzeninde diyalektik çatallanmalar. İçtimaiyat, 9(1), ss 1-14.

Özkurt, C. (2026). Bir Karşılaştırmalı Analiz Girişimi: Rawls ve Zizekte Si-yasalın İnşası, Demokratik Katılım ve Toplumsal Gerilimler, Beytulhikme An International Journal of Philosophy, 16(Sup 1).

Rawls, J. (1985). Justice as Fairness: Political Not Metaphysical. Philosophy and Public Affairs, 14(3), 223-251.

Rawls, J. (2020). Hakkaniyet Olarak Devlet (O. Baş, Çev.). İstanbul: Pinhan Yayınları.

EFFECT OF MAGNETITE ADDITION ON THE ELECTRICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF GRAPHITE-FILLED NBR COMPOSITES

Master's student, Cenk Cihan YERİŞKİN
Gazi University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Advanced Technologies
Prof. Dr. Hayriye Gökçen ELBİR
Gazi University, Vocational School of Health Services
Prof. Dr. Seçkin ALTINDAL YERİŞKİN
Gazi University, Vocational School of Technical Sciences

ABSTRACT

In this study, the effect of doping magnetite (Fe_3O_4) as a hybrid, secondary filler, on the electrical and mechanical-characteristics of nitrile butadiene-rubber (NBR) composites containing 15 phr of graphite was investigated. In our previous study, it was determined that electrical conductivity increased with the amount of graphite in the NBR matrix, and in this study, the NBR composite containing 15 phr (parts per hundred rubber) of graphite, which exhibited high conductivity, was selected as the reference for the secondary filler. Therefore, the magnetite free sample G15M0 and the samples G15M3 and G15M6, containing 3 and 6 phr of magnetite, respectively, were prepared. The electrical characteristics of the hybrid-filled NBR composites were investigated using current–voltage (I-V) measurements, while their mechanical-properties were assessed based on tensile-strength, elongation-at-break, and ShoreA hardness. The I-V measurements showed that electrical conductivity (σ) decreased ($\sigma_{G15M0} = 2.16x10^{-7}$ S/cm, $\sigma_{G15M3} = 1.60x10^{-7}$ S/cm and $\sigma_{G15M6} = 4.76x10^{-8}$ S/cm) markedly with increasing magnetite content. This decrease in σ is due to the deformation of the conductive-networks which formed by graphite within the NBR structure- upon the addition of magnetite, as well as the inability of the magnetite to disperse effectively within the graphite saturated NBR. In mechanical tests, it was indicated that while tensile-strength and ShoreA hardness decreased with the addition of magnetite, elongation-at-break increased. All these experimental results are indicated that the addition of magnetite significantly alters both the electrical and mechanical-characteristics of graphite-filled NBR composites; consequently, the interaction between filler types and amounts in hybrid-filler systems plays an important effect in determining the σ and mechanical- performance of the composites.

Keywords: Nitrile butadiene rubber (NBR); Addition of graphite, magnetite and hybrid fillers; Electrical conductivity and mechanical properties

INTRODUCTION

Advances in polymerization technologies have enabled the development of various types of synthetic rubber with different physical and chemical characteristics [1]. Fillers used to improve the mechanical-properties of rubber materials play an important role in achieving the performance characteristics required for different applications [2,3]. In addition, the incorporation of conductive fillers is essential for improving the electrical conductivity of rubber materials, which are inherently electrically insulating [4]. In the perform of rubber composites, there is a wide variety of both the rubber used as the primary matrix and the filler materials incorporated into that matrix to impart new functional properties (such as mechanical or electrical characteristics). Rubber materials may include silicone rubber [5,6], nitrile butadiene rubber (NBR) [7], butyl rubber [8], natural rubber [9], and ethylene propylene diene

monomer (EPDM) rubber [10]; meanwhile, filler materials, which improve mechanical-electrical properties through their dispersion within the rubber matrix, include substances such as carbon black [11], graphite [12], carbon nanotubes (CNTs) [13,14], and reduced graphene oxide (rGO) [15].

These fillers can significantly influence the performance of rubber-composites due to their distinct structural and physical characteristics. Furthermore, the simultaneous incorporation of different fillers into rubber matrices to form hybrid filler systems enables the modification of multiple physical properties [16-18].

These materials are widely used as fillers in the preparation of both carbon-based materials and various rubber composites, where they contribute to the enhancement of mechanical-properties. Incorporating additives, as identified in the literature, into rubber materials in a hybrid form, rather than individually, holds great promise for the future [19]. When these studies are considered together, the combined use of graphite and magnetite can contribute to tailoring the properties of NBR composites as desired.

In our previous study [20], the electrical properties of NBR composites containing different graphite loadings (10, 15, and 20 phr) were investigated, and electrical conductivity was found to increase with increasing graphite content. Based on these findings, an NBR composite containing 15 phr of graphite was selected as the reference formulation in this study, to examine the electrical and mechanical-characteristics of rubber composites with varying amounts of magnetite additive. For this purpose, NBR composites containing 15 phr graphite and 0, 3, and 6 phr magnetite were prepared and designated as G15M0, G15M3, and G15M6, respectively.

The electrical features of NBR-composites with/without magnetite additives, were calculated from I-V measurements were performed by use Keithley 2400 Sourcemeter. Regarding the mechanical-characteristics of the same-composites, tensile-strength and elongation-at-break were measured by use a Besmak Universal-Testing-Machine, while ShoreA hardness was measured by the help of Mahr MarCator 1075R durometer. The electrical measurements revealed a significant decrease in conductivity as the magnetite content increased.

The σ values for the three different composite samples were calculated as $\sigma_{G15M0} = 2.16 \times 10^{-7}$ S/cm, $\sigma_{G15M3} = 1.60 \times 10^{-7}$ S/cm, and $\sigma_{G15M6} = 4.76 \times 10^{-8}$ S/cm, respectively. Accordingly, the electrical-conductivity of the composite containing 15 phr graphite and 6 phr magnetite per 100 parts of rubber (G15M6) shows an approximately 4.5-fold decrease compared to the reference composite (G15M0), which contains 15 phr graphite but no magnetite. This reduction can be explained by the disruption of network continuity, formed by graphite, which normally enhances electrical conductivity by creating conductive-pathways within the rubber-matrix, upon the addition of magnetite, or to the inability of magnetite to disperse homogeneously within the graphite-saturated rubber.

Mechanical test results indicate that increasing the magnetite content used as a hybrid filler leads to a decrease in the tensile-strength and ShoreA hardness of the composites, while increasing the elongation-at-break. Overall, these results demonstrate that magnetite addition significantly influences both the electrical and mechanical-features of NBR composites and that the rubber's properties can be tailored to specific application requirements by adjusting the amount of additive.

METHODOLOGY

To prepare hybrid reinforced NBR-composites, the following procedure was used: In the first stage, ZnO, stearic acid, IPPD, carbon black (CB), aromatic oil, a processing aid, and TMQ, in the

amounts specified in Table 1, were added to the NBR. The mixture was then processed with a two-roll mill for 25 minutes until a homogeneous-dispersion was achieved. The resulting rubber compound was divided into three equal parts to allow for the incorporation of varying proportions of fillers. Subsequently, a reference sample was prepared by adding 15 phr of graphite (G15M0) as the primary filler to the first part. For the comparative samples, 3 phr (G15M3) and 6 phr (G15M6) of magnetite were added to the second and third parts, respectively, in addition to the 15 phr of graphite, and the mixing process was continued for another 15 minutes to ensure thorough dispersion.

Table-1. Fillers and Processing Aids (phr).

Sample No.	NBR	Graphite	Fe_3O_4	ZnO	Stearic Acid	IPPD	CB	Aromatic Oil	Process Agents	TMQ
G15M0	100	15	0	4	2	1	35	4	2	2
G15M3	100	15	3	4	2	1	35	4	2	2
G15M6	100	15	6	4	2	1	35	4	2	2

After completion of the mixing process on the two-roll mill, curing was performed by using a hydraulic press at 150 °C and 90 bar in steel molds with dimensions of 150 mmx 50 mm x2.0 mm. To ensure a reliable comparison for the electrical and mechanical-characteristics of the three different composites under identical conditions, all samples were compression-molded for 15 minutes under the same processing conditions. The preparation of hybrid-filled NBR-composites using a two-roll mill and the subsequent compression molding is illustrated in Figure-1.



Figure-1. Production of Hybrid-Filled Composites.

Following the completion of the curing process, the samples were allowed to rest at room-temperature (RT) for 24 hours before being shaped into appropriate geometries for mechanical-electrical measurements. For mechanical characterization, the 150 mm x150 mm x2.0 mm samples were cut into cylindrical form with a diameter of 29mm and a thickness of 2.0± 0.2mm for hardness testing in accordance with ASTM D2240, and into dumbbell-shaped specimens for tensile testing in accordance with ASTM D412. Composite samples, cut into bone shapes for tensile testing, are presented in Figure-2.

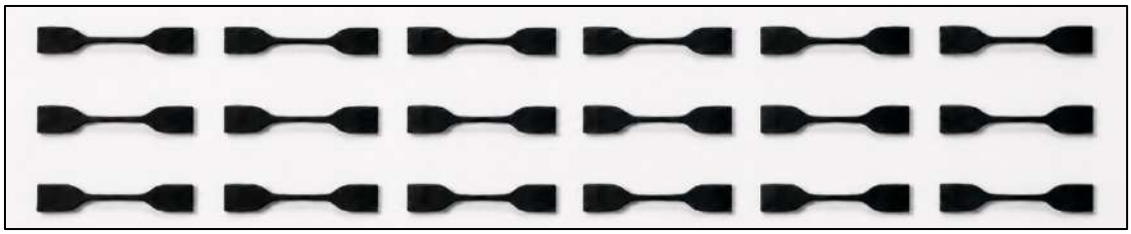


Figure-2. Appearance of composites subjected to a tensile test.

Measurements of the hardness of the samples was using a Mahr MarCator 1075RDurometer, while their tensile properties were determined using a Besmak Universal-Testing Machine at a crosshead-speed of 500 ± 50mm/min. For electrical measurements, composites were cut to dimensions of 1 cm x1 cm x0.2 cm; these samples were then placed between two high purity copper plates, and measurements of the I-V were taken by the use of a Keithley 2400 Sourcemeter over a wide voltage range from -10 to +10 V.

CONCLUSION AND DISCUSSION

In this study, new NBR-composites were prepared by incorporating graphite as the primary filler and magnetite as the secondary filler to introduce mechanical-electrical functionalities do not present in unfilled NBR rubber. The mechanical-properties of the prepared samples were evaluated through tensil-trength, elongation-at-break, and ShoreA hardness tests, while their electrical properties were investigated by current-voltage (I-V) measurements performed over a voltage range of -10 V to +10 V. The ShoreA hardness values of the NBR composite containing only 15 phr graphite and those additionally containing 3 phr and 6 phr magnetite are presented in Figure-3.

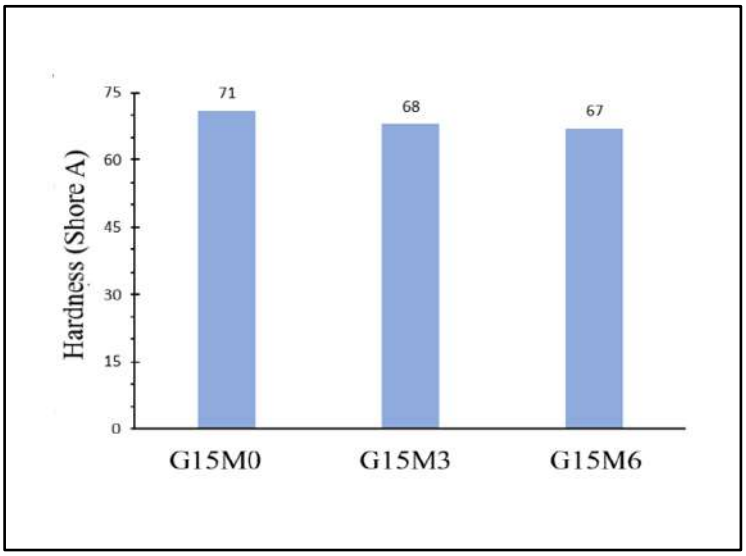


Figure-3. ShoreA hardness values of G15, G15M3, and G15M6 samples.

The ShoreA hardness values for the G15M0, G15M3, and G15M6 composites, presented in Figure 3, are 71, 68, and 67, respectively. Although the ShoreA hardness values tend to decrease with the addition of magnetite, this decline is not very pronounced. In fact, the hardness values for the G15M3 and G15M6 samples are seen to be nearly identical.

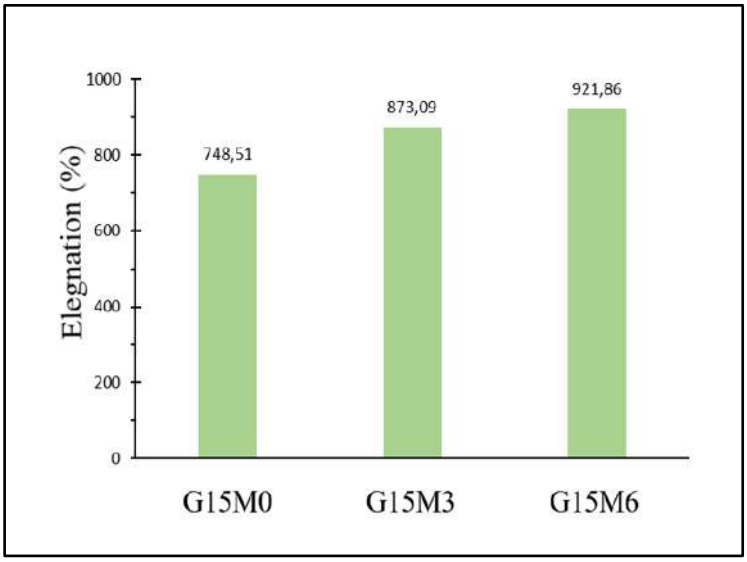


Figure-4. Elongation-at-break values for the G15, G15M3, and G15M6 samples.

The elongation-at-break values for the G15M0, G15M3, and G15M6 composites are shown in Figure-4 as 748.51%, 873.09%, and 921.86%, respectively. These results show a significant increase in the elongation of the composite structure under tension, that is, its capacity to undergo greater deformation before fracture upon the addition of magnetite as a secondary filler. This demonstrates that magnetite contributes to the ability of the graphite filled rubber to undergo further deformation before breaking.

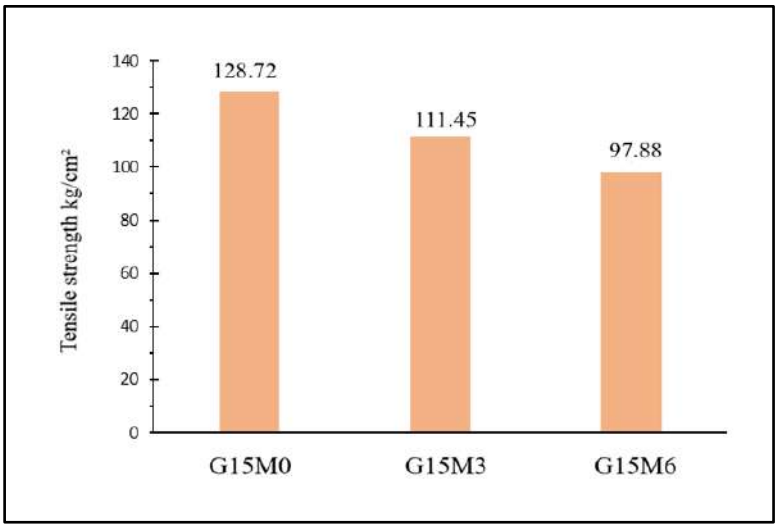


Figure-5. Tensile strength values of the G15, G15M3, and G15M6 specimens.

As can be seen in Figure-5, the tensile strength values for the G15M0, G15M3, and G15M6 composites were measured as 128.72 kg/cm², 111.45 kg/cm², and 97.88 kg/cm², respectively. The tensile-strength results show that the addition of magnetite reduces the tensile-strength of graphite-reinforced NBR-composites. This observed decline in tensile-strength can be explained to the fact that higher concentrations of magnetite make it difficult to achieve a homogeneous distribution within the rubber matrix; furthermore, the magnetite limits the

beneficial effects of the graphite networks, failing to provide a reinforcing effect as effective as that of graphite alone.

Considering all these mechanical results together, it can be stated that the incorporation of magnetite as the secondary filler reduces the load-bearing capacity of the NBR-composites while allowing them to undergo greater deformation before fracture. Therefore, magnetite addition appears to decrease the tensile-strength of the composite structure while increasing its elongation-at-break and deformation capability.

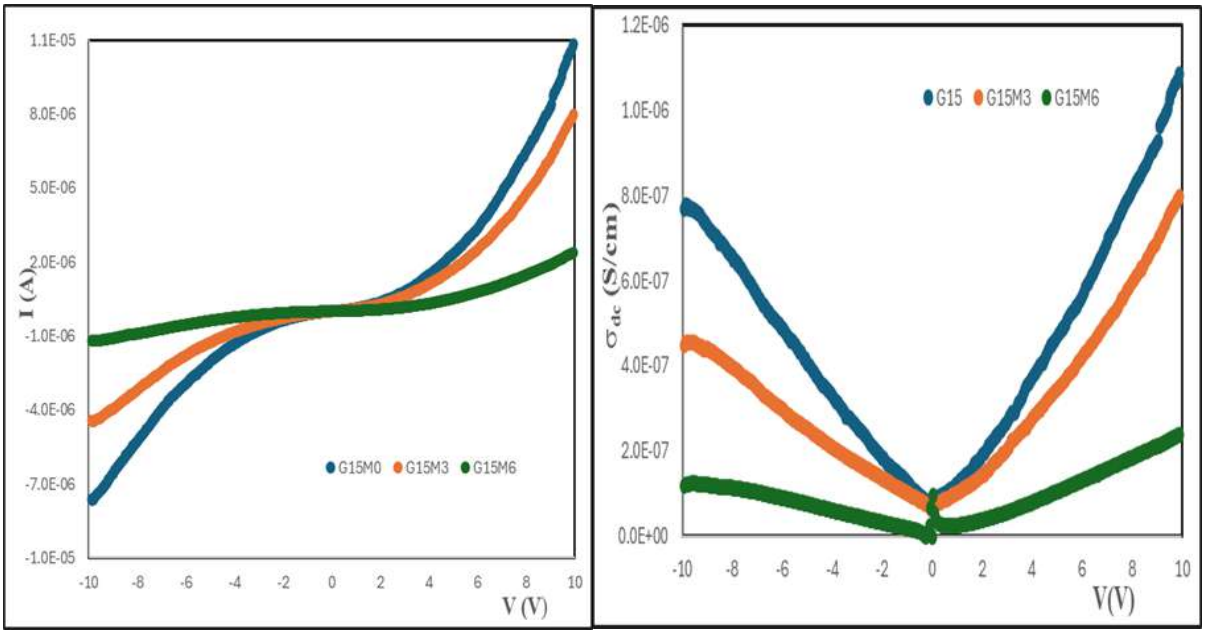


Figure-6. Comparison of I-V and σ_{DC}-V characteristics of G15, G15M3, and G15M6 composites.

Figure-6 presents the I-V and σ_{DC}-V characteristics of the G15, G15M3, and G15M6 composites. Higher current and DC conductivity values were obtained for the G15 sample, which contained no magnetite, whereas both values showed a noticeable decrease with increasing magnetite content. Conductivity values (σ) of 2.16×10^{-7}, 1.60×10^{-7}, and 4.76×10^{-8} S/cm were obtained for the G15M0, G15M3, and G15M6 NBR-composites, respectively, and an approximately 4.5-fold decrease in conductivity was observed when G15M0 and G15M6 were compared. This behavior may be attributed to the partial disruption of the conductive network formed between graphite particles by the presence of magnetite particles, which may restrict the movement of charge carriers. Furthermore, magnetite particles may introduce additional interfaces within the composite system, potentially acting as charge-trapping sites and hindering electron transport. As a result, DC conductivity was found to decrease with increasing magnetite content, while the hybrid composite system containing graphite and magnetite is considered to have the potential to exhibit additional functional properties.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by Gazi University Scientific-Research-Projects (BAP) Coordination Unit (BAP) (Project No. FYL-2025-10590).

REFERENCES

1. Quirk, R. P., & Pickel, D. L. (2013). Polymerization: Elastomer synthesis. In J. E. Mark, B. Erman, & C. M. Roland (Eds.), The science and technology of rubber (4th ed., pp. 27–113). Academic Press.

2. Donnet, J.-B., & Custodero, E. (2013). Reinforcement of elastomers by particulate fillers. In J. E. Mark, B. Erman, & C. M. Roland (Eds.), The science and technology of rubber (4th ed., pp. 383–416). Academic Press.

3. Stöckelhuber, K. W., Das, A., Jurk, R., & Heinrich, G. (2010). Contribution of physico-chemical properties of interfaces on dispersibility, adhesion and flocculation of filler particles in rubber. Polymer, 51(9), 1954-1963.

4. Yin, L., Vahidifar, A., Yu, S., & Zhao, B. (2025). Recent Advances in Conductive Rubber Composites: Progress, Challenges, and Emerging Opportunities. Macromolecular Rapid Communications, e00716.

5. Teusdea, A., Malaescu, I., Sfirloaga, P., & Marin, C. N. (2022). Electric and dielectric properties in low-frequency fields of composites consisting of silicone rubber and Al particles for flexible electronic devices. Materials, 15(6), 2309.

6. Niedik, C. F., Freye, C., Jenau, F., Häring, D., Schröder, G., & Bittmann, J. (2016, July). Investigation on the electrical characterization of silicone rubber using DC conductivity measurement. In 2016 IEEE International Conference on Dielectrics (ICD) (Vol. 2, pp. 1114-1118). IEEE.

7. Allah, M. M. D., Ali, Z. M., & Raslan, M. A. (2019). Dielectric, thermal and morphological characteristics of Nitrile butadiene rubber under effect filler/hybrid filler. measurement, 131, 13-18.

8. Alzamil, M. A., Alfaramawi, K., Abboudy, S., & Abulnasr, L. (2018). Temperature coefficients of electrical conductivity and conduction mechanisms in butyl rubber-carbon black composites. Journal of Electronic Materials, 47(2), 1665-1672.

9. Kitsawat, V., Siri, S., & Phisalaphong, M. (2024). Electrically conductive natural rubber composite films reinforced with graphite platelets. Polymers, 16(2), 288.

10. Sau, K. P., Chaki, T. K., & Khastgir, D. (1998). Carbon fibre filled conductive composites based on nitrile rubber (NBR), ethylene propylene diene rubber (EPDM) and their blend. Polymer, 39(25), 6461-6471.

11. Huang, M., Tunnicliffe, L. B., Liao, S., Yang, B., Yan, H., & Busfield, J. J. (2023). Broadband dielectric characterization of carbon black–reinforced natural rubber. Rubber Chemistry and Technology, 96(4), 656-666.

12. Mansour, S. A., El-Salam, M. A., Moharram, A. H., Hussein, M., & Al-Agel, F. A. (2012). The order addition effect of carbon black/graphite on the electrical properties of rubber composites. Journal of applied polymer science, 126(2), 593-600.

13. Alam, M. N., Azam, S., Yun, J., & Park, S. S. (2025). Critical role of rubber functionalities on the mechanical and electrical responses of carbon nanotube-based electroactive rubber composites. Polymers, 17(2), 127.

14. Subramaniam, K., Das, A., & Heinrich, G. (2011). Development of conducting polychloroprene rubber using imidazolium based ionic liquid modified multi-walled carbon nanotubes. Composites Science and Technology, 71(11), 1441-1449.

15. Aguilar-Bolados, H., Lopez-Manchado, M. A., Brasero, J., Avilés, F., & Yazdani-Pedram, M. (2016). Effect of the morphology of thermally reduced graphite oxide on the mechanical and electrical properties of natural rubber nanocomposites. Composites Part B: Engineering, 87, 350-356.

16. Valentini, L., Bon, S. B., Hernández, M., López-Manchado, M. A., & Pugno, N. M. (2018). Nitrile butadiene rubber composites reinforced with reduced graphene oxide and carbon nanotubes show superior mechanical, electrical and icephobic properties. Composites Science and Technology, 166, 109-114

17. Kitisavetjit, W., Nakaramontri, Y., Pichaiyut, S., Wisunthorn, S., Nakason, C., & Kiatkamjornwong, S. (2021). Influences of carbon nanotubes and graphite hybrid filler on properties of natural rubber nanocomposites. Polymer Testing, 93, 106981.

18. Zhang, H., Yang, Y., Zhang, K., Ji, L., Hua, Z., Cao, W., ... & Liu, Q. (2024). Effect of hybrid filler comprising cryptocrystalline graphite and multi-wall carbon nanotubes on the mechanical and conductive properties of styrene butadiene rubber. Polymer Composites, 45(15), 14136-14145.

19. Alam, M. N., & Park, S. S. (2026). CNT/Fe_2O_3 hybrid filler-engineered polar NBR composites for triboelectric energy harvesting and multifunctional sensors. Sensors and Actuators A: Physical, 118376.

20. Yerişkin, C. C., Elbir, H. G., & Altındal Yerişkin, S. (2026). Investigation of the effects of graphite-reinforced nitrile butadiene rubber (NBR) composites on their electrical properties in a wide voltage range. In M. Eliaçık (Ed.), Proceedings of the 10th International Halich Congress on Multidisciplinary Scientific Research (pp. 34-42). Liberty Academic Publishers.

TASARIM EĞİTİMİNDE ÖĞRENME ORTAMI OLARAK SERGİLEME ETKİNLİĞİ

EXHIBITION ACTIVITIES AS A LEARNING ENVIRONMENT IN DESIGN

Derya ELMALI ŞEN
Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü
Ayşe KELEŞ
Yüksek Lisans Öğrencisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı

ÖZET

Tasarım eğitimi, teorik bilgi ile uygulamalı çalışmaların birbirini tamamladığı, farklı disiplinlerden edinilen bilgilerin bir arada değerlendirildiği öğrenme sürecidir. Bu süreçte öğrenciler, teorik bilgiyi öğrenirken aynı zamanda edindikleri bilgileri uygulama yoluyla pratiğe aktarmakta ve deneyimlemektedirler. Tasarım eğitimi sadece müfredat ve formal dersler bağlamında gerçekleştirilen öğrenme süreci ile sınırlı kalmayıp öğrenmenin formal eğitim sınırları dışına taşmasına imkan sağlamaktadır. Bu açıdan oluşturulan sergi alanları da formal eğitim sınırları dışına taşan öğrenme ortamları olarak değerlendirilebilir. Sergileme etkinliği, profesyonellerin ve öğrencilerin çalışmalarını görünür kılmakla birlikte öğrencilerin birbirleriyle etkileşim kurduğu, farklı öğrenci çalışmalarını inceleyip değerlendirebildiği ve gözlemlediği pedagojik bir ortam sunar. Bu bağlamda çalışmanın amacı, tasarım disiplinleri açısından önemli olan sergileme etkinliklerinin formal, non-formal ve informal öğrenme biçimlerini nasıl desteklediğini incelemektir. Bu amaçla çalışmada öğrenme türleri olan formal, non-formal ve informal öğrenme kavramları ile sergileme etkinliği ilişkisi tasarım eğitimi bağlamında ele alınmaktadır. Araştırmada literatür taraması kapsamında sergileme etkinliklerinin sadece üretilen tasarımların / çalışmaların görünür kılındığı bir ortam oluşturmadığı aynı zamanda öğrencilerin etkileşime girdiği ve sergilenen ürünleri yorumladığı, fikir alışverişinde bulunduğu, öğrencilerin birbirlerinin çalışmalarını gözlemleyebildiği ve farklı tasarım anlayışlarıyla karşılaşmalarına olanak sağladığı görülmektedir. Bu bağlamda öğrencilerin kendi çalışmalarını farklı çalışmalarla kıyaslamaları ve tasarım kurgusunu yeniden düşünmeleri öğrenme sürecini destekleyen deneyimler olarak değerlendirilmektedir. Bu açıdan bakıldığında formal eğitimin yanı sıra informal ve nonformal öğrenme süreçlerine de katkı sağlayan sergileme etkinliği, tasarım eğitiminde formal eğitim süreçlerinin tamamlayıcısı olarak değerlendirilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tasarım Eğitimi, Sergileme Etkinliği, Öğrenme Ortamı

EXHIBITION ACTIVITIES AS A LEARNING ENVIRONMENT IN DESIGN EDUCATION

ABSTRACT

Design education is a learning process in which theoretical knowledge and practical work complement one another, and knowledge acquired from various disciplines is evaluated collectively. In this process, students not only acquire theoretical knowledge but also apply and experience that knowledge through practical work. Design education is not limited to the

learning process that takes place solely within the context of the curriculum and formal classes; rather, it enables learning to extend beyond the boundaries of formal education. From this perspective, the exhibition spaces created can also be viewed as learning environments that extend beyond the boundaries of formal education. Exhibition activities not only make the work of professionals and students visible but also provide a pedagogical environment where students can interact with one another, examine and evaluate different student projects, and observe them. The aim of this study is to examine how exhibition activities, which are significant within the design disciplines, support formal, non-formal, and informal forms of learning. To this end, the study examines the relationship between these types of learning (formal, non-formal, and informal) and exhibition events within the context of design education. The literature review conducted as part of the study reveals that exhibition events not only create an environment in which the designs and works produced are showcased, but also enables students to interact, comment on the exhibited works, exchange ideas, observe each other's work, and encounter different design approaches. In this context, students' ability to compare their own work with that of others and to rethink their design concepts is regarded as an experience that supports the learning process. From this perspective, exhibition activities, which contribute not only to formal education but also to informal and non-formal learning processes, can be regarded as a complement to formal educational processes in design education.

Keywords: Design Education, Exhibition Activity, Learning Environment

GİRİŞ

Tasarım eğitimi, farklı öğrenme yöntemlerinin bir arada kullanıldığı, öğrenilen teorik bilginin uygulama yoluyla denendiği bir öğrenme sürecidir. Bu süreçte katılımcılar tasarımı üretirken aynı zamanda diğer katılımcıların deneyimlerinden, uygulamalarından ve fikirlerinden yararlanırlar. Bu açıdan bakıldığında tasarım eğitimi, teorik bilginin ve deneyimlerin bir arada paylaşıldığı, tasarımcının farklı bakış açıları geliştirmesine imkan tanıyan bir süreç olarak değerlendirilir. Tasarım eğitimi tasarımcının; duygu, akıl ve sezgiyi bir arada kullanıp tasarımlar geliştirmesini sağlamaktadır. Bu süreçte tasarımcının fikirlerini somut ürünlere dönüştürmesi üç boyutlu düşünme becerisini geliştirmektedir (Kalmuk, 2023). UIA ilkeleri açısından tasarım eğitimi sürecinde kazanılması gereken özelliklerin "tasarım-bilgi-beceri" başlıkları ile üç ana grup altında toplandığı görülmektedir. Bu gruplardan ilki olan "tasarım" ile öğrencilerin sorunları belirleyip analiz etmeleri ve bu sorunlara yönelik çözüm geliştirmeleri aynı zamanda hayal güçlerini kullanmaları beklenmektedir. İkinci grup başlığı olan "bilgi" ise öğrencilerin daha çok teknik konularda ve mesleki alanda bilgi edinmeleri ve edinilen bilgileri tasarım sürecinde kullanmaları beklenmektedir. Son grup başlığı olan "beceri"de ise öğrencilerin fikirlerini maket veya modele aktarabilmesini ve üç boyutlu düşünebilmesi kazanılması istenilen özelliklerdendir (Kalmuk, 2023).

Tasarım eğitimi, teorik derslerin ezberletildiği klasik sistem ile işleyen bir ders değildir; daha çok öğrenciye "eylem içinde düşünmeyi" öğreten bir pratiktir (Schön, 1983). Bu yaklaşım doğrultusunda tasarım eğitiminin teorik bilgiyi; gözlem, düşünme ve değerlendirme süreçleri ile tamamladığı söylenebilir. Tasarım eğitimi, teorik dersler ve tasarım eğitimin asıl bölümünü oluşturan tasarım stüdyolarından oluşur. Bu stüdyolar, sadece çıkan sonuç ürüne değil aynı zamanda tasarım sürecini de önemseyen eğitim ortamlarıdır. Bu ortamlarda eğitmen ile öğrenci arasındaki ilişki klasik derslerdeki gibi değildir, tasarım problemini eğitmen ve öğrenci birlikte düşünmekte ve çözüm önerisi getirmektedir (Kalmuk, 2023).

Tasarım eğitimindeki öğrenme süreci, planlanmış ve müfredatlar bağlamında aktarılan dersler ile sınırlandırılamaz. Öğrenciler öğrenme deneyimini birbirleriyle fikir alışverişinde bulunarak, farklı tasarım çalışmalarını inceleyerek geliştirebilir, ders dışında ortak mekanları kullanarak

da öğrenme süreçlerine devam edebilirler. Deed ve Alterator (2017), yükseköğretimde ders dışı ortak mekanlar ile öğrenme ilişkisini incelemiştir. Benzer biçimde Ali Tajer ve Zarei Hajiabadi (2016), tasarıma dayalı okullarda ders dışı öğrenme mekanları ile öğrenciler arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bu çalışmalar, tasarım eğitiminde öğrenme süreçlerinin sadece planlanmış dersler bağlamında olmadığını ders dışı mekansal deneyimlerin de öğrenme süreçlerini etkilediğine işaret etmektedir. Bu bağlamda sergileme etkinlikleri de planlanmış dersler dışında öğrenme süreçlerine etki eden incelemeye değer konular arasında yer almaktadır.

Sergileme etkinlikleri, öğrencilerin tasarım çalışmalarının sunulduğu ve çalışmaların daha çok izleyiciye ulaşmasını sağlayan etkinliklerdir. Sergileme etkinlikleri öğrenci çalışmalarını görünür kıldığı gibi aynı zamanda öğrencilerin farklı çalışmalarla temas edip farklı tasarım yaklaşımlarını inceleyebilmesine, kendi tasarım yaklaşımını yeniden sorgulamasına olanak sunan ortamlar hazırlar (Şekil1). Bu etkinlikler koridor ve stüdyo duvarlarında gerçekleştirilen sergilerden, atölye sergilerine, sanal galerilere ve yarışma sunumlarına kadar uzanmaktadır.

Oh ve arkadaşları (2013), sergileme etkinliklerinde yapılan eleştiri ve fikir alışveriş süreçlerinin, yapılan tasarım çalışmasının fikirsel olarak geliştiren ve katkı veren bir ortam oluşturduğunu belirtmişlerdir. Shublaq ve Abu Raed (2026) ise sergileme etkinliklerinin, tasarım eğitimini ders dışına taşıyarak öğrencilerin birbirleri çalışmalarından öğrenmelerini, özgüven kazanmalarını sağlayan öğrenme ortamı sunduğunu ortaya koymaktadır. Farklı bir çalışma olarak Martin ve Hokanson (2022), sergileme etkinliğinin düzenlenmesi ve etkileşimli olduğunu açıklamıştır. Söz konusu çalışmalar, sergileme etkinliklerinin katılımcılara öğrenme ortamı sunmasına değinirken bunun sadece çalışmaların sergilenmesi ile gerçekleşmediğini göstermektedir.

Bu çerçevede tasarım eğitiminde sergileme etkinliklerini, salt yapılan çalışmaları görünür kılma aracı olarak değerlendirmek yeterli değildir. Bu yüzden sergilerin planlı ders bağlamında oluşturulması, hedeflenmiş bir öğrenme amacı taşıması veya tamamen öğrencinin kendi isteği ile deneyimlemesi gibi farklı hedef ve özellikleri bu etkinliğin formal, non-formal ve informal öğrenme türleriyle bağını kurmaktadır. Diğer bir ifade ile sergileme etkinlikleri ziyaretçisi için iyi bir öğrenme ortamı oluşturmakla birlikte bu ortamın ne tür bir öğrenmeye yol açtığı, serginin farklı öğrenme türleri ile kurduğu bağın niteliğine göre değişkenlik gösterebilmektedir. Bu açıdan sergileme etkinliğinin farklı öğrenme türleri ile ilişkisi de önemli bir araştırma konusu olmaktadır.

Bu kapsamda ele alınan çalışma, sergileme etkinliğinin tasarım eğitiminde bir öğrenme ortamı oluşturmasını ve öğrenme türleri ile ilişkisini - konu edinmektedir. Çalışmanın amacı, tasarım eğitimi bağlamında yapılan sergileme etkinliğinin formal, non-formal ve informal öğrenme türleriyle ilişkisini incelemek ve öğrenme türlerine göre sergileme etkinliğinin hangi niteliklerde, nasıl faaliyetlerden oluştuğunu ve bu faaliyetlerin tasarım eğitimi açısından ne gibi kazanımlar sağladığını araştırmaktır. Bu araştırma literatür taraması kapsamında ele alınmıştır. Çalışma için yapılan literatür taraması sonucunda elde edilen veriler, sergileme etkinliklerinin öğrenme ortamı olarak taşıdığı potansiyel doğrultusunda değerlendirilmiştir.



(a) (b)

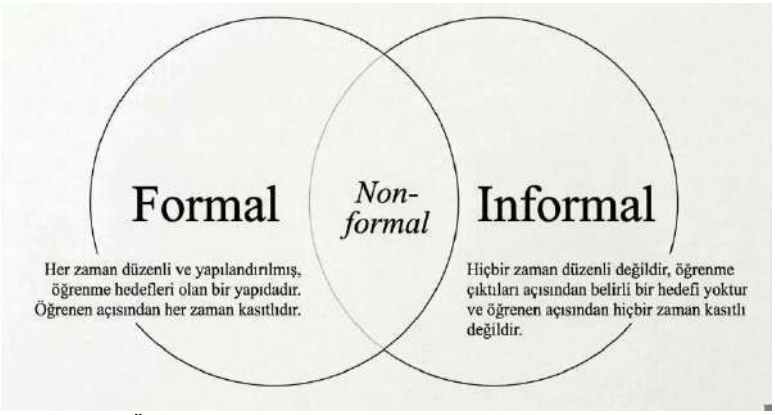
Şekil 1. Trabzon Hamamizade İhsan Bey Kültür Merkezi'nde düzenlenen mimari proje yarışması sergisinden görünümler.

Öğrenme Türleri

Öğrenme türleri formal (örgün), non-formal (yaygın) ve informal (sargın) öğrenme süreçleri olarak sıralanabilir. Bu türlerden ilk olarak formal öğrenme ele alınırsa, bu öğrenme şekli planlanmış bir eğitim sürecini ifade eder. Bu süreç kurumsallaşmış eğitim yapılarında önceden belirlenmiş bir program, müfredat ve hedefler doğrultusunda gerçekleştirilir. Derslere devam zorunluluğu bulunmakta, notlandırma sistemi ile öğrenmenin takibi yapılmaktadır. Formal öğrenme bağlamında tasarım eğitimi; tasarım atölyeleri, dersler ve uygulamalar ile sağlanmaktadır.

Non-formal öğrenme ise formal öğrenmede olduğu gibi belirli hedefleri bulunan bir öğrenme türüdür fakat bu öğrenme türü planlanmış (formal) eğitimin daha esnetilmiş halidir. Bu esneklik devam zorunluluğu ve müfredat üzerinde görülebilir (Dib, 1988). Ayrıca non-formal öğrenme için; formal ve informal öğrenme bileşenlerinin etkileşimiyle oluştuğu söylenebilir (Coombs ve Ahmed, 1974). Formal ve informal öğrenme bileşenlerinin non-formal öğrenmeyle ilişkisi Şekil 2'de şematik olarak gösterilmektedir. Atölyeler, kısa süreli eğitimler, kurslar ve seminerler non-formal öğrenme kapsamında değerlendirilebilirler.

Diğer bir öğrenme biçimi ise informal öğrenmedir. Bu öğrenme türüne planlanmış bir eğitim süreci dahil değildir, tamamen kişinin günlük ve sosyal yaşamında edindiği deneyimleri, gözlemleri ve fikir alışverişleri ile gerçekleşen öğrenme sürecidir. Müze ve sergi gezileri de kişinin kendi deneyimleri, gözlemleri ve etkileşimiyle gerçekleşen bir öğrenim deneyimi sunması bağlamında informal öğrenme kapsamında değerlendirilebilir (Martin & Hokanson, 2022).



Şekil 2. Ögrenme türleri arasındaki ilişki (Johnson ve Majeewska,2024)

Polatoğlu ve Vural (2012), formal derslerin yanında yapılan konferanslar, seminerler, sergiler, yarışmalar ve çalıştaylar gibi etkinliklerin tasarım eğitimine katkı sağladığı ve öğrencinin yaparak, deneyerek öğrenmesini sağladığı şeklinde değerlendirmektedir. Bu bağlamda söz konusu etkinlikler formal öğrenmeyi destekleyen informal ve/veya non-formal niteliklere sahip etkinliklerdir. Öğrenme türlerinin kapsam, hedef, müfredat, öğretim davranışı, eğitici, mekan, ölçme-belgeleme özellikleri ile avantajları ve dezavantajları açısından benzerlik ve farklılık gösteren yönleri Tablo 1'de karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Tablo 1. Formal, Non-formal, İnformal Öğrenme Türlerinin Karşılaştırmalı Tablosu

	Formal (Örgün) Öğrenme	**Non-formal (Yaygın) Öğrenme**	**İnformal (Sargın) Öğrenme**
Kapsam	Okullarda ve üniversitelerde yürütülen kurumsallaşmış sistem.	Örgün sistemin dışında, hedefli ve sistematik eğitim süreci.	Sosyal hayat akışı, günlük deneyim, çevresel etkileşim.
Hedefler	Hedeflidir ve katı biçimde yapılandırılmıştır.	Hedeflidir ve esnek biçimde yapılandırılmıştır.	Direk hedef içermez. Önceden yapılandırılmamıştır.
Müfredat	Yazılı müfredata dayalıdır.	Yazılı müfredat olabilir ama zorunlu değil.	Yazılı bir müfredat yoktur.
Öğretim Davranışları	Doğrudan Öğretim Davranışları	Dolaylı Öğretim Davranışları	Doğrudan öğretim davranışı yoktur. Deneme yanılma ve gözlem hakimdir.
Eğitici	Öğretmen odaklıdır.	Eğitici rehber konumundadır ve yaparak öğrenmeyi destekler.	Belirli bir eğitici yoktur.
Mekan	Okul, derslik, üniversite gibi eğitim kurumlarında gerçekleşir.	Gençlik merkezleri, atölyeler, kulüpler de olabileceği gibi okul yapılarında da yürütülebilir.	Tanımlanmış belirli bir mekan yoktur. Okulda, evde, işte, sokakta sosyal yaşamın her yerinde görülebilir.
Ölçme-Belgeleme	Resmi diplomadır.	Resmi diplomaya dayanmaz. Zorunlu belgelendirme yoktur.	Belgelendirme yoktur.
Avantajları	Ulusal denklik, standartlaşma sağlar, akademik düzeyi ölçer.	Pratik beceriyi, uygulama deneyimini arttırır.	Yaşam boyu devam eder.
Dezavantajları	Katıdır, sınav baskısı bulunur.	Uygulama ve eğitici nitelikte değişkenlik görülebilir.	Rastlantısaldır.

Sergileme Etkinliğinin Öğrenme Türleri İle İlişkisi

Sergileme etkinliklerinin, kullanıcının deneyimlerine ve deneyim şekline göre formal, non-formal ve informal öğrenme süreçlerinden aynı anda biri veya birkaçını destekler nitelikte olduğu söylenebilir. Sergileme etkinliğinin ders kapsamında hazırlanan tasarım çalışmalarının belirli ölçütler doğrultusunda seçilerek sunulması formal öğrenme kapsamında değerlendirilebilirken; bir serginin seçilmiş bir konu doğrultusunda oluşturulmuş atölye, gezi veya söyleşiler ile düzenlenmesi non-formal öğrenme süreçlerini desteklediği söylenebilir. Yani sergileme etkinliğinin atölye, söyleşi gibi etkinlikler ile güçlendirilmesi sergileme etkinliğine non-formal öğrenme sürecini de dahil etmiş olmaktadır. Bunun yanı sıra öğrencinin ya da katılımcının kendi isteği ve ilgisi doğrultusunda bir sergiyi deneyimlemesi, o ortamda fikir alışverişinde bulunması, farklı çalışmaları inceleyip değerlendirmesi ise sergi deneyiminin informal öğrenme bağlamında gerçekleştiği şeklinde değerlendirilebilir. Bir sergi etkinliği öğrenme türlerinden sadece biri ile ilişkili olabileceği gibi üç öğrenme türünün de (formal, non-formal ve informal) bir arada bulunabilmesi mümkündür. Çünkü öğrenme türleri arasında net çizgiler belirlemekten ziyade birbirlerini tamamladıkları görülmektedir. Trabzon Hamamizade İhsan Bey Kültür Merkezi'nde düzenlenen mimari proje yarışması sergisi, sergileme etkinliklerine örnek olarak gösterilebilir (Şekil 3).



(a) (b)

Şekil 3. Trabzon Hamamizade İhsan Bey Kültür Merkezi'nde düzenlenen mimari proje yarışması sergisinden görünümler.

Formal Öğrenme ve Sergileme

Formal öğrenmeye yönelik sergileme belli bir müfredata bağlı olarak yürütülen dersler kapsamında düzenlenmektedir. Öğrencinin sergiye çıkan ürününün jüri veya jüriler tarafından değerlendirilmesi sonucunda not ve kredi elde etmesi hedeflenmektedir. Kurumsal jüri değerlendirmeleri diğer bir ifade ile portfolyo ve jüri sunum panoları, dönem içi ve dönem sonu jüri sergileri, bitirme projesi jürileri gibi etkinlikler bu kapsamda değerlendirilebilir. Jüri günlerinde stüdyo alanları çizim ve maketlerin belirli bir düzende asılması ya da düzenlenmesi ile sergi salonlarına dönüştürülür. Jüri üyeleri de sergilenen tasarımları belirli kriterlere göre inceler ve değerlendirir. Süreç önceden tanımlı ve belirlidir. Sergileme içeriğinin belirlenen standartlara uyması, öğrenciye akademik bir başarı olarak yansıması ve resmi olarak belgelenmesi önemlidir. Bu faaliyetler öğrencinin tasarımlarını teknik bir dille ve şeffaf bir ortamda savunarak mesleki bir pratik kazanmasına, eleştiriye açık olmasına ve mesleki normları içselleştirmesine imkan tanır. Bunun yanı sıra tasarım kararlarını jüri karşısında savunma becerisi de önemli bir diğer kazanımdır. Ayrıca kurum açısından da müfredat başarısının belgelenmesini sağlar.

Non-formal Öğrenme ve Sergileme

Non-formal öğrenmede sergilemeler müfredat dışı olmakla birlikte amaçlı ve programlı alternatif bilgi ortamları oluştururlar. Müfredatta yer verilemeyen destekleyici içerikler ya da müfredattan tamamen bağımsız içerikler bu tür öğrenmenin temel dayanağıdır (Johnson ve Majewska, 2024). Tematik ya da küratöryel bir kurguya sahip olup not kaygısından uzak bir alternatif sunmaktadır. Dolayısıyla okul dışı öğrenme ortamlarında üretilen ürünlerin çıktıları bu sergilerin materyalini oluşturur. Formal eğitime alternatif oluşturan, hedef odaklı ve yarı yapılandırılmış süreçlerin ürünleridir. Atölye/workshop sergileri, öğrenci kulüplerinin tematik sergileri ya da öğrenci buluşmaları/ bienalleri, rehberli turlar, küratör seçkileri ve konuşmaları ile öğrencilerin bizzat küratörlüğünü ve inşasını üstlendiği deneysel sergiler gibi planlı ancak okul dışı öğrenme pratikleri bu kapsamda değerlendirilebilir. Bu sergilemeler sayesinde öğrenciler tek tip stüdyo deneyiminden deneysel yaklaşımlara yönlenme, disiplinler arası bakış açısı kazanma, ortak çalışma becerisi gibi özel beceriler kazanabilmektedir. Bunun yanı sıra küratöryel deneyimler elde etmekte, tematik konularda derinleşebilmekte ve yenilikçi malzeme ve teknikleri keşfedebilmektedir. Dolayısıyla öğrencilerin sadece teorik bilgiye erişimini değil; duygusal, sosyal ve pratik becerilerini de içeren kapsamlı bir gelişimini sağlamaktadır (Erktin ve Soygeniş, 2016). Ayrıca kişinin kendi isteği doğrultusunda katıldığı bu ortamlarda eğitmenler daha çok rehber konumunda bulunup formal derslerdeki gibi hiyerarşik bir sembol taşımamaktadır (Johnson ve Majeewska, 2024).



(a) (b)

Şekil 4. Trabzon Hamamizade İhsan Bey Kültür Merkezi'nde düzenlenen mimari proje yarışması sergisinden görünümler.

İnformal Öğrenme ve Sergileme

Yaşam boyu devam eden ve bu nedenle daha rastlantısal ve örtük bir deneyim sonucu gerçekleşen informal öğrenme ise öğrencinin sergi mekânında tamamen kendi merakı, rastlantısal etkileşimleri ve bireysel deneyimleriyle şekillenen öğrenme süreçlerini kapsar. Spontane gelişen bu süreç, serbest keşfe dayalıdır. Akran etkileşimi ve gözlem informal öğrenmede sergileme yoluyla öğrenmenin önemli nitelikleridir. Koridor panoları ve geçiş alanı sergilemeleri, jüriler sonrası spontane gelişen koridor tartışmaları, açılış kokteylleri, kamusal ve yarı kamusal sergi buluşmaları bu kapsamdadır. Akran öğrenmesi, sezgisel estetik gelişimi, tasarım süreçlerinin ardındaki dinamikleri gözlemleme önemli kazanımlarıdır. Ayrıca mesleki sosyalleşme ve toplumsal farkındalık da sergilemenin katkı sağladığı diğer faydalardır.

Sergileme etkinliklerinin öğretici unsurlarla desteklenmesi informal öğrenme ortamına katkıda bulunur. Aynı zamanda sergileme etkinliklerinde; kullanıcının aktif rol almasını sağlayan faaliyetleri, sergilenen tasarım çalışmaları üzerinde daha fazla düşünmeye ve analiz etmeye imkan sağlamaktadır. Sonuç olarak bakıldığında informal öğrenme ortamı sunan sergileme etkinliklerine eklenen bilgilendirici ve etkileşimli faaliyetlerin informal öğrenme ortamını daha

da destekler niteliğe getirdiği söylenebilir (Martin & Hokanson, 2022). Bu açıdan bakıldığında sergileme etkinliklerinin öğrenme deneyimini olumlu yönde etkileyebileceği söylenebilir.

Tüm bunlarla birlikte informal öğrenme ortamı sunan sergileme mekanlarını deneyimleyen katılımcılarda mutlaka öğrenmenin gerçekleştiği söylenemez. Çünkü öğrenmenin gerçekleşmesi mekansal olarak; sergi mekanının kurgusuna, sergilenen eserlerin erişilebilirliğine, sergileme etkinliğinin etkileşimli olması gibi faktörlere bağlıyken aynı zamanda katılımcının deneyim ve ilgi durumu da kişisel olarak öğrenmeyi etkileyen faktörler olarak değerlendirilebilir (Falk ve Storksdieck 2005).

Tablo 2. Öğrenme Türlerine göre Sergileme Etkinliği

	Formal (Örgün) Öğrenme	**Non-formal (Yaygın) Öğrenme**	**İnformal (Sargın) Öğrenme**
Özellik	Kurumsal, zorunlu, yapılandırılmış, kredi/ not odaklı	Okul dışı, isteğe bağlı, yarı yapılandırılmış, amaçlı/ programlı	Örtük, rastlantısal, yaşam boyu ve sosyal.
Sergileme etkinliğinin niteliği	Hiyerarşik, standartlara bağlı, akademik değerlendirme ve akreditasyon odaklı	Alternatif, tematik, küratöryel kurguya sahip, not kaygısından bağımsız	Spontane, plansız, serbest keşfe dayalı, akran etkileşimi ve gözlem odaklı
Faaliyetler	Portfolyo sunumları Dönem arası / sonu jüri sergileri Bitirme projesi sergileri	Kısa süreli atölye ürün sergileri Öğrenci kulüpleri tematik sergileri öğrenci bienalleri Öğrencilerin küratörü olduğu deneysel sergiler	Koridor panoları ve geçiş alanı sergilemeleri Jüri sonrası yapılan spontane koridor sohbetleri Açılış kokteylleri Kamusal / yarı kamusal sergi buluşmaları
Kazanımlar	Akademik standartlara uyum sağlama, Eleştiriye açık olma, Tasarım kararlarını jüri karşısında savunabilme, Mesleki normları içselleştirme	Disiplinler arası bakış açısı kazanma Ortak çalışma becerisi Tematik derinleşme Yenilikçi malzeme/teknik keşfi	Akran öğrenmesi Tasarım süreçlerinin ardındaki dinamikleri gözlemleme Mesleki sosyalleşme ve toplumsal farkındalık

Yukarıda açıklandığı üzere sergileme etkinliklerinin öğrenme bağlamında birçok kazanımı bulunmaktadır (Shublaq ve Abu Raed, 2026). Sergileme etkinliği, öğrenci çalışmalarını görünür kılmakla birlikte öğrencilerin farklı çalışmalar ile etkileşim kurmasına ve gözlem yapmasına olanak sağlar. Öğrencilerin farklı tasarım çalışmaları üzerinden görsel karşılaştırma yapması ve yansıtıcı düşünmesi kendi çalışmaları için fayda sağlamaktadır. Sergi etkinliğini deneyimleyen öğrenciler, hiçbir kazanım elde etmeseler dahi kendi çalışmalarını tekrar gözden geçirme, karşılaştırma ve yeniden değerlendirme sürecini deneyimlemiş olurlar. Sergilemenin bir diğer kazanımı ise öğrencilerin iletişim becerilerini ve görsel okuryazarlıklarını geliştirmektir. Öğrencilerin tasarımlarını görünür kılmak ve akademik çevreye sunarak özgüvenlerini ve kişisel gelişimlerini olumlu yönde geliştirmek diğer kazanımlar arasındadır (Shublaq ve Abu Raed, 2026). Ayrıca sergi alanında gerçekleşen akran öğrenmesi ve sosyal etkileşim ortamları tasarım eğitimine katkı vermektedir. Bu açıdan bakıldığında tasarım eğitiminde sıkça başvurulan sergileme etkinliğinin formal eğitim sürecinin bir tamamlayıcısı ya da devamı şeklinde olduğu söylenebilir. Sergileme etkinliklerinin formal, non-formal ve informal öğrenme türleriyle ilişkili özellikleri, faaliyetleri ve kazanımları Tablo 2'de özetlenmiştir.

SONUÇ

Tasarım eğitimi, öğrencilerin problemleri farklı tasarım yaklaşımlarıyla ele aldığı, teorik bilginin uygulamaya aktarıldığı öğrenme sürecidir. Bu süreç, planlanmış eğitim doğrultusunda dersler ve müfredatlar ile yürütülürken bunlara eşlik eden ders dışı etkinlikler, deneyimler ve sosyal ilişkiler ile de desteklenebilir. Bu çalışmada sergileme etkinliklerinin; formal, non-formal ve informal öğrenme biçimleriyle ilişkileri literatür bağlamında incelenmiştir.

İnceleme sonucunda sergileme etkinliğindeki öğrenme potansiyelinin sadece sergilenen ürün ile sınırlı olmadığı; serginin hangi amaçla düzenlendiği, katılımcının sergiye nasıl dahil olduğu gibi parametrelerin öğrenme türleri için önemli olduğu görülmektedir. Bu açıdan bakıldığında, sergileme etkinlikleri farklı öğrenme türlerine ortam hazırlayabilen ve bu türlerin bir arada deneyimlenmesine imkan veren ortamlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sergileme etkinlikleri öğrenme türlerine göre ele alındığında, formal öğrenme açısından gerçekleştirilen jüriler, dönem sonu sergileri, öğrencilerin çalışmalarını sunma ve eleştiriler ile çalışmalarını geliştirme becerilerine katkı vermektedir. Non-formal öğrenme bağlamında öğrenciler sergiler ile disiplinler arası bakış açısı ve ortak çalışma becerisi gibi özel beceriler kazanabilmektedir. İnformal öğrenme ile ise gözlem, karşılaştırma, akranlarından öğrenme ve kendi tasarımını yeniden sorgulama gibi kazanımlar elde edildiği görülmektedir.

Sonuç olarak tasarım eğitiminde sergileme etkinliklerinin, formal eğitim süreçlerinin tamamlayıcısı olarak yer aldığı, informal ve non-formal öğrenme ortamları ile desteklendiği görülmüştür. Bununla birlikte sergileme etkinliklerinin tasarım eğitimi bağlamında sadece ürünlerin sunulduğu bir ortam olmayıp, öğrencilere farklı öğrenme türleri bağlamında öğretmeyi sağlayan ortamlar oluşturmaktadır. Öğrenciler bu ortamlarda gözlem, akran öğrenmesi, sosyal etkileşim, karşılaştırma ve eleştirel düşünme gibi süreçleri deneyimleyerek öğrenmelerini desteklemektedir.

KAYNAKÇA

Ali Tajer, S., & Zarei Hajiabadi, F. (2016). Mimarlık okullarının informal mekânlarında öğrenci etkileşimlerinde yapılı çevrenin rolü: Bu-Ali Sina Üniversitesi Sanat ve Mimarlık Fakültesi ile Tahran Üniversitesi Güzel Sanatlar Kampüsü örneği. *Honar-haye Ziba – Memari va Shahrsazi*, 21(1), 79–90.

Coombs, P. H., & Ahmed, M. (1974). *Attacking Rural Poverty: How Nonformal Education Can Help*. Johns Hopkins University Press.

Deed, C., & Alterator, S. (2017). Informal learning spaces and their impact on learning in higher education: Framing new narratives of participation. *Journal of Learning Spaces*, *6*(3), 53-58.

Dib, C. Z. (1988). Formal, non-formal and informal education: Concepts/applicability. *Cooperative Networks in Physics Education, AIP Conference Proceedings* (Vol. 173, pp. 300–315). American Institute of Physics.

Erktin, E., & Soygeniş, S. (2016). Learning by experiencing the space: Informal learning environments in architecture education. *Boğaziçi University Journal of Education*, *31*(1), 81–92. https://dergipark.org.tr/tr/pub/buje/article/328233

Falk, J., & Storksdieck, M. (2005). Using the Contextual Model of Learning to understand visitor learning from a science center exhibition. *Science Education*, 89(5), 744–778.

Johnson, M., & Majewska, D. (2022). *Formal, non-formal, and informal learning: What are they, and how can we research them?* Cambridge University Press & Assessment Research Report.

Johnson, M., & Majewska, D. (2024). What is non-formal learning (and how do we know it when we see it)? A pilot study report. *Discover Education*, 3(1), Article 148. https://doi.org/10.1007/s44217-024-00255-y

Kalmuk, D. (2023). *Mimarlık pratiğinde yaratıcılık düşüncesinin serbest mimarlar üzerinden okunması: Trabzon örneği* [Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi

Martin, D., & Hokanson, B. (2022). Informal learning: The design and development of an exhibition. *International Journal of Designs for Learning*, 13(2), 100–108. https://doi.org/10.14434/ijdl.v13i2.33876

Oh, Y., Ishizaki, S., Gross, M. D., & Do, E. Y.-L. (2013). A theoretical framework of design critiquing in architecture studios. *Design Studies*, 34(3), 302–325. https://doi.org/10.1016/j.destud.2012.08.004

Polatoğlu, Ç. ve Vural, S. M. (2012). As an educational tool the importance of informal studies/studios in architectural design education; case of Walking Istanbul 1&2. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 47, 1282–1288.

Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books.

Shublaq, I., & Abu Raed, A. (2026). Curating Visual Thinking: Virtual Exhibitions in Foundation Architecture Design Education. *Architecture*, 6, 132.

HAREKETLE İYİLEŞME: PSİKİYATRİ HASTALARINDA FİZİKSEL AKTİVİTENİN PSİKOSOSYAL ETKİLERİ
HEALING THROUGH MOVEMENT: THE PSYCHOSOCIAL EFFECTS OF PHYSICAL ACTIVITY IN PSYCHIATRIC PATIENTS

Dilara KARAHAN
Yüksek Lisans Öğrencisi, Selçuk Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Hemşirelik Bölümü Ruh Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği Anabilim Dalı
Prof. Dr. Neslihan LÖK
Prof. Dr. Selçuk Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Hemşirelik Bölümü Ruh Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği Anabilim Dalı

ÖZET
Psikiyatrik bozukluklar, bireyin yalnızca ruhsal durumunu değil, fiziksel sağlığını, sosyal ilişkilerini ve yaşam kalitesini de etkileyen önemli sağlık sorunlarıdır. Psikiyatrik tanı almış bireylerde sıklıkla gözlenen sedanter yaşam tarzı ve düşük fiziksel aktivite düzeyi; metabolik riskler, sosyal işlevsellikte azalma ve genel iyilik halinde bozulma ile ilişkilendirilmektedir. Buna karşılık fiziksel aktivite, fiziksel sağlığın yanı sıra psikososyal iyilik halini destekleyen önemli bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışma, "hareketle iyileşme" kavramı temelinde, psikiyatri hastalarında fiziksel aktivitenin psikososyal etkilerini güncel bilimsel literatür doğrultusunda değerlendirmek amacıyla literatür derlemesi olarak hazırlanmıştır. Güncel sistematik derleme ve meta-analiz bulguları doğrultusunda fiziksel aktivitenin depresyon ve anksiyete belirtilerinin azaltılmasına, benlik saygısı ve öz yeterliliğin desteklenmesine, sosyal işlevsellik ve yaşam kalitesinin geliştirilmesine katkı sağlayabildiği görülmektedir. Şizofreni ve diğer psikotik bozukluklarda bulgular daha heterojen olmakla birlikte, fiziksel aktivitenin psikososyal işlevselliğin yanı sıra kardiyorespiratuvar uygunluğun desteklenmesine katkı sağlayabileceği bildirilmektedir. Bipolar bozuklukta ise özellikle depresif ve anksiyete belirtileri üzerinde olumlu sonuçlar bildirilmekle birlikte, mevcut kanıtların dikkatli değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda fiziksel aktivitenin psikiyatri hemşireliği uygulamalarında yalnızca tamamlayıcı bir uygulama olarak değil, bireyin fiziksel ve psikososyal iyilik halini birlikte destekleyen bütüncül bakım yaklaşımının bir bileşeni olarak ele alınması önem taşımaktadır. Hemşirelerin bireyin özellikleri ve gereksinimleri doğrultusunda fiziksel aktiviteyi değerlendirme, bireyselleştirilmiş planlama, motivasyonu destekleme ve izlem süreçlerine dahil etmesi önerilmektedir. Sonuç olarak fiziksel aktivite, psikiyatri klinikleri ve toplum ruh sağlığı merkezlerinde psikososyal iyilik halini ve yaşam kalitesini destekleyen uygulanabilir bir bakım yaklaşımı olarak değerlendirilebilir.
Anahtar Kelimeler: Hareketle İyileşme, Psikiyatrik Hastalıklar, Fiziksel Aktivite, Psikososyal Etki, Psikiyatri Hemşireliği

ABSTRACT
Psychiatric disorders are important health conditions that affect not only individuals' mental health but also their physical health, social relationships, and quality of life. A sedentary lifestyle and low levels of physical activity, which are frequently observed among individuals with psychiatric disorders, are associated with metabolic risks, reduced social functioning, and impaired overall well-being. In contrast, physical activity is considered an important approach that supports psychosocial well-being as well as physical health. This study was prepared as a literature review to evaluate the psychosocial effects of physical activity in psychiatric patients based on the concept of "healing through movement" and in accordance with current scientific literature. Current systematic reviews and meta-analyses indicate that physical activity may contribute to reducing symptoms of depression and anxiety, supporting self-esteem and self-efficacy, and improving social functioning and quality of life. Although the findings in schizophrenia and other psychotic disorders are more heterogeneous, physical activity may contribute to psychosocial functioning and cardiorespiratory fitness. In bipolar disorder, positive effects have been reported particularly on depressive and anxiety symptoms; however, the available evidence should be interpreted cautiously. Accordingly, physical activity should be considered in psychiatric nursing practice not merely as an adjunctive intervention, but as a component of holistic care that supports individuals' physical and psychosocial well-being. Psychiatric nurses can contribute to the assessment, individualized planning, motivation, and follow-up of physical activity according to individual characteristics and needs. In conclusion, physical activity can be considered a feasible care approach for supporting psychosocial well-being and quality of life in psychiatric clinics and community mental health centers.
Keywords: Healing Through Movement, Psychiatric Disorders, Physical Activity, Psychosocial Effects, Psychiatric Nursing

GİRİŞ

Psikiyatrik bozukluklar dünya genelinde yüksek prevalans ile seyreden, bireyin yalnızca ruhsal değil fiziksel sağlık, sosyal ilişkiler ve yaşam kalitesini de etkileyen önemli kronik sağlık sorunlarıdır. Depresyon, anksiyete, bipolar bozukluk ve psikotik bozukluklar gibi etmenler, sedanter yaşam tarzı ve fiziksel inaktivite ile etkileşerek bireylerin genel iyilik halini olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir. Özellikle psikiyatrik tanı almış bireylerde fiziksel aktivite düzeyinin düşük olması; metabolik risk faktörlerini artırmakta ve yaşam kalitesini düşürmektedir (Vancampfort ve ark 2015b; Schuch ve ark, 2018).

Physical activity (fiziksel aktivite) yalnızca bedensel sağlık için değil aynı zamanda psikososyal sağlık için de koruyucu ve iyileştirici bir etki göstermektedir. Düzenli fiziksel aktivitenin depresyon, anksiyete ve psikotik belirtiler üzerinde olumlu etkilere sahip olduğu, yaşam kalitesini artırdığı ve daha iyi psikolojik iyilik hali ile ilişkili olduğu sistematik derlemelerle gösterilmiştir.

Son yıllarda yapılan bir çalışma, fiziksel aktivitenin sadece ruhsal semptomları azaltmakla kalmayıp aynı zamanda benlik saygısı, öz yeterlilik, sosyal bağlantı ve genel yaşam tatmini gibi psikososyal faktörleri de güçlü biçimde etkilediğini ortaya koymuştur. Bu çalışmada fiziksel aktivite ile mental sağlık arasındaki ilişkide duygudurum, sosyal destek ve öz saygı gibi psikolojik ara değişkenlerin önemli aracılar (mediator) olduğu belirtilmiştir.

Seminer kapsamında "hareketle iyileşme" kavramı, psikiyatrik hastalarda fiziksel aktivitenin hem biyolojik hem de psikososyal etkileri üzerinden ele alınacaktır. Bu yaklaşım, ruh sağlığı uygulamalarında fiziksel aktivitenin bir "ek tedavi" olarak değil, bütüncül bir iyilik hali stratejisi olarak değerlendirilmesini hedeflemektedir. Bu çerçevede fizyoterapi, psikoterapi ve ilaç tedavisi gibi standart yaklaşımlarla birlikte fiziksel aktivitenin uygulanabilirliği ve pratik sonuçları literatür ışığında incelenecektir.

Bu seminerin amacı:
1. Psikiyatrik hastalarda fiziksel aktivitenin psikososyal etkilerini güncel bilimsel literatür temelinde değerlendirmek,
2. Fiziksel aktivitenin ruh sağlığı ile etkileşimini açıklayan kuramsal ve klinik bulguları sentezlemek,
3. Psikiyatri hemşireliği uygulamaları açısından fiziksel aktivite temelli yaklaşımın önemini ve pratik uygulama yollarını göstermek olarak belirlenmiştir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

1. PSİKİYATRİDE FİZİKSEL AKTİVİTEYE KURAMSAL VE KAVRAMSAL BAKIŞ

1.1. Fiziksel aktivite ve egzersiz kavramları

Fiziksel aktivite, bireyin günlük yaşamında kas aktivitesi gerektiren tüm hareketleri kapsayan geniş bir kavramdır. Egzersiz ise planlı, yapılandırılmış ve tekrar eden fiziksel çabaları ifade eden, fiziksel aktivitenin özel bir alt kümesidir (Şenışık 2016). Egzersiz programları genellikle belirli bir amaç doğrultusunda (örneğin kardiyovasküler kapasiteyi artırmak veya psikososyal iyilik halini desteklemek) tasarlanır. Klinik uygulamalarda fiziksel aktivite terimi hem genel hareketliliği hem de terapötik egzersizi kapsar.

Psikiyatrik bağlamda fiziksel aktivite yalnızca bedensel sağlığı iyileştirmekle kalmaz; aynı zamanda duygudurum, bilişsel işlev, sosyal etkileşim ve psikososyal uyum gibi boyutları da olumlu yönde etkileyen bütüncül bir süreçtir (Mahindru ve ark 2023).

1.2. Psikiyatrik Hastalıklarda Fiziksel İnaktivite ve Nedenleri

Psikiyatrik hastalıklara sahip bireylerde fiziksel inaktivitenin yüksek olması, hem tedavi edilmeyen semptomlar (örneğin düşük motivasyon, anhedoni) hem de ilaç yan etkileri (örneğin antipsikotiklerin kilo artışı ve sedasyon etkisi) ile ilişkilidir. Bu durum sedanter yaşam tarzını pekiştirerek fiziksel sağlık risklerini artırmakta ve psikososyal iyilik halini olumsuz etkilemektedir. Fiziksel aktivitenin düşük seviyeleri özellikle majör depresyon ve psikotik bozukluklarda belirgin şekilde gözlenmektedir (Ashdown-Franks ve ark 2019).

1.3. Fiziksel Aktivitenin Ruh Sağlığı İle İlişkisini Açıklayan Kuramsal Yaklaşımlar

Biyolojik/Nörolojik Yaklaşımlar: Egzersiz, nöroplastisiteyi artıran nörobiyolojik değişiklikleri tetikler. Hippokampal yeni nöron oluşumu, BDNF (Brain-Derived Neurotrophic Factor) düzeyinde artış ve stres hormonlarının düzenlenmesi bu süreçlere örnektir. Aerobik egzersiz beyin kan akımını artırarak hipokampal ve prefrontal korteks bölgelerinde duygudurum düzenlenmesini destekler (Cotman ve Berchtold 2002, Mahindru ve ark., 2023).

Psikolojik Mekanizmalar: Fiziksel aktivitenin psikolojik etkileri endorfin ve monoamin hipotezi (serotonin, dopamin salınımı), öz-yeterlik ve benlik saygısında artış, ruminasyonun azalması ve olumlu sosyal etkileşimler aracılığıyla açıklanmaktadır. Bu mekanizmalar ruhsal iyilik halini destekleyen güçlü aracılar olarak kabul edilmektedir (Şenışık 2016, Mahindru ve ark 2023).

Bütüncül Yaklaşım: Biyopsikososyal model, fiziksel aktiviteyi yalnızca bedensel sağlığı artıran bir davranış değil, aynı zamanda psikososyal iyilik halini destekleyen çok boyutlu bir süreç olarak tanımlar. Bu yaklaşım, biyolojik, duygusal ve sosyal faktörlerin eş zamanlı etkisini vurgular (Ashdown-Franks ve ark 2019).

2. PSİKİYATRİ HASTALARINDA FİZİKSEL AKTİVİTENİN PSİKOSOSYAL ETKİLERİ

Fiziksel aktivite, psikiyatrik hastalarda yalnızca biyolojik belirtiler üzerinde değil; aynı zamanda duygusal, bilişsel ve sosyal işlevsellik üzerinde çok boyutlu psikososyal etkiler göstermektedir. Güncel sistematik derlemeler ve meta-analizler, düzenli fiziksel aktivitenin semptomların şiddetini azaltmasının yanı sıra yaşam kalitesi, benlik algısı ve sosyal katılımı anlamlı düzeyde artırdığını ortaya koymaktadır (Schuch ve ark 2018, Firth ve ark 2020).

2.1. Depresyon ve anksiyete belirtileri üzerine etkileri

Depresyon ve anksiyete bozuklukları, psikiyatrik hasta gruplarında en sık görülen belirtiler arasında yer almakta olup, fiziksel aktivite bu belirtilerin azaltılmasında etkili bir tamamlayıcı müdahale olarak kabul edilmektedir. Meta-analizler, düzenli fiziksel aktivitenin depresif belirtileri orta–yüksek etki büyüklüğüyle azalttığını ve bu etkinin bazı olgularda farmakolojik tedavilerle karşılaştırılabilir düzeyde olduğunu göstermektedir (Schuch ve ark 2016, Stubbs ve ark 2018).

Zhang ve arkadaşlarının (2025) çalışmasında, 12 hafta boyunca yürütülen sanal gerçeklik destekli sabit bisiklet egzersizi programının, hafif–orta düzey depresyonlu yetişkinlerde depresyon belirtilerini azalttığı gösterilmiştir. Çin'de yapılan randomize kontrollü bu çalışmada toplam 114 katılımcı çeşitli egzersiz gruplarına ayrılmış; tüm gruplarda depresyon skorlarında anlamlı azalma görülmüş, özellikle sanal gerçeklik kullanılan egzersizlerde daha yüksek iyileşme ve tatmin oranları sağlanmıştır. Bu bulgular, fiziksel aktivitenin yalnızca semptomları azaltmadığını, uygun ve yenilikçi uygulamalarla psikososyal iyilik hali üzerinde güçlü etkiler gösterebildiğini ortaya koymaktadır.

Anksiyete belirtileri açısından değerlendirildiğinde, fiziksel aktivitenin otonom sinir sistemi regülasyonu, stres yanıtının azalması ve duygudurum düzenleme becerilerinin gelişmesi yoluyla anksiyete düzeylerini düşürdüğü bildirilmektedir (Rebar ve ark 2015).

2.2. Benlik saygısı, öz yeterlilik ve umut düzeyi

Fiziksel aktivite, psikiyatrik hastalarda öz yeterlilik algısını güçlendiren ve bireyin kendi bedenine ilişkin algısını olumlu yönde etkileyen bir süreçtir. Düzenli fiziksel aktiviteye katılım, bireyin hedef belirleme, sürdürülebilirlik ve başarma deneyimlerini artırarak benlik saygısı ve umut düzeyinde artış sağlamaktadır (White ve ark 2017).

Klinik çalışmalarda, fiziksel aktivite programlarına katılan bireylerin kendilerini daha kontrol sahibi, daha yeterli ve geleceğe yönelik daha umutlu algıladıkları bildirilmektedir. Bu bulgular, fiziksel aktivitenin psikososyal iyileşme sürecinde yalnızca sonuç değil, aynı zamanda iyileşmenin aktif bir aracı olduğunu göstermektedir (Firth ve ark 2020).

2.3. Sosyal işlevsellik ve sosyal katılım

Psikiyatrik hastalarda sosyal izolasyon ve işlev kaybı yaygın görülen sorunlar arasında yer almaktadır. Fiziksel aktivite, özellikle grup temelli uygulamalar aracılığıyla sosyal etkileşimi artırmakta ve bireyin toplumla yeniden bağ kurmasını desteklemektedir. Çalışmalar, fiziksel aktiviteye katılan psikiyatrik hastaların sosyal becerilerinde, iletişim düzeylerinde ve sosyal rollerini sürdürme kapasitelerinde anlamlı gelişmeler olduğunu göstermektedir (Vancampfort ve ark 2015c).

Türkiye'de yürütülen klinik araştırmalarda da fiziksel aktivite uygulamalarının sosyal katılımı ve günlük yaşam işlevselliğini artırdığı bildirilmiş, bu bulgular uluslararası literatürle paralel şekilde desteklenmiştir.

2.4. Yaşam kalitesi ve iyilik hali

Yaşam kalitesi, psikiyatrik tedavilerin temel hedeflerinden biridir ve fiziksel aktivite bu hedefe ulaşmada etkili bir araç olarak değerlendirilmektedir. Sistematik derlemeler, fiziksel aktivitenin psikiyatrik hastalarda fiziksel sağlık algısını, psikolojik iyilik halini ve genel yaşam doyumunu anlamlı biçimde artırdığını göstermektedir (Vancampfort ve ark 2015c).

Fiziksel aktivitenin uyku kalitesini artırması, enerji düzeyini yükseltmesi ve stresle baş etme becerilerini güçlendirmesi, yaşam kalitesindeki bu artışın temel belirleyicileri arasında yer almaktadır. Bu yönüyle fiziksel aktivite, psikiyatrik bakımda bütüncül iyilik hali yaklaşımının vazgeçilmez bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (World Health Organization 2020).

3. PSİKİYATRİK TANI GRUPLARINDA FİZİKSEL AKTİVİTENİN ETKİLERİ

Bu bölümde fiziksel aktivitenin farklı psikiyatrik tanı gruplarında (depresif bozukluklar, anksiyete bozuklukları, şizofreni ve diğer psikotik bozukluklar ile bipolar bozukluk) psikososyal ve semptomatik etkileri değerlendirilmiştir. Literatürde her tanı grubu için fiziksel aktivitenin etkisi farklı boyutlarda incelenmiş olup, güçlü kanıtlara sahip meta-analiz ve sistematik derleme sonuçlarına dayanılarak tartışılmıştır.

3.1. Depresif Bozukluklar

Depresif bozukluklar, fiziksel aktivitenin en güçlü kanıt gösterdiği tanı grubudur. Sistematik derlemeler ve meta-analizler, düzenli fiziksel aktivitenin depresyon semptomlarını belirgin şekilde azalttığını ortaya koymuştur. Fiziksel aktivitenin depresyon tedavisinde orta ila büyük etki büyüklüğüne sahip olduğu ve bazı çalışmalarda antidepresan tedavi ya da psikoterapiye benzer faydalar sağladığı bildirilmiştir (Schuch ve ark 2018, Ramos-Jiménez ve ark 2025). Aerobik egzersizler ve direnç antrenmanları, BDNF düzeylerinin yükselmesi, iltihabi belirteçlerin azalması ve stres aksının düzenlenmesi gibi nörobiyolojik mekanizmalar yoluyla duygudurum düzenlenmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca fiziksel aktivitenin öznel iyi oluş, yaşam kalitesi ve günlük işlevsellik üzerinde de olumlu etkileri gösterilmiştir (Schuch ve ark 2018).

3.2. Anksiyete Bozuklukları

Anksiyete bozuklukları için fiziksel aktivitenin etkisine yönelik bulgular depresyona göre daha sınırlı olmakla birlikte olumlu yöndedir. Fiziksel aktivitenin hipotalamus–hipofiz–adrenal (HPA) aksının regülasyonu ve otonom sinir sistemi stabilizasyonu aracılığıyla anksiyete semptomlarını azalttığına dair kanıtlar bulunmaktadır (Rebar ve ark 2015). Aerobik egzersiz ve düşük–orta yoğun aktiviteler stres yanıtını azaltmakta, günlük kaygı düzeyini düşürmekte ve özgüven ile stres toleransını artırmaktadır. Ancak çalışmaların heterojenliği nedeniyle bulgular tutarlı değildir; daha kontrollü araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

3.3. Şizofreni ve Diğer Psikotik Bozukluklar

Şizofreni ve psikotik bozukluklarda fiziksel aktivitenin etkileri daha karmaşık ve heterojendir. Bazı meta-analizler, fiziksel aktivitenin şizofreni semptomlarını ve yaşam kalitesini iyileştirdiğini bildirmiştir (Vancampfort ve ark 2015c). Ancak randomize kontrollü çalışmaların bir kısmında pozitif ve negatif psikotik belirtiler üzerinde anlamlı etki bulunmamış, buna karşın stres toleransı, bilişsel işlevsellik ve günlük aktivitelerde kısmen olumlu sonuçlar rapor edilmiştir (Lok ve ark 2017)

Genel olarak fiziksel aktivitenin bu grupta kardiyorespiratuvar uygunluk açısından yarar sağlayabildiği bildirilmektedir (Vancampfort ve ark 2015a). Bunun yanında, fiziksel aktivitenin kardiyovasküler sağlık, kilo kontrolü ve psikososyal alanlarda da olumlu katkılar sağlayabileceği belirtilmektedir.

3.4. Bipolar Bozukluk

Bipolar bozuklukta fiziksel aktivitenin rolü üzerine yapılan sistematik derlemeler, depresif ve anksiyete semptomlarının anlamlı şekilde azaldığını, ancak manik semptomlar üzerinde belirgin bir etki olmadığını göstermektedir (Li ve ark 2025). Kısa süreli ve yüksek frekanslı egzersiz programlarının duygudurum semptomlarını daha fazla iyileştirdiği bildirilmiştir. Bulguların metodolojik sınırlamaları nedeniyle dikkatle yorumlanması gerekmekle birlikte, mevcut kanıtlar fiziksel aktivitenin bipolar bozuklukta duygudurum düzenlemede yardımcı bir müdahale olabileceğini desteklemektedir (Schuch ve ark 2018).

4. PSİKİYATRİ HEMŞİRELİĞİNDE FİZİKSEL AKTİVİTE TEMELLİ UYGULAMALAR

Psikiyatri hemşireliği, bireyin ruhsal, fiziksel ve sosyal iyilik halini bütüncül biçimde ele alan bir disiplin olup, fiziksel aktivite temelli girişimler bu yaklaşımın önemli bileşenlerinden biridir. Güncel literatür, fiziksel aktivitenin psikiyatrik tedavilerde yalnızca destekleyici değil, aynı zamanda iyileşme sürecini hızlandıran ve sürdürülebilirliği artıran bir müdahale alanı olduğunu

ortaya koymaktadır. Bu bağlamda psikiyatri hemşiresi; değerlendirme, planlama, uygulama ve izlem süreçlerinde fiziksel aktiviteyi klinik bakımın bir parçası haline getirme sorumluluğuna sahiptir (Vancampfort ve ark 2015c, World Health Organization 2020).

4.1. Psikiyatri Hemşiresinin Rol ve Sorumlulukları

Psikiyatri hemşiresi, fiziksel aktiviteye yönelik uygulamalarda anahtar bir profesyonel konumundadır. Hemşirenin temel rolleri arasında bireyin fiziksel aktivite düzeyinin değerlendirilmesi, motivasyonunun desteklenmesi, uygun aktivite planlarının oluşturulması ve sürecin izlenmesi yer almaktadır. Psikiyatrik hastalarda düşük motivasyon, olumsuz semptomlar ve ilaç yan etkileri fiziksel aktiviteye katılımı zorlaştırabilmektedir; bu noktada hemşirenin destekleyici ve güçlendirici yaklaşımı belirleyici olmaktadır (Stubbs ve ark 2018).

Hemşireler, fiziksel aktiviteyi teşvik ederken bireyin psikiyatrik tanısını, mevcut fiziksel sağlık durumunu, ilaç kullanımını, bilişsel ve duygusal kapasitesini ve sosyal destek düzeyini dikkate alarak bireyselleştirilmiş bakım planları oluşturmalıdır. Bu yaklaşım hem fiziksel güvenliği artırmakta hem de psikososyal kazanımların sürdürülebilirliğini desteklemektedir (Vancampfort ve ark 2015c).

4.2. Fiziksel Aktiviteyi Teşvik Eden Hemşirelik Girişimleri

Psikiyatri hemşireleri tarafından yürütülen fiziksel aktivite temelli girişimler; yapılandırılmış egzersiz programları, günlük yaşam aktivitelerinin artırılması ve motivasyonel destek uygulamalarını içermektedir. Literatürde, hemşire liderliğinde uygulanan yürüyüş programları, grup egzersizleri ve düşük–orta yoğunluklu fiziksel aktivitelerin psikiyatrik hastalarda depresif belirtileri azalttığı, benlik saygısını artırdığı ve sosyal katılımı güçlendirdiği gösterilmiştir (Firth ve ark 2020).

Hemşirelik girişimleri kapsamında motivasyonel görüşme teknikleri, hedef belirleme ve ilerleme takibi, pozitif geri bildirim ve güçlendirme ile grup temelli aktivitelerle sosyal etkileşimin artırılması ön plana çıkmaktadır. Bu girişimler, fiziksel aktivitenin yalnızca kısa süreli bir uygulama olarak kalmasını değil, bireyin yaşam biçiminin bir parçası haline gelmesini desteklemektedir (World Health Organization 2020).

4.3. Klinik Uygulamalardan ve Programlardan Örnekler

Klinik uygulamalarda fiziksel aktivite temelli programlar; toplum ruh sağlığı merkezleri, yataklı servisler ve ayaktan izlem birimlerinde farklı biçimlerde uygulanabilmektedir. Uluslararası çalışmalarda, psikiyatri servislerinde hemşireler tarafından koordine edilen grup yürüyüşleri ve basit egzersiz programlarının psikiyatrik semptomlarda azalma ve yaşam kalitesinde artış sağladığı bildirilmiştir (Vancampfort ve ark 2015c).

Türkiye'de yürütülen klinik çalışmalarda da hemşirelik temelli fiziksel aktivite uygulamalarının şizofreni ve bipolar bozukluk tanılı bireylerde psikososyal işlevselliği ve tedaviye uyumu artırdığı rapor edilmiştir. Bu çalışmalar, fiziksel aktivitenin psikiyatri hemşireliği bakımında uygulanabilir ve etkili bir girişim olduğunu göstermektedir. Ancak bu uygulamaların standart bakım protokollerine entegre edilmesi için daha fazla kontrollü çalışmaya ihtiyaç olduğu da vurgulanmaktadır. (Lok ve ark 2017).

5. GÜNCEL LİTERATÜRÜN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde fiziksel aktivitenin psikiyatrik durumlar üzerindeki etkilerine ilişkin güncel sistematik derleme ve meta-analiz düzeyindeki kanıtlar ele alınarak bilimsel bulguların kanıt düzeyleri ve klinik uygulamalara yansımaları değerlendirilmektedir.

5.1. Sistematik Derleme ve Meta-Analiz Bulguları

Son yıllarda yayımlanan sistematik derlemeler, fiziksel aktivitenin ruh sağlığı ile güçlü ilişkisini ortaya koymaktadır. COVID-19 pandemisi döneminde yapılan kapsamlı bir meta-analiz, düzenli egzersizin yetişkinlerde anksiyete, depresyon ve stres düzeylerini anlamlı biçimde azalttığını ve yaşam kalitesini artırdığını göstermiştir (Zhang ve ark 2023). Etki büyüklükleri özellikle orta yoğunlukta ve haftada birkaç kez uygulanan egzersizlerde belirgin bulunmuştur.

Benzer şekilde, fiziksel aktivite ile küresel işlevsellik arasındaki ilişkiyi değerlendiren bir meta-analiz, günlük aktivite düzeyleri ile global işlevsellik arasında orta düzeyde pozitif bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur (Chen ve ark 2023). Bu bulgu, fiziksel aktivitenin yalnızca semptomları değil aynı zamanda bireyin günlük yaşam etkinliklerine katılımını desteklediğini göstermektedir.

International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity derlemesi ise fiziksel aktivitenin psikososyal faktörler ve ara değişkenlerle ilişkisini incelemiş; öz-yeterlik, benlik saygısı, sosyal destek ve yaşam doyumu gibi aracılarda güçlü kanıtlar bulunduğunu ortaya koymuştur (White ve ark 2024). Bu sonuçlar, klinik uygulamaların tasarımında psikososyal boyutların dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

5.2. Kanıt Düzeyi ve Klinik Uygulamalara Yansımaları

Meta-analiz bulguları, düzenli fiziksel aktivitenin depresif ve anksiyete belirtilerini azaltmada güçlü kanıt sunduğunu göstermektedir. Özellikle orta yoğunlukta ve haftada birkaç kez yapılan egzersizler etkili bulunmuştur (Zhang ve ark 2023). Egzersizin haftalık toplam miktarı ile semptom iyileşmesi arasında doz-yanıt ilişkisi olduğu yönünde kanıtlar mevcuttur; bu durum kişiselleştirilmiş programların önemini ortaya koymaktadır (Smith ve ark 2025).

Ayrıca meta-analizler, fiziksel aktivitenin yalnızca semptom skorlarını düşürmekle kalmayıp küresel işlevsellik ve yaşam kalitesi üzerinde de orta düzeyde olumlu bir etki sağladığını göstermektedir (Chen ve ark 2023). Bu bulgular, tedavi sonuçlarının değerlendirilmesinde yalnızca klinik semptomların değil, gerçek yaşam etkinliklerinin de dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte, sistematik çalışmaların metodolojik farklılıkları (örneğin denek yaşları, tanı alt grupları ve egzersiz protokollerindeki çeşitlilik) nedeniyle sonuçların heterojenliği yüksektir. Bu nedenle bulgular klinik uygulamalarda yorumlanırken dikkatli değerlendirilmelidir.

SONUÇ

Bu seminerde psikiyatri hastalarında fiziksel aktivitenin psikososyal etkileri güncel bilimsel kanıtlar ışığında değerlendirilmiştir. Sistematik derleme ve meta-analiz bulguları, fiziksel aktivitenin depresyon ve anksiyete belirtilerini azaltmada, benlik saygısı ve öz yeterliliği güçlendirmede, sosyal işlevsellik ile yaşam kalitesini artırmada anlamlı katkılar sunduğunu göstermektedir. Depresif bozukluklar başta olmak üzere farklı psikiyatrik tanı gruplarında fiziksel aktivitenin destekleyici bir tedavi bileşeni olarak etkili olduğu; şizofreni ve bipolar bozukluk gibi daha karmaşık klinik tablolarda ise psikososyal işlevselliği ve genel iyilik halini destekleyici rol üstlendiği görülmektedir.

Psikiyatri hemşireliği açısından fiziksel aktivite temelli girişimler, bireyin iyileşme sürecini bütüncül olarak destekleyen, maliyeti düşük ve uygulanabilirliği yüksek yaklaşımlar olarak öne çıkmaktadır. Hemşire liderliğinde planlanan ve bireyselleştirilen uygulamalar, tedaviye uyumu artırmakta ve ruhsal iyilik halinin sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır. Bu doğrultuda fiziksel aktivite, psikiyatrik bakımın ayrılmaz bir parçası olarak ele alınmalıdır.

KAYNAKÇA

Ashdown-Franks, G., Sabiston, C. M., & Stubbs, B. (2019). The evidence for physical activity in the management of major mental illnesses: A concise overview to inform busy clinicians' practice and guide policy. *Current Opinion in Psychiatry, 32*(5), 375–380.

Chen, L., Zhao, M., Huang, W., & Xu, T. (2023). Association between physical activity and global functioning in individuals with mental disorders: A systematic review and meta-analysis. *Psychiatry Research, 325*, 115–123.

Cotman, C. W., & Berchtold, N. C. (2002). Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends in Neurosciences, 25*, 295–301.

Firth, J., Solmi, M., Wootton, R. E., Vancampfort, D., Schuch, F. B., Hoare, E., ... & Stubbs, B. (2020). A meta-review of "lifestyle psychiatry": the role of exercise, smoking, diet and sleep in the prevention and treatment of mental disorders. *World Psychiatry, 19*(3), 360–380.

Huang, W., & Wong, T. L. (2025). Exercise prescriptions for young people's emotional wellbeing: a systematic review of physical activity intensity, duration, and modality. *Frontiers in Psychology, 16*, 1552531.

Li, X., Liu, F., Ding, F., Ma, X., & Zhu, Y. (2025). Exercise interventions for depressive, manic, and anxiety symptoms in bipolar disorder: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychiatry, 16*, 1648008.

Lok, N., Bademlı, K., & Lok, S. (2017). The effect of a physical activity program on chronic psychiatric patients' positive and negative symptoms and depression levels: A randomized controlled trial. *Turkish Journal of Sport and Exercise, 19*(3), 322–330.

Mahindru, A., Patil, P., & Agrawal, V. (2023). Role of physical activity on mental health and well-being: a review. *Cureus, 15*(1).

Ramos-Jiménez, A., Hernández-Torres, R. P., Ramos-Hernández, J. A., Trejo-Trejo, M., & Chávez-Guevara, I. A. (2025). An update on the effect of physical exercise on depressive disorder: a systematic review with meta-analysis and meta-regression of randomized controlled trials. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology, 11*(1), 9.

Rebar, A. L., Stanton, R., Geard, D., Short, C., Duncan, M. J., & Vandelanotte, C. (2015). A meta-meta-analysis of the effect of physical activity on depression and anxiety in non-clinical adult populations. *Health Psychology Review, 9*(3), 366–378.

Schuch, F. B., Stubbs, B., Meyer, J., Heissel, A., Zech, P., & Vancampfort, D. (2016). Physical activity and depression: A meta-analysis across different populations. *Journal of Affective Disorders, 200*, 67–86.

Schuch, F. B., Vancampfort, D., Firth, J., Rosenbaum, S., Ward, P. B., Silva, E. S., ... & Stubbs, B. (2018). Physical activity and incident depression: a meta-analysis of prospective cohort studies. *American Journal of Psychiatry, 175*(7), 631–648.

Şenışık, S. (2016). Fiziksel aktivite ve mental sağlık ilişkisi: Fiziksel aktivitenin psikolojik etkileri-biyokimyasal, fizyolojik ve psikososyal mekanizmalar. *Türkiye Klinikleri Spor Hekimliği-Özel Konular, 2*(2), 1–7.

Stubbs, B., Vancampfort, D., Rosenbaum, S., Firth, J., Cosco, T., Veronese, N., Salum, G. A., & Schuch, F. B. (2018). Exercise improves depressive symptoms in people with mental illness: A systematic review and meta-analysis. *Acta Psychiatrica Scandinavica, 137*(6), 420–432.

Stubbs, B., Vancampfort, D., Hallgren, M., Firth, J., Veronese, N., Solmi, M., Gaughran, F., Kahl, K. G., Rosenbaum, S., Ward, P. B., & Carvalho, A. F. (2018). EPA guidance on physical activity as a treatment for severe mental illness: A meta-review of the evidence and position statement from the European Psychiatric Association (EPA), supported by the International Organization of Physical Therapists in Mental Health (IOPTMH). *European Psychiatry, 54*, 124–144.

Vancampfort, D., Firth, J., Schuch, F. B., Rosenbaum, S., Mugisha, J., Hallgren, M., Probst, M., Ward, P. B., Gaughran, F., & De Hert, M. (2015a). Physical activity and cardiorespiratory fitness in severe mental illness: A systematic review and meta-analysis. *European Psychiatry, 30*, 199–210.

Vancampfort, D., Firth, J., Stubbs, B., Schuch, F. B., Rosenbaum, S., Hallgren, M., … & Carvalho, A. F. (2025). The efficacy, mechanisms and implementation of physical activity as an adjunctive treatment in mental disorders: A meta-review. *World Psychiatry, 24*, 45–67.

Vancampfort, D., Stubbs, B., Mitchell, A. J., De Hert, M., Wampers, M., Ward, P. B., Rosenbaum, S., & Correll, C. U. (2015b). Risk of metabolic syndrome and its components in people with schizophrenia and related psychotic disorders, bipolar disorder and major depressive disorder: A systematic review and meta-analysis. *World Psychiatry, 14*(3), 339–347.

Vancampfort, D., Stubbs, B., Ward, P. B., Rosenbaum, S., & Soundy, A. (2015c). Physical activity in people with severe mental illness: A systematic review. *World Psychiatry, 14*(3), 333–345.

Wang, C., Tian, Z., & Luo, Q. (2023). The impact of exercise on mental health during the COVID-19 pandemic: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Public Health, 11*, 1279599.

White, R. L., Babic, M. J., Parker, P. D., Lubans, D. R., Astell-Burt, T., & Lonsdale, C. (2017). Domain-specific physical activity and mental health: A meta-analysis. *American Journal of Preventive Medicine, 52*(5), 653–666.

White, R. L., Vella, S., Biddle, S., Sutcliffe, J., Guagliano, J. M., Uddin, R., ... & Teychenne, M. (2024). Physical activity and mental health: A systematic review and best-evidence synthesis of mediation and moderation studies. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 21*(1), 134.

World Health Organization. (2020). *WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour*. World Health Organization.

Zhang, N., Hong, C., Wang, Y., Chen, H., Zhu, Y., Da, M., … & Xu, M. (2025). Stationary cycling exercise with virtual reality to reduce depressive symptoms among people with mild to moderate depression: Randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research, 27*, e72021.

AİLENİN RUH SAĞLIĞININ GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK UYGULAMALAR
PRACTICES FOR PROMOTING FAMILY MENTAL HEALTH

Dilara KARAHAN
Yüksek Lisans Öğrencisi, Selçuk Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Hemşirelik Bölümü Ruh Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği Anabilim Dalı
Prof. Dr. Neslihan LÖK
Prof. Dr., Selçuk Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Hemşirelik Bölümü Ruh Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği Anabilim Dalı

ÖZET
Aile, bireyin ruhsal gelişimi, psikolojik dayanıklılığı ve toplumsal uyumunda önemli bir role sahip temel sosyal yapılardan biridir. Aile içi ilişkiler, iletişim biçimleri, sosyal destek kaynakları ve ailenin işlevselliği, aile üyelerinin ruh sağlığını doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyebilmektedir. Bu nedenle aile ruh sağlığının geliştirilmesine yönelik uygulamaların yalnızca mevcut ruhsal sorunların ele alınmasıyla sınırlı kalmaması; koruyucu, önleyici ve ruh sağlığını geliştirici yaklaşımları da kapsaması önem taşımaktadır. Bu çalışmada, ailenin ruh sağlığının geliştirilmesine yönelik uygulamaların güncel literatür doğrultusunda ele alınması ve bu uygulamaların temel yaklaşımlar çerçevesinde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda aile ruh sağlığını etkileyen bireysel, aile içi, sosyoekonomik, çevresel, kültürel ve toplumsal etmenler ile aile ruh sağlığının geliştirilmesinde kullanılan koruyucu ve önleyici ruh sağlığı, biyopsikososyal ve güçlendirme yaklaşımları incelenmiştir. Psikoeğitim ve aile eğitimi, aile danışmanlığı, destekleyici müdahaleler, aile içi iletişim becerilerinin geliştirilmesi ile stresle başa çıkma ve problem çözme becerilerinin güçlendirilmesi aile ruh sağlığını destekleyen başlıca uygulamalar arasında yer almaktadır. Aile temelli müdahaleler, aile üyelerinin ruh sağlığına ilişkin bilgi ve farkındalıklarının artırılmasına, etkili başa çıkma becerilerinin geliştirilmesine, sosyal destek kaynaklarının güçlendirilmesine ve aile işlevselliğinin desteklenmesine katkı sağlamaktadır. Aile ruh sağlığının geliştirilmesinde psikiyatri hemşireleri; psikososyal değerlendirme, psikoeğitim, danışmanlık, aile ile iş birliği ve bakımın koordinasyonu gibi önemli roller üstlenmektedir. Ayrıca multidisipliner ve toplum temelli ruh sağlığı hizmetleri, ailelerin gereksinimlerinin bütüncül biçimde ele alınmasını desteklemektedir. Türkiye'de aileyi korumaya ve güçlendirmeye yönelik politika ve programlar da aile ruh sağlığının geliştirilmesine yönelik koruyucu, önleyici ve destekleyici uygulamalar açısından önemli bir çerçeve sunmaktadır. Sonuç olarak, aile ruh sağlığının geliştirilmesi; aile ilişkilerinin ve iletişimin güçlendirilmesini, ailelerin psikososyal kaynaklarının desteklenmesini, koruyucu ve önleyici uygulamaların yaygınlaştırılmasını ve sağlık profesyonellerinin multidisipliner ve aile odaklı bir yaklaşımla çalışmasını gerektirmektedir.
Anahtar Kelimeler: Aile, Ruh sağlığı, Aile ruh sağlığı, Psikoeğitim, Güçlendirme, Psikiyatri hemşireliği

ABSTRACT
The family is one of the fundamental social structures that plays an important role in individuals' psychological development, resilience, and social adaptation. Family relationships, communication patterns, social support resources, and family functioning may directly or indirectly influence the mental health of family members. Therefore, practices aimed at promoting family mental health should not be limited to addressing existing mental health problems but should also encompass protective, preventive, and mental health promotion approaches. This study aimed to examine practices for promoting family mental health in light

of the current literature and to evaluate these practices within the framework of major approaches. In this context, individual, intrafamilial, socioeconomic, environmental, cultural, and societal factors affecting family mental health were examined together with protective and preventive mental health, biopsychosocial, and empowerment approaches used to promote family mental health. Psychoeducation and family education, family counseling, supportive interventions, enhancement of family communication skills, and strengthening of stress-coping and problem-solving skills are among the major practices supporting family mental health. Family-based interventions contribute to increasing family members' knowledge and awareness of mental health, developing effective coping skills, strengthening social support resources, and supporting family functioning. Psychiatric nurses play important roles in promoting family mental health through psychosocial assessment, psychoeducation, counseling, collaboration with families, and care coordination. In addition, multidisciplinary and community-based mental health services support the holistic assessment and management of families' needs. In Türkiye, policies and programs aimed at protecting and strengthening families also provide an important framework for protective, preventive, and supportive practices for promoting family mental health. In conclusion, promoting family mental health requires strengthening family relationships and communication, supporting families' psychosocial resources, expanding protective and preventive practices, and adopting a multidisciplinary and family-centered approach among healthcare professionals.
Keywords: Family, Mental health, Family mental health, Psychoeducation, Empowerment, Psychiatric nursing

GİRİŞ

Aile, bireyin yaşamının erken dönemlerinden itibaren içinde bulunduğu; gelişimsel, sosyal ve psikolojik süreçlerin şekillenmesinde rol oynayan temel toplumsal yapılardan biridir. Aile ortamında kurulan ilişkilerin niteliği, bireyin ruhsal iyilik halinin korunması ve geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır. Ruh sağlığı yalnızca psikiyatrik bir hastalığın bulunmamasıyla sınırlı olmayıp bireyin günlük yaşam güçlükleriyle başa çıkabilmesi, sahip olduğu yetenekleri kullanabilmesi, üretken bir yaşam sürdürebilmesi ve toplumsal yaşama katılabilmesiyle ilişkili çok boyutlu bir iyilik halini ifade etmektedir. Dünya Sağlık Örgütü, ruh sağlığının geliştirilmesinde bireysel özelliklerin yanı sıra sosyal ve çevresel koşulların da dikkate alınması ve toplum temelli hizmetlerin güçlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (World Health Organization, 2022).

Aile içindeki iletişim ve ilişki biçimleri, özellikle çocukluk ve ergenlik dönemlerinde ruh sağlığının şekillenmesinde önemli bir bağlam oluşturmaktadır. Güncel bir sistematik derleme, ebeveyn-çocuk iletişiminin niteliği ile ergenlerin ruh sağlığı arasında ilişki bulunduğunu göstermiştir. Bu bulgu, aile içinde açık ve destekleyici iletişimin ruh sağlığının korunması açısından dikkate alınması gereken unsurlardan biri olduğunu düşündürmektedir (Zapf et al., 2024). Bununla birlikte, aileye yönelik ruh sağlığı uygulamalarının yalnızca çocuğa veya ebeveyne odaklanmak yerine aile üyelerinin gereksinimlerini birlikte ele alması önemlidir. Çok bileşenli müdahaleleri inceleyen sistematik derleme ve meta-analizde, bu tür uygulamaların çocukların bilişsel ve sosyal-duygusal gelişimine olumlu katkı sağlayabildiği, ancak ebeveynlerin depresif belirtileri üzerindeki etkisinin sınırlı olduğu bildirilmiştir (Al Sager et al., 2024). Benzer şekilde, ebeveyn ruhsal hastalığının bulunduğu ailelere yönelik bütüncül programları değerlendiren meta-analiz, çocukların ve ebeveynlerin ruh sağlığı ile aile işlevselliğinin birlikte ele alınmasının önemine işaret etmektedir (Moltrecht et al., 2024).

Bu çerçevede aile, ruh sağlığı açısından yalnızca risklerin ortaya çıkabildiği bir ortam değil, aynı zamanda koruyucu ve destekleyici kaynakların geliştirilebildiği önemli bir sosyal çevredir. Aile içi iletişimin güçlendirilmesi, ebeveynlerin ruh sağlığının desteklenmesi ve aile üyelerinin

gereksinimlerinin birlikte ele alınması, aile merkezli ruh sağlığı uygulamalarının temel unsurları arasında yer almaktadır. Gerektiğinde bu uygulamaların toplum temelli hizmetlerle bütünleştirilmesi, ailelerin farklı gereksinimlerine daha kapsamlı yanıt verilmesine katkı sağlayabilir. Bu doğrultuda, ailenin ruh sağlığının geliştirilmesine yönelik uygulamaların koruyucu, destekleyici ve bütüncül bir yaklaşım içerisinde ele alınması önem taşımaktadır.
Bu seminer çalışmasının amacı, güncel literatür doğrultusunda ailenin ruh sağlığının geliştirilmesine yönelik uygulamaları incelemek ve aile merkezli koruyucu, destekleyici ve güçlendirici yaklaşımları değerlendirmektir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

1. AİLE VE RUH SAĞLIĞI KAVRAMSAL ÇERÇEVE

1.1. Aile Kavramı ve Ailenin Temel İşlevleri

Aile, bireyin biyolojik ve duygusal gereksinimlerini karşılayan bir yapı olmanın yanı sıra; ilişkilerin düzenlendiği, değerlerin aktarıldığı ve davranış örüntülerinin öğrenildiği temel bir sosyal sistemdir. Bu açıdan aile kavramı yalnızca aynı yaşam alanını paylaşan bireyleri değil, üyeler arasındaki etkileşimleri, sorumlulukları, duygusal bağları ve karşılıklı destek süreçlerini de kapsamaktadır. Literatürde aile; biyolojik, psikolojik, sosyal, ekonomik ve hukuki boyutları bulunan çok yönlü bir toplumsal birim olarak ele alınmakta ve bireyin gelişimi ile toplumsal uyumunda önemli işlevler üstlendiği belirtilmektedir (Arslan, 2023).
Ailenin temel işlevleri arasında üyelerin bakım ve destek gereksinimlerinin karşılanması, duygusal güvenliğin sağlanması, sosyal değerlerin kuşaklar arasında aktarılması ve aidiyet duygusunun desteklenmesi yer almaktadır (Arslan, 2023). Bu işlevlerin yerine getirilmesinde aile içindeki iletişim ve ilişkilerin niteliği önemli bir yere sahiptir. Açık ve işlevsel iletişim, aile üyelerinin gereksinimlerini ifade etmelerini, karşılıklı destek geliştirmelerini ve karşılaşılan sorunlarla birlikte başa çıkmalarını kolaylaştırmaktadır. COVID-19 pandemisi döneminde gerçekleştirilen bir araştırmada, aile iletişiminin aile dayanıklılığı ile aile işlevselliği arasındaki ilişkide aracı rol oynadığı bildirilmiştir (Sabah et al., 2023). Bu sonuç, iletişimin yalnızca günlük etkileşimlerin sürdürülmesinde değil, kriz dönemlerinde ailenin uyum kapasitesinin desteklenmesinde de önemli olduğunu göstermektedir.
Aile işlevlerinin niteliği, bireyin gelişimsel süreçleri ve aile içindeki etkileşimlerin sürdürülmesi açısından önem taşımaktadır. Özellikle çocukluk ve ergenlik dönemlerinde iletişim, destek, dayanışma ve ilişki örüntüleri bireyin içinde bulunduğu temel sosyal çevreyi oluşturmaktadır. Bu nedenle ailenin bakım, destek, güven ve aidiyet sağlama gibi temel işlevlerinin sağlıklı biçimde sürdürülebilmesi, aile üyelerinin gelişimsel ve psikososyal gereksinimlerinin karşılanması açısından önemlidir. Ailenin bu çok yönlü yapısı, ruh sağlığı ile aile ilişkileri arasındaki bağlantının daha ayrıntılı biçimde ele alınmasını gerekli kılmaktadır.

1.2. Ruh Sağlığı ve Ruh Sağlığının Korunması

Ruh sağlığı, yalnızca ruhsal bozuklukların bulunmamasıyla açıklanamayacak; bireyin yaşamın güçlükleriyle başa çıkabilmesi, yeteneklerini gerçekleştirebilmesi, üretken bir yaşam sürdürebilmesi ve topluma katkı sağlayabilmesiyle ilişkili çok boyutlu bir iyilik halidir. Dünya Sağlık Örgütü, ruh sağlığının bireysel özelliklerin yanı sıra aile, toplum ve daha geniş sosyal koşullardan etkilendiğini belirtmekte; bu nedenle ruh sağlığının korunması ve geliştirilmesinde bireysel ve toplumsal düzeyde koruyucu yaklaşımların güçlendirilmesini önermektedir (World Health Organization, 2022).
Ruh sağlığının korunması, yalnızca ruhsal sorunlar ortaya çıktıktan sonra tedavi sunulmasını değil, risklerin erken dönemde azaltılmasını ve koruyucu kaynakların güçlendirilmesini de kapsamaktadır. Bu doğrultuda koruyucu ve önleyici yaklaşımlar; bireysel ve sosyal kaynakların desteklenmesine, risklerin azaltılmasına ve yaşam çevrelerinin ruh sağlığını destekleyecek biçimde düzenlenmesine odaklanır. Toplum temelli hizmetlerin geliştirilmesi ve bireylerin

içinde yaşadığı çevresel koşulların iyileştirilmesi de bu yaklaşımın önemli bileşenleri arasında yer almaktadır (World Health Organization, 2022).

Bu süreçte psikolojik dayanıklılığın desteklenmesi önemli bir yere sahiptir. Güncel bir umbrella review, olumsuz yaşam deneyimleri sonrasında dayanıklılığın geliştirilmesinde bireysel özelliklerin yanı sıra sosyal ve çevresel kaynakların da rol oynadığını göstermiştir (Abate et al., 2024). Bu bulgu, ruh sağlığının korunmasında yalnızca mevcut sorunların azaltılmasına değil, bireylerin stresle başa çıkma kapasitelerinin ve sahip oldukları destek kaynaklarının güçlendirilmesine de odaklanılması gerektiğine işaret etmektedir.

Ruh sağlığının korunması ve geliştirilmesi bireysel müdahalelerin ötesinde, farklı yaşam alanlarının ve sektörlerin sürece dahil edilmesini gerektirmektedir. Halk ruh sağlığı yaklaşımında ruhsal bozuklukların önlenmesinin yanı sıra iyilik halinin geliştirilmesi ve koruyucu faktörlerin güçlendirilmesi de temel hedefler arasında yer almaktadır (Campion et al., 2022). Aile, okul, işyeri ve toplum gibi günlük yaşam alanlarının ruh sağlığını destekleyecek biçimde güçlendirilmesi bu yaklaşımın önemli unsurlarındandır.

Bu çerçevede aile, bireyin günlük yaşamında ruh sağlığını etkileyebilen temel sosyal çevrelerden biri olarak öne çıkmaktadır. Aile içindeki ilişkiler, iletişim ve karşılıklı destek gibi unsurların ruh sağlığıyla ilişkisi, aile ile ruh sağlığı arasındaki bağlantının ayrıca ele alınmasını gerekli kılmaktadır.

1.3. Ailenin Ruh Sağlığı Üzerindeki Etkisi

Aile içindeki ilişkilerin niteliği ve etkileşim biçimleri, bireylerin ruhsal iyilik hali üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Özellikle iletişim, algılanan aile desteği ve ilişkilerdeki karşılıklılık, bireyin psikolojik kaynaklarını ve stresle başa çıkma süreçlerini etkileyebilmektedir. Lindert ve arkadaşlarının (2025) sistematik derleme ve meta-analizinde, olumsuz aile ilişkilerinin yetişkinlerde depresyon, anksiyete, alkol ve madde kullanımına ilişkin ruh sağlığı sorunlarıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir. Bu sonuç, aile içindeki çatışma, olumsuz iletişim ve ilişkisel güçlüklerin bireyin ruh sağlığı açısından önemli bir risk alanı oluşturabileceğini göstermektedir.

Aile ilişkilerinin ruh sağlığı üzerindeki etkisi yalnızca olumsuz yaşantılarla sınırlı değildir. Algılanan aile desteği, bireyin karşılaştığı güçlüklerle başa çıkmasına katkı sağlayan önemli bir sosyal kaynak olarak değerlendirilmektedir. An ve arkadaşlarının (2024) çalışmasında, algılanan aile desteğinin duygusal, sosyal ve psikolojik iyilik haliyle pozitif yönde ilişkili olduğu bulunmuştur. Aile üyelerinin duygusal ve işlevsel destek sunması, bireyin kendisini güvende ve desteklenmiş hissetmesine katkı sağlayarak psikolojik iyilik halini destekleyebilmektedir.

Bu ilişkiyi açıklamada aile dayanıklılığı da önemli bir kavramdır. Aile dayanıklılığı, ailenin stresli yaşam olayları ve güçlükler karşısında uyum sağlayabilmesi, mevcut kaynaklarını kullanabilmesi ve işlevselliğini sürdürebilmesiyle ilişkilidir. Vladislav ve arkadaşları (2024), aile dayanıklılığını iletişim ve problem çözme, sosyal ve ekonomik kaynakların kullanımı, olumlu tutumların sürdürülmesi, aile yakınlığı ve yaşanan güçlüklerin anlamlandırılması gibi farklı boyutlar üzerinden ele almıştır. Bu yaklaşım, ailelerin güçlüklerle başa çıkma kapasitesinin yalnızca bireysel özelliklerle değil, aile içindeki ilişkiler ve sahip olunan sosyal kaynaklarla birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Bu açıdan aile, bireyin ruh sağlığı bakımından hem risklerin ortaya çıkabildiği hem de koruyucu kaynakların geliştirilebildiği bir sosyal çevredir. İlişkilerin niteliği, aile içi destek ve iletişim biçimi ile ailenin güçlükler karşısındaki uyum kapasitesi, bu çevrenin ruh sağlığı üzerindeki etkisini şekillendirmektedir. Dolayısıyla aile ruh sağlığının geliştirilmesinde yalnızca sorunların azaltılmasına değil, destekleyici ilişkilerin, etkili iletişimin ve başa çıkma kaynaklarının güçlendirilmesine de odaklanılması gerekmektedir. Bu çerçevede, aile ruh sağlığını etkileyen bireysel, ilişkisel, sosyoekonomik, çevresel, kültürel ve toplumsal etmenlerin birlikte ele alınması önem kazanmaktadır.

2. AİLE RUH SAĞLIĞINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

2.1. Bireysel Faktörler

Aile ruh sağlığının şekillenmesinde bireylerin sahip olduğu psikolojik özellikler ve başa çıkma biçimleri önemli bir yere sahiptir. Kişilik özellikleri, özsaygı, duygusal düzenleme, psikolojik dayanıklılık ve stresle başa çıkma biçimleri, bireyin karşılaştığı güçlükleri değerlendirme ve bunlara uyum sağlama süreçlerini etkileyebilmektedir. Bununla birlikte bu özelliklerin aile ve sosyal çevreden bağımsız olarak değerlendirilmesi mümkün değildir. Bireysel ve çevresel kaynakların birbiriyle etkileşimi, ruh sağlığının ve dayanıklılığın gelişiminde birlikte rol oynamaktadır. Ergenlik dönemini ele alan boylamsal bir araştırmada, özsaygı, duygusal düzenleme ve iyimserlik gibi bireysel özelliklerin yanı sıra akran ilişkileri ve sosyal desteğin de dayanıklılıkla ilişkili koruyucu faktörler olduğu gösterilmiştir (Marquez et al., 2023).

Özellikle ergenlik döneminde bireysel özellikler ile aile ortamı arasındaki etkileşim daha belirgin hale gelmektedir. Ebeveyn tutumları ve aile içindeki ilişkiler, ergenlerin psikolojik dayanıklılığının gelişimini etkileyen çevresel unsurlar arasında değerlendirilmektedir. Psikolojik dayanıklılık ile ebeveyn tutumları arasındaki ilişkiyi inceleyen sistematik derlemede, farklı ebeveyn tutumlarının ergenlerin dayanıklılığıyla ilişkili olduğu ve aile ortamının bu süreçte önemli bir bağlam oluşturduğu bildirilmiştir (Çakmak Tolan & Bolluk Uğur, 2024). Bu nedenle bireysel dayanıklılığın değerlendirilmesinde, bireyin içinde bulunduğu aile ortamının özelliklerinin de dikkate alınması gerekmektedir.

Başa çıkma biçimleri ve sosyal destek de bireysel ruh sağlığını etkileyen önemli kaynaklar arasında yer almaktadır. Gençlerle yürütülen bir araştırmada, sosyal desteğin psikolojik dayanıklılıkla pozitif yönde ilişkili olduğu ve başa çıkma stillerinin bu ilişkide aracı rol üstlendiği belirlenmiştir (Cao et al., 2024). Bu sonuç, stresli yaşam olayları karşısında bireyin kullandığı başa çıkma yollarının yanı sıra sahip olduğu sosyal destek kaynaklarının da birlikte değerlendirilmesinin önemini ortaya koymaktadır.

Bu doğrultuda, aile ruh sağlığını etkileyen bireysel faktörler yalnızca kişilik özelliklerinden oluşmamakta; özsaygı, duygusal düzenleme, psikolojik dayanıklılık ve başa çıkma biçimleri gibi farklı psikolojik süreçleri kapsamaktadır. Bu özelliklerin aile ilişkileri ve sosyal çevreyle karşılıklı etkileşim içinde ele alınması, aile ruh sağlığını etkileyen faktörlerin daha bütüncül biçimde anlaşılmasına katkı sağlamaktadır.

2.2. Aile İçi İlişkiler ve İletişim

Aile içi ilişkilerin niteliği ve iletişim biçimi, bireylerin duygu ve düşüncelerini ifade etme, birbirlerinden destek alma ve günlük yaşamın güçlükleriyle başa çıkma süreçlerini etkileyebilmektedir. Özellikle ebeveyn-çocuk iletişimi, çocuk ve ergenlerin psikolojik iyilik hali açısından önemli bir ilişki alanıdır. Ebeveyn-çocuk iletişimi ile ergen ruh sağlığı arasındaki ilişkiyi inceleyen güncel bir sistematik derlemede, iletişim kalitesinin ergen ruh sağlığıyla küçük ve orta düzeyde ilişkiler gösterdiği; depresyon, travma sonrası stres bozukluğu ve psikoz gibi farklı ruhsal sorunlarla da ilişkilendirildiği bildirilmiştir (Zapf et al., 2024).

Aile içinde açık iletişim, karşılıklı anlayış ve duyguların uygun biçimde ifade edilmesi, üyelerin birbirlerinin gereksinimlerini fark etmelerini ve ilişkisel desteğin sürdürülmesini kolaylaştırmaktadır. An ve arkadaşlarının (2024) çalışmasında, algılanan aile desteğinin duygusal, sosyal ve psikolojik iyilik haliyle pozitif yönde ilişkili olduğu gösterilmiştir. Bu ilişki, aile içindeki iletişim ve karşılıklı desteğin bireyin kendisini anlaşılmış ve desteklenmiş hissetmesinde önemli bir rol oynayabileceğini düşündürmektedir.

İletişimin niteliği olumsuz yönde değiştiğinde ise aile içi çatışmalar ve ilişkisel güçlükler daha belirgin hale gelebilmektedir. Zapf ve arkadaşlarının (2024) sistematik derlemesinde, iletişim kalitesinin düşük olması aile içi çatışma ve yetersiz sosyal destek gibi ilişki sorunlarıyla birlikte ele alınmıştır. Bu durum, iletişimin yalnızca bilgi ve duygu paylaşımını sağlayan bir araç olmadığını; aynı zamanda aile üyelerinin birbirlerini anlamaları, sorunları ele almaları ve ilişkilerini düzenlemeleri açısından işlevsel bir süreç olduğunu göstermektedir.

Dolayısıyla aile içi iletişimin niteliği, aile üyeleri arasındaki ilişkilerin nasıl sürdürüldüğünü ve güçlüklerin nasıl ele alındığını etkileyen önemli bir faktördür. Sağlıklı iletişim ortamlarının desteklenmesi, aile üyelerinin gereksinimlerini ifade edebilmeleri ve karşılıklı destek mekanizmalarının sürdürülebilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle aile ruh sağlığını değerlendiren yaklaşımlarda iletişim biçiminin ve aile içi ilişki örüntülerinin birlikte ele alınması gerekmektedir.

2.3. Sosyoekonomik ve Çevresel Faktörler

Aile ruh sağlığı, bireysel özellikler ve aile içi ilişkilerin yanı sıra, ailenin içinde bulunduğu sosyoekonomik ve çevresel koşullardan da etkilenmektedir. Özellikle çocukluk döneminde yaşanan yoksulluk ve ekonomik güçlükler, kronik stresin artmasına ve bilişsel, sosyo-duygusal ve fiziksel gelişim süreçlerinin olumsuz etkilenmesine neden olabilmektedir (Evans & Kim, 2013). Sosyoekonomik eşitsizlikler ile çocuk ve ergenlerin ruh sağlığı arasındaki ilişkiyi inceleyen sistematik derlemede de düşük sosyoekonomik düzeyin ruh sağlığı sorunları açısından daha yüksek riskle ilişkili olduğu ve bu ilişkinin özellikle çocukluk döneminde daha belirgin olduğu bildirilmiştir (Reiss, 2013).

Bu ilişkiyi destekleyen daha güncel bulgular, sosyoekonomik koşulların çocuk ruh sağlığı açısından önemli bir sosyal belirleyici olduğunu göstermektedir. Xiao ve arkadaşlarının (2023) geniş ölçekli araştırmasında, daha yüksek sosyoekonomik yoksunluk düzeyinde yaşayan çocuklarda içe yönelim ve dışa yönelim davranış sorunlarının daha olumsuz sonuçlarla ilişkili olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlar, ekonomik kaynakların yetersizliği ile birlikte yaşam koşulları ve sosyal çevrenin de çocukların ruhsal ve davranışsal gelişimi üzerinde etkili olabileceğine işaret etmektedir.

Sosyoekonomik koşulların yanı sıra sağlık ve eğitim hizmetlerine erişim, sosyal destek kaynakları ve yaşanılan çevrenin özellikleri de ailelerin ruh sağlığını etkileyebilmektedir. Ruh sağlığının sosyal belirleyicilerine ilişkin güncel kanıtlar, bireylerin ve ailelerin içinde bulunduğu sosyal ve ekonomik koşulların ruhsal iyilik haliyle yakından ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Kirkbride et al., 2024). Bu nedenle aile ruh sağlığının değerlendirilmesinde yalnızca bireysel özelliklerin veya aile içi ilişkilerin incelenmesi yeterli olmayıp, ailelerin kaynaklara ve hizmetlere erişim olanaklarının da dikkate alınması gerekmektedir.

Bu çerçevede sosyoekonomik ve çevresel koşullar, aile ruh sağlığını etkileyen daha geniş yaşam bağlamının önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Ekonomik güçlükler, yaşam koşulları, sosyal kaynaklar ve hizmetlere erişimde yaşanan sınırlılıkların birlikte değerlendirilmesi, ailelerin ruh sağlığı gereksinimlerinin daha bütüncül biçimde anlaşılmasına katkı sağlayabilir. Dolayısıyla ailelere yönelik ruh sağlığı çalışmalarında bireysel ve aile içi etmenlerin yanı sıra, bu etmenlerin ortaya çıktığı sosyal ve çevresel koşulların da göz önünde bulundurulması önemlidir.

2.4. Kültürel ve Toplumsal Etmenler

Kültürel ve toplumsal etmenler, ailelerin ruh sağlığını etkileyen daha geniş sosyal bağlamın önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Kültürel inançlar ve toplumsal tutumlar, ruhsal sorunların nasıl anlamlandırıldığını, aile üyelerinin bu sorunlara yönelik yaklaşımlarını ve profesyonel yardım arama davranışlarını etkileyebilmektedir. Bu bağlamda ruhsal hastalıklara yönelik damgalama ve ayrımcılık, bireylerin sağlık hizmetlerine erişimini ve toplumsal yaşama katılımını güçleştiren önemli engeller arasında yer almaktadır. The Lancet Commission, damgalama ve ayrımcılığın sosyal dışlanma ve ruh sağlığı hizmetlerine erişimde eşitsizliklerle ilişkili olduğunu belirtmekte; müdahalelerin farklı kültürel ve toplumsal bağlamların özellikleri dikkate alınarak planlanması gerektiğini vurgulamaktadır (Thornicroft et al., 2022).

Kültürel ve toplumsal koşulların ruh sağlığı üzerindeki etkisinde sosyal destek ve psikolojik dayanıklılık da önemli bir yere sahiptir. Farklı kültürel ortamlara uyum sağlamak durumunda kalan bireylerde algılanan stres ve kültürel uyumla ilişkili güçlükler ruhsal sorunlarla ilişkili olabilmektedir. Üçüncü kültür çocuklarını ele alan bir araştırmada, algılanan stres ve kültürel uyum stresinin ruhsal güçlüklerle ilişkili olduğu ve psikolojik dayanıklılığın bu ilişkide aracılık

ettiği gösterilmiştir (Jones et al., 2023). Bununla birlikte aynı çalışmada aile işlevselliğinin bu ilişkide anlamlı bir aracı olmadığı bildirilmiştir. Bu sonuç, aile işlevselliğinin farklı kültürel ve sosyal koşullarda aynı biçimde koruyucu bir rol üstleneceğinin varsayılmaması ve içinde bulunulan bağlamın dikkate alınması gerektiğine işaret etmektedir.

Göç, ekonomik eşitsizlik, sosyal dışlanma ve sağlık hizmetlerine erişimde yaşanan güçlükler de ailelerin ruh sağlığını etkileyebilecek toplumsal koşullar arasında yer almaktadır. Sosyal belirleyicilere ilişkin güncel kanıtlar, dezavantajlı sosyal koşulların ruh sağlığı riskleriyle ilişkili olduğunu göstermektedir. Göç ve yer değiştirme süreçlerinde ise belirsizlik, aileden ayrılma, sosyal çevrenin değişmesi ve kültürel açıdan uygun hizmetlere erişimde yaşanan güçlükler ek stres kaynakları oluşturabilmektedir (Kirkbride et al., 2024). Bu nedenle aile ruh sağlığının değerlendirilmesinde bireysel ve aile içi özelliklerin yanı sıra, ailenin içinde bulunduğu kültürel ve toplumsal koşulların da dikkate alınması gerekmektedir.

Bu çerçevede aile ruh sağlığının geliştirilmesine yönelik yaklaşımların kültürel farklılıklara duyarlı olması ve damgalama ile ayrımcılığın oluşturabileceği engelleri dikkate alması önem taşımaktadır. Ailelerin sosyal destek kaynaklarına ve uygun ruh sağlığı hizmetlerine erişiminin desteklenmesi, farklı yaşam koşullarına yönelik gereksinimlerin dikkate alınması ve kültürel bağlama duyarlı hizmetlerin geliştirilmesi, aile merkezli ruh sağlığı çalışmalarının kapsamını güçlendirebilir.

3. AİLE RUH SAĞLIĞININ GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK YAKLAŞIMLAR

3.1. Koruyucu ve Önleyici Ruh Sağlığı Yaklaşımları

Koruyucu ve önleyici ruh sağlığı yaklaşımı, ruhsal sorunlar ortaya çıktıktan sonra müdahale etmekle sınırlı kalmayıp risklerin erken dönemde belirlenmesini, koruyucu kaynakların güçlendirilmesini ve ruhsal iyilik halinin desteklenmesini esas almaktadır. Bu yaklaşımda ruh sağlığı, yalnızca bireysel özellikler üzerinden değil; aile, toplum ve yaşam koşullarıyla birlikte değerlendirilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü de ruh sağlığının geliştirilmesi ve ruhsal bozuklukların önlenmesinde koruyucu uygulamaların ve toplum temelli hizmetlerin sosyal koşullarla birlikte ele alınmasını vurgulamaktadır (World Health Organization, 2022). Aile bu açıdan, hem bireylerin günlük yaşamını etkileyen bir sosyal çevre hem de koruyucu ve önleyici çalışmaların yürütülebileceği önemli bir bağlamdır.

Aileye yönelik koruyucu çalışmalar özellikle ebeveynlik, aile ilişkileri ve aile üyelerinin psikososyal gereksinimlerinin desteklenmesi üzerinden şekillenmektedir. Çok bileşenli ebeveynlik ve ebeveyn ruh sağlığı müdahalelerini inceleyen sistematik derleme ve meta-analizde, bu tür müdahalelerin çocukların bilişsel ve sosyal-duygusal gelişimine katkı sağlayabildiği, ancak kadın bakım verenlerde depresif belirtiler açısından anlamlı bir etki göstermediği bildirilmiştir (Al Sager et al., 2024). Benzer biçimde, ebeveyn ruhsal hastalığı bulunan ailelere yönelik bütüncül programları değerlendiren meta-analizde, çocuk ve ebeveyn ruh sağlığı ile aile işlevselliğinde küçük düzeyde olumlu etkiler saptanmış; ancak çalışmalar arasındaki farklılıklar nedeniyle kanıtların sınırlı ve heterojen olduğu belirtilmiştir (Moltrecht et al., 2024). Bu sonuçlar, aile odaklı önleyici çalışmaların farklı aile üyelerinin gereksinimlerini birlikte ele almasının önemine işaret etmektedir.

Ailede ruhsal hastalık öyküsünün bulunduğu durumlarda çocuk ve ergenlere yönelik erken dönemdeki destekler de önleyici ruh sağlığı açısından önem taşımaktadır. Puchol-Martínez ve arkadaşlarının (2023) sistematik derlemesinde, ruhsal hastalığı bulunan ebeveynlerin çocuk ve ergenlerine yönelik önleyici müdahalelerin psikolojik belirtiler ve uyum süreçleri açısından yarar sağlayabileceğine ilişkin bulgular bildirilmiştir. Bu kapsamda önleyici yaklaşımın yalnızca ruhsal hastalığı bulunan bireye değil, hastalıktan doğrudan veya dolaylı biçimde etkilenebilecek aile üyelerine de yöneltilmesi gerekmektedir.

Koruyucu yaklaşımın bir diğer boyutunu, bireylerin ve ailelerin güçlüklerle başa çıkma kaynaklarının desteklenmesi oluşturmaktadır. Yetişkinlere yönelik koruyucu ve geliştirici müdahaleleri değerlendiren bir umbrella review, farklı müdahale türlerinin ruh sağlığı ve iyilik

hali üzerinde olumlu sonuçlarla ilişkili olabildiğini göstermiştir (Saijonkari et al., 2023). Benzer şekilde, dayanıklılığa ilişkin güncel bir umbrella review; bireysel özelliklerin yanında aile işlevselliği ve sosyal kaynakların da dayanıklılığın gelişiminde rol oynadığını ve bazı psikolojik müdahalelerin dayanıklılık göstergelerini destekleyebildiğini bildirmiştir (Abate et al., 2024). Bu açıdan koruyucu ruh sağlığı yaklaşımı, yalnızca risklerin azaltılmasını değil, bireylerin ve ailelerin mevcut kaynaklarının güçlendirilmesini de kapsamaktadır.

Koruyucu ve önleyici yaklaşımın kapsamı bireysel ve aile düzeyinin ötesine geçerek sosyal politikalar ve hizmet sistemlerini de içermektedir. Avrupa Komisyonu'nun kapsamlı ruh sağlığı yaklaşımında, ruh sağlığının bireysel özelliklerin yanı sıra aile, toplum, ekonomik koşullar ve yaşam çevresiyle birlikte ele alınması; önleme ve erken müdahalenin ise ruh sağlığı politikalarının temel unsurları arasında değerlendirilmesi gerektiği belirtilmektedir (European Commission, 2023). Bu çerçevede aile ruh sağlığının geliştirilmesi, yalnızca ailelere yönelik bireysel müdahalelerle değil, ailelerin içinde bulunduğu sosyal çevreyi ve destek kaynaklarını güçlendiren daha geniş bir ruh sağlığı yaklaşımıyla ele alınmalıdır.

3.2. Biyopsikososyal Yaklaşım

Biyopsikososyal yaklaşım, ruh sağlığını yalnızca biyolojik özellikler üzerinden açıklamak yerine biyolojik, psikolojik ve sosyal boyutların karşılıklı etkileşimi içinde ele alan bütüncül bir modeldir. Engel (1977) tarafından ortaya konulan bu yaklaşım, sağlık ve hastalık süreçlerinin yalnızca biyomedikal açıklamalarla sınırlı olmadığını ve psikolojik ve sosyal boyutların da değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Bu doğrultuda bireyin yaşam koşulları, ilişkileri ve içinde bulunduğu sosyal çevre, ruh sağlığının değerlendirilmesinin önemli parçalarıdır (Engel, 1977).

Biyopsikososyal modelde biyolojik yatkınlıklar, psikolojik süreçler ve sosyal kaynaklar birbirinden bağımsız unsurlar olarak değil, karşılıklı etkileşim içinde değerlendirilmektedir. Stresle başa çıkma biçimleri, psikolojik kaynaklar, sosyal destek ve kişilerarası ilişkiler bu etkileşim içinde ruh sağlığını şekillendiren unsurlar arasında yer almaktadır. Wade ve Halligan (2017), yaklaşımın sağlık hizmetlerinde kişi merkezli bir bakış açısını desteklediğini ve bireyin yalnızca hastalık özellikleri üzerinden değil, biyolojik, psikolojik ve sosyal yönleriyle birlikte değerlendirilmesini gerektirdiğini belirtmektedir. Bolton ve Gillett (2019) ise biyopsikososyal modelin sağlık ve hastalık süreçlerini farklı düzeylerin birbirleriyle etkileşimi üzerinden ele almaya olanak sağladığını vurgulamaktadır.

Aile ruh sağlığı açısından bu yaklaşım, ruhsal sorunların yalnızca bireysel düzeyde ele alınmamasını ve aile ile sosyal çevrenin değerlendirme sürecine dahil edilmesini gerektirmektedir. Aile içindeki ilişkilerin niteliği, sosyal destek kaynakları, iletişim biçimleri ve aile işlevselliği bireyin ruh sağlığıyla ilişkili sosyal ve psikolojik unsurlar arasında değerlendirilebilir. Lindert ve arkadaşlarının (2025) sistematik derleme ve meta-analizinde, olumsuz aile ilişkilerinin depresyon, anksiyete, alkol ve madde kullanımı gibi ruh sağlığı sorunlarıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir. Bu bulgu, aile bağlamının bireyin ruh sağlığı değerlendirilirken dikkate alınması gereken önemli bir boyut olduğunu desteklemektedir.

Aileye yönelik ruh sağlığı hizmetlerinde biyopsikososyal yaklaşımın kullanılması, değerlendirme sürecinin yalnızca mevcut belirtilerle sınırlı kalmamasına olanak sağlamaktadır. Bireyin biyolojik ve psikolojik gereksinimlerinin yanı sıra aile ilişkileri, sosyal destek kaynakları ve yaşam koşulları da değerlendirilerek daha kapsamlı bir bakım planı oluşturulabilir. Bu süreçte farklı sağlık disiplinlerinin iş birliği içinde çalışması ve birey ile ailenin gereksinimlerinin birlikte ele alınması önem taşımaktadır.

Bu yönüyle biyopsikososyal yaklaşım, aile ruh sağlığını geliştirmeye yönelik hizmetlerde birey ile içinde bulunduğu aile ve sosyal çevre arasındaki etkileşimi dikkate alan bir çerçeve sunmaktadır. Biyolojik, psikolojik ve sosyal boyutların birlikte değerlendirilmesi, ailelerin gereksinimlerinin daha kapsamlı biçimde belirlenmesine ve kişi merkezli, aile odaklı hizmetlerin planlanmasına katkı sağlayabilir.

3.3. Güçlendirme (Empowerment) Yaklaşımı

Güçlendirme yaklaşımı, bireylerin kendi sağlık süreçleriyle ilgili bilgi ve becerilerini geliştirmelerini, karar verme süreçlerine aktif biçimde katılmalarını ve sahip oldukları kaynakları daha etkili kullanabilmelerini destekleyen kişi merkezli bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımda birey ve aile, yalnızca sağlık hizmetlerinden yararlanan kişiler olarak değil, kendi sağlık ve ruh sağlığı süreçlerinde söz sahibi olan aktif katılımcılar olarak ele alınmaktadır. Güncel kavramsal değerlendirmelerde güçlendirme; öz-yeterlik, öz-belirleme, öz-yönetim ve bireyin kendi sağlık süreci üzerindeki kontrolünün desteklenmesiyle ilişkilendirilmektedir (Varela et al., 2025).

Aile ruh sağlığı açısından güçlendirme, aile üyelerinin gereksinimlerini ifade edebilmelerini, sağlıkla ilgili karar süreçlerine katılmalarını ve mevcut bilgi, beceri ve sosyal kaynaklarını etkili biçimde kullanmalarını desteklemeyi kapsamaktadır. Bu yaklaşımda psikoeğitim, danışmanlık, sağlık okuryazarlığının geliştirilmesi, ortak karar verme ve öz-yönetim becerilerinin desteklenmesi önemli uygulama alanlarıdır. Dünya Sağlık Örgütü de ruh sağlığının geliştirilmesinde bireylerin ve toplumların güçlendirilmesini, katılımın artırılmasını ve kişilerin kendi sağlıkları üzerinde daha fazla söz sahibi olmasını destekleyen yaklaşımların önemine dikkat çekmektedir (World Health Organization, 2022).

Aile merkezli güçlendirme uygulamalarının aile bakım verenlerinin ruhsal durumları üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır. Namazi Nia ve arkadaşlarının (2022) randomize klinik çalışmasında, COVID-19 hastalarının aile bakım verenlerine uygulanan güçlendirme modelinin stres, anksiyete ve depresyon düzeyleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Yetmiş bakım verenin dahil edildiği çalışmada, yüz yüze oryantasyon ve çevrim içi uygulamaları içeren güçlendirme modelinin stres, anksiyete ve depresyon düzeylerini azaltmada etkili olabileceği bildirilmiştir. Bu sonuç, bakım verenlerin bilgi ve becerilerinin desteklenmesinin yanı sıra psikolojik kaynaklarının güçlendirilmesinin de bakım sürecindeki ruhsal yük açısından önemli olabileceğine işaret etmektedir.

Güçlendirme yaklaşımında aile üyelerinin yalnızca bakım sorumluluğunu üstlenmeleri değil, kendi gereksinimlerini ifade edebilmeleri ve sağlık profesyonelleriyle iş birliği içinde karar süreçlerine katılabilmeleri de önemlidir. Bu doğrultuda sağlık profesyonellerinin aile üyelerini pasif hizmet alıcıları olarak görmek yerine, bilgi ve deneyimleri bulunan ve karar süreçlerine katılımı desteklenmesi gereken bireyler olarak ele alması gerekir. Böyle bir yaklaşım, ailelerin mevcut güçlüklerle başa çıkma kapasitelerinin ve ruhsal iyilik halini destekleyen kaynaklarının geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

Bu yönüyle güçlendirme yaklaşımı, aile ruh sağlığının geliştirilmesinde birey ve ailelerin kendi sağlık süreçlerinde aktif rol almalarını destekleyen katılımcı bir çerçeve sunmaktadır. Bilgi ve becerilerin geliştirilmesi, öz-yeterliğin desteklenmesi, karar süreçlerine katılımın artırılması ve uygun sosyal destek kaynaklarına erişimin kolaylaştırılması, aile merkezli ruh sağlığı hizmetlerinin güçlendirilmesine katkı sağlayabilir.

4. AİLENİN RUH SAĞLIĞININ GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK UYGULAMALAR

4.1. Psikoeğitim ve Aile Eğitimi Uygulamaları

Psikoeğitim, bireylerin ve aile üyelerinin ruhsal sağlık sorunları, tedavi süreci ve başa çıkma yolları hakkında bilgi edinmelerini destekleyen yapılandırılmış bir uygulamadır. Aile ruh sağlığı açısından psikoeğitim yalnızca hastalıkla ilgili bilgi aktarımını değil; belirtilerin tanınması, stres ve kriz durumlarının yönetimi, aile içi iletişimin desteklenmesi ve uygun yardım kaynaklarının kullanılmasına yönelik bilgi ve becerilerin geliştirilmesini de kapsamaktadır (Lucksted et al., 2012; McFarlane, 2016).

Özellikle şizofreni ve diğer psikotik bozukluklarda aile psikoeğitimi, aile üyelerinin bakım sürecine katılımını ve hastalıkla ilişkili güçlüklerle başa çıkmasını destekleyen kanıta dayalı uygulamalardan biridir. McFarlane (2016), aile müdahalelerinin hastalık yönetiminin yanı sıra aile üyelerinin başa çıkma becerileri ve aile işlevselliğini destekleyen bileşenler içerdiğini

belirtmektedir. Lucksted ve arkadaşları (2012) ise aile psikoeğitiminin eğitim ve desteğin yanı sıra problem çözme ve tedavi sürecine katılımı içeren çok boyutlu bir yapı taşıdığını vurgulamaktadır.

Aile müdahalelerinin ruhsal hastalıkların seyrine etkisine ilişkin güncel kanıtlar da bu uygulamaların önemini desteklemektedir. Şizofrenide relapsın önlenmesine yönelik müdahaleleri değerlendiren sistematik derleme ve network meta-analizde, aile müdahalelerinin bazı karşılaştırmalarda olağan bakıma kıyasla relaps riskini azaltabildiği bildirilmiştir. Bununla birlikte müdahalelerin etkisinin kullanılan modele ve karşılaştırılan uygulamaya göre değişebildiği ve kanıt kesinliğinin tüm sonuçlar açısından aynı düzeyde olmadığı belirtilmiştir (Rodolico et al., 2022). Bu nedenle aile psikoeğitiminin etkisi değerlendirilirken müdahalenin içeriği, süresi ve uygulama biçiminin dikkate alınması gerekmektedir.

Psikoeğitim programlarında aile üyelerinin kendi gereksinimlerine de yer verilmesi önemlidir. Özellikle uzun süreli bakım sorumluluğu üstlenen aile üyelerinde stres ve psikolojik yük ortaya çıkabileceğinden, eğitim içeriğinin yalnızca ruhsal hastalığa ilişkin bilgilerle sınırlı tutulmaması gerekir. Stresle başa çıkma, problem çözme, iletişim, kriz durumlarını yönetme ve sosyal destek kaynaklarından yararlanma gibi konuların programa dahil edilmesi, aile üyelerinin bakım sürecindeki gereksinimlerine daha kapsamlı biçimde yanıt verilmesini sağlayabilir (Lucksted et al., 2012; McFarlane, 2016).

Aile eğitimi, mevcut ruhsal hastalığın yönetiminin yanı sıra risklerin erken fark edilmesini ve aile üyelerinin ruh sağlığı konusunda farkındalık kazanmasını destekleyen önleyici bir uygulama olarak da ele alınabilir. Puchol-Martínez ve arkadaşlarının (2023) sistematik derlemesinde, ruhsal hastalığı bulunan ebeveynlerin çocuk ve ergenlerine yönelik önleyici müdahalelerin psikolojik belirtiler ve uyum süreçleri açısından yarar sağlayabileceğine ilişkin bulgular bildirilmiştir. Bu doğrultuda aile eğitimlerinin içeriğinin, ailenin gereksinimleri ve ruhsal risklerin niteliğine göre uyarlanması önem taşımaktadır.

Bu yönüyle psikoeğitim ve aile eğitimi uygulamaları, aile üyelerinin ruh sağlığına ilişkin bilgi ve farkındalıklarını artırmanın yanı sıra bakım sürecine katılımlarını ve başa çıkma kaynaklarını desteklemektedir. Uygulamaların aile üyelerinin gereksinimleri, bakım yükü ve içinde bulundukları sosyal koşullar dikkate alınarak yapılandırılması; gerektiğinde danışmanlık, destekleyici müdahaleler ve diğer toplum temelli hizmetlerle birlikte yürütülmesi daha kapsamlı bir aile ruh sağlığı desteği sağlayabilir.

4.2. Aile Danışmanlığı ve Destekleyici Müdahaleler

Aile danışmanlığı ve destekleyici müdahaleler, aile üyelerinin yaşadıkları güçlükleri birlikte değerlendirmelerine, sorunlarla başa çıkma yollarını geliştirmelerine ve mevcut destek kaynaklarını daha etkili kullanmalarına yardımcı olan aile merkezli uygulamalardır. Bu süreçte aile üyeleri yalnızca sorun yaşayan kişiler olarak değil, sorunların ele alınması ve çözüm seçeneklerinin belirlenmesine katılan bireyler olarak değerlendirilir. Problem çözme yaklaşımları; stres yaratan durumların tanımlanması, alternatif çözüm yollarının oluşturulması ve uygun seçeneklerin değerlendirilmesine yönelik yapılandırılmış bir çerçeve sunmaktadır (D'Zurilla & Nezu, 2010). Aile bağlamında bu yaklaşım, ortak sorunların belirlenmesini ve çözüm sürecinin aile üyelerinin katılımıyla yürütülmesini destekleyebilir.

Danışmanlık sürecinde aile içindeki ilişki örüntülerinin ve mevcut destek kaynaklarının değerlendirilmesi de önem taşımaktadır. İletişim güçlükleri, çatışmalar, algılanan sosyal destek ve başa çıkma kaynakları, ailenin yaşadığı sorunların niteliğini ve çözüm kapasitesini etkileyebilmektedir. Lindert ve arkadaşlarının (2025) sistematik derleme ve meta-analizinde, olumsuz aile ilişkilerinin depresyon, anksiyete, alkol ve madde kullanımı gibi ruh sağlığı sorunlarıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle aile danışmanlığında yalnızca belirti veya sorunlara odaklanmak yerine, ilişkisel güçlüklerin yanı sıra aile üyelerinin sahip olduğu destek ve başa çıkma kaynaklarının da değerlendirilmesi gerekmektedir.

Destekleyici müdahalelerin önemli bir boyutunu, aile üyelerinin stres ve bakım yüküyle başa çıkmalarına yardımcı olmak oluşturmaktadır. Özellikle uzun süreli bakım gereksinimi bulunan bireylerin aile üyeleri, bakım sorumluluklarının yanı sıra psikolojik ve sosyal güçlüklerle karşılaşabilmektedir. Namazi Nia ve arkadaşlarının (2022) COVID-19 hastalarının aile bakım verenleriyle yürüttüğü randomize klinik çalışmada, aile merkezli güçlendirme modelinin stres, anksiyete ve depresyon düzeylerini azaltmada etkili olabileceği bildirilmiştir. Bu sonuç, bakım verenlerin desteklenmesinde yalnızca bakım sorumluluklarının değil, kendi ruhsal gereksinimlerinin de dikkate alınması gerektiğine işaret etmektedir.

Aile danışmanlığı sırasında ortaya çıkan gereksinimler, zaman zaman farklı sağlık ve sosyal hizmetlere yönlendirmeyi de gerekli kılabilmektedir. Ruhsal hastalık, yoğun bakım yükü, ekonomik güçlükler, aile içi çatışmalar veya kriz yaşantıları bulunan ailelerde gereksinimlerin birden fazla boyutta değerlendirilmesi gerekebilir. Bu durumlarda uygun ruh sağlığı ve sosyal destek hizmetleriyle bağlantı kurulması, ailelerin gereksinimlerine daha kapsamlı yanıt verilmesine katkı sağlayabilir. Toplum temelli ve bütüncül ruh sağlığı hizmetleri de bu açıdan ailelerin farklı gereksinimlerine yanıt verebilecek hizmet ağlarının oluşturulmasını desteklemektedir (World Health Organization, 2022).

Danışmanlık sürecinin yalnızca sorunlara odaklanması yerine, ailenin sahip olduğu güçlü yönlerin ve dayanıklılık kaynaklarının belirlenmesi de önemlidir. Aile dayanıklılığı; güçlükler karşısında mevcut kaynakların kullanılabilmesi, değişen koşullara uyum sağlanması ve aile işlevselliğinin sürdürülebilmesiyle ilişkilidir. Dayanıklılığın geliştirilmesine ilişkin güncel kanıtlar, bireysel özelliklerin yanında aile ve sosyal kaynakların da bu süreçte rol oynadığını göstermektedir (Abate et al., 2024). Bu nedenle danışmanlık sırasında ailenin güçlü yönlerinin, sosyal destek ağlarının ve problem çözme kaynaklarının belirlenmesi, müdahalenin yalnızca risklere değil mevcut kapasitelere de odaklanmasını sağlayabilir.

Bu doğrultuda aile danışmanlığı ve destekleyici müdahaleler, ailelerin yaşadığı güçlükleri değerlendirmeye, sorun çözme ve başa çıkma kaynaklarını desteklemeye ve gerektiğinde uygun sağlık ve sosyal hizmetlerle bağlantı kurmalarına yardımcı olan uygulamalardır. Müdahalelerin aile üyelerinin gereksinimleri, yaşanan güçlükler ve mevcut kaynaklar dikkate alınarak yapılandırılması; uygun durumlarda psikoeğitim ve diğer aile merkezli hizmetlerle birlikte yürütülmesi, aile ruh sağlığına yönelik desteğin kapsamını genişletebilir.

4.3. Aile İçi İletişim, Stresle Başa Çıkma ve Problem Çözme Becerileri

Aile içi iletişim, aile üyelerinin duygu, düşünce ve gereksinimlerini paylaşmalarını ve karşılıklı etkileşimlerini sürdürmelerini sağlayan temel bir süreçtir. Özellikle ebeveyn-çocuk iletişiminin niteliği, çocuk ve ergenlerin ruh sağlığı açısından önemli bir ilişki alanı oluşturmaktadır. Ebeveyn-çocuk iletişimi ile ergen ruh sağlığı arasındaki ilişkiyi inceleyen sistematik derlemede, iletişim kalitesinin ruh sağlığı göstergeleriyle küçük ve orta düzeyde ilişkiler gösterdiği; depresyon, travma sonrası stres bozukluğu ve psikoz gibi farklı ruhsal sorunlarla da ilişkilendirildiği bildirilmiştir (Zapf et al., 2024). Bu nedenle ailelere yönelik ruh sağlığı uygulamalarında iletişimin desteklenmesi, önemli bir beceri geliştirme alanı olarak değerlendirilebilir.

Ailelerin stresli yaşam olaylarıyla başa çıkabilmesinde iletişim ve ortak problem çözme süreçleri de önem taşımaktadır. Vladislav ve arkadaşlarının (2024) çalışmasında aile dayanıklılığının iletişim ve problem çözme, sosyal ve ekonomik kaynakların kullanımı, aile yakınlığı ve güçlüklerin anlamlandırılması gibi farklı boyutlarla ilişkili olduğu bildirilmiştir. Bu çerçevede aile üyelerinin sorunlarını açık biçimde paylaşabilmeleri ve yaşanan güçlükleri birlikte değerlendirebilmeleri, aile içindeki mevcut kaynakların kullanılmasını kolaylaştırabilir.

Problem çözme becerileri, yaşanan sorunların tanımlanması, olası çözüm seçeneklerinin oluşturulması, seçeneklerin değerlendirilmesi ve uygun çözümün uygulanması gibi aşamaları içeren yapılandırılmış bir süreçtir. D'Zurilla ve Nezu (2010), problem çözme terapisini bireylerin günlük yaşam sorunlarını daha sistematik biçimde ele almalarını ve etkili çözüm

üretme becerilerini geliştirmelerini amaçlayan bilişsel-davranışçı temelli bir yaklaşım olarak ele almaktadır. Aile bağlamında bu yaklaşım, ortak sorunların belirlenmesi ve aile üyelerinin çözüm seçeneklerinin oluşturulmasına katılması için kullanılabilecek bir çerçeve sunmaktadır. İletişim, stresle başa çıkma ve problem çözme becerileri birbiriyle bağlantılı süreçlerdir. Duyguların uygun biçimde ifade edilmesi ve karşılıklı dinleme, sorunların daha erken fark edilmesine ve aile üyelerinin yaşanan güçlükler hakkında ortak bir anlayış geliştirmesine yardımcı olabilir. Benzer şekilde, sorunların birlikte ele alınması ve çözüm sürecine aile üyelerinin katılması, mevcut sosyal ve ilişkisel kaynakların kullanılmasını kolaylaştırabilir. Bu nedenle ailelere yönelik beceri geliştirme çalışmalarında bu alanların birbirinden ayrı değil, birbiriyle ilişkili biçimde ele alınması daha işlevsel olabilir.

Bu kapsamda ailelere yönelik uygulamalarda etkin dinleme, açık ve uygun duygu paylaşımı, stres kaynaklarının belirlenmesi ve problem çözme basamaklarının öğretilmesi üzerinde durulabilir. Uygulamalar sırasında aile üyelerinin mevcut başa çıkma yöntemlerinin değerlendirilmesi, işlevsel olmayan yöntemlerin fark edilmesi ve uygun sosyal destek kaynaklarının belirlenmesi de süreci destekleyebilir. Gereksinim duyulması halinde ailelerin psikososyal destek hizmetlerine yönlendirilmesi, beceri geliştirme çalışmalarının tamamlayıcı bir parçası olarak değerlendirilebilir.

Bu doğrultuda iletişim, stresle başa çıkma ve problem çözme becerilerinin geliştirilmesi, aile üyelerinin yaşam güçlüklerini birlikte ele alma ve birbirlerini destekleme kapasitelerini artırmaya yönelik önemli bir uygulama alanıdır. Bu becerilerin psikoeğitim, danışmanlık ve diğer aile merkezli müdahalelerle bütünleştirilmesi, ailelerin günlük yaşamda karşılaştıkları güçlüklerle daha işlevsel biçimde başa çıkmalarını destekleyebilir.

4.4. Türkiye'de Aile Ruh Sağlığının Güçlendirilmesine Yönelik Politika ve Uygulama Örnekleri

Aile ruh sağlığının korunması ve geliştirilmesi, bireysel ve aile düzeyindeki müdahalelerin yanı sıra ailelerin içinde bulunduğu sosyal ve ekonomik koşulları dikkate alan politika ve hizmetleri de gerektirmektedir. Türkiye'de ailelerin korunması ve güçlendirilmesine yönelik politika çerçevelerinden biri, T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı tarafından hazırlanan **Ailenin Korunması ve Güçlendirilmesi Vizyon Belgesi ve Eylem Planı (2024–2028)**'dır. Belge, aile yapısının korunması ve güçlendirilmesi ile ailelere yönelik sosyal politika ve hizmetlerin geliştirilmesine ilişkin bir çerçeve sunmaktadır (T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, 2024). Bunun yanında 2025 yılının "Aile Yılı" olarak ilan edilmesiyle ailelerin korunması, güçlendirilmesi ve aile odaklı çalışmaların görünürlüğünün artırılmasına yönelik çeşitli faaliyetler yürütülmüştür (T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, 2025). Bu politika ve uygulamalar, ailelerin sosyal ve psikososyal gereksinimlerini desteklemeye yönelik daha geniş bir çerçeve içerisinde değerlendirilebilir.

4.4.1. Ailenin Korunması ve Güçlendirilmesine Yönelik Yaklaşım

Ailenin korunması ve güçlendirilmesine yönelik politika çerçevesi; ailelerin karşılaştığı risklerin azaltılması, aile işlevlerinin desteklenmesi ve ihtiyaç duyulan hizmetlere erişimin kolaylaştırılması açısından önem taşımaktadır. Bu kapsamda aile içi ilişkilerin desteklenmesi, ebeveynlik becerilerinin geliştirilmesi ve sosyal destek kaynaklarının güçlendirilmesi gibi alanlar, ailelerin psikososyal gereksinimleriyle ilişkili uygulama başlıkları olarak ele alınabilir. Bununla birlikte söz konusu politika belgelerinin aile ruh sağlığı üzerindeki doğrudan etkisinin değerlendirilebilmesi için uygulama sonuçlarını ve ruh sağlığı göstergelerini inceleyen araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Ailelerin güçlendirilmesine yönelik müdahalelerin ruhsal sonuçlarına ilişkin araştırmalar, bu tür çalışmaların aile üyelerinin psikolojik yükleri açısından yarar sağlayabileceğine işaret etmektedir. Örneğin Namazi Nia ve arkadaşlarının (2022) randomize klinik çalışmasında, COVID-19 hastalarının aile bakım verenlerine uygulanan güçlendirme modelinin stres, anksiyete ve depresyon düzeylerini azaltmada etkili olabileceği bildirilmiştir. Ancak bu

bulgunun Türkiye'deki ulusal aile politikalarının doğrudan etkisini gösterdiği şeklinde yorumlanmaması gerekir. Çalışma, belirli bir bakım veren grubunda uygulanan müdahaleye ilişkin kanıt sunmakta; ulusal politika düzeyindeki uygulamaların etkisini değerlendirmemektedir.

4.4.2. Bağımlılıkla Mücadele ve Aile Eğitimi Programları

Bağımlılık, yalnızca bireyi değil, aile ilişkilerini ve aile işlevselliğini de etkileyebilen önemli bir halk sağlığı sorunudur. Bu nedenle bağımlılığın önlenmesine yönelik çalışmalarda bireysel müdahalelerin yanı sıra aileyi ve sosyal çevreyi kapsayan koruyucu uygulamalara da yer verilmesi gerekmektedir. Türkiye'de 2024–2028 dönemini kapsayan **Uyuşturucu ile Mücadele Ulusal Strateji Belgesi ve Eylem Planı**, önleyici çalışmaların yaygınlaştırılması, erken risk tespiti ve müdahale mekanizmalarının güçlendirilmesi, aile temelli bilinçlendirme faaliyetlerinin artırılması ve kurumlar arası iş birliğinin geliştirilmesine yönelik hedefler içermektedir (T.C. Sağlık Bakanlığı, Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, 2024).

Aile temelli eğitim ve bilinçlendirme çalışmalarında ebeveynlerin riskli davranışlar konusunda bilgilendirilmesi, çocuk ve ergenlerde ortaya çıkabilecek risklerin erken fark edilmesi ve aile içi iletişimin desteklenmesi gibi başlıklar öne çıkmaktadır. Bununla birlikte bu politika ve programların aile ruh sağlığı üzerindeki doğrudan etkilerine ilişkin sonuçların ayrıca değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle bağımlılıkla mücadele kapsamında yürütülen aile odaklı çalışmalar, aile ruh sağlığının korunmasına katkı sağlayabilecek koruyucu ve önleyici hizmetler bağlamında ele alınmalı; etkileri ise uygulama sonuçlarına dayalı araştırmalarla değerlendirilmelidir.

5. AİLE RUH SAĞLIĞININ GELİŞTİRİLMESİNDE SAĞLIK PROFESYONELLERİNİN ROLÜ

5.1. Psikiyatri Hemşiresinin Rolü

Ruh sağlığı ve psikiyatri hemşireleri, ailelerin ruh sağlığının korunması ve geliştirilmesine yönelik bakımın planlanması ve yürütülmesinde çok yönlü roller üstlenmektedir. Bu roller; birey ve ailenin gereksinimlerinin değerlendirilmesi, psikososyal bakımın planlanması, psikoeğitim ve danışmanlığın yürütülmesi, risklerin erken fark edilmesi ve gerekli durumlarda uygun hizmetlere yönlendirmeyi kapsamaktadır. Hemşirelik bakımında bireyin ruhsal durumunun yanı sıra aile ilişkileri ve sosyal çevresinin de değerlendirilmesi, aile gereksinimlerine daha bütüncül bir yaklaşımla yanıt verilmesine olanak sağlamaktadır (Hurley et al., 2022; Townsend & Morgan, 2018).

Aile merkezli ruh sağlığı bakımında hemşirenin sorumluluğu, yalnızca ruhsal hastalığı bulunan bireyin bakımını yürütmekle sınırlı değildir. Aile üyelerinin gereksinimlerinin belirlenmesi, bakım sürecine katılımlarının desteklenmesi, hastalık ve tedavi sürecine ilişkin bilgi gereksinimlerinin karşılanması ve kendi gereksinimlerini ifade edebilmeleri de bakımın önemli boyutlarını oluşturmaktadır. Toplum ruh sağlığı hizmetlerinden yararlanan ailelerin deneyimlerini ele alan bir çalışmada, ailelerin destek gereksinimlerinin her zaman yeterli düzeyde karşılanmadığı ve bakım sürecine daha fazla dahil edilmelerinin gerekli olduğu bildirilmiştir (Aass et al., 2022). Bu durum, hemşirenin aileyi bakım sürecinin dışında bırakmayan bir yaklaşım benimsemesinin önemini göstermektedir.

Ruh sağlığı hemşirelerinin klinik rollerini inceleyen kapsamlı bir derlemede psikososyal değerlendirme, psikoeğitim, danışmanlık, risk değerlendirmesi, bakım koordinasyonu ve multidisipliner ekip içinde iş birliğinin desteklenmesi hemşirelik rollerinin önemli alanları arasında gösterilmiştir (Hurley et al., 2022). Bu kapsamda hemşire, aile üyelerinin gereksinimlerini belirleyerek uygun bakım ve destek seçeneklerinin planlanmasına katkıda bulunabilir. Gerektiğinde ailelerin diğer sağlık ve sosyal hizmetlerle bağlantısının kurulması ve bakım sürecinin farklı hizmetler arasında koordinasyonunun sağlanması da bu rolün bir parçasıdır.

Aile merkezli bakımda hemşirenin bir diğer önemli görevi, aile üyelerinin bakım sürecine ilişkin deneyimlerini ve gereksinimlerini dikkate almaktır. Ailelerin yaşadığı stres, bakım yükü, sosyal destek gereksinimi ve mevcut kaynaklar değerlendirilerek bakım planının aile koşullarına uygun biçimde yapılandırılması, aile ile sağlık ekibi arasındaki iş birliğini destekleyebilir. Böylece psikiyatri hemşiresi yalnızca bireyin belirtilerine odaklanan bir bakım yaklaşımından ziyade, birey ve ailesinin birlikte değerlendirildiği bir bakım sürecinin yürütülmesine katkı sağlar.

Bu doğrultuda psikiyatri hemşiresi, aile merkezli ruh sağlığı bakımında değerlendiren, eğiten, danışmanlık yapan, destekleyen ve gerektiğinde farklı hizmetler arasında koordinasyon sağlayan bir sağlık profesyonelidir. Aile üyelerinin bakım sürecine katılımının desteklenmesi ve ailelerin sosyal koşullarının dikkate alınması, ruh sağlığı hizmetlerinin kişi ve aile merkezli biçimde yürütülmesine katkı sağlamaktadır.

5.2. Multidisipliner Yaklaşım

Multidisipliner yaklaşım, ruh sağlığı hizmetlerinde farklı meslek gruplarının kendi uzmanlık alanları doğrultusunda iş birliği yaparak birey ve ailenin gereksinimlerini farklı boyutlarıyla ele almasını sağlamaktadır. Bu yaklaşımda biyolojik, psikolojik ve sosyal gereksinimlerin birlikte değerlendirilmesi, ailelerin yaşadığı sorunların tek bir meslek alanının bakış açısıyla sınırlı kalmadan ele alınmasına olanak tanımaktadır (World Health Organization, 2022).

Ruh sağlığı hemşirelerinin klinik rollerini inceleyen kapsamlı bir derlemede, bakım koordinasyonu, psikososyal değerlendirme, psikoeğitim, danışmanlık ve aile ile sağlık ekibi arasındaki iş birliğinin desteklenmesi hemşirelik rollerinin önemli alanları arasında gösterilmiştir (Hurley et al., 2022). Bu görevler, aile ruh sağlığı hizmetlerinde farklı meslek gruplarının bilgi ve becerilerinin birbirini tamamlayacak biçimde kullanılmasının önemini ortaya koymaktadır. Böyle bir iş birliği, ailelerin hem sağlık hem de sosyal gereksinimlerinin aynı bakım planı içerisinde değerlendirilmesini kolaylaştırabilir.

Toplum temelli ruh sağlığı hizmetlerinde farklı hizmet bileşenleri arasındaki koordinasyon da önemli bir yere sahiptir. Thornicroft ve Tansella (2013), kapsamlı bir ruh sağlığı sisteminde hastane temelli hizmetlerin yanı sıra toplum temelli hizmetlerin de bulunması ve bu hizmetlerin dengeli biçimde yürütülmesi gerektiğini belirtmektedir. Bu yaklaşım, bireylerin ve ailelerin yalnızca akut hastalık dönemlerinde değil, toplum içindeki günlük yaşamlarını sürdürürken de gereksinim duydukları desteğe ulaşabilmelerini amaçlayan bir hizmet yapısını desteklemektedir.

Aile ruh sağlığının geliştirilmesinde farklı meslek grupları değerlendirme, tedavi, psikososyal destek, eğitim, bakım koordinasyonu ve sosyal kaynaklara erişimin kolaylaştırılması gibi farklı alanlarda katkı sağlayabilir. Bu görevlerin sağlık ve sosyal hizmetler arasında iletişim ve koordinasyon içinde yürütülmesi, ailelerin gereksinimlerinin daha kapsamlı biçimde ele alınmasına yardımcı olabilir (Hurley et al., 2022; World Health Organization, 2022). Özellikle aile üyelerinin bakım sürecine uygun biçimde dahil edilmesi, ekip içindeki bilgi paylaşımının ve bakım sürekliliğinin desteklenmesi açısından önem taşımaktadır.

Bu doğrultuda multidisipliner yaklaşım, aile ruh sağlığı hizmetlerinde farklı uzmanlık alanlarını bir araya getiren ve bakımın sürekliliğini destekleyen bir hizmet çerçevesi sunmaktadır. Ailelerin gereksinimlerinin farklı boyutlarıyla değerlendirilmesi, uygun hizmetlere yönlendirilmesi ve sağlık ile sosyal hizmetler arasındaki koordinasyonun sürdürülmesi, aile merkezli ruh sağlığı bakımının bütüncül biçimde yürütülmesine katkı sağlayabilir.

5.3. Toplum Temelli Ruh Sağlığı Hizmetleri

Toplum temelli ruh sağlığı hizmetleri, bireylerin yalnızca hastane ortamında değil, yaşadıkları çevre ve günlük yaşam koşulları içinde desteklenmesini amaçlayan hizmet modelleridir. Bu yaklaşımda ruh sağlığı hizmetlerinin erişilebilirliği, bireylerin toplum içindeki işlevselliğinin desteklenmesi ve gereksinim duyulduğunda aile ile sosyal çevrenin bakım sürecine dahil edilmesi önem taşımaktadır. Dünya Sağlık Örgütü, toplum temelli ruh sağlığı hizmetlerinin

geliştirilmesini ve bireylerin gereksinimlerine yönelik bütüncül hizmetlerin güçlendirilmesini ruh sağlığı sistemlerinin önemli bileşenleri arasında değerlendirmektedir (World Health Organization, 2022).

Toplum temelli hizmetlerde aile, bakım ve destek sürecinin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Ruhsal hastalığı bulunan bireylerin günlük yaşamlarında aile üyeleri çeşitli bakım ve destek sorumlulukları üstlenebilmekte; bu süreçte aile üyelerinin kendi psikolojik ve sosyal gereksinimleri de ortaya çıkabilmektedir. Toplum ruh sağlığı hizmetlerinden yararlanan ailelerin deneyimlerini inceleyen bir araştırmada, ailelerin destek gereksinimlerinin her zaman yeterli düzeyde karşılanmadığı ve sağlık profesyonellerinin aileleri bakım sürecine daha etkin biçimde dahil etmesinin gerekli olduğu bildirilmiştir (Aass et al., 2022). Bu sonuç, toplum temelli hizmetlerin yalnızca ruhsal hastalığı bulunan bireye değil, bakım sürecinin bir parçası olan aileye de duyarlı biçimde yapılandırılması gerektiğine işaret etmektedir.

Toplum temelli ruh sağlığı hizmetlerinde hemşireler; psikososyal değerlendirme, psikoeğitim, danışmanlık, risk değerlendirmesi, bakım koordinasyonu ve aile ile sağlık ekibi arasındaki iş birliğinin desteklenmesi gibi çeşitli görevler üstlenebilmektedir (Hurley et al., 2022). Bu görevler aracılığıyla ailelerin gereksinimleri değerlendirilebilir, riskler erken dönemde fark edilebilir ve gerekli durumlarda uygun sağlık ve sosyal hizmetlere yönlendirme yapılabilir. Böylece bakımın yalnızca kurum içinde sürdürülen bir süreç olmaktan çıkarılarak bireyin ve ailenin günlük yaşam koşullarıyla ilişkilendirilmesi mümkün hale gelmektedir.

Toplum temelli hizmetler, hastane bakımının alternatifi olarak değil, gereksinimlere göre hastane ve diğer uzmanlaşmış hizmetlerle birlikte yürütülen bir bakım yapısının parçası olarak değerlendirilmelidir. Thornicroft ve Tansella'nın (2013) dengeli bakım modeli, kapsamlı ruh sağlığı hizmetlerinde hastane temelli ve toplum temelli hizmetlerin birlikte bulunması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu çerçevede toplum temelli hizmetler; koruyucu ve önleyici çalışmalar, psikososyal destek, erken müdahale, bakım koordinasyonu ve gerektiğinde uzmanlaşmış hizmetlere yönlendirme gibi farklı hizmet bileşenleriyle ilişkilendirilebilir.

Bu doğrultuda toplum temelli ruh sağlığı hizmetleri, birey ve ailelerin kendi yaşam çevrelerinde desteklenmesini, uygun hizmetlere erişimlerinin kolaylaştırılmasını ve bakımın farklı sağlık ve sosyal hizmetlerle bağlantılı biçimde sürdürülmesini sağlamaya yönelik bir hizmet çerçevesi sunmaktadır. Ailelerin gereksinimlerinin bakım sürecine dahil edilmesi ve hizmetler arasındaki koordinasyonun sürdürülmesi, aile merkezli toplum ruh sağlığı hizmetlerinin önemli unsurlarıdır.

SONUÇ

Aile, bireylerin ruh sağlığının şekillenmesinde önemli bir sosyal çevre olmakla birlikte, aile içindeki ilişkilerin niteliği, iletişim biçimi ve mevcut destek kaynakları ruhsal iyilik haliyle yakından ilişkilidir. Literatürde ebeveyn-çocuk iletişimi ile ergen ruh sağlığı arasında küçük ve orta düzeyde ilişkiler bulunduğu, olumsuz aile ilişkilerinin ise depresyon, anksiyete, alkol ve madde kullanımı gibi ruh sağlığı sorunlarıyla ilişkili olduğu bildirilmektedir (Lindert et al., 2025; Zapf et al., 2024). Bu çerçevede aile içi iletişimin ve destekleyici ilişkilerin güçlendirilmesi, aile ruh sağlığının korunmasına yönelik önemli bir alan olarak öne çıkmaktadır.

Aile ruh sağlığının geliştirilmesine yönelik uygulamalar, yalnızca ruhsal sorunların ortaya çıkmasını önlemeye değil, aynı zamanda ailelerin mevcut kaynaklarını güçlendirmeye de odaklanmaktadır. Ebeveynlik ve aile temelli müdahalelere ilişkin çalışmalar, çocukların gelişimi ve aile işlevselliği açısından olumlu sonuçlar bildirirken, bazı sonuçlarda etkilerin sınırlı veya heterojen olabildiğini göstermektedir (Al Sager et al., 2024; Moltrecht et al., 2024). Bu nedenle aile ruh sağlığı uygulamalarının tek bir müdahale biçimine indirgenmemesi ve ailelerin gereksinimleri ile içinde bulundukları koşullar doğrultusunda yapılandırılması gerekmektedir.

Psikoeğitim, aile danışmanlığı, destekleyici müdahaleler ve beceri geliştirme çalışmaları, ailelerin ruh sağlığı süreçlerine katılımını ve başa çıkma kaynaklarını destekleyen başlıca uygulamalar arasında yer almaktadır. Şizofrenide aile müdahalelerini değerlendiren kanıtlar, bazı müdahale modellerinin relapsın önlenmesine katkı sağlayabileceğini, ancak etkinin uygulama modeline göre değişebildiğini göstermektedir (Rodolico et al., 2022). Bunun yanında güçlendirme yaklaşımı, aile üyelerinin bilgi ve becerilerini geliştirmelerini, karar süreçlerine katılmalarını ve mevcut kaynaklarını daha etkili kullanmalarını desteklemektedir (Varela et al., 2025). Bu uygulamaların ailelerin psikolojik dayanıklılık ve başa çıkma kaynaklarıyla birlikte ele alınması, aile ruh sağlığına yönelik desteğin kapsamını genişletebilir (Abate et al., 2024).

Aile ruh sağlığının geliştirilmesinde sağlık profesyonellerinin rolü de önem taşımaktadır. Psikiyatri hemşireleri; değerlendirme, psikoeğitim, danışmanlık, bakım koordinasyonu ve aile ile sağlık ekibi arasındaki iş birliğinin desteklenmesi gibi görevler üstlenebilmektedir (Hurley et al., 2022). Bu görevlerin multidisipliner ekip çalışması ve toplum temelli ruh sağlığı hizmetleriyle bütünleştirilmesi, ailelerin sağlık ve sosyal gereksinimlerine daha kapsamlı biçimde yanıt verilmesine katkı sağlayabilir (World Health Organization, 2022). Ailenin bakım sürecine dahil edilmesi ise yalnızca ruhsal hastalığı bulunan bireyin değil, bakım veren aile üyelerinin gereksinimlerinin de dikkate alınmasını gerektirmektedir.

Türkiye'de ailelerin korunması ve güçlendirilmesine yönelik politika ve uygulamalar için stratejik bir çerçeve oluşturulmuş olmakla birlikte, bu politikaların aile ruh sağlığı üzerindeki doğrudan etkilerine ilişkin sonuç göstergelerine dayalı araştırmaların artırılması gerekmektedir. Ailenin Korunması ve Güçlendirilmesi Vizyon Belgesi ve Eylem Planı (2024–2028) aile odaklı sosyal politika ve hizmetlerin geliştirilmesine yönelik hedefler ortaya koyarken, 2025 yılının "Aile Yılı" olarak ilan edilmesiyle çeşitli aile odaklı çalışmalar yürütülmüştür (T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, 2024, 2025). Bu politika ve uygulamaların aile ruh sağlığı açısından etkilerinin izlenmesi, gelecekteki hizmet planlamaları açısından önem taşımaktadır.

Sonuç olarak aile ruh sağlığının geliştirilmesi; aile içi iletişim ve ilişkilerin desteklenmesi, psikoeğitim ve danışmanlık hizmetlerinin yaygınlaştırılması, aile üyelerinin güçlendirilmesi, psikolojik dayanıklılık ve başa çıkma kaynaklarının desteklenmesi ile multidisipliner ve toplum temelli hizmetlerin bütünleştirilmesini gerektiren çok boyutlu bir süreçtir. Ailenin yalnızca ruhsal risklerin ortaya çıkabildiği bir ortam olarak değil, aynı zamanda sosyal destek, dayanıklılık ve güçlenme kaynaklarının geliştirilebildiği bir yapı olarak ele alınması, aile merkezli ruh sağlığı hizmetlerinin temelini oluşturmalıdır. Bununla birlikte, farklı aile gruplarının gereksinimlerine yönelik müdahalelerin uzun dönemli etkilerini ve Türkiye'deki politika ve uygulamaların aile ruh sağlığı sonuçlarına katkısını değerlendiren daha fazla araştırmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

KAYNAKÇA

Aass, L. K., Moen, Ø. L., Skundberg-Kletthagen, H., Lundqvist, L.-O., & Schröder, A. (2022). Family support and quality of community mental health care: Perspectives from families living with mental illness. Journal of Clinical Nursing, 31(7–8), 935–948. https://doi.org/10.1111/jocn.15948

Abate, B. B., Sendekie, A. K., Tadesse, A. W., Engdaw, D. A., Mengesha, E. W., Zemariam, A. B., Alamaw, A. W., Abebe, G. A., & Azmeraw, M. (2024). Resilience after adversity: An umbrella review of adversity protective factors and resilience-promoting interventions. *Frontiers in Psychiatry, 15*, 1391312. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2024.1391312

Al Sager, A., Goodman, S. H., Jeong, J., Bain, P. A., & Ahun, M. N. (2024). Effects of multi-component parenting and parental mental health interventions on early childhood development and parent outcomes: A systematic review and meta-analysis. *The Lancet Child & Adolescent Health, 8*(9), 656–669. https://doi.org/10.1016/S2352-4642(24)00134-2

An, J., Zhu, X., Shi, Z., & An, J. (2024). A serial mediating effect of perceived family support on psychological well-being. *BMC Public Health, 24*, 940. https://doi.org/10.1186/s12889-024-18476-z

Arslan, A. (2023). Characteristics, types and functions of family concept. *African Educational Research Journal, 11*(1), 45–48. https://doi.org/10.30918/AERJ.111.23.001

Bolton, D., & Gillett, G. (2019). *The biopsychosocial model of health and disease: New philosophical and scientific developments*. Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11899-0

Campion, J., Javed, A., Lund, C., Sartorius, N., Saxena, S., Marmot, M., Allan, J., & Udomratn, P. (2022). Public mental health: Required actions to address implementation failure in the context of COVID-19. *The Lancet Psychiatry, 9*(2), 169–182. https://doi.org/10.1016/S2215-0366(21)00199-1

Cao, F., Li, J., Xin, W., & Cai, N. (2024). Impact of social support on the resilience of youth: Mediating effects of coping styles. *Frontiers in Public Health, 12*, 1331813. https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1331813

Çakmak Tolan, Ö., & Bolluk Uğur, G. (2024). The relation between psychological resilience and parental attitudes in adolescents: A systematic review. *Current Psychology, 43*(9), 8048–8074. https://doi.org/10.1007/s12144-023-04966-7

D'Zurilla, T. J., & Nezu, A. M. (2010). Problem-solving therapy. In K. S. Dobson (Ed.), *Handbook of cognitive-behavioral therapies* (3rd ed., pp. 197–225). The Guilford Press.

Engel, G. L. (1977). The need for a new medical model: A challenge for biomedicine. *Science, 196*(4286), 129–136. https://doi.org/10.1126/science.847460

European Commission. (2023, June 7). *A comprehensive approach to mental health*. https://health.ec.europa.eu/publications/comprehensive-approach-mental-health_en

Evans, G. W., & Kim, P. (2013). Childhood poverty, chronic stress, self-regulation, and coping. *Child Development Perspectives, 7*(1), 43–48. https://doi.org/10.1111/cdep.12013

Hurley, J., Lakeman, R., Linsley, P., Ramsay, M., & Muir-Cochrane, E. (2022). Utilizing the mental health nursing workforce: A scoping review of mental health nursing clinical roles and identities. *International Journal of Mental Health Nursing, 31*(4), 807–823. https://doi.org/10.1111/inm.12983

Jones, E. E., Reed, M., Meyer, A. H., Gaab, J., & Ooi, Y. P. (2023). Stress, mental health and sociocultural adjustment in third culture kids: Exploring the mediating roles of resilience and family functioning. *Frontiers in Psychology, 14*, 1093046. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1093046

Kirkbride, J. B., Anglin, D. M., Colman, I., Dykxhoorn, J., Jones, P. B., Patalay, P., Pitman, A., Soneson, E., Steare, T., Wright, T., & Griffiths, S. L. (2024). The social determinants of mental health and disorder: Evidence, prevention and recommendations. *World Psychiatry, 23*(1), 58–90. https://doi.org/10.1002/wps.21160

Lindert, J., Arndt, S., Cook, N., Bain, P. A., & Kawachi, I. (2025). Positive and negative family relationships correlate with mental health conditions: A systematic review and meta-analysis. *Public Health Reviews, 46*, 1607381. https://doi.org/10.3389/phrs.2025.1607381

Lucksted, A., McFarlane, W., Downing, D., & Dixon, L. (2012). Recent developments in family psychoeducation as an evidence-based practice. *Journal of Marital and Family Therapy, 38*(1), 101–121. https://doi.org/10.1111/j.1752-0606.2011.00256.x

Marquez, J., Francis-Hew, L., & Humphrey, N. (2023). Protective factors for resilience in adolescence: Analysis of a longitudinal dataset using the residuals approach. *Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health, 17*, 140. https://doi.org/10.1186/s13034-023-00687-8

McFarlane, W. R. (2016). Family interventions for schizophrenia and the psychoses: A review. *Family Process, 55*(3), 460–482. https://doi.org/10.1111/famp.12235

Moltrecht, B., Lange, A. M. C., Merrick, H., & Radley, J. (2024). Whole-family programmes for families living with parental mental illness: A systematic review and meta-analysis. *European Child & Adolescent Psychiatry, 33*(9), 3203–3246. https://doi.org/10.1007/s00787-024-02380-3

Namazi Nia, M., Mohajer, S., Bagheri, N., & Sarboozi-Hoseinabadi, T. (2022). The effects of family-centered empowerment model on depression, anxiety, and stress of the family caregivers of patients with COVID-19: A randomized clinical trial. *BMC Primary Care, 23*, 185. https://doi.org/10.1186/s12875-022-01795-8

Puchol-Martínez, I., Vallina Fernández, O., & Santed-Germán, M. A. (2023). Preventive interventions for children and adolescents of parents with mental illness: A systematic review. *Clinical Psychology & Psychotherapy, 30*(5), 979–997. https://doi.org/10.1002/cpp.2850

Reiss, F. (2013). Socioeconomic inequalities and mental health problems in children and adolescents: A systematic review. *Social Science & Medicine, 90*, 24–31. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2013.04.026

Rodolico, A., Bighelli, I., Avanzato, C., Concerto, C., Cutrufelli, P., Mineo, L., Schneider-Thoma, J., Siafis, S., & Leucht, S. (2022). Family interventions for relapse prevention in schizophrenia: A systematic review and network meta-analysis. The Lancet Psychiatry, 9(3), 211–221. https://doi.org/10.1016/S2215-0366(21)00437-5

Sabah, A., Aljaberi, M. A., Hajji, J., Fang, C. Y., Lai, Y. C., & Lin, C. Y. (2023). Family communication as a mediator between family resilience and family functioning under the quarantine and COVID-19 pandemic in Arabic countries. *Children, 10*(11), 1742.

Saijonkari, M., Paronen, E., Lakka, T., Tolmunen, T., Linnosmaa, I., Lammintakanen, J., Isotalo, J., Rekola, H., & Mäki-Opas, T. (2023). Promotive and preventive interventions for mental health and well-being in adult populations: A systematic umbrella review. *Frontiers in Public Health, 11*, 1201552. https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1201552

T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. (2024). *Ailenin korunması ve güçlendirilmesi vizyon belgesi ve eylem planı (2024–2028).* https://ulusaleylem.aile.gov.tr/media/m1garif1/ailenin-korunmasi-ve-gu-c-lendirilmesi-vizyon-belgesi-ve-eylem-plani.pdf

T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. (2025). *Ailemiz geleceğimiz: 2025 Aile Yılı*. https://www.aile.tr/media/222224/aile_yili_kitabi_web.pdf

T.C. Sağlık Bakanlığı, Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü. (2024). 2024–2028 uyuşturucu ile mücadele ulusal strateji belgesi ve eylem planı. https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/Yayinlarimiz/Eylem_Planlari/2024-2028_Uyusturucu_ile_Mucadele_Ulusal_Strateji_Belgesi_ve_Eylem_Plani.pdf

Thornicroft, G., Sunkel, C., Alikhon Aliev, A., Baker, S., Brohan, E., el Chammay, R., Davies, K., Demissie, M., Duncan, J., Fekadu, W., Gronholm, P. C., Guerrero, Z., Gurung, D., Habtamu, K., Hanlon, C., Heim, E., Henderson, C., Hijazi, Z., Hoffman, C., … Winkler, P. (2022). The Lancet Commission on ending stigma and discrimination in mental health. *The Lancet, 400*(10361), 1438–1480. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)01470-2

Thornicroft, G., & Tansella, M. (2013). The balanced care model: The case for both hospital- and community-based mental healthcare. *The British Journal of Psychiatry, 202*(4), 246–248. https://doi.org/10.1192/bjp.bp.112.111377

Townsend, M. C., & Morgan, K. I. (2018). Psychiatric mental health nursing: Concepts of care in evidence-based practice (9th ed.). F. A. Davis Company.

Varela, A. J., Gallamore, M. J., Hansen, N. R., & Martin, D. C. (2025). Patient empowerment: A critical evaluation and prescription for a foundational definition. *Frontiers in Psychology, 15*, 1473345. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1473345

Vladislav, E. O., Marc, G., Paica, C.-I., & Pop, O. (2024). Family resilience in a social-ecological context – emotional difficulties and coping strategies. *Frontiers in Psychology, 15*, 1421745. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1421745

Wade, D. T., & Halligan, P. W. (2017). The biopsychosocial model of illness: A model whose time has come. *Clinical Rehabilitation, 31*(8), 995–1004. https://doi.org/10.1177/0269215517709890

World Health Organization. (2022). *World mental health report: Transforming mental health for all*. https://iris.who.int/handle/10665/356119

Xiao, Y., Mann, J. J., Chow, J. C.-C., Brown, T. T., Snowden, L. R., Yip, P. S.-F., Tsai, A. C., Hou, Y., Pathak, J., Wang, F., & Su, C. (2023). Patterns of social determinants of health and child mental health, cognition, and physical health. JAMA Pediatrics, 177(12), 1294–1305. https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2023.4218

Zapf, H., Boettcher, J., Haukeland, Y., Orm, S., Coslar, S., & Fjermestad, K. (2024). A systematic review of the association between parent-child communication and adolescent mental health. *JCPP Advances, 4*(2), e12205. https://doi.org/10.1002/jcv2.12205

SYNTHESIS AND STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF NiO NANOPARTICLES ON STEELMAKING FLUE DUST VIA COPRECIPITATION

Doç. Dr. Saadet GÜLER
İzmir Kâtip Çelebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Metallurgical and Materials Engineering
Dr. Irmak DOĞAN,
İzmir Kâtip Çelebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Engineering Science

ABSTRACT
Flue dust generated during steelmaking processes represents an industrial waste stream that requires appropriate management due to its large-scale generation and potential environmental impacts. Valorization of such waste materials as substrates for the development of functional materials offers an alternative approach for both waste reduction and the production of value-added materials. In this study, steelmaking flue dust (SFD) was utilized as a waste-derived substrate for the synthesis of NiO nanopowder, with the aim of developing a functional NiO-based hybrid material. NiO was deposited onto the flue dust particles through a simultaneous precipitation process, resulting in the formation of a NiO/flue dust hybrid structure (SFD@NiO). During the synthesis, Ni^{2+} ions were precipitated under controlled conditions in the presence of the flue dust substrate, enabling the formation of the Ni-containing precursor phase on the particle surfaces. Subsequent thermal treatment was applied to obtain the NiO phase and develop the final hybrid structure.
The crystalline and morphological characteristics of the samples were investigated using X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM), respectively. The XRD results revealed characteristic reflections associated with the NiO phase along with diffraction features attributable to the crystalline phases present in the steelmaking flue dust, confirming the formation of the composite structure. SEM observations generally indicated the presence of nanoscale NiO structures distributed over the surface of the flue dust particles. Photocatalytic activity tests were performed under artificial UV–visible irradiation using methylene blue (MB) as a model pollutant. The SFD@NiO hybrid achieved a removal efficiency of approximately 90% within 120 min, with an apparent pseudo-first-order rate constant of 0.02030 min^{-1}, outperforming untreated SFD and the catalyst-free reference.
Keywords: Steelmaking flue dust, NiO, nanopowder, hybrid material, coprecipitation, photocatalytic material.

INTRODUCTION
The iron and steel industry produces substantial volumes of solid by-products, including metallurgical slags and electric furnace dusts, which present serious disposal challenges and environmental hazards if left unmanaged (Amdeha et al., 2021; Kostura et al., 2025). As a result, the shift toward a circular economy has amplified investigations into waste valorization, aiming to convert these plentiful by-products into usable substrates rather than routing them to landfills (Kostura et al., 2025). Metallurgical residues contain chemically reactive metal oxide and silicate phases that make them viable precursors or matrix supports for novel composite materials.
Recent initiatives indicate that iron and steelmaking by products may function as economical bases for wastewater treatment and catalyst production(Amdeha et al., 2021; Kostura et al., 2025). For example, dust from electric arc furnaces and slag from blast furnaces have been transformed into mesoporous MCM-41 supported ZnO/ZnS heterostructures, resulting in a 94%

photoreduction of hazardous Cr(VI) in 180 minutes under UV light (Amdeha et al., 2021). Similarly, steelmaking furnace slags function as active sorbents capable of surface-precipitating heavy metal ions such as Ni(II) and Cu(II) with sorption capacities reaching up to 147 mg/g, yielding stabilized oxide systems after thermal treatment (Kostura et al., 2025).

In addition to iron and steel slags, the recovery of metals and the creation of hybrid materials have proliferated among other industrial by products(Liu et al., 2020; Mabowa et al., 2024). The chemical precipitation of nickel raffinate obtained from hydrometallurgical waste streams has effectively produced functional cubic NiO crystallites ranging from 39 to 41 nm, providing sensitive gas-sensing platforms at room temperature (Mabowa et al., 2024). Additionally, natural and synthetic aluminosilicate matrices, including diatomite frustules, have been adorned with Ni/NiO nanoparticles to significantly enhance surface area to 400 m^2/g and reduce the optical band gap to 1.71 eV, demonstrating that waste-derived substrates can facilitate advanced environmental catalysis (Liu et al., 2020).

In photocatalytic systems, coupling NiO with other matrices improves performance by suppressing electron–hole recombination and promoting interfacial charge separation, as shown for NiO/g-C_3N_4 Z-scheme systems, NiO/TiO_2 p–n heterojunctions, Ag_3PO_4/NiO composites formed by in situ precipitation, and magnetically recoverable NiO/$NiFe_2O_4$ architectures (Fatimah et al., 2023; Mannaa et al., 2021; Santos et al., 2020; Shaheen et al., 2024). Waste- or mineral-derived supports can also strengthen NiO functionality: diatomite@Ni/NiO showed increased surface area and reduced band gap with complete dye or Cr(VI) removal under some tested conditions, while blast furnace slag and electric arc furnace dust have already been converted into stable photocatalytic composites for Cr(VI) remediation (Amdeha et al., 2021; Liu et al., 2020).

In this context, the direct in situ functionalization of raw steelmaking flue dust is still largely unexamined, even though steelmaking processes produce substantial amounts of dust and slag, and NiO can be produced from waste-derived or inexpensive precursor systems through straightforward precipitation methods (Amdeha et al., 2021; Mabowa et al., 2024; Nandiyanto & Apriliana, 2019). The current research thus concentrates on the direct deposition of NiO nanoparticles onto steelmaking flue dust through simultaneous precipitation and subsequent thermal processing, followed by the assessment of the resultant hybrid structure using XRD and SEM, which are conventional techniques for verifying NiO phase development, crystallinity, and morphology in precipitation-based systems. This approach aims to couple waste minimization with functional material design and to establish a structural basis for later photocatalytic evaluation of the SFD@NiO.

METHODOLOGY

The SFD@NiO composite was synthesized via the *in situ* precipitation of nickel species in the presence of flue gas dust (SFD) particles. Prior to the precipitation process, 3.00 g of SFD was washed sequentially with deionized water and ethanol to remove potential surface impurities, followed by drying at 80 °C for 12 hours. The pre-treated SFD was then introduced directly into 500 mL of a 100 mM nickel nitrate hexahydrate ($Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) solution. To achieve a highly dispersed suspension, the mixture was subjected to ultrasonic treatment for 30 minutes. Before initiating the co-precipitation step, the SFD-nickel suspension was stirred at room temperature for 1 hour to ensure adequate contact and surface interaction between the dissolved nickel ions and the SFD particles.

During the precipitation stage, the suspension was heated to 75–80 °C under a continuous nitrogen flow. While maintaining vigorous stirring, a 1.0 M NH_4OH solution was added dropwise until the solution reached a pH of 10.0 ± 0.2. The controlled addition of the base was designed to limit local supersaturation and minimize the rapid precipitation of free nickel particles in the bulk solution, thereby promoting the targeted nucleation and formation of the nickel phase directly onto the SFD surface. Once the target pH was achieved, the reaction was

allowed to proceed for an additional 1 hour at 75–80 °C under continuous stirring and a nitrogen atmosphere.

Upon completion of the reaction, the resulting suspension was allowed to cool naturally to room temperature while strictly maintaining the nitrogen atmosphere. The solid product was collected via centrifugation to maximize product recovery. To eliminate residual soluble species, the solid was washed repeatedly with deoxygenated deionized water until the pH of the supernatant approached neutrality, followed by a final washing step using ethanol. The obtained material was dried under vacuum at 60 °C for 12 hours and subsequently ground gently in an agate mortar to break up loosely bound agglomerates. The resulting material was subsequently heat-treated at 400 °C for 2 h to promote phase transformation. The fully prepared composite material was designated and coded as SFD@NiO.

The structural evolution associated with NiO formation on steelmaking flue dust (SFD) was examined by X-ray diffractometer (Bruker, D2 Phaser) with Cu Kα radiation (λ = 1.5406 Å). Surface characteristics and morphological changes induced by NiO incorporation were further investigated using scanning electron microscopy (SEM; Carl Zeiss 300VP). Comparative examination of the untreated SFD and SFD@NiO hybrid material was performed to evaluate the distribution of NiO-containing structures on the substrate particles and assess modifications in their surface morphology.

The light-assisted removal of methylene blue (MB) was used to examine the photocatalytic response of the SFD@NiO hybrid material. The experiments were designed using an aqueous MB solution with an initial concentration of 7.5×10^{-6} M. 10 mg of dust was added to 10 mL of MB solution. Artificial UV–visible illumination was supplied by an Osram UltraVitalux E27 lamp (300 W), positioned at a fixed distance of 20 cm from the reaction solution. The reported spectral irradiance values of the light source were 18 W m^{-2} in the visible region, 3.2 W m^{-2} in the UV-A region, and 0.004 W m^{-2} in each of the UV-B and UV-C regions.

To examine the contribution of the NiO-containing hybrid material to dye removal, the experiments included untreated steelmaking flue dust as a reference material and an MB solution without any solid catalyst as a control for direct photolysis. Prior to irradiation, the suspensions containing solid materials were stirred in darkness for 10 min to allow initial interactions between MB molecules and the particle surfaces. Following this step, the reaction mixtures were illuminated, and aliquots were withdrawn at selected intervals to monitor the progressive changes in dye concentration. The residual MB concentration was estimated from the absorbance measured near its characteristic absorption maximum at 664 nm using a ThermoScientific Evolution Array UV–Visible spectrophotometer.

The changes in MB concentration with irradiation time were analyzed using an apparent pseudo-first-order kinetic model, expressed as follows:

$$\mathrm{Ln}\ (C_o/C) = k_{app}.t$$

where C_0 represents the MB concentration at the beginning of irradiation, C_t is the concentration measured after an illumination period t, and k_{app} denotes the apparent pseudo-first-order rate constant (min^{-1}). The kinetic parameters were obtained by fitting the experimental data to a linear relationship between $Ln(C_0/C)$ and irradiation time. The corresponding coefficients of determination R^2 were calculated to assess the suitability of the kinetic model for describing the observed concentration changes.

The percentage of MB removal was calculated from the concentration difference between the initial and selected irradiation times according to following equation:

$$DE\% = (C_0 - C_t)/\ C_0 \times 100$$

The resulting removal efficiencies, apparent rate constants, and regression coefficients were used to compare the photocatalytic responses of the SFD@NiO hybrid material, untreated SFD, and the catalyst-free MB solution under the selected experimental conditions.

RESULTS AND DISCUSSION

The surface characteristics and microstructural development of the raw steelmaking flue dust (SFD) and the synthesized SFD@NiO composite were examined using Scanning Electron Microscopy (SEM) at various magnifications, as shown in Figure 1. The low- and high-magnification pictures of the SFD (Figure 1A and 1C) reveal that the waste material has a composition characterized by irregular, blocky, and densely clustered particles of differing sizes. The exterior of these unrefined particles is comparatively even and broken, which is characteristic of industrial metallurgical dust mostly made up of metal oxides and slag components.

Subsequent to the in-situ precipitation procedure, a notable morphological alteration transpired on the particle surfaces (Figure 1B and 1D). The high-magnification picture (Figure 1D) clearly demonstrates that the once smooth SFD surface is completely enveloped by a thick, coarse, and granular nanostructured layer. This recently created porous and intricately textured surface signifies the effective heterogeneous nucleation, development, and substantial deposition of NiO nanoparticles on the SFD substrate. The augmented surface roughness and granular structure of the SFD@NiO composite clearly indicate an improvement in the specific surface area and the formation of more active sites, which are particularly advantageous for photocatalytic uses.

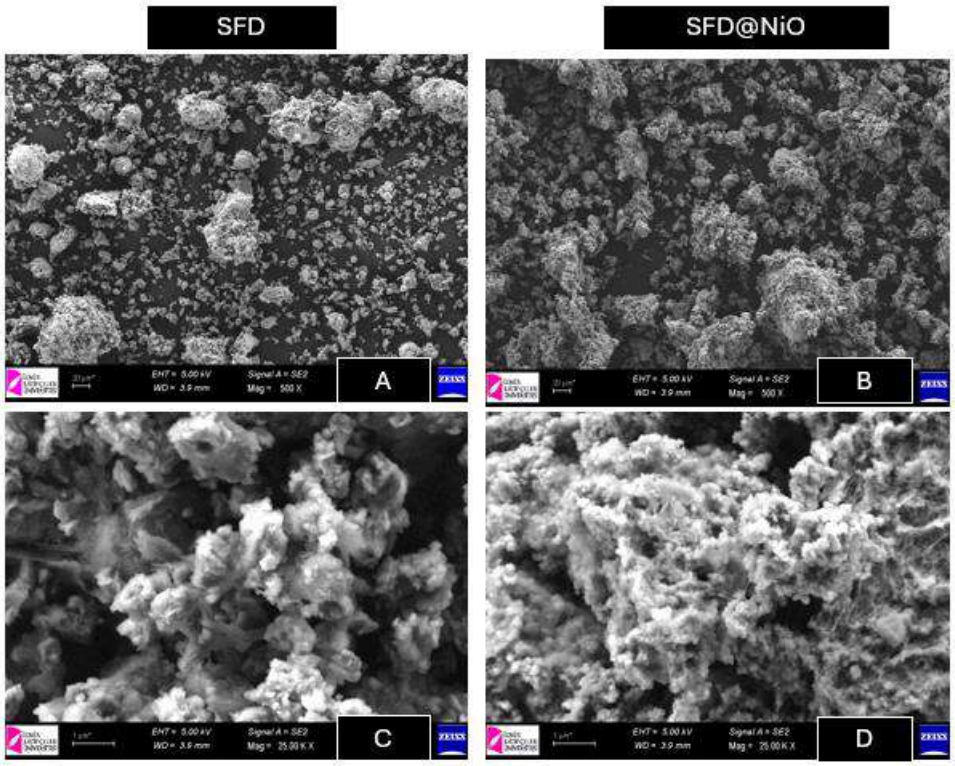


Figure 1. SEM micrographs illustrating the surface morphology of (A, C) raw steelmaking flue dust (SFD) and (B, D) the synthesized SFD@NiO composite.

An examination of the X-ray diffraction (XRD) patterns presented in Figure 2 reveals clear changes in the crystallographic structure of the SFD@NiO composite synthesized using steelmaking flue dust (SFD). The relatively sharp, high-intensity peaks observed in the XRD pattern of the raw SFD material (shown in gray) indicate the crystalline phases of the characteristic inorganic components present in the structure. Based on the symbols used in the figure, these phases can be identified as quartz (Θ, 2θ ≈ 26.5°), and magnetite (↑). On the other hand, new diffraction peaks appear in the XRD pattern (in red) of the SFD@NiO composite that was formed after the in situ precipitation procedure. The development of busenite phase(♣:NiO) is confirmed by these peaks. The precipitated NiO has a nanocrystalline structure and has been effectively fixed onto the surface of the raw SFD, as shown by the somewhat wide breadth of the peaks associated with the newly produced NiO phase. Additionally, the composite pattern retains the distinctive peaks for quartz, magnetite, and busenite that were initially present in the raw SFD; this indicates that the coating of the SFD particles with NiO successfully formed a hybrid/composite structure (SFD@NiO).

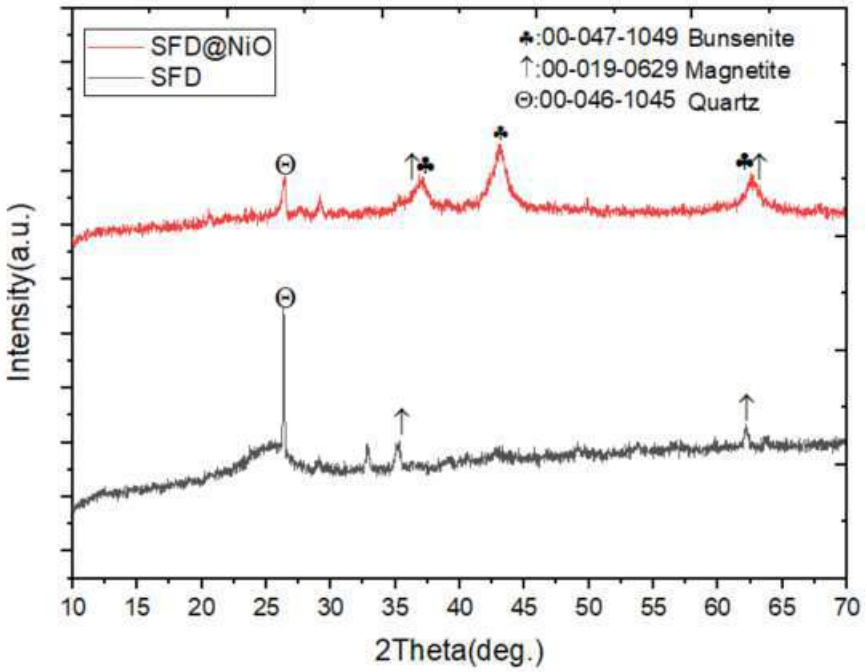


Figure 2. XRD patterns of the steelmaking flue dust (SFD) and SFD@NiO composite

The photocatalytic performance of the synthesized SFD@NiO hybrid material was investigated by monitoring the removal of methylene blue (MB) under artificial UV–visible irradiation. The experimental results were compared with those obtained for untreated steelmaking flue dust (SFD) and a catalyst-free MB solution to evaluate the influence of NiO incorporation on the dye removal behavior.

Prior to photocatalytic irradiation, the initial removal of methylene blue (MB) was investigated during a 10 min dark period to evaluate the contribution of adsorption. During this stage, MB concentration reductions of 14.35%, 25.48%, and 37.96% were recorded for the catalyst-free MB solution, untreated SFD, and SFD@NiO hybrid, respectively. The higher dark-stage removal efficiency observed for SFD@NiO compared with untreated SFD suggests that NiO incorporation enhanced the adsorption capacity of the waste-derived substrate.

Figure 3 presents the variation in MB concentration during the experiments and the corresponding apparent pseudo-first-order kinetic plots. The SFD@NiO hybrid exhibited the highest MB removal efficiency among the investigated samples, reaching approximately 90%

at the end of the experimental period. In comparison, untreated SFD achieved a removal efficiency of 70%, whereas the catalyst-free MB solution showed only 34% removal under the same conditions. The improvement observed for SFD@NiO indicates that the incorporation of NiO into the waste-derived substrate enhanced its overall ability to remove MB from aqueous solution. Compared with untreated SFD, the hybrid material provided an additional 20 percentage points of dye removal.

The kinetic behavior of the samples was evaluated using an apparent pseudo-first-order model. The calculated rate constants were 0.00360 min^{-1} for MB, 0.01068 min^{-1} for SFD, and 0.02030 min^{-1} for SFD@NiO. Accordingly, the apparent rate constant of the hybrid material was approximately 1.90 times that of untreated SFD and 5.64 times that of the catalyst-free MB solution. The corresponding coefficients of determination (R^2) were 0.98728, 0.98745, and 0.98574, respectively. These values indicate that the experimental data exhibited strong linear relationships within the applied pseudo-first-order kinetic representation.

The higher apparent rate constant and overall MB removal efficiency obtained for SFD@NiO suggest that the incorporation of NiO positively influenced the dye removal process. The presence of NiO-containing structures on the SFD surface may modify the available surface sites and contribute to interactions between the hybrid material and MB molecules during irradiation. Nevertheless, the relative contributions of adsorption and photocatalytic reactions require further consideration, particularly when interpreting the overall removal percentages.

The results demonstrate that the NiO-modified steelmaking flue dust outperformed the untreated substrate and catalyst-free reference in terms of both overall MB removal and apparent kinetic rate. These findings highlight the potential of steelmaking flue dust as a waste-derived support for preparing functional NiO-containing hybrid materials and suggest that its modification with NiO may offer a promising approach for dye removal applications.

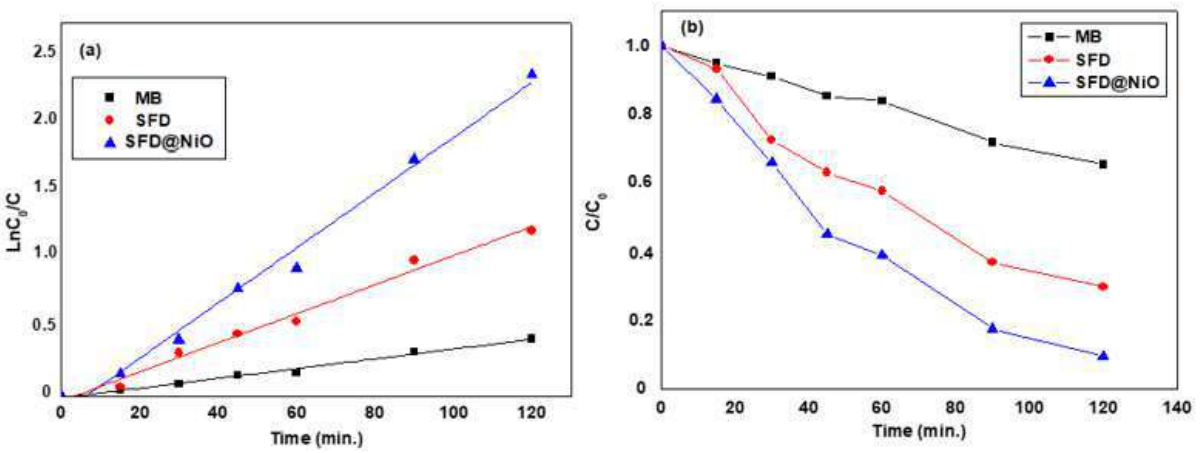


Figure 3. (a) Pseudo-first-order kinetic plots (ln(C_0/C) vs. time) and (b) photocatalytic removal curves (C/C_0 vs. time) of MB, SFD, and SFD@NiO composite under artificial UV-visible light.

Table 1. Methylene blue (MB) removal efficiencies, apparent pseudo-first-order rate constants (k_{app}), and corresponding coefficients of determination (R^2) for the catalyst-free MB solution, untreated steelmaking flue dust (SFD), and the SFD@NiO hybrid material under artificial UV–visible irradiation.

Sample	k_{app} (min^{-1})	Removal Efficiency	R^2
MB	0.00360	34%	0.98728
SFD	0.01068	70%	0.98745
SFD@NiO	0.0203	90%	0.98574

CONCLUSION

In this study, an SFD@NiO hybrid material was successfully synthesized through in situ coprecipitation using steelmaking flue dust (SFD) as a low-cost, waste-derived substrate. SEM observations revealed the formation of granular NiO-containing structures distributed over the irregular surfaces of the SFD particles, while XRD analysis identified characteristic NiO reflections alongside the crystalline phases originally present in the SFD matrix, supporting the successful formation of the hybrid structure.

The photocatalytic performance of the synthesized material was investigated through methylene blue (MB) removal under artificial UV–visible irradiation. The SFD@NiO hybrid exhibited the highest overall MB removal efficiency, reaching approximately 90% within 120 min, compared with 70% for untreated SFD and 34% for the catalyst-free MB solution. Kinetic analysis using an apparent pseudo-first-order model yielded a rate constant of 0.02030 min^{-1} for SFD@NiO, approximately 1.90 and 5.64 times higher than those obtained for untreated SFD (0.01068 min^{-1}) and the catalyst-free MB solution (0.00360 min^{-1}), respectively. The corresponding regression coefficients (R^2 = 0.98574–0.98745) indicated good agreement with the applied kinetic model.

The improved MB removal efficiency and apparent reaction rate demonstrate the beneficial effect of NiO incorporation on the performance of the waste-derived substrate. Overall, these findings highlight the potential of steelmaking flue dust valorization as a sustainable approach to developing functional NiO-based hybrid materials for dye-contaminated wastewater treatment. Further investigations into material stability, reusability, and the individual contributions of adsorption and photocatalytic degradation would help establish the practical applicability of the synthesized hybrid material.

REFERENCES

Amdeha, E., Mohamed, R. S., & Dhmees, A. S. (2021). Sonochemical assisted preparation of ZnS–ZnO/MCM-41 based on blast furnace slag and electric arc furnace dust for Cr (VI) photoreduction. *Ceramics International*, *47*(16), 23014–23027. https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2021.05.015

Fatimah, I., Sulistyowati, R. Z., Wijayana, A., Purwiandono, G., & Sagadevan, S. (2023). Z-scheme NiO/g-C3N4 nanocomposites prepared using phyto-mediated nickel nanoparticles for the efficient photocatalytic degradation. *Heliyon*, *9*(5), e16232. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16232

Kostura, B., Matějka, V., Ritz, M., Sabovčík, T., & Vlček, J. (2025). Valorization of Steelmaking Slag for Circular Economy Applications: Adsorptive Removal and Recovery of Ni(II) and Cu(II) from Aqueous Systems. *Technologies*, *13*(12), 552. https://doi.org/10.3390/technologies13120552

Liu, G., Abukhadra, M. R., El-Sherbeeny, A. M., Mostafa, A. M., & Elmeligy, M. A. (2020). Insight into the photocatalytic properties of diatomite@Ni/NiO composite for effective photo-degradation of malachite green dye and photo-reduction of Cr (VI) under visible light. *Journal of Environmental Management*, *254*, 109799. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109799

Mabowa, H. M., Mkhohlakai, A., Chimuka, L., & Tshilongo, J. (2024). A comparative study of sol-gel process and chemical precipitation of NiO from fire assay waste: Structural characterization and insights into VOCs sensing application. *Environmental Advances*, *16*, 100531. https://doi.org/10.1016/j.envadv.2024.100531

Mannaa, M. A., Qasim, K. F., Alshorifi, F. T., El-Bahy, S. M., & Salama, R. S. (2021). Role of NiO Nanoparticles in Enhancing Structure Properties of TiO_2 and Its Applications in Photodegradation and Hydrogen Evolution. *ACS Omega*, *6*(45), 30386–30400. https://doi.org/10.1021/acsomega.1c03693

Nandiyanto, A. B. D., & Apriliana, F. (2019). Engineering and Economic Evaluation Perspective in the Production of NiO Nanoparticles. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, *6*(2), 63. https://doi.org/10.26555/chemica.v6i2.14567

Santos, R. K., Martins, T. A., Silva, G. N., Conceição, M. V. S., Nogueira, I. C., Longo, E., & Botelho, G. (2020). Ag3PO4/NiO Composites with EnhancedPhotocatalytic Activity under Visible Light. *ACS Omega*, *5*(34), 21651–21661. https://doi.org/10.1021/acsomega.0c02456

Shaheen, S., Xu, S., Bian, J., Zada, A., Zhang, Z., Qu, Y., & Jing, L. (2024). Facile synthesis of hierarchical NiO/$NiFe_2$ O_4 microsphere composite as efficient visible photocatalyst for 2,4-DCP degradation. *Rare Metals*, *43*(4), 1580–1588. https://doi.org/10.1007/s12598-023-02585-6

ELEKTRİK GÜÇ SİSTEMLERİNDE HARMONİK BİLEŞENLER İÇİN TEMEL KAVRAMLAR VE TANIMLARLAR

Doç.Dr. Süleyman Adak,
Mardin Artuklu Üniversitesi, OSB Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü

ÖZET

Elektrik güç sistemlerinde harmonikler temel frekanstaki gerilim ve akım dalga şekillerinin sinüzoidal biçimden sapmasına neden olan, temel frekansın tam katları olan bileşenlerdir. Özellikle güç elektroniği tabanlı cihazların, motor sürücülerinin, kesintisiz güç kaynakları, doğrultucuların, bilgisayarların ve LED aydınlatmaların yaygınlaşması harmonik bozulmayı artırmaktadır. Harmoniklerin değerlendirilmesinde temel olarak harmonik mertebesi, harmonik genliği ve toplam harmonik bozulma (THD) kullanılır. Harmonik mertebesi, harmonik frekansının temel frekansa oranını ifade eder. Güç sisteminde 50 Hz'lik frekansta 3. harmonik 150 Hz, 5. harmonik 250 Hz frekansındadır. Harmonikler elektrik güç sistemlerinde ek kayıplara, transformatör ve kablolarda aşırı ısınmaya, motorlarda titreşim ve gürültüye, kondansatörlerde aşırı akıma, koruma ve ölçüm cihazlarının hatalı çalışmasına neden olabilir. Ayrıca nötr iletkeninde özellikle üçüncü ve üçüncü harmonik grubundaki bileşenler nedeniyle beklenenden yüksek akımlar oluşabilir. Özellikle THD, harmonik bozulmanın temel göstergesidir. Harmoniklerin kontrol altında tutulması; ekipmanların güvenli çalışması, enerji kayıplarının azaltılması ve elektrik enerjisinin kalitesinin korunması açısından önemlidir.

Anahtar kelimeler: Harmonik bileşenler, Yapay zeka, Toplam harmonik bozulma, Nonlineer yükler Üçüncü harmonik bileşen

FUNDAMENTAL CONCEPTS AND DEFİNİTİONS RELATED TO HARMONİC COMPONENTS İN ELECTRİCAL POWER SYSTEMS

ABSTRECT

In electrical power systems, harmonics are frequency components that are integer multiples of the fundamental frequency and cause current and voltage waveforms to deviate from their ideal sinusoidal form. In particular, the widespread adoption of power-electronics-based devices, motor drives, uninterruptible power supplies (UPSs), rectifiers, computers, and LED lighting systems has contributed to an increase in harmonic distortion. The evaluation of harmonics is primarily based on harmonic order, harmonic amplitude, and total harmonic distortion (THD). The harmonic order is defined as the ratio of the harmonic frequency to the fundamental frequency. For example, in a 50 Hz power system, the third harmonic has a frequency of 150 Hz, while the fifth harmonic has a frequency of 250 Hz. Harmonics in electrical power systems can result in additional losses, overheating of transformers and cables, vibration and noise in electric motors, excessive currents in capacitors, and malfunctioning of protection and measurement devices. Furthermore, excessively high currents may occur in the neutral conductor, particularly due to the presence of the third harmonic and other triplen harmonic components. In particular, THD is a fundamental indicator of harmonic distortion. Maintaining harmonic distortion within acceptable limits is essential for ensuring the safe operation of electrical equipment, reducing energy losses, and maintaining the quality of electrical power.

Keywords: Harmonic components, Artificial intelligence, Total harmonic distortion, Nonlinear loads, Third harmonic component

1.GİRİŞ

Elektrik enerjisi, üretim, iletim ve dağıtım olmak üzere üç temel aşamadan geçerek tüketicilere veya elektriksel yüklere ulaştırılmaktadır. Güç sistemlerinin güvenilir ve verimli bir şekilde işletilebilmesi için bu aşamaların tamamında akım ve gerilim dalga şekillerinin ideal olarak sinüzoidal karakterde olması beklenmektedir. Ancak, güç elektroniği tabanlı cihazlar ve diğer doğrusal olmayan yüklerin sisteme bağlanması sonucunda bu ideal durum bozulabilmektedir. Doğrusal olmayan yüklerin neden olduğu harmonik bileşenler, temel frekansın yanı sıra farklı frekanslarda sinüzoidal bileşenlerin ortaya çıkmasına ve dolayısıyla güç kalitesinin olumsuz yönde etkilenmesine neden olmaktadır.

Elektrik güç sistemlerinde harmoniklerin oluşumunda, manyetik ve elektriksel devrelerde meydana gelen doğrusal olmayan karakteristikler önemli bir rol oynamaktadır. Bu tür doğrusal olmayan davranışlar, akım ve gerilim dalga şekillerinin ideal sinüzoidal yapıdan sapmasına ve buna bağlı olarak dalga biçiminde distorsiyonların meydana gelmesine neden olmaktadır. Harmonik distorsiyonlar, elektrik tesislerinde ve bu tesislere bağlı ekipmanlarda çeşitli olumsuzluklara yol açabilmekte; ekipmanların performansını ve çalışma güvenilirliğini azaltarak bazı durumlarda sistemlerin normal işletme koşullarının dışına çıkmasına neden olabilmektedir.

Elektrik güç sistemlerinde harmonik üreten başlıca doğrusal olmayan yük ve elemanlar arasında doğrultucular, eviriciler (inverterler), motor sürücü ve kontrol devreleri, statik VAR kompanzasyon sistemleri ve anahtarlamalı güç kaynakları gibi güç elektroniği tabanlı yapılar bulunmaktadır. Bunun yanında, floresan ve çeşitli gaz deşarjlı aydınlatma sistemleri de harmonik üretimine katkıda bulunabilmektedir. Cıva arkı, cıva buharlı, neon, ksenon ve yüksek basınçlı sodyum lambalar bu tür aydınlatma elemanlarına örnek olarak verilebilir. Ayrıca akü sistemleri, fotovoltaik enerji sistemleri ve elektrikli ulaşım sistemlerinde kullanılan güç elektroniği tabanlı dönüştürücüler de güç sistemlerinde harmonik bileşenlerin oluşmasına neden olabilmektedir.

Yapay zekâ (YZ), elektrik tesislerinde harmoniklerin tespit edilmesi, sınıflandırılması, tahmin edilmesi ve kaynaklarının belirlenmesi amacıyla kullanılabilmektedir. Özellikle akım ve gerilim dalga şekillerinden elde edilen büyük miktardaki ölçüm verilerinin değerlendirilmesinde geleneksel yöntemlere göre önemli avantajlar sağlayabilir. Yapay zekâ uygulamalarında genellikle makine öğrenmesi, derin öğrenme ve yapay sinir ağları gibi yöntemlerden yararlanılır. Ölçüm cihazlarından alınan gerilim ve akım verileri işlenerek harmonik mertebeleri, genlikleri, faz açıları ve Toplam Harmonik Bozulma (THD) gibi parametreler analiz edilir.

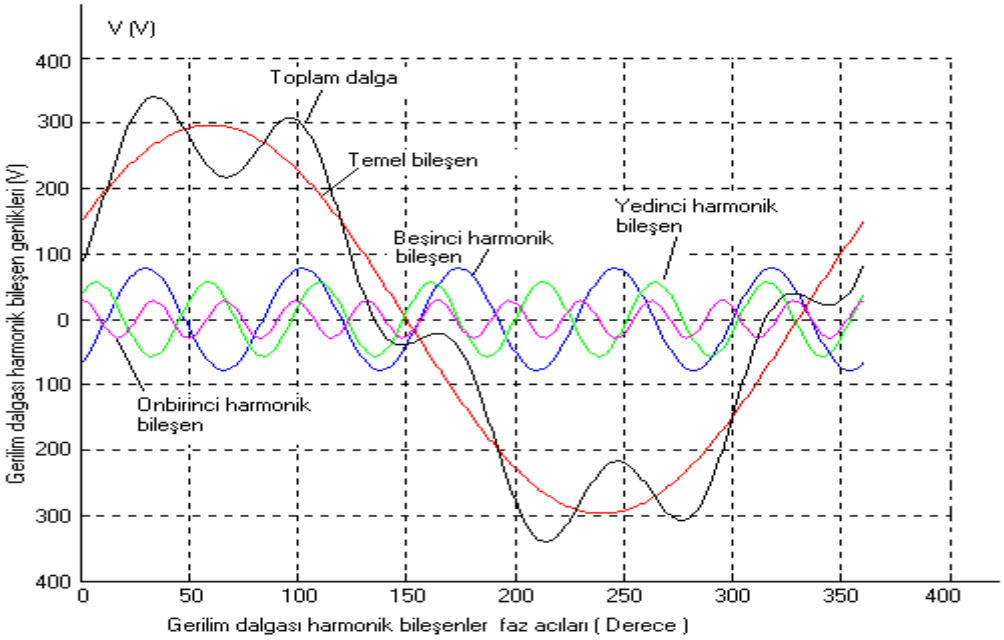
1.1 Harmonik tanımı

Harmonik, temel frekansın tam sayı katlarında oluşan ve elektrik sistemlerindeki gerilim veya akım dalga şeklinin ideal sinüzoidal yapıdan sapmasına neden olan sinüzoidal bileşenlerdir. Harmonik bileşenlerin oluşumu, güç sisteminde kullanılan elemanların doğrusal olmayan karakteristiklerine ve besleme kaynağının dalga biçimine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Elektrik devresinde doğrusal olmayan yüklerin veya nonsinüzoidal kaynakların bulunması, ayrıca bu iki durumun aynı anda gerçekleşmesi, ideal sinüzoidal dalga şeklinin bozulmasına neden olabilmektedir. Bu tür bozulmalar sonucunda elde edilen periyodik dalga biçimleri nonsinüzoidal dalga olarak tanımlanmaktadır. Nonsinüzoidal periyodik bir dalga, temel sinüzoidal bileşen ile farklı frekans ve genliklere sahip diğer sinüzoidal bileşenlerin toplamı şeklinde ifade edilebilmektedir.

Temel frekans bileşeni dışındaki bu sinüzoidal bileşenler harmonik bileşenler olarak adlandırılmaktadır. Güç sistemlerinde dalga şeklinin sahip olduğu simetri özellikleri nedeniyle harmonik spektrumunda çoğunlukla tek dereceli harmonikler, özellikle 3., 5., 7. ve 11. harmonikler gibi bileşenler gözlenmektedir.Harmonikli bir dalga ile harmonik bileşenleri,

$$v(\omega t) = \sqrt{2}.[210.\sin(\omega t + 30^o) + 55.\sin(5\omega t - 60^o) + 40.\sin(7\omega t + 40^o) + 20.\sin(11\omega t - 10^o)] \quad (1)$$

şeklinde olsun. Şekil 1'de, gerilimin zaman domenindeki dalga biçimi ve söz konusu dalga biçimini oluşturan harmonik bileşenler gösterilmektedir.



Şekil 1 Gerilim dalgası ile harmonik bileşenler

1.2. Harmoniklerin Yapay Zekâ ile Tespiti ve Analizi

Elektrik güç sistemlerinde harmonikler, temel frekansın tam katları olan frekans bileşenleridir. Özellikle doğrultucular, değişken hızlı sürücüler, güç elektroniği tabanlı cihazlar ve yenilenebilir enerji sistemleri harmonik bozulmalara neden olabilir. Harmoniklerin zamanında tespit edilmesi; enerji kalitesinin korunması, ekipmanların aşırı ısınmasının önlenmesi ve sistem güvenilirliğinin artırılması açısından önemlidir.

Yapay zekâ, harmoniklerin tespiti ve sınıflandırılmasında geleneksel yöntemlere alternatif veya tamamlayıcı bir yaklaşım sunmaktadır. Sistemden alınan gerilim ve akım sinyalleri yapay zekâ modeline girdi olarak verilebilir. Öncelikle sinyallerden Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT), Short-Time Fourier Transform (STFT), Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü demektir. Bir sinyalin zaman içinde frekans içeriğinin nasıl değiştiğini görmek için kullanılır. STFT veya dalgacık dönüşümü gibi yöntemlerle özellikler çıkarılabilir. Daha sonra makine öğrenmesi veya derin öğrenme algoritmaları kullanılarak harmoniklerin derecesi, büyüklüğü ve kaynağı belirlenebilir. Örneğin bir yapay zekâ modeli, ölçülen akım sinyalini analiz ederek 3., 5., 7. ve daha yüksek dereceli harmonikleri tespit edebilir. Ayrıca normal çalışma ile harmonik bozulmanın bulunduğu durumları birbirinden ayırabilir. Yeterli eğitim verisi

bulunduğunda, bazı modeller harmonik bozulmanın hangi tür yükten kaynaklanabileceğini de tahmin edebilir.

Bu amaçla yapay sinir ağları (YSA), destek vektör makineleri (SVM), karar ağaçları ve derin öğrenme modelleri kullanılabilir. Özellikle CNN ve LSTM gibi derin öğrenme mimarileri, zaman serisi niteliğindeki elektriksel sinyallerin analizinde değerlendirilebilir. CNN (Convolutional Neural Network – Evrişimli Sinir Ağı), özellikle görüntü ve örüntü tanıma problemlerinde kullanılan bir derin öğrenme yöntemidir. Harmonik analizinde CNN, elektriksel sinyalin kendisini veya sinyalden oluşturulan zaman-frekans görüntüsünü analiz etmek için kullanılabilir.

ÖRNEĞİN:

Akım sinyali → STFT → Spektrogram → CNN → Harmoniklerin tespiti

CNN, sinyal içerisindeki belirli örüntüleri öğrenerek 3., 5., 7. gibi harmonik bileşenlerin bulunmasına yardımcı olabilir. Karmaşık örüntüleri otomatik olarak öğrenebilir. LSTM (Long Short-Term Memory – Uzun Kısa Süreli Bellek), RNN (Recurrent Neural Network) ailesinden bir yapay sinir ağı türüdür. LSTM'nin en önemli özelliği, geçmişteki bilgileri hatırlayabilmesidir. Bu nedenle zaman içinde değişen verilerin analizinde oldukça kullanışlıdır.Harmonik analizinde örneğin:

Akım/gerilim ölçümleri → LSTM → Zaman içerisindeki değişimin öğrenilmesi → Harmonik tahmini

şeklinde kullanılabilir. Böylece yalnızca mevcut harmoniklerin belirlenmesi değil, sistemde gelecekte oluşabilecek bozulmaların erken tahmini de mümkün olabilir. Kısaca, yapay zekâ tabanlı harmonik analizi şu şekilde düşünülebilir:

Gerilim/Akım Ölçümü → Sinyal İşleme → Özellik Çıkarma → Yapay Zekâ Modeli Harmonik Tespiti ve Sınıflandırma → Erken Uyarı

Bu yaklaşım, özellikle akıllı şebekeler, endüstriyel tesisler, elektrikli araç şarj sistemleri ve yenilenebilir enerji santrallerinde enerji kalitesinin sürekli izlenmesi açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Örneğin bir tesiste harmonik seviyesinin son birkaç dakika veya saat içerisindeki değişimleri LSTM'ye verildiğinde, model harmonik bozulmanın gelecekte artıp artmayacağını tahmin etmek için eğitilebilir.

2. HARMONİKLİ SİSTEMLERDE GENEL ARAŞTIRMA VE TANIMLAMALAR

Harmonikli sistemlerin incelenmesinde, elektrik tesislerindeki gerilim ve akım dalga şekillerinin ideal sinüzoidal yapıdan ne ölçüde saptığını ifade eden çeşitli terim ve büyüklükler kullanılır. Güç sistemlerinde harmonik etkilerin giderek yaygınlaşması, harmonik bozulmaların değerlendirilmesi, sınıflandırılması ve olumsuz etkilerinin azaltılabilmesi amacıyla bu olguların nicel olarak ifade edilmesini sağlayan temel tanım ve ölçütlerin belirlenmesini gerekli kılmıştır.

2.1 Akım ve Gerilimin Ani Değerleri

Alternatif akım devrelerinde akım ve gerilim zamanla değişen büyüklüklerdir. Bu büyüklüklerin herhangi bir andaki değerine ani değer denir. Ani değerler genellikle küçük harflerle v(t) ve i(t) şeklinde gösterilir. Harmonik bileşenler içeren akım ve gerilim dalga şekillerinin anlık değerleri, temel bileşen ile harmonik bileşenlerin frekans ve genliklerine bağlı olarak matematiksel biçimde ifade edilebilmektedir.

$$i(t) = I_0 + .\sum_{n=1}^{\infty} I_{mn}.\mathrm{Sin}(n\omega t + \phi_n) \qquad (2)$$

gerilim için,

$$v(t) = V_0 + .\sum_{n=1}^{\infty} V_{mn} Sin(n\omega t + \delta_n) \quad (3)$$

şeklinde gösterilir. Bu ifadelerde (n), ilgili harmonik bileşenin mertebesini belirtirken; (Imn) ve (Vmn) sırasıyla (n). harmonik bileşene ait akım ve gerilim dalga şekillerinin tepe değerlerini ifade etmektedir.

2.2 Akım ve Gerilimin Efektif Değerleri

Alternatif akım devrelerinde akım ve gerilim zaman içerisinde değiştiği için yalnızca ani değerleriyle ifade edilmeleri yeterli değildir. Elektrik tesislerinde akım ve gerilimin büyüklüğünü belirlemek için efektif değer (RMS – Root Mean Square) kullanılır. Akım ve gerilimin n.'inci harmonik için etkin değerleri sırayla ,

$$I_n = \frac{I_{mn}}{\sqrt{2}} \quad (4)$$

gerilim için,

$$V_n = \frac{V_{mn}}{\sqrt{2}} \quad (5)$$

ile belirlenir. Akım ve gerilimin etkin (RMS) değerleri, sırasıyla aşağıdaki ifadelerle tanımlanmaktadır.

$$I = \sqrt{\sum_{n=0}^{\infty} I_n^2} = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + ... + I_n^2} \quad (6)$$

gerilim için,

$$V = \sqrt{\sum_{n=0}^{\infty} V_n^2} = \sqrt{V_0^2 + V_1^2 + V_2^2 + ... + V_n^2} \quad (7)$$

olarak ifade edilir. Bu ifadelerde (I_0) ve (V_0), sırasıyla akım ve gerilimin doğru akım (DC) bileşenlerini; (n), harmonik mertebesini; (In) ve (Vn) ise sırasıyla (n). harmonik akım ve gerilim bileşenlerinin tepe değerlerini ifade etmektedir.

2.3 Güç İfadeleri

Harmonik içeren devrelerde gerilim ve akım dalga şekilleri sinüzoidal olmadığından, aktif güç, reaktif güç ve görünür güç arasındaki ilişkiler klasik sinüzoidal devrelerdeki ifadelerden farklı olarak ele alınır. Harmonik bileşenlerin bulunduğu güç sistemlerinde, güç akışının karakterize edilmesi amacıyla farklı güç bileşenleri tanımlanabilmektedir. Aktif güç aşağıdaki bağıntı ile ifade edilmektedir:

$$P = V_0 . I_0 + \sum_{n=1}^{N} V_n . I_n Cos(\delta n - \phi_n) \quad (8)$$

ile reaktif güç ise,

$$Q = \sum_{n=1}^{N} V_n . I_n . Sin(\delta_n - \phi_n) \quad (9)$$

denklemi, ile tanımlanır.Görünür güç ,

$$S=V.I=\sqrt{\sum_{n=0}^{N} V_n^2}.\sqrt{\sum_{n=0}^{N} I_n^2} \quad (10)$$

şeklinde ifade edilir. Harmonik bileşenlerin bulunduğu güç sistemlerinde tanımlanan önemli güç büyüklüklerinden biri de distorsiyon gücüdür. Görünür güç ile aktif ve reaktif güç arasındaki ilişki (S^2=P^2+Q^2+D^2) şeklinde ifade edildiğinde, distorsiyon gücü (D) aşağıdaki bağıntıdan elde edilmektedir:

$$D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2} \quad (11)$$

olarak belirtilir. (Shepherd ve Zand, 1979). Farklı frekans bileşenlerine sahip akım ve gerilimlerin etkileşiminden kaynaklanan distorsiyon gücünün fiziksel yorumu ve reaktif güç ile olan ilişkisi, güç sistemleri literatüründe halen tartışılmakta olan konular arasındadır. Bu nedenle, söz konusu güç bileşeninin tanımlanması ve hesaplanmasına ilişkin literatürde tam anlamıyla ortak bir yaklaşım bulunmamaktadır. İdeal sinüzoidal koşullarda harmonik bileşenlerin bulunmaması nedeniyle distorsiyon gücü (D=0) olmaktadır. Güç faktörü ise sinüzoidal veya nonsinüzoidal çalışma koşullarında, aktif gücün görünür güce oranı olarak tanımlanmaktadır.

2.4 Güç faktörü,

Harmonikli devrelerde güç faktörü, yalnızca gerilim ve akım arasındaki faz farkına bağlı değildir; harmonik bileşenlerin oluşturduğu dalga şekli bozulması da güç faktörünü etkiler. Sinüzoidal olmayan sistemlerde güç faktörü genel olarak:

$$GF = \frac{P}{S} \quad (12)$$

şeklinde tanımlanır. Burada (P), aktif gücü watt (W) cinsinden; (S) ise görünür gücü volt-amper (VA) cinsinden ifade etmektedir.

3. ENERJI KALITESI İLE İLGILI ARAŞTIRMA VE BULGULAR,

Bu büyüklükler, elektrik enerjisinin güç kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan temel parametreler arasında yer almaktadır. Söz konusu büyüklüklerin değerlerinin azalması, sistemdeki akım ve gerilim dalga şekillerinin ideal sinüzoidal forma daha fazla yaklaştığını göstermektedir. İdeal bir sinüzoidal dalga yalnızca temel frekans bileşenini içerdiğinden, herhangi bir harmonik bileşen bulunmamaktadır. Dolayısıyla ideal sinüzoidal çalışma

koşullarında harmonik bileşenlerin genlikleri matematiksel olarak sıfır olmakta ve buna bağlı olarak harmonik distorsiyonu karakterize eden büyüklükler de sıfır değerini almaktadır.

3.1 Toplam harmonik distorsiyonu

Toplam harmonik distorsiyonu, bir elektrik sistemindeki gerilim veya akım dalga şeklinin temel bileşene göre ne ölçüde bozulduğunu gösteren önemli bir güç kalitesi parametresidir. Harmonik bileşenlerin temel bileşene göre seviyesini belirlemede dikkate alınan en önemli ölçüttür. Sinüsoidalden uzaklaşmayı, distorsiyonu diğer bir deyişle bozulmanın derecesini belirtir. Bu büyüklükler, harmonik içeren akım ve gerilim dalga şekillerinin ideal sinüzoidal formdan sapma düzeyini nicel olarak belirleyen ölçütlerdir. Söz konusu parametreler hem gerilim hem de akım dalga şekilleri için ayrı ayrı tanımlanabilmekte ve güç sistemlerindeki harmonik distorsiyonun değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.

$$THD_V = \frac{1}{U_1}\left(\sum_{n=2}^{\infty} U_n^2\right)^{1/2} \qquad (13)$$

şeklinde ifade edilir. Akım toplam harmonikdistorsiyonu (akım bozulma faktörü) THD_I ,

$$THD_I = \frac{1}{I_1}\left(\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2\right)^{1/2} \qquad (14)$$

şeklindedir.

3.2 Distorsiyon faktörü

Distorsiyon faktörü (Distortion Factor, DF), harmonik içeren bir devrede, temel bileşenin toplam RMS değere oranını ifade eden ve dalga şeklinin sinüzoidalden ne ölçüde saptığını gösteren bir parametredir. Akım ve gerilim için distorsiyon faktörü,

$$DF_I = \frac{1}{I}\left(\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2\right)^{1/2} \qquad (15)$$

gerilim değeri için,

$$DF_V = \frac{1}{U}\left(\sum_{n=2}^{\infty} U_n^2\right)^{1/2} \qquad (16)$$

olarak ifade edilir.

3.3 Form Faktörü

Form faktörü, bir elektrik devresindeki dalga şeklinin RMS değerinin ortalama (doğru bileşen) değerine oranını ifade eden bir parametredir. Dalga şeklinin sinüzoidal yapısından ne ölçüde farklılaştığının değerlendirilmesinde kullanılabilir. Form faktörü nonsinüsoidal bir dalga için,

$$k_f = \frac{\text{Efektif Deger}}{\text{Ortalama Deger}} \qquad (17)$$

şeklinde tanımlanır. Sinüsoidal bir dalga için 1.11' dir.

3.4 Tepe (Crest Factor) faktörü

Tepe faktörü (Crest Factor, CF), bir elektrik devresindeki dalga şeklinin maksimum (tepe) değerinin RMS değerine oranını ifade eder. Dalga şeklinin tepe değerlerinin RMS değerine göre ne kadar yüksek olduğunu gösterir. Sinüzoidal olmayan dalgalar için tepe faktörü ,

(18)

ifadesi ile belirtilir (Dugan vd., 1996). Bu büyüklük, sistemde bulunan harmonik bileşenlerin varlığının belirlenmesine ve söz konusu bileşenlerin neden olduğu harmonik distorsiyonun nicel olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

3.5 K – Faktörü

Kuru tip transformatörlerde K faktörü, özellikle doğrusal olmayan yüklerin beslendiği ve genellikle 500 kVA'nın altında anma gücüne sahip transformatörlerin harmonikli yük koşullarındaki yüklenme kapasitesini değerlendirmede kullanılan bir ölçüttür (Kerszenbaum vd., 1991; Linden, 1996). Söz konusu faktör, transformatör üreticileri tarafından belirlenen ve transformatörün harmonik akımların neden olduğu ilave termik etkiler altında güvenli bir şekilde çalışabilme kapasitesini ifade eden bir parametredir.,

$$K_{\text{Faktörü}} = \sum_{n=1}^{\infty}\left(n.\frac{I_n}{I_1}\right)^2 \qquad (19)$$

şeklinde ifade edilir.(Linden, 1996). Burada (In), transformatör akımının (n). harmonik bileşeninin per-unit (p.u.) cinsinden değerini; (I_1), akımın temel frekans bileşenini; (n) ise ilgili harmonik bileşenin derecesini ifade etmektedir.

3.6 Telefon Ait Etkileşim Faktörü

Bu büyüklük, haberleşme sistemlerinde harmonik bileşenlerin neden olduğu gürültü seviyesinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Değerlendirme, insan kulağının farklı frekanslardaki gürültülere karşı duyarlılığını esas alan ağırlıklandırma yaklaşımına göre gerçekleştirilmektedir. Akım için söz konusu büyüklük aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

$$TEF_I = \frac{\left(\sum_{n=1}^{\infty}(\omega_n.I_n)^2\right)^{1/2}}{I_{eff}} \qquad (20)$$

gerilim için,

$$TEF_V = \frac{\left(\sum_{n=1}^{\infty}(\omega_n . V_n)^2\right)^{1/2}}{V_{eff}} \qquad (21)$$

şeklinde tanımlanmıştır. ω_n, n'ninci mertebeden harmonik frekansını, I_n , n' ninci. mertebeden akımın değerini, V_n , n'ninci mertebeden gerilimin değerini göstermektedir.

3.7 Harmonik faktörü

Harmonik faktörü (Harmonic Factor, HF), belirli bir harmonik bileşenin büyüklüğünün temel bileşenin büyüklüğüne oranını ifade eden bir parametredir. Belirli bir harmonik mertebesinin toplam dalga şekli üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla kullanılır. Her bir harmonik bileşenin seviyesini belirlemede kullanılır.Örneğin gerilim için,

$$HF_n = \frac{V_n}{V_1} \qquad (22)$$

V_n= n' ci harmonik gerilimine ait efektif değeri , V_1 , gerilimin temel bileşeninin efektif değerini göstermektedir.

3.8 Toplam talep distorsiyonu

Toplam Talep Distorsiyonu (Total Demand Distortion – TDD), elektrik sistemlerinde harmonik akım bozulmasını, harmonik akımların maksimum talep akımına oranı üzerinden değerlendiren bir güç kalitesi parametresidir. Özellikle tesisin şebekeden çektiği harmonik akımların değerlendirilmesinde kullanılır. Çekilen yük akımına ait distorsiyonu belirlemede kullanılır.Toplam talep distorsiyonu (TTD) ,

$$TDD = \frac{(\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2)^{1/2}}{I_L} \qquad (23)$$

Formülü ile belirtilir. Burada (I_n), (n). harmonik akım bileşenini; (I_L) ise 12 aylık dönem boyunca ölçülen veya talep edilen maksimum yük akımlarının ortalama değerini ifade etmektedir. Toplam Talep Distorsiyonu (TDD), harmonik akımların yük akımına göre değerlendirilmesini sağlayan bir güç kalitesi göstergesi olup IEEE 519 standardında açıkça tanımlanmıştır.

4. HARMONİK AKIMLARININ AKIŞ YÖNÜ.

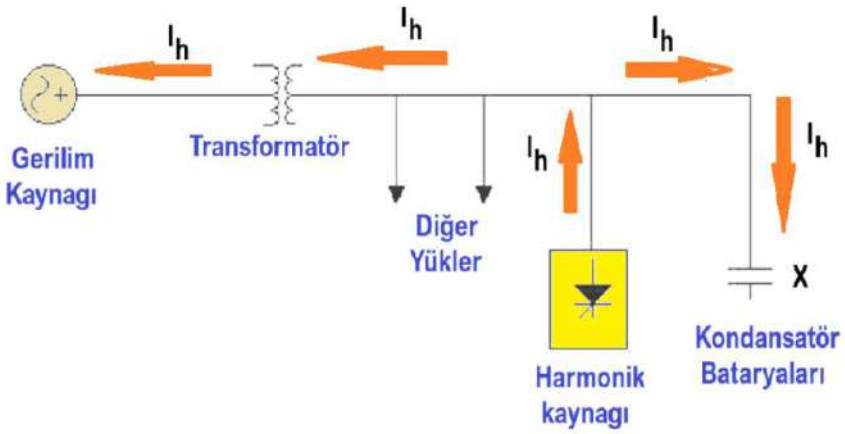
Güç sistemlerinde harmonik akımlarının akış yönü, harmonik akımın kaynağına ve sistem empedansına bağlı olarak belirlenir. Harmonik akımlar genellikle doğrusal olmayan yükler tarafından üretilir ve bu akımlar elektrik şebekesine doğru veya sistem içerisinde farklı yönlerde akabilir. Doğrusal olmayan yükler; doğrultucular, frekans dönüştürücüler, UPS sistemleri, anahtarlamalı güç kaynakları ve motor sürücüleri gibi cihazlardır. Bu yükler, şebekeden sinüzoidal olmayan akımlar çeker ve bunun sonucunda harmonik akımlar meydana gelir. Genel olarak harmonik akımların akışında iki temel durum söz konusudur:

- **Harmonik kaynağı yük tarafındaysa:**
  Harmonik akımlar yük tarafından oluşturularak şebekeye doğru akar. Bu durum, harmoniklerin diğer tüketicileri ve şebeke elemanlarını etkilemesine neden olabilir.
- **Harmonik kaynağı şebeke tarafındaysa:**
  Harmonik akımlar şebekeden tesise veya yüke doğru akar.

Harmonik akımın hangi yönde aktığını belirlemek için yalnızca akım büyüklüğünün ölçülmesi yeterli değildir. Gerilim ve akım arasındaki faz ilişkisi ile harmonik aktif güç de değerlendirilmelidir. Özellikle bir harmonik bileşenin aktif güç yönü, harmonik kaynağının belirlenmesinde önemli bir göstergedir. Harmonik akımın akış yönünün doğru belirlenmesi; harmonik kaynağının tespit edilmesi, filtrelerin uygun noktaya yerleştirilmesi ve güç kalitesinin iyileştirilmesi açısından önem taşır.

Özetle: Harmonik akımlar çoğunlukla doğrusal olmayan yükler tarafından üretilir ve kaynaktan sisteme doğru yayılabilir. Ancak akış yönü, sistemin empedans yapısı ve harmonik kaynağının konumuna bağlıdır. Bu nedenle harmonik kaynağını belirlemek için harmonik akım, gerilim ve güç yönlerinin birlikte analiz edilmesi gerekir. Harmonik içeren dalga şekillerinin analizinde, harmonik akımların güç sistemi içerisindeki yayılım ve akış yollarının belirlenmesi önemli bir gerekliliktir. Genel olarak harmonik akımlar, harmonik bileşenleri üreten doğrusal olmayan yük veya kaynaktan başlayarak sistem kaynağına doğru ilerleme eğilimindedir.

Harmonikli akımların akış şeması, doğrusal olmayan yüklerin şebekede yarattığı bozulmaların kaynaktan sisteme ve diğer tüketicilere nasıl yayıldığını gösteren adımlardan oluşur. Bu akış, harmonik kaynaklarının devreye girmesiyle başlar ve şebeke empedansı üzerinden gerilim düşümlerine yol açarak tüm sisteme dağılır. Şekil 2' de harmonik akımlarının akış yönü verilmiştir.

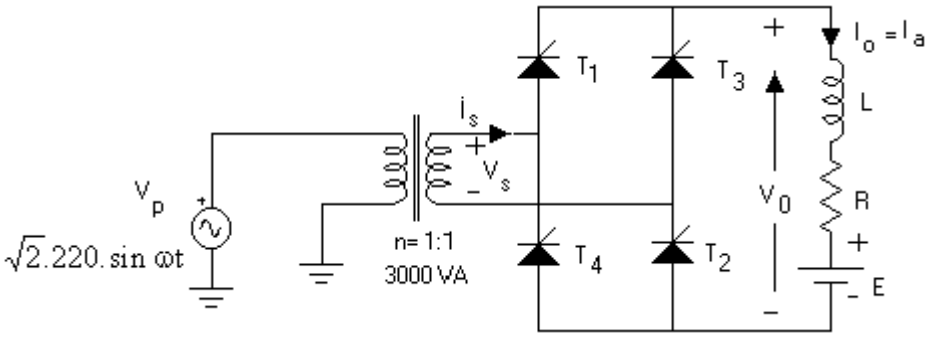


Şekil 2 Harmonikli akımların akış şeması

Harmonik akım kaynağının gördüğü toplam empedans, şebeke kaynak empedansı ile sisteme paralel bağlı diğer yüklerin empedanslarının oluşturduğu eşdeğer empedans tarafından belirlenmektedir. Genel olarak, şebeke kaynak empedansının paralel bağlı yüklerin eşdeğer empedansına oranla oldukça küçük olduğu ve yaklaşık %5 düzeyinde kaldığı kabul edilmektedir. Bu nedenle, harmonik akımın büyük bir bölümü, yaklaşık %90–95'i, sistem kaynak empedansının düşük olması nedeniyle şebeke kaynağı yönünde akmaktadır.

5. SAYISAL UYGULAMA

Şekil 3'te, akümülatörün beslenmesinde kullanılan bir fazlı tam dalga kontrollü doğrultucu devresinin yapısı gösterilmektedir. Doğrultucu çıkışına yüksek endüktanslı bir yük bağlanmış olup, bu yapı üzerinden akümülatörün beslenmesi gerçekleştirilmektedir. L = 6,5 mH, R = 2,5 Ω ve E = 10 V' tur.

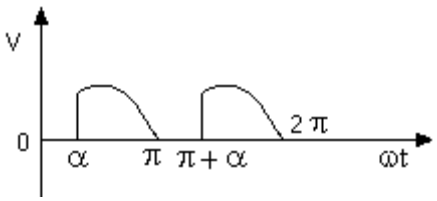


Şekil 3 Bir fazlı tam dalga kontrollü doğrultucu

a) Çıkış geriliminin ortalama değerini
b) Doğrultucu giriş akımı Fourier serisini,
c) Doğrultucu giriş akımı efektif değerini
d) Doğrultucu giriş akımı toplam harmonik distorsiyonunu (THD_I)
e) Güç faktörünü bulunuz.

Çözüm

a) Çıkış geriliminin dalga formu Şekil 4' te verildiği gibidir.



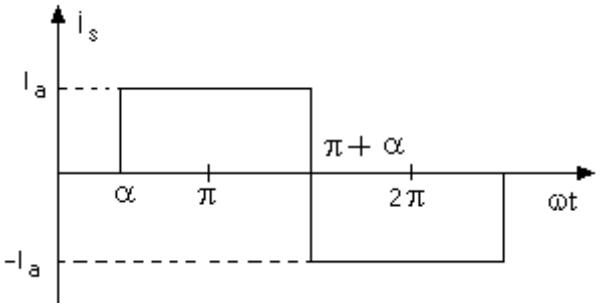
Şekil 4 Bir fazlı tam dalga kontrollü doğrultucu çıkış gerilim dalga formu

$\alpha = 60^o$ tetikleme acısı için çıkış gerilimi ortalama değeri,

$$V_0 = \frac{2}{2\pi}\int_{\alpha}^{\pi+\alpha} V_m \sin\omega t.d(\omega t) = \frac{2.V_m}{\pi}\cos\alpha = 99{,}03\,[V] \qquad (24)$$

olarak bulunur.

b) Doğrultucu giriş akımı dalga formu Şekil 5' ıe gösterildiği gibidir.



Şekil 5. Bir fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun giriş akımı dalga formu

Bu dalga formuna ait Fourier serisi,

$$\dot{I}_s = I_0 + \sum_{n=1}^{\infty}\left(A_n \cos n\omega t + B_n \sin n\omega t\right) \qquad (25)$$

Doğru akım bileşeni,

$$I_0 = \frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{2\pi+\alpha} i_s(t)d(\omega t) = \frac{1}{2\pi}\left[\int_{\alpha}^{\pi+\alpha} I_a d(\omega t) - \int_{\pi+\alpha}^{2\pi+\alpha} I_a d(\omega t)\right] = 0 \qquad (26)$$

şeklinde bulunur. Fourier bileşeni,

$$A_n = \frac{1}{\pi}\int_{\alpha}^{2\pi+\alpha} i_s(t).\cos n\omega t.d(\omega t) \qquad (27)$$

ifadesi kullanıldığında,

$$A_n = \frac{1}{\pi}\left[\int_{\alpha}^{\pi+\alpha} I_a \cos n\omega t.d(\omega t) - \int_{\pi+\alpha}^{2\pi+\alpha} I_a \cos n\omega t.d(\omega t)\right] \qquad (28)$$

entegrali hesaplandığında,

$$A_n = -\frac{4.I_a}{n.\pi}\sin n\alpha \qquad n = 1,3,5 \text{ için} \qquad (29)$$

olarak bulunur. Diğer Fourier bileşeni,

$$B_n = \frac{1}{\pi}\int_{\alpha}^{2\pi+\alpha} i_s(t).\sin n\omega t.d(\omega t) \qquad (30)$$

entegrali hesaplandığında,

$$B_n = \frac{1}{\pi}\left[\int_{\alpha}^{\pi+\alpha} I_a \sin n\omega t.d(\omega t) - \int_{\pi+\alpha}^{2\pi+\alpha} I_a \sin n\omega t.d(\omega t)\right] \qquad (31)$$

$$B_n = \frac{4.I_a}{n.\pi}\cos n\alpha \qquad n = 1,3,5 \quad \text{için} \qquad (32)$$

olarak bulunur. Giriş akımı Fourier serisi,

$$i_s = \sum_{n=1,3,5,\ldots}^{\infty}\sqrt{2}I_{sn}\sin(n\omega t + \phi_n) \qquad (33)$$

olarak ifade edilir. Akıma ait faz acısı,

$$\phi_n = \tan^{-1}\left(\frac{A_n}{B_n}\right) = -n\alpha \qquad (34)$$

şeklinde bulunur. Akımın etkin değeri,

$$I_{sn} = \frac{(A_n + B_n)^{1/2}}{\sqrt{2}} = \frac{4.I_a}{\sqrt{2}.n\pi} = \frac{2\sqrt{2}.I_a}{n\pi} \qquad (35)$$

şeklinde bulunur. Giriş akımı Fourier serisinin genel formu,

$$i_s(t) = \sum_{n=1,3,5,\ldots}^{\infty} \frac{4.I_a}{n\pi} \sin n(\omega t - \alpha) \qquad (36)$$

şeklinde bulunur.

c) Kontrollu doğrultucu giriş akımı etkin değeri,

$$I_s = \left[\frac{2}{2\pi}\int_{\alpha}^{\pi+\alpha} I_a^2 d(\omega t) = I_a\right]^{1/2} \qquad (37)$$

olarak bulunur.

d) Kontrollu doğrultucu giriş akımı toplam harmonik distorsiyonu,

Harmonikli giriş akımının temel bileşeni (37) denkleminde n=1 için,

$$I_{s1} = \frac{2.\sqrt{2}..I_a}{\pi} \qquad (38)$$

olarak bulunur. Giriş akımı harmonik distorsiyonu,

$$THD_I = \left[\left(\frac{I_s}{I_{s1}}\right)^2 - 1\right]^{1/2} = 0{,}483 = \%48{,}3 \qquad (39)$$

olarak bulunur.

e) Devrenin güç faktörü,

$$PF = \frac{I_{s1}}{I_s} = \cos(-\alpha) = 0.45 \quad (\text{Endüktif}) \qquad (40)$$

olarak bulunur.

6. SONUÇ

Güç elektroniği tabanlı cihazların ve çeşitli doğrusal olmayan elemanların elektrik güç sistemlerindeki kullanımının giderek yaygınlaşması, sistem içerisinde dolaşan nonsinüzoidal akım ve gerilim bileşenlerinin artmasına neden olmaktadır. Bu durum, özellikle akım ve gerilim dalga şekillerinde harmonik distorsiyon seviyelerinin yükselmesine ve dolayısıyla güç kalitesinin olumsuz yönde etkilenmesine yol açmaktadır. Elektrik güç sistemlerinde meydana gelen harmonik distorsiyon, harmonik kaynaklarından fiziksel olarak uzak noktalardaki sistem elemanlarını dahi etkileyebilecek şekilde şebeke boyunca yayılabilmektedir. Bu nedenle harmonikler, güç sistemlerinde önemli bir güç kalitesi problemi olarak değerlendirilmektedir. Özellikle statik güç dönüştürücülerin kullanımındaki artış, harmonik kirliliğin giderek daha belirgin hâle gelmesine neden olmaktadır. Bu çalışmada, elektrik enerjisinin kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan temel tanım ve büyüklükler ele alınmış; harmoniklerin güç sistemleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar ve geliştirilen öneriler aşağıda sunulmaktadır:

- Harmonikler, elektrik güç sistemlerinde güç kalitesini olumsuz yönde etkileyen önemli bir bozucu unsur olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle, harmonik bileşenlerin seviyeleri ilgili standartlarda belirlenen sınır değerlerin altında tutulmalı ve sistemin güvenilir ve verimli işletilmesi sağlanmalıdır.
- Elektrik enerjisine yönelik talebin sürekli artması, güç sistemlerinin güvenilirlik ve güç kalitesi açısından daha etkin bir şekilde izlenmesini gerekli kılmaktadır. Özellikle doğrusal olmayan yüklerin yoğun olarak kullanıldığı demir-çelik tesisleri ve elektrik ark ocakları gibi yüksek güçlü endüstriyel tesislerde, harmonik seviyelerinin düzenli aralıklarla, yılda en az birkaç kez ölçülmesi ve izlenmesi önerilmektedir. Elde edilen ölçüm sonuçlarından yararlanılarak bu tesislere ait yıllık harmonik yük profillerinin oluşturulması, harmonik seviyelerinin değerlendirilmesi ve standartlarda belirtilen sınır değerlerin altında tutulmasına yönelik gerekli önlemlerin alınması önem taşımaktadır.
- Harmonik bozulmanın önemli düzeyde olduğu tesislerde uygun harmonik filtreleme sistemlerinin kurulması zorunlu hâle getirilerek şebekeye aktarılan harmonik kirliliğin sınırlandırılması sağlanmalıdır. Ayrıca, güç sistemine aktarılan harmonik bozulma düzeyi ile tüketicilere uygulanacak maliyetler arasında düzenleyici bir ilişki kurulması, tüketicilerin güç kalitesinin iyileştirilmesine yönelik önlemler almalarını teşvik edebilir. Bu yaklaşım, elektrik enerjisinin daha kaliteli, güvenilir ve ekonomik bir şekilde üretilmesi, iletilmesi ve tüketilmesine katkı sağlayacaktır.
- Harmonik bileşenler, elektrik güç sistemlerinde kullanılan transformatör ve döner elektrik makinelerinin çalışma performansını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Transformatörlerde harmonik akımlar, bakır ve demir kayıplarının yanı sıra kaçak akıların artmasına ve buna bağlı olarak ilave ısınmalara neden olabilmektedir. Döner makinelerde ise harmonik bileşenler, kayma ve elektromanyetik moment üzerinde değişimlere yol açarak titreşimli, gürültülü ve düzensiz çalışma koşullarının oluşmasına, ayrıca makine veriminin azalmasına neden olabilmektedir.
- Harmonik distorsiyonun bir diğer önemli etkisi, gerilim dalga şeklinin sıfır geçiş noktalarını değiştirmesi nedeniyle sıfır geçiş esaslı tetikleme ve kontrol sistemlerinde hatalı tetikleme sinyallerinin oluşabilmesidir. Bunun yanında, harmonik bileşenlerin neden olduğu rezonans koşulları, sigortaların ve diğer koruma elemanlarının gereksiz veya tekrarlı şekilde devreye girmesine yol açabilmektedir. Harmonik bozulmalar ayrıca koruma rölelerinin hatalı algılama yapmasına ve buna bağlı olarak devre kesicilerin gereğinden erken veya geç açmasına neden olabilir. Tüm bu etkiler, güç sistemine bağlı elektrikli cihaz ve ekipmanların çalışma koşullarını olumsuz etkileyerek kullanım ömürlerinin azalmasına ve sistemin genel işletme güvenilirliğinin düşmesine neden olmaktadır.
- Son yıllarda doğrusal olmayan yüklerin ve güç elektroniği tabanlı cihazların elektrik güç sistemlerindeki kullanımının hızla yaygınlaşması, harmoniklerin gelecekte güç sistemlerinin işletme koşulları ve güç kalitesi üzerinde daha belirgin etkiler oluşturabileceğini göstermektedir. Ülkemizde özellikle endüstriyel tesislerde harmoniklerin oluşum mekanizmaları, sistem üzerindeki olumsuz etkileri ve bu etkilerin sınırlandırılmasına yönelik yöntemler konusunda farkındalığın artırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda, elektrik enerjisi tüketicilerinin harmonik bozulmaların nedenleri, sonuçları ve önlenmesine yönelik uygulamalar hakkında bilinçlendirilmesi önem taşımaktadır.
- Harmonik bozulmanın değerlendirilmesinde kullanılan Toplam Harmonik Distorsiyon (THD), Toplam Talep Distorsiyonu (TDD), Gerilim Harmonik Distorsiyonu (HDV) ve Akım Harmonik Distorsiyonu (HDI) gibi güç kalitesi göstergeleri için ilgili standartlarda tanımlanan sınır değerler esas alınmalıdır. Özellikle önemli düzeyde harmonik üreten endüstriyel tesislerde, söz konusu parametrelerin ölçülmesi ve izlenmesi; elde edilen

değerlerin ilgili standartlarda belirtilen kabul edilebilir sınırlar içerisinde tutulması için gerekli teknik önlemlerin uygulanması gerekmektedir.

- Elektrik güç sistemlerinin güvenilir, kararlı ve süreklilik arz edecek şekilde işletilebilmesi için tasarım ve işletme süreçlerinde doğrusal olmayan yükler ile nonsinüzoidal kaynakların neden olduğu harmonik bileşenlerin düzeyleri belirlenmelidir. Bu amaçla, harmonik büyüklüklerin uygun matematiksel yöntemlerle hesaplanması ve/veya sistem üzerinde gerçekleştirilecek ölçümler aracılığıyla belirlenmesi, olası güç kalitesi sorunlarının önceden tespit edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması açısından büyük önem taşımaktadır.
- Harmonik bileşenler, elektriksel dalga şekillerinin anahtarlanması, kesilmesi ve doğrusal olmayan karakteristik gösteren elemanlar üzerinden işlenmesi gibi çeşitli süreçler sonucunda ortaya çıkabilmektedir. Özellikle tristör tabanlı güç elektroniği devreleri, harmonik akımların önemli kaynakları arasında yer almaktadır. Güç elektroniği sistemlerinde harmonik distorsiyonun azaltılmasına yönelik olarak doğrultma, evirme, gerilim ve frekans kontrolü gibi uygulamalarda dönüştürücülerin darbe sayısının artırılması etkili bir yöntem olarak kullanılabilmektedir. Örneğin, 12 darbeli veya daha yüksek darbeli dönüştürücü topolojilerinin tercih edilmesi, giriş akımının dalga şeklinin ideal sinüzoidal forma yaklaşmasını sağlayarak belirli harmonik bileşenlerin azaltılmasına ve toplam harmonik distorsiyonun düşürülmesine katkıda bulunmaktadır.
- Yüksek mertebeli harmonik bileşenlerin frekanslarının temel frekansın harmonik derecesiyle orantılı olarak artması, bu bileşenlerin haberleşme sistemleri üzerindeki elektromanyetik girişim etkilerini önemli hâle getirmektedir. Özellikle enerji iletim hatları ile telefon ve diğer haberleşme hatlarının birbirine yakın ve paralel olarak tesis edildiği bölgelerde, harmonik akımların oluşturduğu elektromanyetik etkileşimler nedeniyle haberleşme sinyallerinde parazit ve bozulmalar meydana gelebilmektedir. Bu tür olumsuz etkilerin azaltılması amacıyla enerji iletim ve haberleşme hatlarının uygun mesafelerde konumlandırılması, paralel güzergâhların mümkün olduğunca sınırlandırılması ve gerekli durumlarda haberleşme hatlarının yer altından tesis edilmesi önerilmektedir.
- Geleneksel harmonik analizinde, sinyalin frekans bileşenlerinin belirlenmesi amacıyla Hızlı Fourier Dönüşümü (Fast Fourier Transform, FFT) ve Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (Short-Time Fourier Transform, STFT) gibi yaygın sinyal işleme tekniklerinden yararlanılmaktadır. Bununla birlikte, elektrik güç sistemlerinde yük karakteristiklerinin zaman içerisinde sürekli değişmesi ve çalışma koşullarının dinamik bir yapı göstermesi, yalnızca geleneksel sinyal işleme yöntemlerinin bazı durumlarda yetersiz kalmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, değişken çalışma koşullarında harmonik bileşenlerin daha etkin biçimde tespit edilmesi ve sınıflandırılması amacıyla yapay zekâ tabanlı yöntemler giderek daha fazla kullanılmaktadır. Kullanılabilecek yöntemler arasında:

- Yapay sinir ağları (ANN)
- Destek vektör makineleri (SVM)
- Karar ağaçları
- Random Forest
- K-nearest neighbors (KNN)

- CNN
- LSTM
- Derin öğrenme modelleri

bulunur. Doğrusal olmayan yükler, güç seviyeleri düşük olsa dahi elektrik güç sistemlerinde akım ve gerilim dalga şekillerinin ideal sinüzoidal karakterden sapmasına neden olabilmektedir. Güç sistemlerine bağlı doğrusal olmayan yüklerin sayısının ve çeşitliliğinin artması, bu yüklerin oluşturduğu harmonik bileşenlerin birikimli etkisiyle toplam harmonik distorsiyonun önemli düzeylere ulaşmasına yol açabilmektedir. Bu nedenle, oluşan harmonik bozulmaların sınırlandırılması ve giderilmesi, elektrik enerjisinin güç kalitesinin korunması açısından büyük önem taşımaktadır.

Doğrusal olmayan elemanlar; üretim, iletim ve dağıtım aşamalarında harmonik bileşenlerin oluşmasına ve yayılmasına neden olarak tüketicilere sunulan elektrik enerjisinin kalitesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu kapsamda, güç sistemlerindeki harmonik seviyelerinin düzenli olarak izlenmesi ve değerlendirilmesi, olası güç kalitesi problemlerinin erken aşamada belirlenmesi açısından gereklidir. Harmonik seviyelerinin kabul edilebilir sınırların üzerine çıkması durumunda ise sistemin güvenilirliğini ve enerji kalitesini korumak amacıyla uygun filtreleme ve kompanzasyon yöntemleri uygulanmalıdır.

KAYNAKÇA

1. Srivastava, A. K., Rajpurohit, B. S., & Singh, S. N. (2025). Fast and accurate harmonic/interharmonic parameter estimation in modern power system: A new approach. *IEEE Industry Applications Magazine, 31*(5), 14–24. https://doi.org/10.1109/MIAS.2025.3559867
2. IEEE. (2022). *IEEE standard for harmonic control in electric power systems* (IEEE Std 519-2022). IEEE. https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2022.9848440
3. Rakočević, S., Ćalasan, M., & Milovanović, M. (2025). Parameter tuning and strategic placement of passive harmonic filters for power quality enhancement in modern distribution networks. In *2025 12th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETRAN)* (pp. 1–7). IEEE. https://doi.org/10.1109/IcETRAN66854.2025.11114332
4. Kocatepe, C., Uzunoğlu, M., Yumurtacı, R., & Arıkan, O. (2003). *Elektrik tesislerinde harmonikler*. Birsen Yayınevi.
5. Kurniawan, A., Putra, E. F., & Sarwito, S. (2023). Harmonic analysis due to reconfiguration of shipboard AC to DC electrical distribution system with hybrid energy sources. *2023 IEEE 7th International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE)*, 349–352. https://doi.org/10.1109/ICITISEE58992.2023.10404393
6. Liao, S., Tian, Y., Gu, T., Wang, Z., Shang, L., & Liu, F. (2024). Analysis of harmonic characteristics in distribution network with distributed PV. *2024 IEEE 19th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*, 1–5. https://doi.org/10.1109/ICIEA61579.2024.10664762
7. Kumar, S., Samanta, S., Chattopadhyay, S., & Chattopadhyay, A. (2026). Power quality in modern electrical systems: A comprehensive literature survey. *2026 IEEE International*

Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS), 1–6. https://doi.org/10.1109/SCEECS68810.2026.11430004

8. Bíscaro, A. A. P., Pereira, R. A. F., Kezunovic, M., & Mantovani, J. R. S. (2016). Integrated fault location and power-quality analysis in electric power distribution systems. *IEEE Transactions on Power Delivery, 31*(2), 428–436. https://doi.org/10.1109/TPWRD.2015.2464098
9. Heydt, G. T. (1998). Electric power quality: A tutorial introduction. *IEEE Computer Applications in Power, 11*(1), 15–19. https://doi.org/10.1109/67.648490
10. Senol, M., & Bayram, I. S. (2025). Impact assessment and mitigation of electric vehicle smart charging harmonics. *IEEE Access, 13*, 207412–207432. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3641505
11. Jiang, C., Salles, D., Xu, W., & Freitas, W. (2012). Assessing the collective harmonic impact of modern residential loads—Part II: Applications. *IEEE Transactions on Power Delivery, 27*(4), 1947–1955. https://doi.org/10.1109/TPWRD.2012.2211109
12. Abed, A. M., El-Sehiemy, R. A., Bentouati, B., & El-Arwash, H. M. (2024). Accurate identification of harmonic distortion for micro-grids using artificial intelligence-based predictive models. *IEEE Access, 12*, 83740–83763. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3400038
13. Suhail, M., Moursi, M. E., & Al Hosani, K. H. (2024). Harmonic detection in power electronics converters using machine learning. *2024 6th International Conference on Smart Power & Internet Energy Systems (SPIES)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/SPIES63782.2024.10983872

PYCNONUCLEAR REACTION OF ^{40}Mg+^{40}Mg IN THE NEUTRON STAR CRUST

Doğukan Barlas
Department of Physics, Faculty of Science, Eskişehir Osmangazi University
0009-0005-7746-6217
Assoc. Prof. Dr. Ali İhsan Kılıç
Department of Physics, Faculty of Science, Eskişehir Osmangazi University
Research Institute for Fundamental Sciences, TÜBİTAK, Gebze, Kocaeli, Türkiye
0000-0003-2762-3913

ABSTRACT

Pycnonuclear reactions can occur through quantum tunneling in dense stellar matter, even at low temperatures. Unlike thermonuclear fusion, it is strongly influenced by the high density of the medium and the zero-point motion of the ions. As the density increases, the ion separation decreases, facilitating the tunneling of nuclei through the Coulomb barrier. Consequently, pycnonuclear reaction rates depend not only on the properties of the reacting nuclei but also on the lattice structure and the physical properties of the surrounding matter. Such conditions are expected to occur in the crusts of neutron stars, where ions may form a crystal lattice. Above the neutron drip density, unbound neutrons coexist with nuclei and can modify the pycnonuclear reaction rates.

In this study, we investigate the ^{40}Mg + ^{40}Mg reaction under astrophysical conditions relevant to neutron star crust. At zero temperature, the effects of different nucleon-nucleon interaction models and lattice approximations on the reaction rates are examined using the Salpeter-Van Horn (SPVH) and Schramm-Koonin (SK) formulations. The M3Y, São Paulo (SP), and RMF-L1 models are compared, and the calculated rates exhibit similar density dependence. The influence of the free neutron background is examined as a function of the ion mass fraction, X_i. Finite-temperature effects on the reaction rates are also evaluated over a range of densities.

Keywords: Pycnonuclear Reactions, Neutron Star Crust, Crystal Lattice, Reaction Rates

I. INTRODUCTION

Nuclear reactions constitute the foundation of numerous astrophysical processes, including stellar evolution and nucleosynthesis. In dense astrophysical environments, matter can transition into a regime distinct from classical thermonuclear reactions, one in which nuclear fusion can proceed via quantum tunneling even at low temperatures [1]. In particular, the high mass density and low temperature conditions prevailing in the neutron star crust reduce the inter-nuclear separation and can give rise to pycnonuclear reactions. Under these conditions, the decrease in inter-ionic distance accompanying increasing density, together with the increasing prominence of zero-point motion, renders it possible for the Coulomb barrier to be surmounted via quantum tunneling at exceedingly low energies. While zero-point oscillations contribute to the overlap of the wave functions of neighboring ions [2], the characteristic inter-ionic distance is determined largely by the lattice structure and the density of the matter. Consequently, pycnonuclear reaction rates exhibit a strong dependence on density, whereas at

low temperatures the influence of temperature remains secondary relative to thermonuclear reactions [3].

Pycnonuclear reactions are nuclear fusion processes that can proceed, in extremely dense (10^{12} g cm^{-3}) stellar matter, through the zero-point motion of ions and quantum tunneling. The term "pycnonuclear" was coined by Cameron and is employed to describe fusion processes occurring in extreme astrophysical environments, particularly the dense layers of white dwarfs and neutron stars [3-5]. Whereas the earliest investigations of high density fusion employed simplified interaction potentials and electron screening, Salpeter and Van Horn subsequently developed a comprehensive theoretical framework incorporating electron screening, the ion lattice, and temperature effects [1, 3, 6]. In subsequent work, Schramm and Koonin examined the effects of lattice polarization, as well as of body-centered cubic (BCC) and face-centered cubic (FCC) lattice structures, on the reaction rates [7].

Owing to its neutron-rich structure and its proximity to the neutron drip line, ^{40}Mg constitutes a nucleus of considerable interest with respect to nuclear structure under conditions of extreme isospin. The existence of this isotope has been established experimentally in projectile-fragmentation experiments employing high energy ^{48}Ca beams [8]. Neutron-rich nuclei of this kind are predicted to form as a consequence of nuclear transmutation processes occurring within the neutron star crust. ^{40}Mg may therefore be of significance in relating neutron rich nuclei that are unstable under terrestrial conditions to the nuclear processes occurring in dense stellar matter.

Neutron stars provide a unique setting in which to investigate matter under extreme physical conditions. The study of these stars can yield valuable insight into the nuclear equation of state at densities inaccessible to laboratory experiment [9]. Furthermore, their crusts may contain extremely neutronrich nuclei that do not exist, or are unstable, under terrestrial conditions, thereby affording the opportunity to investigate exotic nuclear structures and reaction mechanisms that cannot be accessed experimentally. The investigation of fusion processes in neutron stars contributes to the understanding of nuclear processes under extreme astrophysical conditions, thus establishing an important link between nuclear physics and astrophysics [10].

In this study, the $^{40}\mathrm{Mg} + {}^{40}\mathrm{Mg}$ reaction is investigated under the conditions prevailing in the neutron star crust. The fusion barrier is determined from nuclear potentials derived from distinct nucleon-nucleon interaction models, in conjunction with the Coulomb contribution. Zero-temperature reaction rates are evaluated within the Salpeter-Van Horn (SPVH) and Schramm-Koonin (SK) formulations, employing the M3Y, São Paulo (SP), and RMF-L1 interactions to assess the sensitivity of the results to the adopted nuclear interaction model. Furthermore, the influence of the free neutron background above the neutron drip density is examined as a function of the ion mass fraction X_i. Finite temperature effects are likewise investigated by means of a temperature correction to the pycnonuclear reaction rate.

All numerical calculations in this study were performed using the Fortran based PycnoCalc package, which enables the calculation of double folding potentials and pycnonuclear fusion reaction rates. Different nucleon-nucleon interaction models were employed to evaluate the nuclear potentials and investigate their effects on the calculated reaction rates. The computational framework and numerical methods are based on previous studies [11, 12].

II. FOLDING POTENTIAL

The nuclear interaction potentials are obtained by double folding the mass densities of the nuclei with the effective nucleon-nucleon interactions. The nuclear densities are described by a 2-parameter Fermi distribution:

$$\rho(r) = \frac{\rho_0}{1 + exp\left[\frac{r - R_0}{a}\right]}, \tag{1}$$

The nuclear radius parameter is defined as $R_0 = 1.31A_i^{1/3} - 0.84$ fm. In the point-charge approximation, the minimum separation is given by $r = 1.2(A_i^{1/3} + A_j^{1/3})$, where A_i and A_j denote the mass numbers of the interacting nuclei. The surface diffuseness parameter is taken as $a = 0.50$ fm, while the central nuclear matter density is set to $\rho_0 = 2.8 \times 10^{14}$ g cm^{-3}. Using these parameters, the double folding nuclear potential is expressed as

$$V_N = \int \rho_i(r_i)\, \rho_j(r_j)\, V_{NN}(r - r_j + r_i)\, dr_i\, dr_j, \tag{2}$$

where r_i and r_j denote the position vectors of the constituent nucleons, while ρ_i and ρ_j represent the nuclear matter densities of the projectile and target nuclei, respectively, and V_{NN} denotes the effective nucleon-nucleon interaction.

III. WKB METHOD

The total interaction potential is obtained by combining the nuclear and Coulomb contributions. For the low energy fusion process considered here, the centrifugal contribution is neglected by restricting the reaction to the s-wave channel ($\ell = 0$). Thus, the effective potential is written as

$$V_{eff}(r, E) = V_C(r) + V_N(r, E). \tag{3}$$

The Coulomb potential is given by $V_C(r) = e^2 Z_i Z_j / r$, where Z_i and Z_j are the atomic numbers of the interacting nuclei. For sub-barrier energies, the transmission probability is calculated using the WKB approximation. The corresponding tunneling action is given by

$$S_0 = \int_{r_i}^{r_j} \sqrt{\frac{8\mu}{\hbar^2}\left[V_{eff}(r, E) - E_0\right]}\, dr, \tag{4}$$

where μ is the reduced mass of the system, defined as $\mu = A_i A_j/(A_i + A_j)$, and r_i and r_j are the classical turning points determined by $V_{\text{eff}}(r, E) = E_0$. The transmission probability is then expressed as

$$T_0 = \frac{1}{1 + exp(S_0)}. \tag{5}$$

For pycnonuclear reactions, the characteristic energy of the reacting ions is determined by the zero-point and lattice contributions of the dense Coulomb crystal. Within the SPVH framework, the background energy is expressed as the sum of the lattice and vibrational contributions, $E_0 = E_{\text{lattice}} + E_{\text{vib}}$. This treatment allows the influence of the dense stellar

medium on the sub-barrier fusion probability to be incorporated into the reaction rate calculation. The reaction cross section $\sigma(E)$, expressed in barns (b), is described within the barrier penetration model (BPM) [13, 14]. For the s-wave contribution, it is expressed in terms of the transmission probability as

$$\sigma(E) = \frac{\pi\hbar^2}{2\mu E} T_0. \tag{6}$$

When the classical turning point is much greater than the nuclear radius, the reaction cross section can be expressed in terms of the astrophysical S-factor, which separates the Coulomb barrier penetration contribution from the nuclear interaction [13, 14]. The astrophysical S-factor is defined as

$$S(E) = \sigma(E)Eexp(2\pi\eta) = \sigma(E)Eexp\left[\left(\frac{E_G}{E}\right)^{\frac{1}{2}}\right]. \tag{7}$$

Here, E is the center of mass energy in MeV, $S(E)$ is expressed in MeV b, μ is the reduced mass of the reacting nuclei, and η is the Sommerfeld parameter, defined as $\eta = Z_i Z_j e^2/(\hbar v)$, where Z_i and Z_j are the atomic numbers of the reacting nuclei and $v = \sqrt{2E/\mu}$ is their relative velocity. The Gamow energy is given by $E_G = 2\mu(\pi Z_i Z_j e^2/\hbar)^2$. The astrophysical S-factor represents the nuclear contribution to the reaction cross section after the dominant Coulomb barrier penetration factor has been factored out. For non-resonant reactions, it varies slowly with energy, which makes its extrapolation to low energies considerably more reliable than that of the cross section itself.

IV. ANALYTIC APPROXIMATION OF THE ASTROPHYSICAL *S*-FACTORS

The astrophysical S-factor is represented over a broad energy range using a 9-parameter analytic expression [15], which extends the parametrization proposed by Gasques et al. [16]:

$$S(E) = exp\left\{B_1 + B_2E + B_3E^2 + \frac{C_1 + C_2E + C_3E^2 + C_4E^3}{1 + exp\left[\frac{E_C - E}{D}\right]}\right\} \quad MeV\ b. \tag{8}$$

The 9-parameters E_C, D, B_1, B_2, B_3, C_1, C_2, C_3, and C_4 are fitted for each reaction. The parameter E_C (MeV) approximately represents the Coulomb barrier height and distinguishes the sub-barrier ($E \lesssim E_C$) and above-barrier ($E \gtrsim E_C$) energy regimes. The parameter D (MeV) characterizes the width of the transition region between these regimes through a Fermi-Dirac type function, $[1 + \exp((E_C - E)/D)]^{-1}$, which approaches zero below the barrier and unity above it. The parameter B_1 determines the zero-energy value, $S(0) = \exp(B_1)$, while B_2 (MeV^{-1}) and B_3 (MeV^{-2}) describe the linear and quadratic energy dependence, respectively, in the sub-barrier region. The parameters C_1 (dimensionless), C_2 (MeV^{-1}), C_3 (MeV^{-2}), and C_4 (MeV^{-3}) provide additional flexibility to reproduce the energy dependence of $S(E)$ in the transition and above-barrier regions [5]. At energies sufficiently below the Coulomb barrier, specifically for $E \lesssim E_C - 2D$, the transition term becomes negligible, and the parametrization reduces to

$$S(E) \simeq S(0)exp(B_2E + B_3E^2), \tag{9}$$

where $S(0) = \exp(B_1)$ is the zero-energy value of the S-factor. In this energy range, the S-factor is determined by the three parameters B_1, B_2, and B_3. This reduced expression provides

an accurate approximation, with deviations generally within a few tens of percent for $E \leq E_C - 2D$, and allows the S-factor to be extrapolated to zero energy [15].

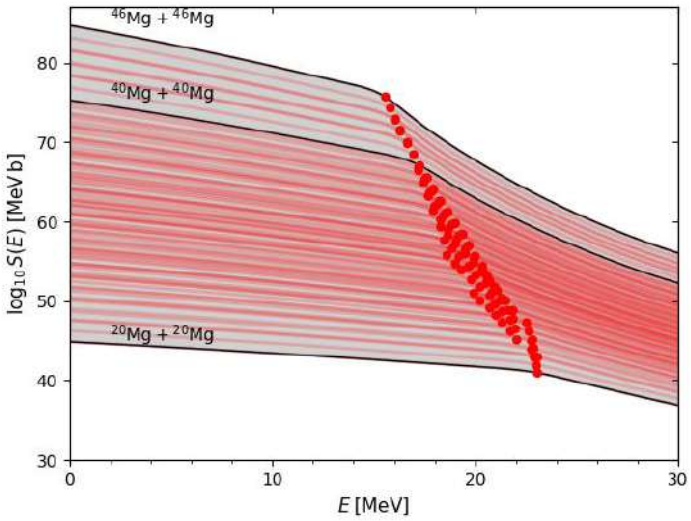


Figure 1. 9-parameter analytic S-factor representation for Mg+Mg fusion reactions. Filled red markers indicate the Coulomb barrier energies E_C for the corresponding reactions.

In this work, this parametrization is used to represent the astrophysical S-factor of the $^{40}\mathrm{Mg} + {}^{40}\mathrm{Mg}$ reaction and to determine its low energy behavior. The corresponding fit parameters are adopted from the tabulated values of Beard et al. [15], who obtained them using the SP potential within the barrier penetration model Gasques2007: $E_C = 17.253$ MeV, $D = 0.76$ MeV, $B_1 = 173.326$, $B_2 = -0.8349\ \mathrm{MeV}^{-1}$, $B_3 = -0.01158\ \mathrm{MeV}^{-2}$, $C_1 = 38.845$, $C_2 = -2.3030\ \mathrm{MeV}^{-1}$, $C_3 = -0.02843\ \mathrm{MeV}^{-2}$, and $C_4 = 0.001419\ \mathrm{MeV}^{-3}$. The maximum relative error of the fit for this reaction is $\delta \approx 13\%$. For comparison, the astrophysical S-factor of the ^{40}Mg + ^{40}Mg reaction is compared with those of other Mg + Mg fusion systems using the 9-parameter fits reported by Beard et al. [15], as shown in Fig. 1.

V. PYCNONUCLEAR REACTION RATE

Salpeter and Van Horn (SPVH) developed, in 1969, one of the first comprehensive theoretical descriptions of pycnonuclear fusion by incorporating several micro-physics effects into the reaction rate formalism. The model considers both a static approximation, in which the lattice remains fixed during tunneling, and an approximation in which the lattice is permitted to relax [1].

$$R_{pyc}^{SPVH} = \frac{\rho}{\mu_A} A^2 Z^4 S \binom{3.90}{4.76} 10^{46} \lambda^{\frac{4}{7}} exp\left[-\lambda^{-\frac{1}{2}} \binom{2.638}{2.516}\right] \quad cm^{-3}\, s^{-1}. \tag{10}$$

The static and relaxed lattice approximations are represented by the upper and lower numerical coefficients, respectively. The SPVH reaction rates are calculated using the static lattice approximation. μ_A the mean molecular weight per ion, S the astrophysical S-factor, and λ is inverse lenght parameter defined as

$$\lambda = \frac{1}{AZ^2}\left(\frac{\rho X_i N_A}{6.7585 \times 10^{10}\ g\ cm^{-3}}\right)^{\frac{1}{3}}. \qquad (11)$$

Here, S denotes the astrophysical S-factor, ρ is the mass density in $\mathrm{g\,cm^{-3}}$. N_A is the Avogadro constant, equal to $6.02 \times 10^{23}\ \mathrm{mol^{-1}}$, and X_i is the ion mass fraction, which expresses the contribution of the ions to the total mass density. The Schramm-Koonin (SK) reaction rate extends the Salpeter-Van Horn (SPVH) formulation by incorporating the FCC Bravais lattice and the effects of lattice polarization into the calculation of the reaction rate [7]. The SK reaction rate is given in general form by

$$R_{pyc}^{SK} = \begin{pmatrix} 1.06 & BCC \\ 2.69 & FCC \end{pmatrix} 10^{45} S\rho A^2 Z^4 \lambda^{\frac{4}{7}} exp\left[-\alpha_2 - \alpha_1 \lambda^{-\frac{1}{2}} \begin{pmatrix} 2.638 \\ 2.516 \end{pmatrix}\right] \quad cm^{-3}\, s^{-1}. \qquad (12)$$

The parameters α_1 and α_2 are determined by the adopted lattice approximation, namely the static, Wigner-Seitz (WS), or relaxed approximation. The upper line is assuming a static lattice approximation and the lower line give rates for a completely relaxed lattice approximation. The SK formulation was originally developed for the $^{12}C + {}^{12}C$ fusion reaction [7]. In the static approximation, all ions other than the fusing pair are assumed to remain at their lattice sites, so that the rearrangement of the lattice through polarization is neglected. The WS and relaxed approximations, by contrast, treat the response of the lattice during the tunneling process in different manners. Since the barrier lowering effect of lattice polarization can be largely offset by the increase in the effective mass, these two approximations can yield similar reaction rates. In contrast, the difference between the BCC and FCC lattices may become pronounced, particularly at low densities [7].

In this work, the lattice parameters α_1 and α_2 of the SK formulation, as implemented in PycnoCalc [11, 12], are adopted for the ^{40}Mg + ^{40}Mg reaction without reparameterization for this system. Therefore, the resulting SK reaction rates should be interpreted as order of magnitude estimates rather than precise predictions. These rates are compared in Fig. 2 to examine how the nucleon-nucleon interaction potential and the lattice approximation affect the calculated pycnonuclear reaction rates.

The SP interaction is adopted as the baseline nuclear interaction model owing to its established application to heavy ion reactions and its treatment of nonlocal effects associated with exchange. The SP potential is a parameter-free model for the real part of the nuclear interaction and incorporates the nonlocal quantum effects associated with nucleon exchange between the projectile and the target [17].

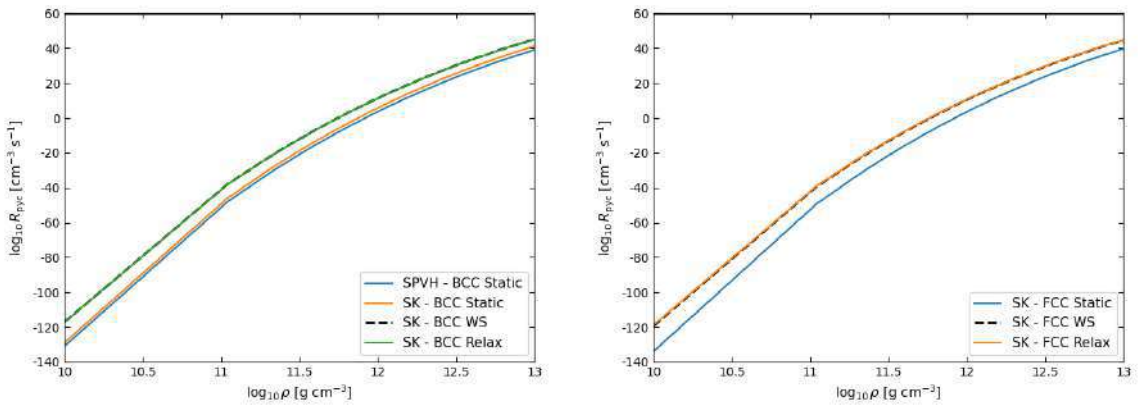


Figure 2. SPVH and SK reaction rates, calculated using the SP nucleon-nucleon interaction with different lattice polarizations.

Accordingly, the pycnonuclear reaction rates calculated with the M3Y and RMF-L1 interactions are compared with the SP results in order to quantify the sensitivity of the reaction rate to the adopted nuclear interaction model.

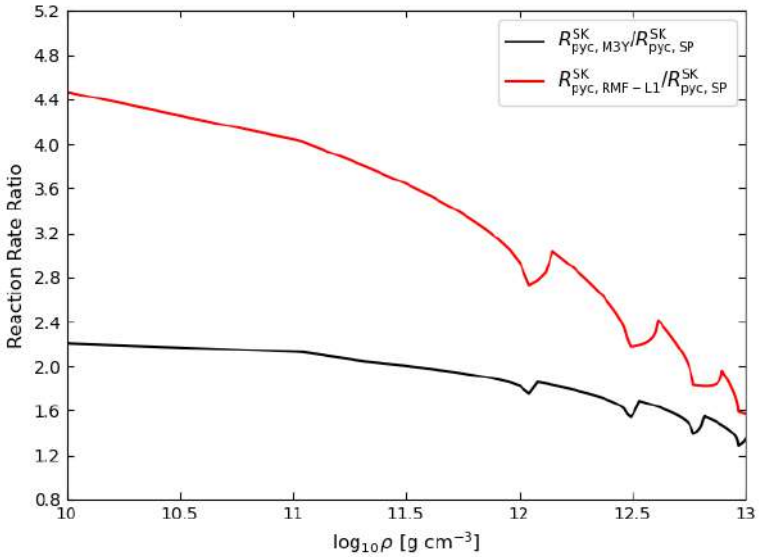


Figure 3. SK reaction rates ratio, calculated using baseline model the SP nucleon-nucleon interaction with BCC static lattice polarizations.

In fig. 3, $R_{\mathrm{pyc,SP}}$, $R_{\mathrm{pyc,M3Y}}$, and $R_{\mathrm{pyc,RMF-L1}}$ denote the pycnonuclear reaction rates calculated using the SP, M3Y, and RMF-L1 nuclear interaction models, respectively. Values close to unity indicate that the calculated reaction rate exhibits only a weak dependence on the nuclear interaction model, whereas substantial deviations from unity indicate an increased sensitivity to the model. It should be emphasized that these ratios must be interpreted as indicators of model sensitivity. Since the pycnonuclear reaction rate depends exponentially on the barrier penetration probability, even relatively small differences in the effective nucleon-nucleon interaction potential can lead to significant differences in the calculated reaction rate.

The composition and structure of matter change with increasing density in the inner crust of neutron stars. Once the density exceeds the neutron drip density $\rho_d \approx 4 \times 10^{11}\ \mathrm{g\,cm^{-3}}$, neutrons become unbound from the nuclei and a free (dripped) neutron background forms within the crust [18].

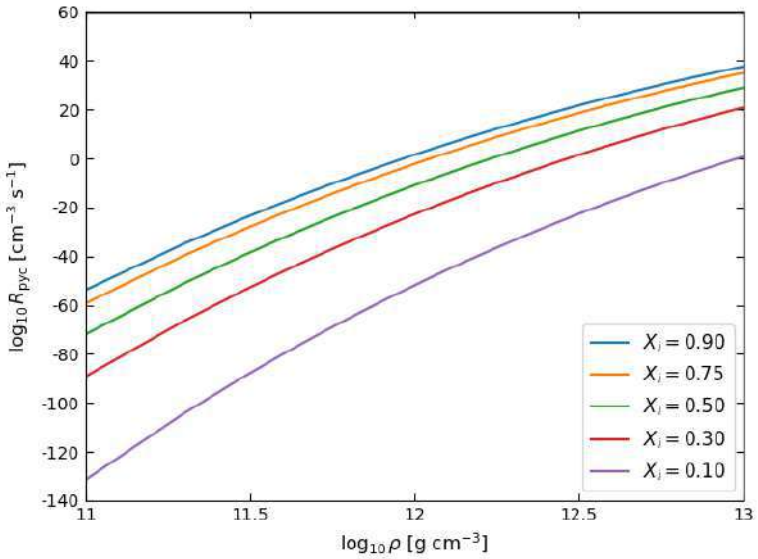


Figure 4. SPVH reaction rates calculated using the SP interaction for different ion mass fractions X_i.

In the presence of free neutrons, the ion mass fraction, X_i, which represents the fraction of the total mass density contributed by ions, is reduced below unity. Thus, X_i = 1 below the neutron drip density, whereas X_i < 1 above it, where free neutrons coexist with the ions [19]. Therefore, the contribution of the free neutron background must be accounted for in pycnonuclear reaction rate calculations at densities above the neutron drip density. Fig. 4. SPVH reaction rates calculated with the SP potential for different ion mass fractions X_i, at selected densities. The sensitivity of the reaction rates to X_i, is greater at lower densities.

VI. TEMPERATURE ENHANCEMENT

The temperature enhancement of the pycnonuclear reaction rate is evaluated in the SPVH formulation by means of the following multiplicative enhancement factor [1]:

$$\frac{R}{R_{pyc}} = 1 + \binom{0.0430}{0.0485} \lambda^{-\frac{1}{2}} \left[\binom{1.2624}{2.9314} e^{-8.7833\beta^{\frac{3}{2}}} \right]^{-\frac{1}{2}} e^{f(\lambda,\beta)}, \tag{13}$$

R and R_{pyc} denote the temperature dependent and zero temperature pycnonuclear reaction rates, respectively. The dimensionless temperature parameter β depends on the temperature and the density [1]:

$$\beta = \left[\frac{(Z_i + Z_j)^{\frac{5}{3}} - Z_i^{\frac{5}{3}} - Z_j^{\frac{5}{3}}}{\left[\frac{Z_i^2 Z_j^2 A_i A_j}{A_i + A_j} \right]^{\frac{1}{3}}} \right] \left(\frac{4.2579 \times 10^7}{T} \right) \left(\frac{\frac{\rho}{\mu_e}}{1.6203 \times 10^{10}} \right)^{\frac{1}{3}}. \tag{14}$$

Here, T is the temperature in K, and μ_e is the mean molecular weight per electron. The function $f(\lambda, \beta)$, which appears in the exponent of the correction factor, is given by

$$f(\lambda,\beta) = -7.272\beta^{\frac{3}{2}} + \lambda^{-\frac{1}{2}}\begin{pmatrix}1.2231\\1.4331\end{pmatrix}e^{-8.7833\beta^{\frac{3}{2}}}\left[1-\begin{pmatrix}0.6310\\1.4654\end{pmatrix}e^{-8.7833\beta^{\frac{3}{2}}}\right]. \quad (15)$$

This correction is employed to evaluate the contribution of finite temperature to the zero-temperature reaction rate.

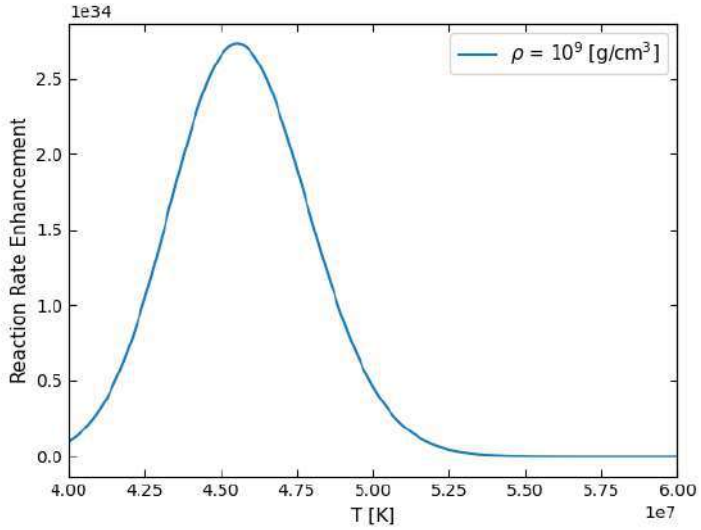


Figure 5. Enhancement of pycnonuclear reaction rate as a function of temperature.

The finite temperature enhancement of the pycnonuclear reaction rate is examined at a density of 10^9 g cm^{-3}. As shown in Fig. 5, the enhancement increases with temperature and reaches a maximum at approximately 4.6×10^7 K. Although finite temperature corrections are neglected in most of the calculations, their effect is evaluated for a representative case using the M3Y potential, a BCC lattice, and the relaxed lattice approximation.

VII. CONCLUSION

We have investigated the pycnonuclear reaction rates of the ^{40}Mg + ^{40}Mg reaction under conditions relevant to the neutron star crust. Within the SPVH and SK formulations, the effects of different nucleon-nucleon interaction models and lattice approximations have been compared. The M3Y, SP, and RMF-L1 models exhibit qualitatively similar density dependencies, although the calculated reaction rates differ in magnitude. For both BCC and FCC lattices, the differences between the static approximation and the WS and relaxed approximations become more pronounced at low densities, whereas the WS and relaxed results remain close to each other. This similarity is consistent with partial compensation between the reduction of the potential barrier due to lattice polarization and the increase in effective mass associated with lattice motion.

The influence of the free neutron background has been examined through the ion mass fraction, X_i. The reaction rates decrease as the ion mass fraction decreases, with this effect being more pronounced at lower densities. The temperature correction also varies with density and temperature, indicating that its contribution depends on the physical conditions considered. Overall, these findings highlight the importance of accounting for the interaction model, lattice approximation, free neutron background, and temperature dependence when estimating the ^{40}Mg + ^{40}Mg pycnonuclear reaction rates.

REFERENCES

[1] Salpeter, E. E., & Van Horn, H. M. (1969). Nuclear reaction rates at high densities. *The Astrophysical Journal, 155*, 183. https://doi.org/10.1086/149858

[2] Son, S., & Fisch, N. J. (2005). Pycnonuclear reaction and possible chain reactions in an ultra-dense DT plasma. *Physics Letters A, 337*(4), 397–407. https://doi.org/10.1016/j.physleta.2005.01.084

[3] Cameron, A. G. W. (1959). Pycnonuclear reactions and nova explosions. *The Astrophysical Journal, 130*, 916. https://doi.org/10.1086/146782

[4] Cackett, E. M., Wijnands, R., Linares, M., Miller, J. M., Homan, J., & Lewin, W. H. G. (2006). Cooling of the quasi-persistent neutron star X-ray transients KS 1731-260 and MXB 1659-29. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 372*(1), 479–488. https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2006.10895.x

[5] Meisel, Z., Deibel, A., Keek, L., Shternin, P., & Elfritz, J. (2018). Nuclear physics of the outer layers of accreting neutron stars. *Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics, 45*(9), 093001. https://doi.org/10.1088/1361-6471/aad171

[6] Wildhack, W. A. (1940). The proton-deuteron transformation as a source of energy in dense stars. *Physical Review, 57*, 81–86.

[7] Schramm, S., & Koonin, S. E. (1990). Pycnonuclear fusion rates. *The Astrophysical Journal, 365*, 296. https://doi.org/10.1086/169482

[8] Baumann, T., Amthor, A., Bazin, D., Brown, B., Folden, C., Gade, A., Ginter, T., Hausmann, M., Matos, M., Morrissey, D., Portillo, M., Schiller, A., Sherrill, B., Stolz, A., Tarasov, O., & Thoennessen, M. (2007). Discovery of ^{40}Mg and ^{42}Al suggests neutron drip-line slant towards heavier isotopes. *Nature, 449*, 1022–1024. https://doi.org/10.1038/nature06213

[9] Haensel, P., Potekhin, A. Y., & Yakovlev, D. G. (Eds.). (2007). *Neutron stars 1: Equation of state and structure*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-47301-7

[10] National Research Council. (2003). *Connecting quarks with the cosmos: Eleven science questions for the new century*. The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/10079

[11] Golf, B. A. (2009). *Pycnonuclear reactions in multi-component neutron star crust matter* [Master's thesis, San Diego State University].

[12] Hellmers, J. (2020). *Effects of pycnonuclear reactions on white dwarf stellar evolution*. arXiv:2010.06114. https://arxiv.org/abs/2010.06114

[13] Chamon, L. C., Gasques, L. R., Pereira, D., & Carlson, B. V. (2004). A consistent description of the heavy-ion fusion and elastic scattering processes using a nonlocal model. *Progress of Theoretical Physics Supplement*.

[14] Gasques, L. R., Chamon, L. C., Pereira, D., Alvarez, M. A. G., Rossi, E. S., Silva, C. P., & Carlson, B. V. (2004). Global and consistent analysis of the heavy-ion elastic scattering and fusion processes. *Physical Review C, 69*(3), 034603. https://doi.org/10.1103/PhysRevC.69.034603

[15] Beard, M., Afanasjev, A. V., Chamon, L. C., Gasques, L. R., Wiescher, M., & Yakovlev, D. G. (2010). Astrophysical S factors for fusion reactions involving C, O, Ne, and Mg isotopes. *Atomic Data and Nuclear Data Tables, 96*(5), 541–566. https://doi.org/10.1016/j.adt.2010.02.005

[16] Gasques, L. R., Afanasjev, A. V., Beard, M., Lubian, J., Neff, T., Wiescher, M., & Yakovlev, D. G. (2007). São Paulo potential as a tool for calculating *S* factors of fusion reactions in dense stellar matter. *Physical Review C, 76*(4), 045802. https://doi.org/10.1103/PhysRevC.76.045802

[17] Chamon, L. C. (2007). The São Paulo potential. *Nuclear Physics A, 787*(1), 198–205. https://doi.org/10.1016/j.nuclphysa.2006.12.032

[18] Shapiro, S. L., & Teukolsky, S. A. (1983). *Black holes, white dwarfs, and neutron stars: The physics of compact objects*. Wiley. https://doi.org/10.1002/9783527617661

[19] Gasques, L. R., Afanasjev, A. V., Aguilera, E. F., Beard, M., Chamon, L. C., Ring, P., Wiescher, M., & Yakovlev, D. G. (2005). Nuclear fusion in dense matter: Reaction rate and carbon burning. *Physical Review C, 72*(2), 025806. https://doi.org/10.1103/PhysRevC.72.025806

LEADERSHIP STYLES AND EMPLOYEE PERFORMANCE IN NIGERIAN BUSINESS ORGANIZATIONS: EMPIRICAL REVIEW OF SELECTED SMEs IN LAGOS STATE

DR CHUKWUEMEKA G. EME, PhD
Lecturer, Department of Business Administration, Faculty of Management Sciences, National Open University of Nigeria (NOUN)

ABSTRACT

Leadership styles in today's world is an increasingly complex and a popular organizational dynamics to work upon. Leadership skill to a great extent is the bedrock of any business or organization. Therefore, only people who can manage other people of different races, who are highly creative and innovative, and can successfully salvage dire situations in case of emergencies, are worthy to be called leaders. Different leadership styles are appropriate in distinct situations. If an inappropriate style is adopted by the leader, it may pose several challenges for the workers, managers, and human resources departments in the planning and execution of work in an organization. Similarly, the satisfaction and performance levels of employees also depend upon the leadership styles adopted by corporate leaders. An appropriate leadership style paves way to delivering successful plans for fulfilling the long-term organizational goals. Little is however understood about which leadership style influence employees the most and how leadership behaviors lead to acceptable outcomes. This paper reviews some of the current challenges in organizations which are faced by managers and the productivity levels for the same. This research statistically calculates and analyzes the leadership styles of 35 respondents and which category they fall into depending upon their behavioral attributes to deal with people through a survey questionnaire of 25 questions.

It further helps us conclude which leadership style is the most relevant for highest level of productivity in manufacturing firms, employees and managers. It also gives an insight on managerial behaviors and relationship of employees and managers in a less formal organizational setup.

Key Words: Leadership styles, Leadership behavior, Employee perception of leadership, manufacturing companies

1. Introduction

There has been significant theoretical and empirical work carried out on leadership styles and organizational performance across the globe. For some decades now, how leadership impacts on organizational performance has gained prominence among academics and practitioners working in the area of leadership (Khajeh, 2018; Bhargavi & Yaseen, 2016; Igbaekemen & Odivwri, 2015; Giambatista, 2004; Rowe et al., 2005).

This is premised on the notion that a style of leadership of an organization has a correlation with organizational performance (Rowe et al., 2005). The style of leadership adopted is considered by some researchers to be particularly important in achieving organizational goals and in evoking performance among subordinates (Sadia & Aman, 2018; Klein et al., 2013; Berson et al., 2001; Zacharatos et al., 2000; Barling et al., 1996). Organizations undergo rapid changes daily as a result of diverse factors. Some of these factors are external such as competition, global market trends and technological changes. Some of the changes over time also occur within the organizations themselves. Examples are employee motivation,

innovation, organizational culture and human resource strength (Haque et al., 2015; Igbaekemen & Odivwri, 2015; Bass & Riggio, 2006). All these tend to affect the performance of these organizations. One key factor that also has the potential to largely affect an organization's performance is its leadership (Ng'ethe et al., 2012; Jeremy et al., 2012).

The role of leaders in ensuring excellent organizational performance cannot be over emphasized. Adequate motivation, suitable work environment, compensation, efficient communication between managers and subordinates play an important role in promoting this goal.

Planning and organization of work is also very crucial. It has been argued by some researchers that the most common problems affecting organizational performance in business and other institutions are poor attitude to work among workforce, inefficiency as well as ineffectiveness of leaders in most places, though others share a contrary view (Haque, Faizam, & Cockrill, 2007). Leadership style practiced by an organization has an impact on the success or otherwise of its operations. Leadership style in an organization is one of the factors that play significant role in enhancing or retarding the interest and commitment of the individuals in the organization (Bhargavi & Yaseen, 2016; Obiwuru et al., 2011).

Performance continues to be a key issue among organizational researchers and employees are bound to perform mwell where they are treated well (Haque, Faizan, & Cockrill, 2007; Barney, 1997). Javier (2002) has asserted that performance is equivalent to the famous 3Es (economy, efficiency, and effectiveness) of a certain program or activity. However, according to Daft (2000), organizational performance is the organization's ability to attain the goals by using resources in an efficient and effective manner. Quite similar to Daft (2000), Ricardo & Wade (2001) rather define organizational performance as the ability of the organization to achieve its goals and objectives.

Organizational theorists contend that effective leadership is one of the most important contributions to overall organizational success (Weber, 2009; Ricardo & Wade, 2000; Pettinger, 2000; Barney, 1997; Kotler & Heskett, 1992; Ricardo & Wade, 2001). Many leadership theories have been proposed in the last fifty years, which are claimed to have influenced the overall effectiveness of organizations where they have been employed. In the competitive world with technological changes within the business environment, it is vital that organizations employ leadership styles that enable them to survive in a dynamic environment (Maritz, 1995; Bass, 1997). Without leadership, the probability of mistakes occurring increases and the opportunities for success become more and more reduced. The role of a leader is vital for the survival and progress of an organization. Al Khajeh (2018) and Bhargavi & Yaseen (2016) in their study on leadership and organizational performance suggest that the role of leadership is critically important for an organization to achieve a high level of performance.

It is contended that organizations do not only exist for survival, but also to sustain their existence by improving performance. In order to meet the needs of the highly competitive markets, organizations must continually increase performance by adopting the appropriate leadership style.

Leadership style is a key determinant of the success or failure of any organization. Leaders influence, direct, and motivate others to perform specific tasks and also inspire subordinates. Literature suggests that the role of leadership is critically important for achieving the performance of organizations. To this end, some studies argue that effective leadership role in improving organizational performance are mixed (Uchewamgbe, 2013; Hambrick, 2007; Katz & Kahn, 1978). This study aimed to examine the effects of leadership styles in organizational performance using an empirical evidence from selected manufacturing firms in Nigeria.

1.1 Statement of the Problem

One of the problems observed by the researcher is the inflexibility of the leadership styles by most organization managers. They fail to adjust their styles of leading to the changing situations and business environment. This failure is as a result of the lack understanding of the facr that no one particular style of leadership can fit all conditions and must be flexible to give room for change.

Another problem is close to the first. Managers' failure to consider the prevailing condition when leading their subordinates . They fail to allow the situation dictate the particular style of leadership to adopt. Also, is the problem of absence of an effective line of communication between the manager and their employees. The communication gap between leaders and their subordinates poses a big problem for several organizations as effective leadership is predicated on communication pattern of both the managers and their subordinates.

In conclusion, leaders lack managerial experience in ensuring that employees or their subordinates are motivated; the absnce of motivation contributes to the inefficiency and ineffectiveness of their subordinates. It is in attempt to address the above identified lapses or flaws of leadership styles and improve the leader-subordinate relations that the researcher carried out this study.

1.2 Objectives of the Study

The general objective of this study was to examine the leadership styles and employee performance in Nigerian business organizations adopting selected SMEs in Lagos State as case study. The specific objectives of the study were to:

i. Identify the different leadership styles and their relationship with employee performance;
ii. determine the relationship between leadership styles and employee motivation;
iii. Ascertain the effects of leadership styles on employee morale;
iv. determine the relationship between employee performance and placement; and
v. examine the significance of leadership styles on employee performance.

1.3 Research Questions

The following research qusestions were formulated to guide this study:
i. What are the different leadership styles and their relationship with employee performance?
ii. What are the relationship between leadership styles and employee motivation?
iii. What are the effects of leadership styles on employee morale?
iv. What are the relationship between employee performance and placement?
v. What are the signoficance of leadership styles on employee performance?

1.4 Significance of the Study

This research work is aimed at improving employee performance through the various leadership styles. It is also aimed at highlighting the relationship between leadership styles and employee motivation, the application of leadership styles and employee motivation, the significance of leadership styles on employee performance; it will also serve as reference document to students. Government, other researchers and scholars, leadders, employees by contributing towards the advancement of knowledge in management and other field. It is also a requirement in partial fulfilment for the award of MSc Degree in Business Administration of the National Open University of Nigeria (NOUN).

1.5 Scope of the Study

The study centres on the concept of leadership styles and their impact on employee performance, to identify the different leadership styles and their relationship with employee performance, to determine the relationship between leadership styles and employee motivation, to determine the relationship between employee performance and placement, to ascertain the relationship between leadership styles on employee morale, to establish the impact of leadership styles on employee performance.

2. Literature Review

2.1 Understanding Leadership

Leadership has been a topic of study for social scientists for much of the twentieth century, yet there has been no consensually agreed-upon definition of it (Jyoti & Bhau, 2015; Sofi & Devanadhun, 2015; Xu & Wang, 2008; Bass, 1990). Many authors have studied this phenomenon, and some have argued that there is no conscious definition of what leadership is, no dominant paradigm for studying it, and little agreement regarding the best strategies for developing and excising it (Bennis, 2007; Hackman & Wageman, 2007; Vroom & Jago, 2007). However, Ngodo (2008) views leadership as a form of direction in which a person can give to a group of people he steers affairs in such a way that will influence behavior of another individual, or group. Ngodo (2008) perceives leadership to be a reciprocal process of social influence, in which leaders and subordinates influence each other in order to achieve organizational goals. Sun (20020 defines leadership as the process of influencing people so that they make an effort by their own will and enthusiasm towards obtaining the group's goals.

Leadership is a critical management skill, involving the ability to encourage a group of people towards a common goal. Leadership focuses on the development of followers, their needs and building their capacity (Klein et al., 20130. It is imperative for managers occupying leadership positions to focus on the development of value system of employees, their motivational level and moralities with the development of their skills (Uchewamgbe, 2013; Ishmail eta l., 2009).

This approach will essentially help their followers achieve their goals as they work in the organizational setting. As posited by Khan et al. (2014), followers will be encouraged to be expressive and adaptive to new and improved practices and changes in the environment.

According to Michael (2010) leadership has a direct cause-effect relationship upon organizations and their success. Leaders determine values, culture, change tolerance and employee motivation. They shape institutional strategies including their execution and effectiveness. It should be stressed that leaders can be found at any level of an institution and are not exclusive to management. Successful leaders do, however, have one thing in common. They influence those around them in order to reap maximum benefit from the organization's resources, including its vital and expensive human resources/capital.

This success can only be achieved and probably sustained in organizations where appropriate leadership style or styles are employed at a given time. Leadership is also a process which involves the use of non-coercive influence to shape a group or organizational goals, motivate behavior towards achieving the goals as well as define the group's culture (Northouse, 2009).

Despite the variations in the definitions, there are at least three implications of these definitions. Firstly, leadership is a process engaged in by certain individuals (leaders). It is an ongoing activity in an organization. Secondly, it involves other people in the form of subordinates or employees who by their willingness are influenced by the leader. Therefore, the subordinates formalize the leader's authority by making leadership process possible. Thirdly, the aim of leadership is the accomplishment of a goal and objectives. A seemingly

endless variety of definitions have been developed, and there is a common thread which runs through all the definitions and that is the concept of influence. Leaders therefore influence others to help accomplish group and organizational objectives. However, it should be noted that the use of appropriate leadership style at a given time is a conduit for organizational success.

2.2 Types of Leadership Styles

Harris. Leithwood, Day, Sammons & Hopkins (2007, 337-347) postulated that leadership styles is the kind of relationship that is used by an individual to make people work together for a common goal or objective.

According to Mitonga-Monga, Coetzee & Cilliers (2012, 5389-5398), leadership style is the pattern associated with managerial behavior, which is designated to integrate the organizational or personal interests and effects for achieving particular objectives. Different styles of leadership adopt different methods of leading subordinates and therefore, produce different results. It is against this backdrop, that this section tends to review different types of leadership styles and how they influence subordinates to yield desired results.

2.2.1 Transformational Leadership Style

According to Bass (1985), a transformational leader's behavior originates in the personal values and beliefs of the leader and motivates subordinates to do more than expected (Obiwuru, Okwu, Akpa & Nwankwere 2011, 100-111).

Transformational leadership style focuses on developing the followers and considering their needs. Managers that concentrate on transformational leadership focus mainly on developing the general value system of the employees – development of skills, motivation level and moralities (Ebrahim 2019, 1-8).

In transformational leadership, the subordinates trust, admire and give absolute respect and loyalty to the leader. Moreover, they are motivated to do more than what was initially expected to do (Obiwuru et al., 2011, 100-111; Bass 1985). The transformational leader then motivates th subordinates by making them initially aware of the significance of task outcomes, impelling them to transcend their own self-interest for the sake of the organization and activating their higher-order needs. According to Bass & Avolio (1994), the leader encourages the followers to think critically and seek new ways to approach their jobs, resulting in intellectual stimulation. Podsakoff, MacKenzie & Bommer (1996, 259-298) opined that there is an increase in the level of performance, satisfaction and commitment to the goals of an organization, as a result of transformational leadership style. Bass (1990) proposed four components of transformational leadership to include charisma, inspirational motivation, intellectual stimulation and individual consideration (Obiwuru et al., 2011, 100-111). Firstly is charisma or idealized influence, which in the words of Humphreys & Einstein (2003, 85-95) is characterized by vision and a sense of mission, instilling pride in and among the group, and gaining respect and trust.

Charismatic behavior induces employees to go beyond self-interest and self-curiosity for the sake of the team, providing reassurance that obstacles will be overcome, and promoting confidence and certainty in the achievement and execution influence (Conger & Kanungo 1987, 637-647; Howell & Frost, 1989, 243-269), and followers place an excessive amount of confidence and trust in charismatic leaders (Howell & Avolio 1993, 891-902). According to Jyoti & Bhau (2015, 1-13), the idealized and behavioral charisma of a transformational leader motivate the followers to identify with the leader. The personalized relationship developed by a transformational leader creates an environment in which the employees are happy and fulfilled. Hence, their overall performance is improved which inevitably increases organizational productivity and performance.

Secondly is inspirational motivation, which according to Obiwuru et al. (2011, 100-111) is usually a companion of charisma and is concerned with a leader setting higher standards, thus becoming a sign of reference. Bass (1985) opined that followers look up to their inspirational leader as one providing emotional appeal to increase awareness and understanding of mutually desirable goals (Obiwuru et al. 2011, 100-111). This is evident by the communication of high expectations and expressing relevant objectives in simple terms. The leader always talks optimistically about the future, speculating a compelling vision for the future and providing an exciting sense of organizational change (Bass & Avolio 1994). Bass (1990) stressed that motivation occurs by providing meanings and challenges to the followers' work, hence individual and team spirit are aroused, and enthusiasm and optimism are displayed (Obiwuru et al. 2011, 100-111). The leader encourages followers to envision attractive future states for the organization and themselves.

Thirdly is intellectual stimulation, which according to Bass (1985) provides followers with challenging new ideas, and encourages them to break away from the old ways of thinking (Obiwuru et al. 2011, 100-111). The leader is characterized as one encouraging intelligence, logical thinking, careful problem solving and methodical ability. Bass & Avolio (1994) stressed that the attributes include seeking different perspectives when solving problems, suggesting new ways of examining how to complete tasks and encouraging re-thinking of ideas that have not been questioned in the past (Obiwuru et al. 2011, 100-111). The leader motivates the subordinates to be inquisitive by questioning assumption, and to be creative by approaching old situations in new ways, and reframing problems.

Finally is the fourth component of transformational leadership, which is individual consideration. It involves developing followers by coaching and mentoring (Obiwuru et al. 2011, 100-1110; Bass 1985).

The leader carefully observes the inter-individual differences amongst the followers and acts as mentor to them. The leader coaches and help others to discover and develop their strengths, as well as listens attentively to others' concerns (Bass & Avolio 1994). Bass (1985) stressed that followers are treated individually in order to raise their levels of maturity, and to enhance effective ways of addressing their goals and challenges (Obiwuru et al. 2011, 100-111).

The transformational leadership portrays a strong bridge between followers and leaders, resulting to clear understanding associated with the motivational level, values and interests. Bass & Avolio (1994) stated that transformational leadership demonstrates the superior leadership performance. Transformational leadership occurs when the leader elevates the interest of the employees by encouraging them to look beyond their self-interest.

Transformational leaders are effective and productive because of some reasons which include the leaders may be charismatic in terms of motivating the employees, transformational leaders may meet the emotional needs of the employees or they may arouse the employees intellectually (Bass & Avolio 1994).

A study carried out by Wang, Oh, Courtright & Colbert (2011, 223-270) discovered that transformational leadership and individual-level follower performance are positively linked. The study also indicated that transformational leadership and performance of teams at organizational level are associated positively. Xu & Wang (2008, 1090-1097) opined that performance is the function of knowledge, motivation, skills and abilities which are directed towards a prescribed behavior. Their study revealed that transformational leadership identify with a self-defining and satisfying relationship with an individual or group. Jyoti & Bhau (2015, 1-13) found that transformational leadership and organizational performance are positively associated. Sofi & Devanadhen (2015, 31-45) opined that transformational leadership has a significant impact on the performance of the organization. They conducted a study on banking organizations with the help of statistical tools such as Statistical Package for

the Social Sciences (SPSS) and concluded that transformational leadership has a direct positive impact on the organization's performance.

2.2.2 Transactional Leadership Style

According to Uchenwamgbe (2013, 53-73), leaders are known as transactional leaders if they are always willing to give something in return such as pay rise, promotion, new responsibilities, performance reviews and welfare schemes. The principal problem with this style of leadership is the expectation. Ojokuku, Odenayo & Sajuyighe (2012, 202-207) defined transactional leadership as the exchange of targets and rewards between management and employees.

A study carried out by Longe 92014, 68-83) revealed that transactional leadership style has a positive impact on the organizational performance. Longe (2014, 68-830 further revealed that the transactional leadership style helps in creating, as well as sustaining the context in which organizational and human capabilities are maximized as the employees are always able to achieve the tangible and intangible rewards.

This leadership style majorly results in creating an environment that is optimal for performance, and also articulates the persuasive vision that enhances the overall organizational performance (Longe 2014, 68-83). According to the research carried out by Sofi & Devanadhen (2015, 31-45), transactional leadership was not found to have a direct impact on the performance of the organization. They concluded that transactional leadership style does not encourage creativity and innovation among the employees and hence, employees do not perform as per the expectations of the organization.

Transactional leadership according to Obiwuru et al. (2011, 100-111), involves an exchange process that results in followers' acquiescence with leaders' request but not promising to generate enthusiasm and commitment to task objective. Boehnke, Bontis, Distefano & Distefano (2013, 5-15) states that the leader focuses on having internal actors perform the tasks required for the organization to reach its desired goals (Obiwuru et al. 2011, 100-1110. The goal of the transactional leader is to ensure that the path to goal attainment is broadly understood by the internal actors to remove possible barrier within the system and to motivate the team to achieve the predetermined goals and tasks (House & Aditya 1997, 409-473).

According to Obiwuru et al. (2011, 100-111), transactional leaders show constructive and corrective behaviors. Constructive behavior consists of contingent rewardm and corrective behavior imbibes management by exception. Contingent reward is the simplification of the work required to obtain rewards and the use of welfare schemes and contingent reward to exert influence. It considers followers' desires and gives accolades when goals are achieved.

Bass (1985) opined that the clarification of goals and objectives, and provision of recognition once goals are achieved should result in individuals and groups achieving expected levels of performance (Obiwuru et al. 2011, 100=111). Obiwuru et al. 92011, 100-111) stressed that active management by exception refers to the leader setting the standards for compliance as well as for what constitutes ineffective performance and may include punishing followers for non-compliance with those standards. This style of leadership therefore implies close monitoring for deviances, mistakes and errors, and then taking corrective actions as quickly as possible when they occur.

2.2.3 Autocratic Leadership Style

The autocratic leadership style is also known as authoritative leadership style. According to Mgbeze (2014), while some input is sought from subordinates, the leaders regard their influence as the key element in any major decision or job outcome. Mgbeze (2014) further stressed that the authoritative leader accomplishes ends through imparting a clear, compelling vision, sees to it that the vision is built into strategic planning, and guides actions throughout the organization. The authoritarian sets clear directions, monitors progress closely and

declares to subordinates the position they wish them to adopt by elucidating why certain things are expected, done or required and how individual actions adapt into the larger picture. Mgbeze (2014) opined that the feedback authoritarian offers may be positive or negative but clear, and treatment of subordinates to be firm but fair. It may shade over into a directive style when subordinates are given very little power or decision-making authority.

Autocratic leaders are classic, commanding and bossy in nature; they want their employees to work according to their orders. Typically, autocratic leaders preserve the rights to make decisions (Obiwuru et al. 2011, 100-111). Ebrahim (2018, 1.8) stressed that autocratic leaders force their followers to execute the services and strategies according to the narrow way in their views. A study by Iqbul, Anwar & Haider (2015, 1-6) to determine the effect of leadership style on employee performance showed that autocratic leaders are lacking in creativity and only promote one-sided conversation, which greatly affects the innovation and satisfaction level of the employees. The autocratic leadership style is however effective in the short term.

Autocratic leadership limits the workplace socialization and communication which is necessary for effective organizational performance. The autocratic leadership also enhances organizational conflicts which negatively affect the overall performance (Iqbul et al., 2005, 1-4).

The study conducted byBhargavi & yaseen (2016, 87-117) revealed that the autocratic leadership leadership style has a positive impact on the organizational performance. According to Bhargavi & Yaseen (2016, 87-117), this leadership style is more suitable when projects are to be completed within provided deadlines. Igbaekemen & Odivwri (2005, 1.7) conducted a study on the impact of leadership style on the performance of organizations; they concluded that an autocratic leader is the one who determines the activities, techniques and policies to the employees, and expects the employees to follow the same. They further stressed that such leaders do not have much faith on their followers.

2.2.4 Democratic Leadership Style

Democratic leadership also referred to as participative leadership, is a type of leadership style in which members of the group take a more participative role in the decision-making process. This style of leadership dwells on performance and people (Bhargavi & Yaseen, 2016; Puni et al., 2014). Democratic leadership style encourages employees to participate in the decision-making process of the organization (Nwokocha & Iheriorhanma, 2015). According to Puni et al. (2014), decision making in a democratic system is not centralized and high performance is recognized and rewarded. Nwokocha & Iheriohanma (2015) on the other hand suggest that there is potential for poor decisions to be made by the employees or subordinates. This can be said to have a negative impact on the organization and can also instigate turnover intention in employees. It is therefore expected that brainstorming of ideas and collective decisions are arrived at by all concerned.

The democratic leadership sounds good in theory but it is often bogged down in its slow decision making process and the results which could seem workable would always require a lot of time and effort (Nwokocha & Iheriohanma, 2015). The democratic leader allows for decision making to be shared by the leader and the group. Criticisms and praises are objectively given and a feeling of responsibility is developed within the group. Kotler (1995) argued that this form of leadership is claimed to be earliest amongst all other leadership style. The leader discusses with subordinates before he issues general or broad orders from which subordinates feel free to act on (Bhargavi & Yaseen, 2016). The superior allows the subordinates opportunity to use their initiative and make contributions. The leader also offer support to the subordinates in accomplishing task.

Characteristics of democratic leadership include: the fact that group members are encouraged to share ideas and opinions, even though the leader retains the final say over decisions, members of the group feel more engaged in the process and creativity is encouraged and rewarded. Democratic leadership yields a lot of benefits. Subordinates are encouraged to share their thoughts, it can also lead to better ideas and more creative solutions to problems (Sadia & Aman, 2018). Employees also feel more involved and committed to projects, making them more likely to care about the end results. It is perceived that democratic leadership style leads to higher productivity among group members.

Mgbeze (2014) stressed that the democratic leader considers close supervision unnecessary after trust has been established, and negative feedback is offered sparingly. In democratic leadership style, the possibility of weak execution and poor decision-making is high. Therefore, the democratic leadership is also widely known to motivate the employees to perform better, as their views and opinions are valued, and it gives them room for participation in crucial meetings, and are also carried along in the decision-making process. Rukmani, Ramesh & Jayakrishman (2010: 365-370) hinted that a major problem with democratic leadership is the assumption that everyone involved has an equal stake in decision-making, with a shared level of expertise.

A study by Elenkov (2000, 467-480) indicated that the democratic leadership has a positive impact on organizational performance and stressed that the leadership style allows the employees to make decisions along with sharing them with the group and the manager. Elenkov (2000, 467-480) opined that in democratic leadership system, praises and criticism are given objectively, and a sense of responsibility is also developed among the employees. Bhargavi & Yaseen (2016: 87-117) investigated the impact of democratic leadership on organizational performance; their findings revealed that this leadership style positively affects the performance of the organization, as it provides opportunities to the employees to express and implement their creative ideas, and take part in the decision-making process.

A major advantage of the democratic style of leadership is that it prepares future leaders and helps the organization in the long run. Choi (2007, 243-262) stressed that a democratic leader is the one who focuses on the group discussion and participation, and as a result, positively influences the performance of the subordinates. Thus, the democratic style of leadership can be used to advance the organizational performance, as well as the efficiency.

There are however some downsides of democratic leadership. In situations where roles are unclear or time is of the essence, democratic leadership can lead to communication failures and uncompleted projects. In some cases, group members may not have the necessary knowledge or expertise to make quality contributions to the decision-making process. Democratic leadership works best in situations where group members are skilled and eager to share their knowledge. It is also important to have plenty of time to allow people to contribute, develop a plan and then vote on the best course of action.

2.2.5 Laissez-Faire Style of Leadership

Laissez-faire is a French phrase which means ‘’let it be’’ amd it is also known as the ‘’hand off style’’ (Nwokocha & Iheriohanma, 2015: p. 194). According to Gill (2014), it means leaving subordinates to complete tasks and jobs in the way they choose without adherence to any strict policies or procedures. Bass (1985) describes the laissez-faire leadership style as one in which the leader has no belief in his own ability to supervise. He further states that the leader has no clear set goals towards how they may work, does not help the group in making decisions and so leave too much responsibility with subordinates. According to Puni et al.

(2014), the laissez-faire leader avoids controlling his employees and so only relies on the few available employees who are loyal to get a task done.
It is argued that laissez-faire leaders do not believe in employee development as they believe that can take care of themselves (Puni et al., 2014). This leadership style cannot be said to be operational in the banking sector or Non-Governmental Organizations which require that both the leader and subordinates have an input in the decision making process and completion of tasks to ensure the success of the organization. This is defined as a style of leadership m where leaders refuse to make decisions, are not available when needed, and choose to take no responsibility for their lack of leadership ability. Laissez-faire leaders do not use their authority and avoid taking actions. It is considered a passive and ineffective form of leadership. This style favors the installation of a relaxed working atmosphere; it brings down morale and reduces efficiency of the group. With this type of leadership style, leaders attempt to pass the responsibility of decision making process to the group. The group is loosely structured as the leader has no confidence in his leadership ability.
A laissez-faire leader may either not intervene in the work affairs of subordinates or may completely avoid responsibilities as a superior and is unlikely to put in effort to build a relationship with them. Laissez-faire style is associated with dissatisfaction, unproductiveness and ineffectiveness (Deluga, 1992). This however, is debatable. Decision making under this style of leadership is performed by whoever that is willing to accept it.

2.3 External Factors Affecting Leadership Styles

Selection and utilization of an appropriate leadership style helps an organization to achieve its aims and objectives faster. According to Finch (2019), leaders are able to influence and guide people under them, so that the organization can become more effective in achieving its goals. However, leaders' effectiveness is limited and affected by some external factors, which according to Finch (2019) include organizational environment, organizational resources, employees' roles, organizational culture and employees' diversity.

2.3.1 Organizational environment

Organizations have their own peculiar work environment with its own values and norms, which is a bequest of past leaders, as well as current leadership. These values are the concerns that the organization has for investors, customers, staff and the community, and they determine how the business' goals will be nurtured and accomplished. Goals are the personalities of the organization's values and concepts that define products or services. Leaders must carefully select the environment based on the concepts of the products or services being rendered. However, some dangers must be put into consideration irrespective of the potentials of environment. An unstable or unsecure environment where there is usually unrest and riots or protests by citizens must be well structured and protected before embarking on businesses (Beardwell & Thompson, 2017).
The condition of the work environment influences the activities of employees, while further affecting the implementation and completion of given tasks. The work environment can also affect the time of tasks completion, as well as the transition mode of tasks.
According to Roberts & Hunt (1991), work environment can be physical elements that directly or indirectly affect the performance and productivity of employees. These physical environmental factors may include temperature, air circulation, sunlight, and weather conditions. Some work environment conditions are also non-physical as they affect the functionality of employees, and these may include interpersonal relationships with co-workers, be it subordinates or superiors.

2.3.2 Organizational resources

Leaders rely on organizational resources such as finances, technology and staff to achieve their goals. The success of the manager depends exclusively on how resources are successfully managed. Leaders must ensure unrestricted access to necessary resources, in as much as they are needed for the management of the business. Resources delivered late definitely have an impact on the smooth running of the organization. Hence, leaders must ensure early arrival of resources for the job ahead and make sure every resource is accounted for and used for the purposes meant for. Wastage of valuable resources is another factor affecting the effectiveness of leaders. Dissipated human resources, unaccountable funding and unmaintained equipment can limit the workforce and eventually minimize the productivity of the team (Finch, 2019).

The resources at the disposal of the manager go a long way in dictating the success or failure of the leader. Salahuddin (2010, 1-6) opined that technological advancement and innovation through modernization is a major key to the success of a leader. Integration of Information and Communications Technology (ICT) into the operational system of the organization will massively increase the performance of the organization. However, a decline in technology will shrink the organizational effectiveness, thereby breaching the manager-subordinate synergy and showcasing the incompetency of the manager. Poor financial standing of the firm also reduces the effectiveness of the leader, as proposed aspirations can only be driven when financial obligations are met.

2.3.3 Employees' roles

Finch (2019) stressed that when employees take on a role in an organization, their position is defined by the tasks and responsibilities they must perform in relation with others.

Employees have different levels of maturity in relating to, as well as executing tasks and relationships that impact the style of leadership needed to guide them. Employees also affect the organization by their work norms and personal values. Organizational functions have pitfalls and roadblocks that leaders must identify and minimize in order to help staff accomplish their tasks. Subordinates should stick to their assigned duties and perform every job assigned to them diligently and with high sense of responsibility.

In structuring the participation of employees in the functionality of the organization, three different structural dimensions can be adopted. The first structural dimension is formalization, which entails the degree at which an organization illustrates the functionality of employees using rules and procedures. This describes some basic determinants factors guiding a given task such as when to, how to and who take(s) part in a given. The second structure dimension is centralization which is the extent to which some personnel are embedded with the responsibility of making decisions. In this mode, delicate decisions are made at the top management level. The third structural dimension is complexity, and this is the bulky interconnected aspects of an organization (Ford & [Slocum, 1977, 564-575). All these factors influence the functionality of employees, which directly affect the output of the organization.

2.3.4 Organizational culture

An organization's culture consists of a combination of its frontiers past and current leaders, history and crisis. Culture is difficult to alter, since it is as a result of long-held information and formal systems, traditions, customs and rules that represent the self-image and shared expectations of the organization. Established rites, routines and a set way of doing things influence a company's norms such as how a worker can be in good standing and how a worker can respond appropriately for various circumstances. Leaders must understand the

demographic structure and cultures of the clients of the organization and strength in the marketplace to design products and services for particular populations (Salahuddin 2010, 1-4). The culture of an organization influences the decision of leaders, since they are basically bound to follow the principles they inherited. However, it is their duty to periodically review thye decisive measures taken by past leaders to solve specific problems. According to John & Chattopadhyay (2015, 1-5), for the performance of employees and leaders to improve, there is need for the recognition of the organizational structure.

They further stressed that simplification of organizational culture, alignment and modernization of the organization's concept will help improve the performance of the leaders and employees, thereby advancing the values of the organization. The human resources section of the organization should be restructured to reflect the induction of new personnel that truly reflect the present need of the organization in a changing environment.

2.3.5 Employees' diversity

Since the organization hires employees of diverse upbringing and makeup, the diversity of the subordinates tends to pose a threat to the leader of the organization. A company reasonably employs people of different cultures , gender, ages and races. Leaders must react to this diversity with a vision for their staff and by developing a multi-cultural approach to their work. According to Mooney (2018), the style of management that is most compatible with a diverse set of workers include a participatory method in which the leader works closely with employees to help them assimilate and succeed. Mooney (2019) also stressed that another successful style that works with individuals of different backgrounds is servant leadership, where the manager dedicates his efforts to providing the employees with everything they need so that in principle, these workers mature and pass along the servant attitude to other employees, and to their customers.

Employee's diversity has become an important feature in managing serves of employees. A leader is bound to gather different employees from diverse educational background different cultural locales and different work experience. Managing individual differences of the workforce can be very tasking and complicating for a leader, and if not properly managed can limit the performance and productivity of the firm. However, Qasim (2017, 1-4) opined that if employees'' diversity is well managed by the management, it can be an added strength to the workforce. The diversity of the employees can be harnessed by allowing the employees display their individual arsenal of positive experience such as skill transfer, decision-making abilities, creativity and motivation, while submitting to the principles of the leadership style in place.

2.4 Leadership Styles and Employee Performance

In a simple term, a leader is anyone assigned to pilot the affairs of a team. In the quest to achieve an organization's goals, leadership style is an important aspect in the field of organizational behavior. Leadership process involves the use of non-coercive influence to shape a group or organizational goals, ignite behavior towards achieving the firm's objectives as well as define the group's culture. According to Ukaidi (2016, 25-34), leadership is the process of influencing people and providing an enabling environment for them to achieve a team or organizational goals and objectives.

Also, Fry (2003, 693-727) defined leadership as the use of leading strategy to offer inspiring motives, and to enhance the staff's potentials for growth and development. Furthermore, Mitonga-Monga et al. (2012, 5389-5398) maintained that leadership is the pattern associated with managerial behavior, which is designed to integrate the organization the organization or personnel interest and effects for achieving particular objectives.

From the above reviews, it is evident that leadership occurs when one individual influences others to perform optimally and voluntarily above the average requirement of their work. Output of the organization is dependent on the leadership style adopted. A leader's enthusiasm, willingness, commitment and selfless act is done in a peculiar manner in order to bring forth increase in the profit margin of the organization, productivity, performance and effectiveness. Mgbeze (2014) conducted a research on the impact of leadership style on organizational performance, and concluded that a strong relationship exists between the adopted style of leadership and the organizational performance. According to Ukaidi (2016, 25-34), leadership style should be dependent on the tasks and the people being led, the environment and the leader's initiative. Even as leadership is a process engaged in by certain individuals, people are still needed to form subordinates who by their willingness are influenced by the leader. Hence, leader-subordinate coherent relationship brings forth organizational effectiveness.

Execution of collaborated effort depends on the leader's capabilities as well as managing the aftermath of an execution, be it positive or negative. A leader must explore the potentials of the subordinates using appropriate means as well as taking advantage of it. An excellent leader does not only inspire the subordinates' potentials to enhance efficiency, but also meets the requirements in the process of achieving organizational goals (Obiwuru et al., 2011, 100-111; Lee & Chuang, 2009).

2.5 Concept of Organizational Performance

According to Venkataraman 91997, 119-138), organizational performance is a sign of the capacity of a company to effectively achieve independent goals. The level of productivity of employees is one of the elements that are assessable to employee performance. The methods of evaluating organizational performance include quality, quantity and knowledge or creativity of the individuals towards the accomplished work that is done in relation to the responsibility assigned during a specific period of time (Wong & Wong, 2007, 361-381). In other words, some standard parameters must be relied upon during assessment.

Organizational performance enables an enterprise to achieve such objectives as high profits, market share and product quality in relation to other enterprises in the same industry. It is however a reflection of productivity of employees in an organization which is measured in terms of profit, revenue growth development and expansion (Obiwuru et al 2011, 100-111). According to Muecke 92005, 433-439), there are different factors that affect employees'' performance and these include job stress, motivation and communication.

2.5.1 Job stress

French (1975) opined that job stress is produced when one cannot properly coordinate available resources and job demands with personal abilities, and further described that job stress is gotten from a situation of a workplace environment that poses a threat to the employees (Noor, 2017). As a result of job stress, some employees may be unable to meet up given targets, since some companies demand a certain level of input. It further results to a to a scenario where demand exceeds the capacity of an individual which invariably fails to satisfy the top management. According to Mizuno, Yamada, Ishi, & Tanaka (2006, 167-170), job stress has been known universally as a social problem that has a combination of factors that disrupt the workers physically and psychologically, and further affect their health as a whole.

Conway, Companini, Satori, Dotti & Costa (2008, 630-639) stressed that an amount of pressure can bring about an increase in personnel's performance, while too much pressure leads to mental and physical challenges. Job stress could arise from aspects such as environmental factors, organizational factors (leaders) and individual factors (employees).

The probability of stress affecting an employee's effectiveness Is high, as each employee is exposed to some extent of stressors both in the workplace and in their personal life, which definitely affect work performance and productivity.

2.5.2 Motivation

Motivation is simply the willingness and desire to perform an action which is stipulated by the activity, or ability to satisfy an identified need. Motivation is being widely observed in all sectors of industries today, irrespective of the size and location. Leaders and managers have realized that the action of motivating their employees is decisive in the quest to achieve and realize organizational goals effectively. The motivated employees in the long run exhibit the traits of self-satisfaction, self-fulfillment and commitment that are needed to produce better quality and quantity of work, and faithfully observe the organizational policies which relatively materialize efficiencies, competitive advantage and reputation of the firm. Motivation enlarges the job involvement of employees by making the work more valuable and interesting, as well as keeps the employees more productive and responsive to organizational calls (Mizuno et al. 2006, 167-170).

Berman, Bowman, West & Watt (2015) opined that motivation is one of the essential factors for the achievement of employees, and ultimately the organizational targets and goals. Ololube (2006, 1-19) identified that motivation to work, whether intrinsic or extrinsic, is very essential in the lives of workers because it forms the fundamental reason for working in life. It conforms to the complex needs and zeal which provides the energy for employees to perform a particular task. In addition, motivation serves as an important component of business operations, whereby high motivation coincides with job performance, which enhances performance and productivity.

2.5.3 Communication

According to Nobo, Nwankwo & Okonkwo (2015, 131-148), communication is the impartation of ideas or thoughts, and making oneself understood by others. It is simply the process by which one party (sender) transmits information or message to another (receiver).

With effective communication, a firm is able to have a great coordination among the teams and units in an organization. Meanwhile, the absence of it results to problems in managing business operations, or judgmentally causes the damage between individuals in a team.

People who are involved in communication processes need to possess both basic skills and abilities needed for effective communication otherwise the information could be misunderstood. Also, effective information depends on the facilities available in an organization and the actions of leaders to ensure acceptability of information in order to have an accurate delivery of it (Mangal & Mangal, 2009).

Communication enhances easy transition of modules, missions and orders between the management levels in an organization. The effectiveness of the employee-leader relationship is determined by how well the information passed is understood and interpreted by the target employees. Shonubi & Akintaro (2006, 1904-1014) opined is understood and interpreted by the target employees. Shonubi & Akintaro (2006, 1904-1914) opined that communication breach between managers, employees and customers leads to futile efforts and unachieved visions. Hence, to remain profitable and competitive in the contemporary challenging world, all factors of production which include materials, machines and personnel, need to be carefully managed. Mangal & Mangal (2009) hinted that amongst the factors of production, personnel constitute the biggest challenge because their skills, talents, thoughts and emotions must be harnessed to correlate with the vision of the organization.

2.6 Leadership Styles and Employee Performance

According to the Ukaidi (2006, 25-34), leadership style and systemic behavior shifted away from the characteristics of the leader to the style the leader adopted. According to Rowe (2001, 81-94), records from the style approach recommend that leaders who are devoted to democratic or participatory leadership style seem more successful, compared to managers that adopt autocratic or laissez-faire leadership style of management. Complementing Rowe (2001, 81-94), Yukl (2012) opined participatory leadership is the best style of leadership in managing an organizational system of any type, and maintained that people react favorably to it in organizations by increased productivity, lower unit cost, good morale and improved labor management relation. However, Yukl (2012) hinted that the worst style of leadership is autocratic or authoritative leadership style which gives rise to high labor management conflicts.

There are different reasons why there should be relationship between leadership style and organizational performance. Today's intensive and dynamic markets characterize innovation-based competition, price-performance rivalry, decreasing returns and the creative destruction of existing competencies (Venkataraman 1997, 119-138). Several studies have suggested that effective behaviors can facilitate the improvement of performance when organizations face these new challenges (McGrath & MacMillan 2000; Teece, Pissano & Shuen 1997, 509-533). Reviewing the effects of leadership on performance is paramount because leadership is viewed by some scholars as one of the key driving force for improving a firm's performance and productivity. According to Avolio (1999) and Rowe (2001, 81-94), effective leadership is seen as a major source of management development and sustained competitive advantage for organizational performance improvement (Obiwuru et al. 2011, 100-111).

Zhu, Chew & Spangler (2005, 39-52) opined that transactional leadership assists firms to actualize their objectives more efficiently by relating job performance to valued rewards and by guaranteeing that employees have the resources needed to get the job done. McShane & Von-Glinow 92001) stressed that visionary leaders create a strategic insight of some future states, communicate that vision through framing and use of metaphor, model the vision by cting consistently, and build commitment towards the vision (Obiwuru et al. 2001, 100-111). Zhu et al. (2005, 39-52) recommended that visionary leadership will result in high levels of cohesion, commitment, trust, motivation, and hence performance in the new organizational environments.

Mehra, Smith, Dixon & Robertson (2006, 232-245) argued that when some organizations seek efficient ways to enable them outperform others, a longstanding approach is to focus on the effects of leadership (Obiwuru et al. 2001, 100=111). According to Obiwuru et al. (2001, 100-111), team leaders are believed to play a pivotal role in shaping collective norms, helping teams cope with their environments, and coordinating collective actions. The leader-centered perspective provides valuable insights into the relationship between leadership and team performance (Guzzo & Dickson, 1996, 307-338). Several studies have explored the strategic role of leadership to investigate how to employ leadership paradigms and use leadership behavior to improve organizational performance (Judge, Bono, Ilies & Gerhardt 2002, 765-780; Judge & Piccolo, 2004, 755-768; Yukl 2012).

Purcell, Kinnie, Hutchinson, Rayton & Swart (2003) opined that it is because intangible assets such as culture, skill, competence, motivation and leadership styles are seen appreciating as a major source of strength and zeal in those firms that can combine processes, people and organizational performance. Prior studies revealed the expectations that leadership paradigms have significant effects on staff satisfaction, financial performance and customer satisfaction. A research by House & Aditya (1997, 409-473) criticized leadership studies for focusing extremely on leader-follower relationship to the exclusion of several other duties leaders

perform, and to the segregation of environmental and organizational variables that are vital to mediate the leadership-performance relationship. The study also revealed that the results, depending on the level of analysis are other problems of existing research on leadership.
House & Aditya (1997, 409-473) differentiated between micro-level research that focuses on the leader in relation to the subordinates and immediate superiors, and macro-level research that focuses on the total organization and its environment (Obiwuru et al 2011, 100-111). Tarabishy, Solomon, Fernald & Sashkin (2005, 20-29) also recommended that leaders and their leadership styles influence both their subordinates and organizational outcomes. Jing & Avery 92008, 67-78) carried out a study on the missing liks in understanding the relationship between leadership and organizational performance, they concluded that despite a hypothesized leadership performance relationship suggested by some researchers, current findings are inconclusive and difficult to interpret.

2.6 Theoretical Framework

Many theories have been formulated and designed on leadership style, by other great scholars and academicians. These theories include the great man theory, trait theory and contingency theory amongst others. The three theories above will underpin this study.
Great man theory proposes that the aptitude for leadership is inborn and inherited. According to this theory, it is either you are born naturally as a leader or you are not. The term 'great man' was adopted because it was thought that leadership was majorly for males, particularly in the military. The great man theory of leadership became well known in the 18th century.
The legends behind some of the world's most famous leaders such as Mahatma Gandhi, Abraham Licoln, Alexander the Great and Julius Caesar helped contribute to the conception that great leaders are given birth to and not made. Historian Thomas Carlyle also had a key sway on this theory of leadership at one point, stating that the history of the world is but the biography of great men. He stressed that efficient and productive leaders are those with inspiration and the right characters and features (Belmejdoub 2015, 1-29).
Over the years, there has been an unconvincing debate about whether leaders are born or made. Sarros & Batchatsky (1996) conducted a study about leadership by asking leaders of many organizations about their opinions on whether leaders are born or made (Belmejdoub, 2015, 1-29). Predictably, their findings revealed that majority of the senior leaders saw leaders as not being born because they are humble people, and certainly as not being made because they think there is more to life than circumstances; they saw leadership as a combination of both. They further revealed that there is an element of their psychology, but there is also an element of context, or of circumstance within leadership.
According to Cherry (2020), one of the major problems with the great man theory of leadership is that not all people who possess the so-called natural leadership qualities actually become great leaders. If leadership was merely an inherited quality, then all people who inherited the necessary traits would essentially find themselves in leadership roles. Cherry (2020) further stressed that research has instead found that leadership is a surprisingly complex subject, and that numerous factors influence how successful a particular leader may or may not be. Characteristics of the group, the leader in charge and the situation or environment all interact to decide what sort of leadership is needed, and the performance and productivity of this leadership.
Trait approach theory of leadership is one of the earliest theories of leadership. It focuses on the on the personal attributes of leaders, which comprise physical and personality characteristics, competencies and values. It views leadership mainly from the perspective of the individual leader. Basis of this approach is the assumption that traits produce patterns of behavior that are coherent amidst the situations. Therefore, leadership traits are considered to

be embedded characteristics that people are born with and that remain relatively stable over time (Mumford, Zaccaro, Handing, Fleishman & Reiter-Palmon, 1993, 1-135).

Prior trait scholars studied the personality attributes that they believed were related to leadership effectiveness, an interest on researching exceptional historical figures. According to Fleenor (2011, 830-832), early researchers viewed leadership as a unidimensional personality trait that could be reliably measured and was distributed normally throughout the population that is an individual difference variable. Many of the early studies on the trait approach focused on the systematic investigation of the significant differences between leaders and followers. It assumes that individuals in higher-level positions possess more leadership traits than those in lower-level positions. To further buttress the fact, a large number of studies were conducted in an attempt to develop reliable and valid measures of leadership traits.

Today, many books on leadership continue the tradition of providing lists of traits that are thought to be fundamental to effective leadership. The simple idea remains that if an individual processes such traits, they will be successful leaders in any situation. Gardner (1989, 58) published a study of a large number of leaders and concluded that there are some attributes that appear to make a leader successful in any situation (Fleenor 2011, 830-832). These traits included strength and stamina, cleverness, accepting responsibility, proficiency, having knowledge about the subordinates' needs, adequate interrelation skills, zeal for achievement, motivating people, valor, conviction, determination, boldness and adaptability. One of the criticisms of the list is that the attributes typically associated with successful leaders are often perceived as 'male' traits.

Contingency theory centers on adapting situational variables to be better fit into a leader's style. Contingency theorists agree that leadership theories must take into consideration the situation in which leaders operate. For instance, Fred Fiedler's contingency model assumes that a leader's preferred style is effectively set and suggests adapting situational elements to achieve a better outcomes. Tested through a variety of field research, the model's basic principle according to Mitchell, Bigdan, Oncken & Fiedler (1970, 253-267) is that the performance of interacting groups is contingent upon the interaction of leadership styles and the favorability of the situation for the leader.

According to Fiedler (1964, 149-190) who proposed contingency theory, a person would be appropriate for certain situations that a group might find itself in. For every demanding scenario, the group would go and inquire a leader to fit.

The main limitation in this theory is that people possess certain personality aspects and there are different situations. Sarros & Butchatsky (1996) reported that a person does not necessarily become productive later because he had leadership qualities (Belmejdoub 2015, 1-29). They linked the fact to certain circumstances, some people with leadership qualities may never be given the right circumstances. So, they think life is rather a case of luck. Another concern with the approach is that the situation and people will acclimatize and people are not necessarily a rigid personality nor is the situation itself rigid and unchanging, which makes it opened to psychological inquiry. So, once the theory has been widely applied in practice, there seems to be the idea in veracity, that people do adapt to the situations they find themselves in.

3.0 Methodology

3.1 Research Design

The study employed qualitative case study design to collect and analyze the data. It involved in-depth interviews (one-on-one interviews) in order to fully understand the kind of leadership style practiced in the selected manufacturing firms in Nigeria. The approach has some promising directions for organizational productivity and performance.

3.2 Population of the Study

The employees of the organizations including the Executive Directors formed the research respondents of the study. The population for the study consisted of 350 employees of the selected SMEs in Lagos State. The simple random sampling technique of 10% of the the total population (35 respondents) were adopted as the sample size for the study.

3.3 Methods of Data Collection

The study was conducted using both primary and secondary sources of data. Interviews formed the basis for the primary sources of data. A semi-structural interview guide was designed for the respondents.

The employees of the organizations were put into groups according to their function or departments at the organization. Focus group discussions were then held with the employees and management of the organization.

3.4 Data Analysis Techniques

Data collected with the semi-structured interview were imported into Statistical Package for Social Sciences (SPSS) for analysis. The data was presented in a manner that allowed for easy analysis and testing using SPSS. Again, all the focus group discussions were audio-recorded with the respondents' permission. These audio tapes were transcribed verbatim and added to other field notes and analyzed manually using hand coding and highlighter pens to color important texts. Themes as identified were then categorized into major themes with sub-themes for each of the major themes. As Maxwell (2005) has advised, this is a very useful approach on qualitative data analysis as it provides great opportunities for researchers to carefully organize volumes of qualitative data into insightful findings (Owusu-Sekyere et al., 2018).

4. Analysis and Discussion of Results

This section focuses on the presentation of data gathered through the questionnaire and interviews, and analysis of the results obtained. The data are presented using tables and figures, and Microsoft Excel was extensively employed for the graphical presentation.

Table 4.1: Sex of respondents

Sex	Number of Respondents	Percentage (%)
Male	26	74
Female	9	26
Total	35	100

Table 1 above shows that 26 respondents representing 74% of the sample size are male, while the remaining 9 respondents representing 26% are female.

Table 4.2: Age of Respondents

Age	Number of Respondents	Percentage (%)
Below 20 years	6	17
21 -3 0 years	18	51
31 – 40 years	8	23
41 years and above	3	9
Total	35	100

Table 2 above indicates that 6 respondents representing 17% of the sample size are 20 years or below, 19 respondents representing 51% are between 21 and 30 years, 8 respondents representing 23% are between 31 and 40 years, while the remaining 3 respondents representing 9% are 41 years and above.

Table 3: Length of employment of respondents

Length of Employment	Number of Respondents	Percentage (%)
Less than 2 years	8	23
2 -5 years	19	54
6 – 10 years	6	17
11 years and above	2	6
Total	35	100

Table 3 above displays that 8 respondents representing 23% of the sample size have been employed for less than 2 years, 19 respondents representing 54% have been employed between 2 and 5 years, 6 respondents representing 17% have employed between 8 and 10 years, while the remaining 2 respondents representing 6% have been employed in the company for 11 years and above.

Table 4: 4: Position occupied by respondents

Position	Number of Respondents	Percentage
Manager	2	6
Supervisor	4	11
Secretary/Receptionist	3	9
Factory worker	18	51
Others	8	23
Total	35	100

Table 4 above points out that 2 respondents representing 6% of the sample size are managers in the selected manufacturing firms , 4 respondents representing 11% are supervisors, 3 respondents representing 9% are secretaries /receptionists, 18 respondents representing 51% are factory workers, while the remaining 8 respondents representing 23% occupy other positions in these firms.

For the purpose of this study, the questionnaire also contained two open-ended research questions that were intended to obtain freewill answers and personal thoughts from the respondents. However, 15 out of the 35 respondents did not provide answers to these research questions as they were left blank. The remaining 20 respondents that have provided answers to the questions are numbered A to T, of which respondents A to O are males, while respondents P to T are females.

For the most preferred leadership trait, respondents A, Q, R and S went for intelligence. Respondents B, C and T stated that competence is their most preferred leadership trait, with respondent B adding that the success of any organization depends on how competent the leader is. Respondents D and E opted for leader's decision-making ability, respondent I went for ability to inspire others, and respondents J opted for commitment.

Furthermore, respondent K opted for good communication skills, respondent L opted for accountability, respondent M went for delegation ability, respondent N went for creativity and innovation, respondent O stated that humility is the most preferred leadership trait, while respondent P stated that the most preferred leadership trait is transparency.

For the least preferred leadership trait on the other hand, respondents A, B, J, R and S went for self-confidence, with respondent A stating that an excess of this trait can lead to arrogance. Respondents C, D, K, L and M opted for extroversion, while respondents E and O stated that dominance is their least preferred leadership trait, with respondent E adding that when dominance is not well handled, it can lead to arrogance which will eventually limit the productivity of the organization. Furthermore, respondents F and P went for humility, respondent G went for delegation ability, respondent H opted for supervising ability, while respondents 1, N, Q and T stated that their least preferred leadership trait is introversion.

The results of this study showed that it is appropriate for leaders to inspire their subordinates, as well as stimulate their intellect. A good leader is one who can be looked up to, and it is the responsibility of managers to inspire their subordinates and massively harness their intellectual capacity. This leads to a quality leader-subordinate relationship, which eventually improves performance of the employees, thereby increasing productivity and firm performance.

The results of the empirical research also indicated that it is proper for a leader to use rewards and punishments to motivate followers. Motivation is a valid means of inciting the intellectual and psychological capacity of employees. Rewards through incentives like increase in pay, bonuses, paid trips and awards, help motivate them to perform better, so as to avoid the repetition of such punishments which may include deduction from salary, lack of bonuses and lack of promotion.

5. Conclusion and Recommendations

To effectively and successfully manage the affairs of an organization, leadership is a determinant factor. The success or failure of an organization depends largely on the style of leadership being adopted in the organization.

Under the right leadership style, employees are ready to go the extra mile in contributing their best to the growth and sustainability of the organization, whereas under the wrong leadership style, they lack the zeal and motivation to contribute the best of their quota to the organization, and invariably, a low output is experienced.

Leadership skill to a great extent is the bedrock of any business or organization. Therefore, only people who can manage other people of different races, who are highly creative and innovative, and can successfully salvage dire situations in case of emergencies, are worthy to be called leaders. In this vein, being a leader is personal, because it emerges from individual's personal qualities and actions. However, to successfully lead an organization which is result-oriented, the actions of the employees must also be put into consideration. Absolute scrutiny of personnel's traits will enable the leaders to make informed decisions on the type of leadership style to be adopted, so as to yield the desired results that will enhance the growth and sustainability of the organization.

The studies carried out by Wang et al. (2011, 223-270); Jyoti & Bhau (2015, 1-13); Sofi & Devannadhen (2015, 31-45) revealed that transformational leadership style has direct positive impact on organizational performance. A study conducted by Longe (2014, 68-83) showed that transactional leadership style positively impacts organizational performance. Furthermore, Iqbal et al. (2015, 1-6) conducted a research on the effect of leadership style on employee performance and concluded that autocratic leadership style enhances organizational conflicts which negatively impact the overall performance of the organization. Also, the studies carried out by Elenkov (2000, 467-480); Bhargavi & Yaseen (2016, 87-117) indicated that democratic leadership style has direct impact on organizational performance. However, Yukl (2012) hinted that the worst style of leadership is autocratic leadership style which gives rise to high labor management conflicts.

From the results of the empirical research of this study, it can be concluded that leadership style has both positive and negative impacts on organizational performance. The type of leadership style adopted by an organization directly influences the performance of the employees, which directly relates to the profitability and productivity of the organization. Organizations will effectively function when management adopt competent and proper leadership style. Hence, it is paramount hat harmony and synergy is created between management, employees and the work environment.

A major quality of a good leader is the ability to think fast and be creative, especially in non-routine situations as well as influencing others. The ability to sustain these qualities is what makes the difference between an effective and an ineffective leader.

However, instead of leaders to focus on a single style of leadership in all situations, they can differ their styles of operation depending on three factors: leader factor, subordinate factor and situation factor. The effectiveness of a leader is also measured by their ability to effectively manage the forces surrounding them, and by how well they are able to manage both human and material resources in the process of attaining organizational goals.

For the purpose of this study, it is hereby recommended that the leaders of the selected manufacturing firms and indeed others should adopt a good management style that can accommodate all subordinates, irrespective of their personal and individual differences. This is because, leaders do not only manage the scarce resources of the organization, but also the people underneath them. It is recommended that the democratic style should be adopted, rather than the autocratic leadership style. This is to ensure that the employees are well carried along and that they have a sense of belonging and responsibility to the organization. It is also recommended that the communication channel between the management and the employees should always be in harmony. Information gap between the upper, middle and lower management should be avoided at all costs, so as to ensure coherency and synergy amongst the hierarchy of the firms.

In addition, it is recommended that leaders should devise effective ways of motivating subordinates. Motivation goes a long way in influencing the morale and dedication of the employees, which directly influence the performance and productivity of the firm. Positive work environment should be created in a bid to motivate employees, and certain incentives should be given when benchmarks are hit. This not only encourages employees to give their best, but also creates a sense of belonging. Leaders should also deploy discipline in the right proportion. An executive order can be rendered impotent when discipline is absent in the organization. The workforce should therefore be bound together by discipline, in order to be able to achieve the desired results at the appropriate time.

It is further recommended that leaders should consistently engage the employees in result-oriented training. On-the-job training should be done periodically to keep the workforce in its best position, and to maintain optimum performance.

Special professional sessions such as workshops and seminars should also be organized for the workforce, so as to maintain excellence in productivity. Also, leaders should ensure that only employees that are qualified for a particular job are entrusted with it. They should ensure that sentiment and favoritism does not cloud their sense of judgement while assigning relative duties to subordinates.

References

Avolio, B. (1999). Full Leadership Development: Building the Vital Forces in Organizations. Thousand Oaks, California: SAGE Publications.

Bass, B. (1985). Leadership and Performance: Beyond Expectations. New York: The Free Press.

Bass, B. (1990). Bass and Stogdill's Handbook of Leadership: Theory , Research and Managerial Applications, 3rd Edition, New York: The Free Press.

Bass, B. & Avolio, B. (1994). Improving Organizational Effectiveness Through Transformational Leadership. Thousand Oaks: California: SAGE Publications.

Beardwell, J. & Thompson, A. (2017). Human Resource Management: A Contemporary Approach, 8th Edition,: Pearson Education Limited.

Berman, E., Bowman, J., West, J. and Watt, M. (2015). Human Resource Management in Public Service: Paradoxes, Processes and Problems, 5th Edition. Thousand Oaks, California: SAGE Publications.

Bhargavi, S. & Yaseen,, A. (2016). Leadership Styles and Organizational Performance. Strategic Management Quarterly, 4(1), 87-117. Available at http://smqnet.com/journal/smq/Vol 4 No 1 March 2016/5.pdf

Boehnke, K., Distefano, J. & Distefano, A. (2003). Transformational Leadership: An Examination of Cross-national Differences and Similarities Leadership and Organization Development Journal, 24(1), 5-15. Available at http://www.researchgate.net/publication/242355920. Transformational leadership. An examination of cross-national differences and similarities. Accessed 4 March 2019.

Choi, S. (2017). Democratic Leadership: The Lessons of Exemplary Models for Democratic Governance. International Journal of Leadership Studies, 2(3), 243-262. Available at http://www.regent.edu/acad/globalpublications/ijls/new/vol2iss3/choi/Choi Vol2Iss3.pdf. Accessed 11 September 2022.

Ebrahim, H. (2018). Impact of Leadership Styles on Job Satisfaction. Journal of Human Resource Management Research, 2018 (2018, 1-8). Available at https://ibilmapublishing .com/articles/HR/2018. Accessed 23 September 2022.

Elenkov, D. (2000). Effects of Leadership in Organizational Performance in Russian Companies. Journal of Business Research, 55(20002), 467-480. Available at https://kundoc.com/queue/pdf-effects -of-leadership-on-organizational-performance-in-russian-companies-html. Accessed 23 September 2022.

Fiedler, f. (1964). A Contingency Model of Leadership Effectiveness. Advances in Experimental Social Psychology, 1, 149-190. Available at https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/

Finch, C. (2019). External Factors Affecting Leadership. Available at; https://buzfluent.com/info-8583473-external-factors-affecting-leadership-html. Accessed 24 September 2022.

Fleenor, J. (2011). Trait Approach to Leadership. Encyclopedia and Organizational Psychology, 2006, SAGE Publications, 830-832.

Fry, L. (2003). Towards a Theory of Spiritual Leadership: The Leadership Quarterly, 14(2003), 693-727. Available at https://www.researchgate.net/publication/222827010. Towards a Theory of Spiritual Leadership. Accessed 23 September 2022.

Gardner, J. (1989). Leadership Attributes and Context, Sage Journals, 73(514), 58. Available at https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177019263658907351409. Accessed 26 September 2022.

Jyoti, J. & Bhau, S. (2015). Impact of Transformational Leadership on Job Performance: Mediating Role of Leader-member Exchange and Relational Identification. SAGE Open, 5(4), 1-13.

Mgbeze, V. (2014). Impact of Leadership Style on Organizational Performance: A Case Study of Nigerian Banks, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Osun State, Nigeria, Master's Thesis.

DENSITY FUNCTIONAL THEORY AND MONTE CARLO SIMULATION OF SOME DERIVATIVES OF 1,2,4-TRIAZOLE-3-THIOL AS CORROSION INHIBITORS ON METAL SURFACES

Dr T. O. Esan. O. G Opeyemia
Department of life sciences, Bamidele Olumilua University of Education,Science and Technology, Ikere,- Ekiti, Ekiti State, Nigeria

Abstract:
Corrosion is a major problem that causes deterioration of metallic materials, leading to economic losses, structural damage, and reduced service life. Corrosion inhibitors are widely used to protect metals by interacting with their surfaces and limiting corrosive reactions. Computational techniques such as Density Functional Theory (DFT) and Monte Carlo (MC) simulation provide useful approaches for predicting molecular reactivity, active sites, and adsorption behavior. In this study, the corrosion inhibition potentials of three derivatives of 1,2,4-triazole-3-thiol (TZT_1, TZT_2, and TZT_3) were investigated using DFT and MC simulation. The molecular structures were optimized at the B3LYP/6-31G(d) level, and quantum chemical parameters including HOMO, LUMO, energy gap, hardness, softness, electronegativity, dipole moment, and energy of the back donation were determined. Fukui function analysis was used to identify reactive atomic sites involved in interactions with the iron surface. MC simulation was employed to investigate adsorption on Fe(110). The calculated energy gaps were 4.92, 5.27, and 4.26 eV for TZT_1, TZT_2, and TZT_3, respectively. TZT_3 showed the highest electron transfer (0.758), dipole moment (5.54 D), and softness (0.24 eV^{-1}), with the lowest hardness (2.13 eV), indicating greater reactivity. The adsorption energies were −3915.401, −3913.170, and −3921.473 kcal/mol, respectively, indicating favorable adsorption, with TZT_3 showing the most favorable adsorption. The favorable adsorption energies, stable configurations, and reactive heteroatom sites identified by Fukui analysis suggest strong inhibitor Fe(110) interactions and support possible chemisorption through interaction or bond formation at active sites. TZT_3 exhibited the highest predicted corrosion inhibition potential and is recommended for further experimental investigation.
Keywords: Density Functional Theory, Monte Carlo Simulation, 1,2,4-Triazole-3-Thiol, Corrosion Inhibition, Fe(110), Adsorption.

1.0 Introduction

Corrosion is a natural and inevitable process that results in the gradual deterioration of metals through chemical or electrochemical interactions with their environment. Metals such as iron, steel, aluminum, and copper are widely used in industries including construction, transportation, petroleum, marine engineering, and power generation. However, exposure to aggressive environments, particularly acidic and saline media, often accelerates corrosion, leading to significant economic losses, equipment failure, safety hazards, and environmental pollution [30,20]. Globally, corrosion is estimated to cost over US$2.5 trillion annually, accounting for approximately 3–4% of the world's Gross Domestic Product (GDP) [21].
Acidic solutions such as hydrochloric acid (HCl) and sulfuric acid (H_2SO_4) are commonly used in industrial processes including acid pickling, descaling, cleaning, and oil-well acidification. While these processes are important in industry, they significantly increase the corrosion rate of metallic materials, especially mild steel. Consequently, the development of effective corrosion control methods has become an important area of research [7,12,29].

Among the available corrosion protection techniques, the use of corrosion inhibitors remains one of the most effective and economical approaches. Corrosion inhibitors are substances that reduce metal dissolution by adsorbing onto metal surfaces and forming protective films that hinder corrosion reactions [24]. Organic compounds containing heteroatoms such as nitrogen, sulfur, and oxygen have attracted considerable attention because of their strong adsorption abilities and high inhibition efficiencies [31,10,32,14].

Among organic corrosion inhibitors, triazole derivatives have received significant attention due to their excellent inhibition performance, low toxicity, and environmental compatibility. Triazoles are heterocyclic compounds containing three nitrogen atoms in a five-membered ring, providing multiple adsorption sites for interaction with metal surfaces. Studies have shown the effectiveness of triazole-based compounds in controlling metal corrosion in acidic environments [11,26,8,5].

Particularly, 1,2,4-triazole-3-thiol derivatives are considered promising corrosion inhibitors because they contain both nitrogen and sulfur atoms, which act as active adsorption centers. The presence of these heteroatoms enhances electron donation to the metal surface, resulting in stronger adsorption and improved corrosion protection [22,16].

Recent advances in computational chemistry have provided powerful tools for understanding corrosion inhibition mechanisms at the molecular level [1,15]. Density Functional Theory (DFT) is widely used to investigate the electronic properties of inhibitor molecules through parameters such as HOMO energy, LUMO energy, energy gap, dipole moment, hardness, and softness [17,9]. These parameters help predict the adsorption behavior and inhibition efficiency of corrosion inhibitors [19,23,17]. In addition, Monte Carlo (MC) simulation is an important computational technique for studying adsorption configurations, adsorption energies, and interactions between inhibitor molecules and metal surfaces [4,20].

In the present study, three derivatives of 1,2,4-triazole-3-thiol, namely 4-amino-5-phenyl-4H-1,2,4-triazole-3-thiol, 4-amino-5-(2-hydroxy)phenyl-4H-1,2,4-triazole-3-thiol, and 4-amino-5-styryl-4H-1,2,4-triazole-3-thiol, are investigated using Density Functional Theory and Monte Carlo simulation techniques [5]. These compounds possess multiple adsorption centers, including nitrogen, sulfur, and oxygen atoms, as well as aromatic and conjugated systems that may enhance their interaction with metal surfaces. Therefore, a computational evaluation of their electronic properties and adsorption characteristics is essential for understanding their corrosion inhibition potential and identifying the most effective inhibitor among the selected derivatives.

This study is expected to add to the existing body of knowledge on triazole-based corrosion inhibitors while also demonstrating the utility of computational approaches in the design, screening, and optimization of efficient and environmentally friendly corrosion inhibitors for industrial applications.

2.0 Materials and Methods

2.1 Computational Methods

This study applied computational chemistry approaches to examine the corrosion inhibition capability of selected 1,2,4-triazole-3-thiol derivatives on metal surfaces. The molecular structures were optimized using Density Functional Theory (DFT) at the B3LYP functional 6-31G(d) bases sets in Spartan'10 software. According to [13], DFT is a reliable method for estimating the electrical characteristics and reactivity of corrosion inhibitors. Quantum chemical parameters such as HOMO, LUMO, energy gap (ΔE), dipole moment, hardness, and softness were evaluated to evaluate the inhibitory performance of the compounds [4].

Additionally, the adsorption behavior of the optimized molecules on the metal surface was examined using Monte Carlo (MC) simulation. Adsorption energy and adsorption configuration

were studied to determine the intensity of inhibitor–metal contacts and select the most effective 1,2,4-triazole-3-thiol derivative as a corrosion inhibitor [6,2].

2.2 Geometry Definitions

The 2D chemical structures of the selected 1,2,4-triazole-3-thiol derivatives were drawn using ChemBioDraw Ultra [25] and converted into 3D structures in Spartan'10 [33]. The geometry definition involved assigning the correct atomic connectivity, bond lengths (distance between two atoms), and bond angles (three atoms C-S-H), before geometry optimization. This step ensures accurate molecular structures for reliable quantum chemical calculations [13]. Where TZT_1, TZT_2 and TZT_3 represent the following compounds respectively; 4-amino-5-phenyl-4H-1,2,4-triazole-3-thiol, 4-amino-5-(2-hydroxy) phenyl-4H-1,2,4-triazole-3-thiol, and 4-amino-5-styryl-4H-1,2,4-triazole-3-thiol

2.3 Conformational Search

Prior to geometry optimization, a conformational search was performed to determine the lowest-energy and most stable conformer of each selected 1,2,4-triazole-3-thiol derivatives. The search was carried out in Spartan'10 with the molecule Mechanics Force Field (MMFF), which creates and analyzes various molecule conformations based on their relative energies. To achieve valid quantum chemical results, the most stable conformer found during the conformational search was chosen for further geometry optimization and Density Functional Theory (DFT) computations [13,18,34].

2.4 Geometry Optimization

The lowest-energy conformers obtained from the conformational search were subjected to geometry optimization using Density Functional Theory (DFT) in Spartan'10 at the B3LYP functional 6-31G(d) level of theory. Geometry optimization was performed by adjusting the bond lengths, bond angles, and dihedral angles until the molecular structure reached its minimum energy configuration. This process ensures that the optimized geometry is stable and suitable for the calculation of quantum chemical parameters such as HOMO, LUMO, energy gap, dipole moment, hardness, and softness [13,27,18].

2.4.1 Structural Parameters Optimized

The optimized molecular geometries of the selected 1,2,4-triazole-3-thiol derivatives were analyzed based on the following structural parameters:

1. Bond Length (r): Bond length is the distance between the nuclei of two bonded atoms. For example, in 4-amino-5-phenyl-4H-1,2,4-triazole-3-thiol, typical C_3-N_4 bond length is 1.3701, while C_3-S_6 is 1.7621. The optimized bond lengths obtained after DFT calculations represent the equilibrium distances between bonded atoms in the molecule [18].
2. Bond Angle (θ): Bond angle is the angle formed by three bonded atoms. It describes the spatial arrangement of atoms around a central atom and contributes to the overall molecular geometry and stability of the optimized structure [34]. For example, in 4-amino-5-phenyl-4H-1,2,4-triazole-3-thiol, typical C_3-N_4-C_5 is 104.852^0

2.5 Calculation of Electronic Properties

Density Functional Theory (DFT) at the B3LYP functional 6-31G* level in Spartan'10 was utilized to compute the electronic characteristics of the chosen 1,2,4-triazole-3-thiol derivatives using the optimized molecular structures. [13] asserts that quantum chemical descriptors offer important insights into the corrosion inhibition and reactivity of organic compounds. Highest Occupied Molecular Orbital (HOMO) energy, Lowest Unoccupied Molecular Orbital (LUMO) energy, energy gap (ΔE), dipole moment (μ), electronegativity (χ), global hardness (η), global softness (σ), and the fraction of transferred electrons (ΔN) were among the computed parameters. The electronic properties and adsorption behavior of the substances under investigation were assessed using the following equations [27,28].

Band Gap (ΔE) = E_{LUMO}-E_{HOMO} (1)

Ionization potential (IP) = -E_{HOMO} (2)

Electronic Affinity (EA) = -E_{LUMO} (3)

Absolute electronegativity (χ)

$$\chi = \frac{(IP+EA)}{2} \quad (4)$$

Global Hardness (η)

$$\eta = \frac{(IP - EA)}{2} \quad (5)$$

Global Softness (σ)

$$\sigma = \frac{1}{2\eta} \quad (6)$$

Global electrophilicity ω

$$\omega = \frac{\mu^2}{2\eta} \text{ or } \frac{x^2}{2\eta} \quad (7)$$

$$\text{Nucleophilicity } (\epsilon) = \frac{1}{\omega} \quad (8)$$

Energy of back donation of transfer of electron

$$\Delta E_{b\text{-}d} = -\frac{\eta}{4} = \frac{1}{8}(E_{LUMO} - E_{HOMO}) \quad (9)$$

Fraction of the election transfer

$$N = \frac{\chi Fe - \chi mh}{2(\eta Fe + \eta mh)} \quad (10)$$

Where χFe and ηFe are the absolute hardness of iron

$f_{k^+} = [\, q_k\,(N+1) - q_k(N)]$ for nucleophilic attack (11)

$fk^- = [\, q_k\,(N) - q_k(N-1)]$ for electrophilic attack (12)

$\Delta f_k(r) = f_k^+ - f_k^-$ (fukui function) (13)

Note: The Fukui functions fk^+, fk^-, and Δf_k were calculated from the atomic charges of the neutral, anionic, and cationic forms of the inhibitor molecules. The corresponding atomic charge definitions are given below.

qk (N + 1) is defined as the charges on the atoms on the molecules in its anionic (N + 1) state

qk (N) is the charges on the atoms on the molecules in neutral (N) state

qk (N-1), the charges on the atoms on the molecules in its cationic (N-1) state

Fk^+ and Fk^- are the nucleophilic and electrophilic fukui function respectively.

2.6 Monte Carlo Simulations

The adsorption behavior of the chosen 1,2,4-triazole-3-thiol derivatives on the Fe(110) surface was investigated using Monte Carlo (MC) simulation. The initial geometries were the optimal inhibitor structures derived from the DFT computations. Prior to the simulation, the Fe(110) surface was optimized using body-centered cubic (BCC) iron. Every inhibitor molecule was placed close to the Fe(110) surface, and random translation, rotation, and torsional movements produced various adsorption arrangements. The COMPASS force field within the NVT ensemble was used in the simulations to sample and assess various molecule configurations according to their energies. In computational corrosion investigations, MC simulations are frequently used to examine the adsorption and interaction of inhibitor molecules with metal surfaces [17,9].

Adsorption Energy

The adsorption energy was calculated using the following equation:

$E_{ads} = E_{total} - (E_{surface} + E_{inhibitor})$

Definition of terms:

E_{ads} = adsorption energy of the inhibitor on the Fe(110) surface.

E_{total} = total energy of the inhibitor–Fe(110) adsorption system.

$E_{surface}$ = energy of the clean Fe(110) surface.

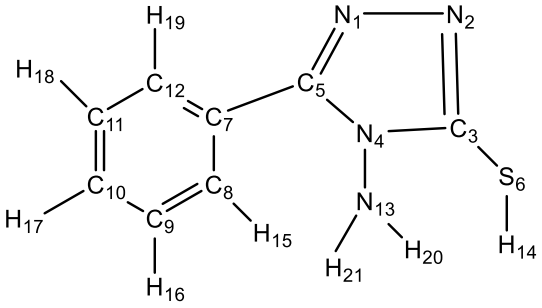
$E_{inhibitor}$ = energy of the isolated inhibitor molecule.

Stronger and more persistent adsorption contacts between the inhibitor and the metal surface are typically associated with larger negative adsorption energies [17,3]. A negative adsorption energy implies that the adsorption process is energetically favorable.

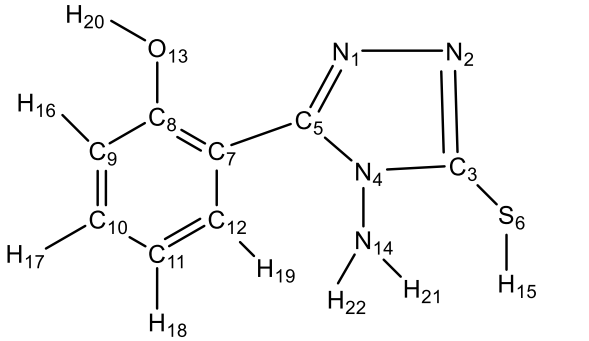
3.0 Results and Discussion

3.1 Geometry Definition

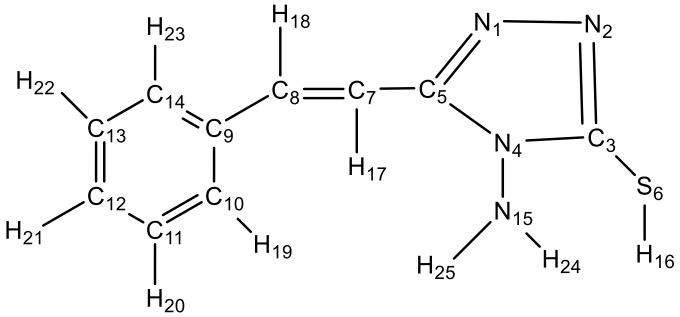
ChemBioDraw Ultra [25] was used to design the 2D structures of the studied 1,2,4-triazole-3-thiol derivatives, and Spartan 10 [33] was used to define and transform the chemical structures to 3D geometries. The names of the compounds under investigation were listed in Table 1, and the resulting molecular structures are shown in Figure 1. The names of the compound were represented by a symbol TZT_1, TZT_2, and TZT_3 respectively in Table 1.



4-amino-5-phenyl-4H-1,2,4-triazole-3-thiol



4-amino-5-(2-hydroxy)phenyl-4H-1,2,4-triazole-3-thiol



4-amino-5-styryl-4H-1,2,4-triazole-3-thiol

Figure 1: Structures of some derivatives of 1,2,4-triazole-3-thiol

Table 1: Names of the molecules Where TZT_1, TZT_2 and TZT_3 represent the following compounds respectively.

S/N	NAME
1. (TZT_1)	4-amino-5-phenyl-4H-1,2,4-triazole-3-thiol
2. (TZT_2)	4-amino-5-(2-hydroxy) phenyl-4H-1,2,4-triazole-3-thiol
3. (TZT_3)	4-amino-5-styryl-4H-1,2,4-triazole-3-thiol

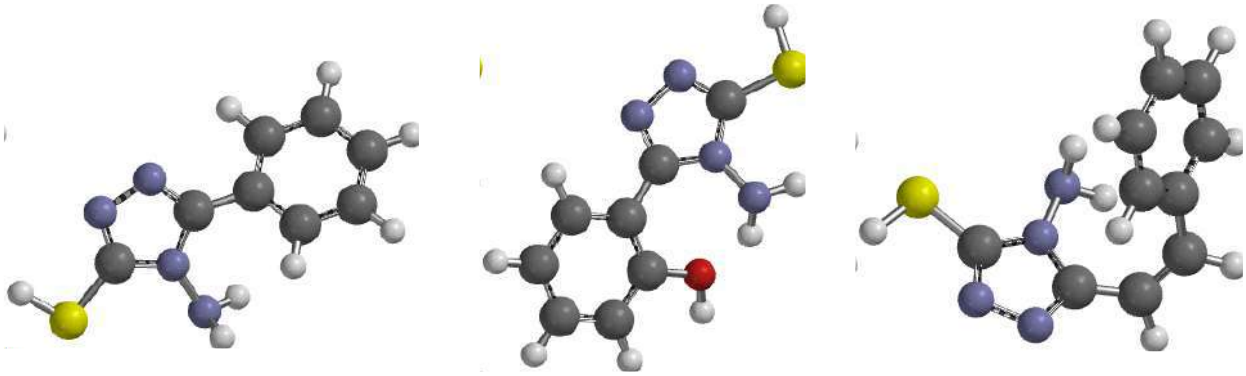
3.2 Conformational Search

The selected 1,2,4-triazole-3-thiol derivatives' three-dimensional (3D) structures were constructed in Spartan'10 and then put through a conformational search with the Molecular Mechanics Force Field (MMFF). In order to guaranty a stable molecular structure for ensuing DFT computations, the conformer with the lowest energy was chosen for geometry optimization [18]. This process offers reliable geometry for assessing the electrical characteristics and potential for corrosion inhibition of the compounds under investigation [13,27].

For TZT_1, TZT_2, and TZT_3, the conformational search yielded 2, 8, and 4 conformers, respectively. For each compound, the lowest-energy conformer found was 222.1978, 198.5081, and 232.3461 kJ/mol. Each compound's lowest-energy conformer was chosen as the most energetically advantageous structure, and it was then utilized for DFT calculations and geometry optimization. Variations in the derivatives' structural flexibility are reflected in the variances in the number of conformers. In order to offer a stable molecular geometry for accurate prediction of the electrical and structural properties of the studied compounds, it is helpful to choose the lowest-energy conformer.

Table 2: Numbers of conformers and the energy of the most stable conformer.

S/N	Compounds	No. of conformer	Conformer with lowest energy
1	TZT_1	2	222.1978kJ/mol
2	TZT_2	8	198.5081kJ/mol
3	TZT_3	4	232.3461kJ/mol



Energy(TZT_1)=222.19kj/mol Energy(TZT_2)=198.50kj/mol Energy(TZT_3)=232.34kj/mol

Figure 2: Conformers with the lowest energy

3.3 Molecular Geometry

Figure 3 displays the optimal molecular structures of the selected 1,2,4-triazole-3-thiol derivatives, while Tables 3, 4, and 5 for TZT_1, TZT_2, and TZT_3 show the selected bond lengths and bond angles derived from the DFT computations. These parameters offer crucial details regarding the structural features and molecular geometry of the compounds under study.

The three compounds' N–N bond lengths range from 1.3817–1.3860 Å, while their N–C bond lengths range from 1.3112–1.3909 Å, as indicated in Tables 3–5. Significant orbital overlap and partial double-bond character linked to π-electron delocalization inside the 1,2,4-triazole ring were indicated by the comparatively short N–N and N–C bonds. The C–S bond lengths for TZT_1, TZT_2, and TZT_3 vary relatively little, ranging from 1.7614 to 1.7678 Å. This suggests that despite variations in molecular substituents, the bonding environment surrounding the sulfur atom stays mostly unchanged.

The molecular structures in Figure 3 show that all three derivatives contain nitrogen and sulfur heteroatoms, while TZT_2 also has an oxygen atom in its hydroxy substituent. These heteroatoms have lone-pair electrons that enhance the molecules' electrical properties and offer possible locations of interaction with the metal surface. The molecules' conjugated and aromatic parts favor a comparatively planar structure, which is in line with the effects of π-electron delocalization and sp^2 hybridization.

The bond-angle values in Tables 3-5 also vary relatively little among the derivatives. The N_1-N_2-C_3 angle ranges from 106.838°-106.925°, and the N_2-C_3-S_6 angle ranges from 127.654°-127.798°. These minor changes suggest that substitution has a limited effect on the geometry of the triazole ring. The observed variances may be attributed to the various substituents connected to the ring and their effects on the local molecular environment.

TZT_1 has the shortest N-C bond in the observed range, indicating rather significant orbital overlap inside the triazole ring. TZT_2 had the longest C-S bond, while the difference is modest, indicating a slight alteration in the sulfur bonding environment caused by the hydroxy-substituted phenyl group. The additional oxygen atom in TZT_2 introduces another heteroatom, which may affect its molecular polarity and electron distribution. TZT_3 has slightly wider reported bond angles, which could be attributed to the structural arrangement of its styryl substituent.

With only slight variations in bond lengths and bond angles brought on by substituent effects, Figure 3 and Tables 3–5 show that TZT_1, TZT_2, and TZT_3 maintain closely related and comparatively stable triazole-ring structures. Important heteroatom sites that could aid in their interaction with the Fe(110) surface are provided by the presence of N, S, and O in all three compounds. These structural characteristics provide a basis for understanding the differences observed in their electronic properties and adsorption behavior discussed in the subsequent sections.

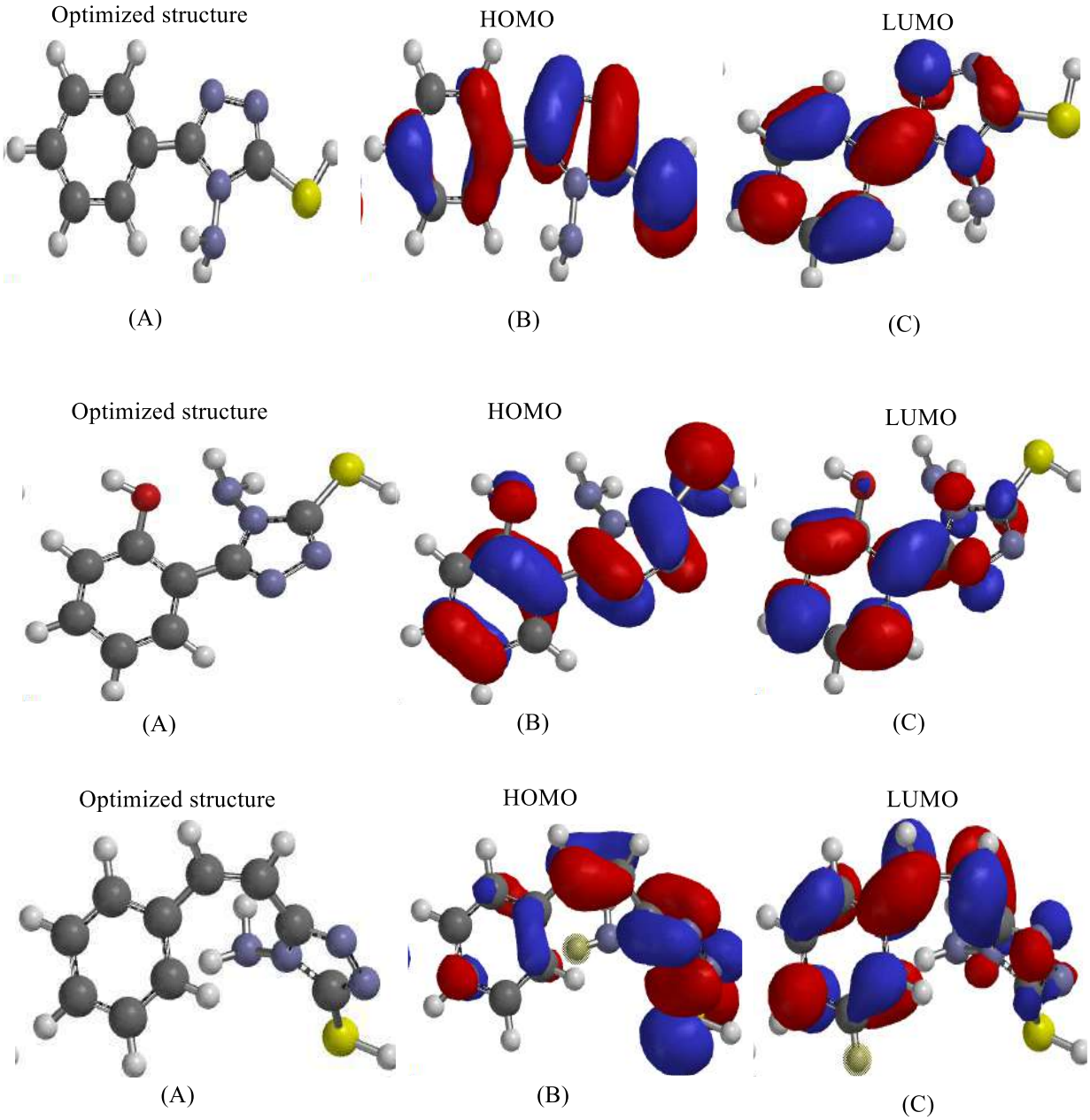


Figure 3: Structure of 1,2,4-triazole-3-thiol and its derivatives (a) Optimized Geometry (b) Highest Occupied Molecular Orbital (c) Lowest Unoccupied Molecular Orbital.

TABLE 3: Selected Bond Lenth and Bond Angle for TZT1

S/N	Atom	Bond Length (Å)	Atom	Bond Angle (°)
1	N_1–N_2	1.3833	N_1–N_2=C_3	106.838
2	N_1=C_5	1.3158	N_1=C_5–C_7	124.428
3	N_2=C_3	1.3112	N_2–N_1=C_5	108.850
4	C_3–N_4	1.3701	N_2=C_3–N_4	110.806
5	C_3–S_6	1.7621	N_2=C_3–S_6	127.798
6	N_4–C_5	1.3909	C_3–N_4–C_5	104.852
7	N_4–N_{13}	1.4000	C_3–N_4–N_{13}	122.506
8	C_5–C_7	1.4678	C_3–S_6–H_{14}	92.303
9	S_6–H_{14}	1.3482	N_4–C_3–S_6	121.396
10	C_7=C_{12}	1.4072	N_4–C_5–C_7	126.870
11	C_8–H_{15}	1.0850	N_4–N_{13}–H_{20}	109.048
12	C_9–C_{10}	1.3945	C_5–N_4–N_{13}	132.364
13	N_{13}–H_{20}	1.0182	C_5–C_7–C_8	123.665
14			C_7=C_{13}–H_{19}	118.500
15			C_9–C_{10}=C_{11}	119.555
16			C_{10}=C_{11}–H_{18}	120.082
17			H_{20}–N_{13}–H_{21}	108.900

TABLE 4: Selected Bond Lenth and Bond Angle for TZT2

S/N	Atom	Bond Length (Å)	Atom	Bond Angle (°)
1	N_1–N_2	1.3860	N_1–N_2=C_3	106.839
2	N_1=C_5	1.3164	N_1=C_5–C_7	125.496
3	N_2=C_3	1.3100	N_2–N_1=C_5	108.280
4	C_3–N_4	1.3718	N_2=C_3–N_4	110.873
5	C_3–S_6	1.7678	N_2=C_3–S_6	127.732
6	N_4–C_5	1.3806	C_3–N_4–C_5	104.645
7	N_4–N_{14}	1.3998	C_3–N_4–N_{14}	128.873
8	C_5–C_7	1.4669	C_3–S_6–H_{15}	93.272
9	S_6–H_{15}	1.3469	N_4–C_5–C_7	125.146
10	C_7–C_{12}	1.4016	N_4–N_{14}–H_{21}	108.952
11	C_8–O_{13}	1.3715	C_5–N_4–N_{14}	125.947
12	C_9=C_{10}	1.3942	C_5–C_7=C_8	122.253
13	C_{11}–H_{18}	1.0856	S_6–C_3–N_4	121.390
14	O_{13}–H_{20}	0.9698	C_7=C_8–C_9	120.210
15	N_{14}–H_{21}	1.0180	C_7=C_8–O_{13}	118.161
16	N_{14}–H_{22}	1.0185	C_8–O_{13}–H_{20}	108.539
17			C_{11}=C_{12}–H_{19}	120.715
18			O_{13}–C_8–C_9	121.607
19			H_{22}–N_{12}–H_{21}	110.125

TABLE 5: Selected Bond Lenth and Bond Angle for TZT3

S/N	Atom	Bond Length (Å)	Atom	Bond Angle (°)
1	N_1–N_2	1.3817	N_1–N_2=C_3	106.925
2	N_1=C_5	1.3183	N_1=C_5–C_7	123.922
3	N_2=C_3	1.3139	N_2–N_1=C_5	108.583
4	C_3–N_4	1.3675	N_2=C_3–N_4	110.863
5	C_3–S_6	1.7614	N_2=C_3–S_6	127.654
6	N_4–C_5	1.3905	C_3–N_4–C_5	104.757
7	N_4–N_{15}	1.3998	C_3–N_4–N_{15}	123.038
8	C_5–C_7	1.4589	C_3–S_6–H_{16}	92.309
9	S_6–H_{16}	1.3484	N_4–C_3–S_6	121.479
10	C_7=C_8	1.3501	N_4–C_5–C_7	127.042
11	C_8–C_9	1.4721	N_4–N_{15}–H_{24}	108.546
12	C_8–H_{18}	1.0895	N_4–N_{15}–H_{24}	108.499
13	C_9=C_{14}	1.4075	C_5–N_4–N_{15}	131.760
14	C_{11}–H_{20}	1.0866	C_5–C_7=C_8	130.492
15	C_{13}–H_{22}	1.0867	C_5–C_7–H_{17}	112.263
16	N_{15}–H_{24}	1.0193	C_7=C_8–C_9	130.364
17	N_{15}–H_{25}	1.0189	C_8=C_7–H_{17}	117.242
18			C_8–C_9–C_{10}	122.696
19			H_{25}–N_{15}–H_{24}	108.298

3.4 Molecular Electrostatic Potential (MEP)

The molecular electrostatic potential (MEP) maps of TZT_1, TZT_2, and TZT_3 are presented in Figure 4. The electrostatic potential distribution and electron-rich and electron-deficient areas were identified using the maps. The electrostatic potential is represented by a color scale that goes from red to orange, yellow, green, and blue. Orange and yellow signify intermediate negative potentials, whereas red denotes the most negative and electron-rich areas. Blue denotes positive and electron-deficient areas, while green denotes comparatively neutral areas.

As shown in Figure 4, TZT_1 has a predominantly green surface, with a prominent red region around the heteroatom-containing portion of the triazole ring and blue regions around the lower half of the molecule. TZT_2 exhibits distinct red and orange patches around the oxygen-containing substituent and triazole region, indicating the importance of oxygen and other heteroatoms to electron distribution. TZT_3 shows a relatively broad green surface with yellow-to-orange regions around the heteroatom-containing portion and blue regions over the rest of the molecular surface.

Overall, the MEP maps demonstrate that the N and S heteroatoms found in all three derivatives, along with the extra O atom in TZT_2, have the greatest impact on the compounds' electrostatic potential. These heteroatoms' electron-rich areas are significant because their lone-pair electrons can interact with the Fe(110) surface. The variations in charge distribution also demonstrate how the substituents affect the molecules' electronic properties and could be a factor in variations in their adsorption behavior.

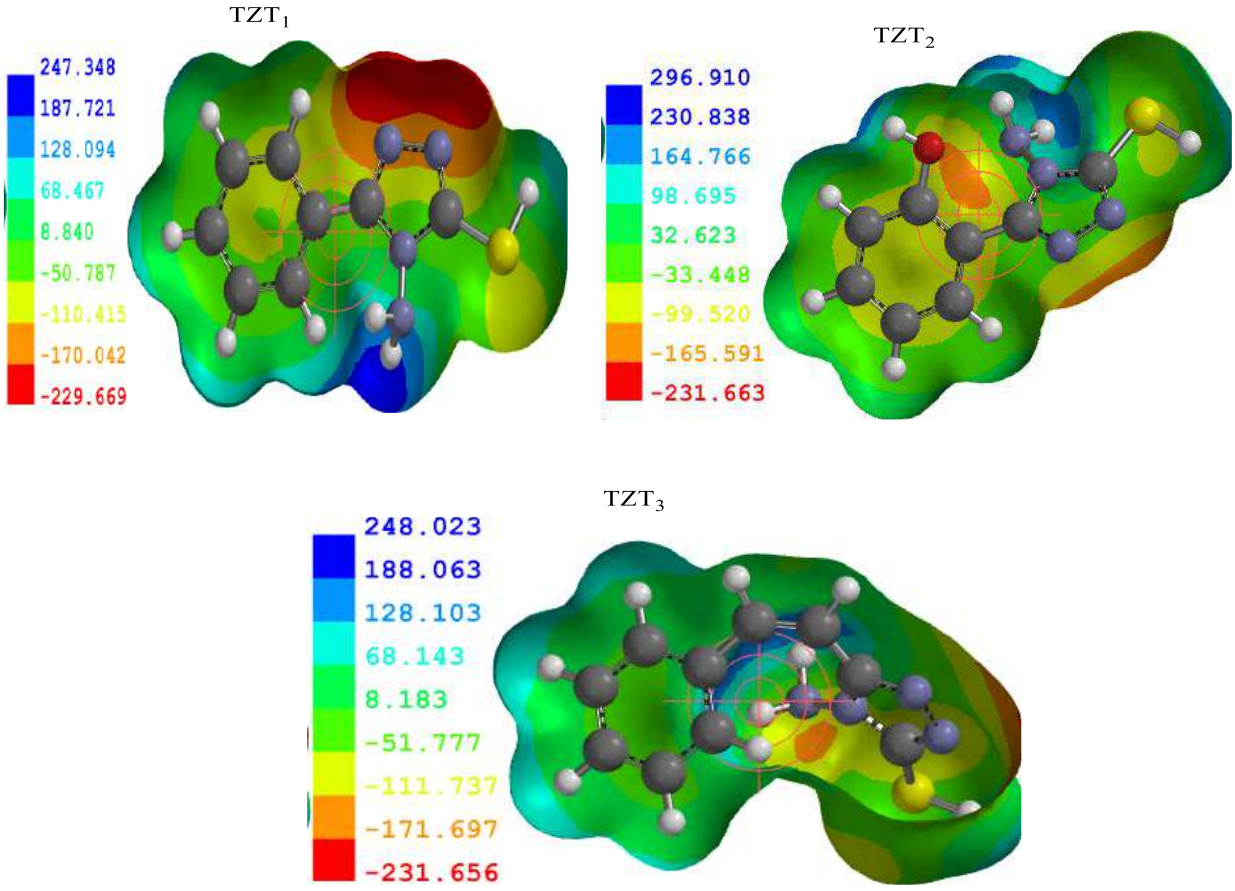


Figure 4: Molecular Electrostatic Potential (MEP) Maps of TZT_1, TZT_2, and TZT_3.

3.5 Chemical Quantum Parameter or Calculation

3.5.1 Band Gap or Energy Gap (ΔE)

The calculated energy gap (ΔE) values are (TZT_1) 4.92 eV, (TZT_2) 5.27 eV, and (TZT_3) 4.26 eV, respectively. The energy gap therefore ranges from 4.26–5.27 eV. Greater molecular reactivity and easier electron transfer are generally indicated by a smaller energy gap, which may favour interaction with the metal surface. TZT_3 has the smallest energy gap (4.26 eV), thus making it the most reactive of the three, generally correlating with stronger adsorption on the metal surface. While the related LUMO energies (−1.06 eV, −0.65 eV, and −1.64 eV) imply the capacity to accept electrons from the metal surface, the corresponding HOMO energies (−5.98 eV, −5.92 eV, and −5.90 eV) indicate electron-donating ability. TZT_2 has the largest energy gap (5.27 eV) and is the most electronegative, probably making it the least reactive and therefore the weakest inhibitor among the three, while TZT_1 sits in between. Based on these quantum descriptors, the predicted inhibition efficiency order will be $TZT_3 > TZT_1 > TZT_2$, consistent with the smaller energy gap and higher reactivity of TZT_3. These findings suggest that the selected 1,2,4-triazole-3-thiol derivatives possess favorable electronic characteristics for corrosion inhibition, with TZT_3 showing the most favorable energy-gap characteristics among the three compounds.

3.5.2 Global Hardness (η) and Global Softness (s)

The calculated global hardness (η) values are (TZT_1) 2.46eV, (TZT_2) 2.635eV, and (TZT_3) 2.13eV respectively, while the corresponding global softness (s) values are (TZT_1) 0.20eV^{-1}, (TZT_2) 0.19eV^{-1}, and (TZT_3) 0.24eV^{-1} respectively. Global softness describes a molecule's capacity to exchange electrons with the metal surface, while global hardness quantifies a molecule's resistance to electron transfer. The examined 1,2,4-triazole-3-thiol derivatives have good electron transfer ability and favorable adsorption characteristics, which enhance the formation of a protective layer on the metal surface and improve their corrosion inhibition performance, according to the comparatively low hardness and noticeable softness values obtained. Based on the global hardness and softness, the predicted order of reactivity is $TZT_3 > TZT_1 > TZT_2$, with TZT_3 showing the highest softness and lowest hardness, indicating a greater tendency for electron transfer.

3.5.3 Electronegativity (χ)

The calculated electronegativity (χ) values for the investigated compounds are (TZT_1) 3.52eV, (TZT_2) 3.285eV, and (TZT_3) 3.77eV, respectively. A quantum chemical property called electronegativity characterizes a molecule's propensity to draw electrons during chemical interactions. It affects how a molecule interacts with the metal surface and is crucial in influencing the distribution of electrons within a molecule. The results show that the 1,2,4-triazole-3-thiol derivatives have an appropriate electron-attracting capacity that promotes electron exchange with the metal surface. This improves the examined compounds' ability to stop corrosion by increasing adsorption and encouraging the development of a persistent protective layer. TZT_3 exhibited the highest electronegativity (3.52eV), while TZT_2 recorded the lowest value (3.285eV). Therefore, the electronegativity order is $TZT_3 > TZT_1 > TZT_2$. The higher the electronegativity of TZT_3 indicates a greater tendency to attract electrons during interaction with the metal surface.

Table 6: Chemical Quantum Calculation

MOLECULES	HOMO(eV)	LUMO(eV)	ΔE(eV)	η(eV)	S(eV^{-1})	X(eV)
TZT_1	-5.98	-1.06	4.92	2.46	0.20	3.52
TZT_2	-5.92	-0.65	5.27	2.635	0.19	3.285
TZT_3	-5.90	-1.64	4.26	2.13	0.24	3.77

3.6 Electronic Parameters of the Molecules

3.6.1 Molecular Weight of the Molecule

TZT_1, TZT_2, and TZT_3 have computed molecular weights of 192.246 amu, 208.245 amu, and 218.284 amu, respectively. The various substituents affixed to the 1,2,4-triazole-3-thiol framework are primarily responsible for the difference in molecular weight. Differences in the molecular surface available for contact with the metal surface are introduced by the growing molecular size. Additionally, the aromatic substituent groups and heteroatoms of sulfur and nitrogen offer possible adsorption interaction sites. As a result, the molecular weight values show the structural variations among the derivatives under investigation and could be a factor in their capacity to create an adsorbed protective layer on the metal surface. The molecular weight follows the order $TZT_3 > TZT_2 > TZT_1$, with TZT_3 having the highest molecular weight due to the larger molecular framework associated with its styryl substituent.

3.6.2 Dipole Moment of the Molecule

TZT_1, TZT_2, and TZT_3 have computed dipole moment values of 4.86, 5.31, and 5.54 debye, respectively. The arrangement of atoms and electronegative heteroatoms like N, S, and O that are present in the derivatives under investigation have an impact on the dipole moment, which represents the polarity and distribution of charge within a molecule. Increased molecular polarity and charge separation, which can improve the interaction between the inhibitor molecules and the metal surface, are indicated by the dipole moment gradually increasing from TZT_1 to TZT_3. Additionally, the higher values imply that the molecules are better able to engage in electrostatic interactions during adsorption. The adsorption tendency may consequently rise in the order $TZT_1 < TZT_2 < TZT_3$ based only on the dipole moment values; however, when evaluating the overall inhibitory performance, the dipole moment should be taken into account along with other quantum chemical factors and Monte Carlo adsorption data.

3.6.3 Ionization Potential of the Molecule (IP)

The ionization potential (IP) is the amount of energy required to remove an electron from an inhibitor molecule and indicates its ability to donate electrons. A lower ionization potential suggests that an electron can be withdrawn more quickly, promoting electron donation to the metal surface and inhibitor adsorption. It is obtained from the negative of the HOMO energy ($I = -E_{HOMO}$). Compounds TZT_1, TZT_2, and TZT_3 have estimated HOMO values of −5.98eV, −5.92eV, and −5.90eV, resulting in ionization potentials of 5.98eV, 5.92eV, and 5.90eV correspondingly.

The three results are reasonably close, indicating that the compounds have similar molecular frameworks. Compound TZT_3, with the lowest ionization potential (5.90eV), exhibits the strongest electron-donating tendency and the easiest bonding with unoccupied metal d-orbitals. Compound TZT_1, which has the greatest value (5.98eV), is relatively weaker in this regard, whereas Compound TZT_2 (5.92eV) falls between the two.

This pattern ($TZT_3 < TZT_2 < TZT_1$) is consistent with the earlier HOMO-LUMO gap studies, where Compound TZT_3 had the highest reactivity. Overall, Compound TZT_3 is projected to have the highest electron donation and, hence, the most efficient adsorption and corrosion inhibition among the three derivatives.

3.6.4 Electronic Affinity Analysis (EA)

Electron affinity (EA) is a quantum chemical characteristic that represents a molecule's ability to take electrons. It is calculated as the negative of the LUMO energy ($EA = -E_{LUMO}$). A higher electron affinity increases an inhibitor molecule's ability to receive electrons, facilitating back-donation from the metal surface and intensifying the adsorption process.

The computed electron affinity (EA) values for compounds TZT_1, TZT_2, and TZT_3 are 1.06eV, 0.65eV, and 1.64eV, respectively. Compound TZT_3 has the largest electron affinity, meaning that it has the greatest inclination to accept electron density back from the metal surface, which

is compatible with its low HOMO-LUMO gap and ionization potential, as previously reported. Compound TZT_1 has an intermediate value, but Compound TZT_2 has the lowest electron affinity and a comparably lower electron-accepting tendency.

These values show that the examined 1,2,4-triazole-3-thiol derivatives have a reasonable ability to take electrons from the metal surface because of their conjugated π-electron system and electron-rich heteroatoms (N, S, and O). This electron-accepting capacity enhances molecule–metal contact and promotes the creation of a stable, protective adsorbed coating, complementing the electron-donating activity previously outlined. Compound TZT_3 is the derivative with the best overall electronic profile for corrosion inhibition out of the three, as seen by the trend ($TZT_3 > TZT_1 > TZT_2$).

3.6.5 Global Electrophilicity Index (ω)

The calculated global electrophilicity indices (ω) for TZT_1, TZT_2, and TZT_3 are 2.52eV, 2.05eV, and 3.34eV, respectively. The global electrophilicity index describes the tendency of a molecule to accept electron density (electrophile) and is influenced by its electronegativity and chemical hardness. Among the three derivatives, TZT_2 has the lowest electrophilicity and, thus, the least propensity to receive electron density, with a value of 2.05eV. TZT_1 exhibits an intermediate value, whereas TZT_3 has the highest value of 3.34eV. Overall, the values span a range of 1.29eV, following the order $TZT_2 > TZT_1 > TZT_3$, indicating the strongest electron-accepting tendency in TZT_3, which may be more likely to engage in electron-accepting interactions with electron-rich areas of the metal surface due to its comparatively high electrophilicity. However, electrophilicity should be understood in conjunction with other quantum chemical characteristics and adsorption data, as it alone does not define the total inhibitory efficiency.

3.6.6 Nucleophilicity Index (ε)

A molecule's propensity to give electron density to an electron-deficient species, like empty d-orbitals on a metal surface, is measured by the nucleophilicity index (ε) (nucleophile). A higher ε value denotes a stronger nucleophilic nature and a better ability to donate electrons during adsorption because it is commonly represented as the inverse of the electrophilicity index (Domingo et al., 2013). Compounds TZT_1, TZT_2, and TZT_3 had nucleophilicity indices of 0.40, 0.49, and 0.30, respectively. The compound with the highest nucleophilicity, TZT_2, has the strongest propensity to contribute electron density to the metal surface and serve as an efficient source of electrons during adsorption. Compound TZT_3 exhibits the weakest nucleophilic character among the three derivatives, with the lowest nucleophilicity index, whereas Compound TZT_1 displays an intermediate value. Compound TZT_3 was found to be the strongest electrophile and Compound TZT_2 to be relatively weaker. This trend ($TZT_3 > TZT_1 > TZT_2$) is in line with the previous electrophilicity results, supporting the anticipated inverse relationship between the two indices. Overall, these findings point to complementary electronic roles among the three derivatives and support the earlier HOMO–LUMO and electron affinity findings on their electron-donating and accepting tendencies. Compound TZT_2 is more likely to donate electron density from the metal surface, whereas Compound TZT_3 is more likely to accept it.

3.6.7 Fraction of Electron Transfer (ΔN)

The number of electrons that the inhibitor donates to the metal surface is measured by the fraction of electron transfer (ΔN), which is computed from the electronegativity and hardness obtained from the HOMO and LUMO energies. According to Lukovits' hypothesis, values below 3.6 suggest a favorable inclination to donate electrons and adsorb onto the surface, whereas a positive ΔN implies electron flow to the metal.

Compounds TZT_1, TZT_2, and TZT_3 have computed ΔN values of 0.707, 0.705, and 0.758, respectively. The favorable electron-donating tendency for all three derivatives is confirmed by the fact that all three values are positive and far below the 3.6 threshold. The values span a narrow range of 0.053, following the order $TZT_3 > TZT_1 > TZT_2$. Compound TZT_3 has the

highest ΔN, suggesting the greatest tendency to transfer electrons, whereas Compounds TZT_1 and TZT_2 exhibit extremely near values, showing a similar donating capacity.
This is consistent with Compound TZT_3's lower HOMO–LUMO gap and higher reactivity reported earlier, further supporting it as the derivative with the most favorable electron-donating characteristics and, likely, the strongest metal-surface interaction among the three.

3.6.8 Energy of Back Donation (ΔEb-d)

The energetic favorability of electron flow from the metal back to the inhibitor molecule after the first donor-acceptor interaction is described by the energy of back-donation ($\Delta E_{b\text{-}d} = -\eta/4$, where η is the chemical hardness). The overall adsorption of the inhibitor onto the metal surface is strengthened by a greater negative value, which denotes a more energetically advantageous and stabilizing back-donation process.
Compounds TZT_1, TZT_2, and TZT_3 have computed back-donation energies of −0.615eV, −0.66eV, and −0.53eV, respectively. The most energetically advantageous back-donation and the strongest stabilizing interaction with the metal surface are indicated by compound TZT_2, which exhibits the most negative value. Compound TZT_3 has the least negative value, indicating a relatively weaker but still advantageous back-donation mechanism, whereas Compound TZT_1 has an intermediate value, indicating a good and stabilizing contact.
Although Compound TZT_3 showed the strongest electron-donating tendency in the ΔN analysis, Compound TZT_2 benefits from a more favorable back-donation stage, according to this trend ($TZT_2 > TZT_1 > TZT_3$ in stabilization strength). This indicates that the overall adsorption strength of an inhibitor depends on both the forward electron-donation and the back-donation stages of the metal–inhibitor interaction, rather than just one process.

Table 7: Electronic Properties

S/N	Electronic properties	TZT_1	TZT_2	TZT_3
1	Dipole Moment	4.86debye	5.31debye	5.54debye
2	Molecular Weight	192.246amu	208.245amu	218.284amu
3	Ionization Potential (I)	5.98eV	5.92eV	5.90eV
4	Electronic Affinity (A)	1.06eV	0.65eV	1.64eV
5	Electrophilicity	2.52eV	2.05eV	3.34eV
6	Energy of back-donation	-0.615eV	-0.66eV	-0.53eV
7	Fraction of electron transfer	0.707eV	0.705eV	0.758eV
8	Nucleophilicity	0.40eV	0.49eV	0.30eV

3.7 Fukui Indices and Mulliken Charge Distribution

To determine which particular atomic positions in Compounds TZT_1, TZT_2, and TZT_3 are most candidate to nucleophilic and electrophilic attack, the Fukui function analysis was performed. Using the conventional equations, the condensed Fukui indices were computed using the Mulliken atomic charges of each molecule's neutral, cationic (N−1), and anionic (N+1) species, as shown in Tables 8, 9, and 10.
As seen in Table 8, the ring heteroatoms are consistently distinct from the remaining structure. Nitrogen (N_0, N_1, N_3) and sulfur (S_5) atoms have the highest Fk^+ and Fk^- values compared to ring and substituent carbons, which are often smaller and closer to zero. This demonstrates that reactivity in these molecules is focused at the heteroatom centers of the triazole-thiol core rather than being spread equally across the carbon skeleton. The hydrogen atoms (H1-H8) have the minimum Fk^+, Fk^-, and ΔFk values in Table 8, indicating their peripheral, non-reactive position in the molecule.
The primary electron-donating (electrophilic-attack-favoring) site available for coordination with the metal surface within the heteroatom set is sulfur, which exhibits a significantly large Fk^- value in relation to the surrounding atoms. In contrast, the ring nitrogens exhibit similarly

large values for both Fk^+ and Fk^-, indicating that they can participate in the adsorption process as both electron donors and, to a lesser extent, as sites influenced by electron uptake.

Specifically, in TZT_1 (Table 8), the ΔFk values at the heteroatom centers are $N_0 = 0.015$, $N_1 = 0.081$, $N_3 = -0.005$, $S_5 = 0.117$, and $N_{12} = -0.014$. In TZT_2 (Table 9), the corresponding values are $N_0 = 0.033$, $N_1 = 0.102$, $N_3 = -0.024$, $S_5 = 0.107$, and $N_{13} = -0.021$, while in TZT_3 (Table 10), they are $N_0 = 0.020$, $N_1 = 0.058$, $N_3 = -0.024$, $S_5 = 0.115$, and $N_{14} = -0.012$. Across all three derivatives, S_5 and N_1 consistently record the largest positive ΔFk values, confirming sulfur and the adjacent ring nitrogen as the atoms most favorably disposed toward electrophilic attack, while N_3 registers a small negative value in each compound, marking it as the site least favorable for electrophilic character. For the majority of the remaining atoms, the ΔFk values are small, indicating that the dual descriptor does not significantly favor one type of reactivity over the other.

This image is supported by the Mulliken atomic charge columns (anion, neutral, and cation states) in the table 8,9 and 10. In the neutral state, the nitrogen and sulfur atoms in Compounds TZT_1, TZT_2, and TZT_3 consistently have the highest negative charges, whilst the hydrogen atoms have the lowest positive charges. In line with the red/orange electron-rich zones found earlier in the MEP maps and the HOMO distribution, which both indicated the nitrogen and sulfur centers as the primary electron-donating sites, this concentration of negative charge on the heteroatoms validates them as areas of high electron density.

When combined, the Fukui and Mulliken charge results in the table 8,9 and 10 support the previous MEP and frontier orbital findings: the ring nitrogen and sulfur atoms are the main reactive centers in all three derivatives, driving both electron donation to the metal surface and back-acceptance of electron density. As a result, they are the atoms most directly responsible for the chemisorptive interaction that underlies the corrosion inhibition behavior of Compounds TZT_1, TZT_2, and TZT_3.

Table 8: Selected calculated Fukui functions and Mulliken atomic charges of TZT_1

Atoms	$_qk(N+1)$	Qk	$_qk(N-1)$	Fk^+	Fk^-	ΔFk
N_0	-0.435	-0.363	-0.276	-0.072	-0.087	**0.015**
N_1	-0.334	-0.315	-0.215	-0.019	-0.100	**0.081**
C_2	+0.238	+0.293	+0.308	-0.055	-0.015	-0.04
N_3	-0.402	-0.407	-0.417	0.005	0.010	**-0.005**
C_4	+0.317	+0.425	+0.500	-0.108	-0.075	-0.033
S_5	-0.096	+0.016	+0.245	-0.112	-0.229	**0.117**
C_6	+0.110	+0.134	+0.134	-0.024	0	-0.024
C_7	-0.227	-0.186	-0.154	-0.041	-0.032	-0.009
C_8	-0.135	-0.134	-0.123	-0.001	-0.011	0.010
C_9	-0.176	-0.123	-0.090	-0.053	-0.033	-0.020
C_{10}	-0.140	-0.136	-0.124	-0.004	-0.012	0.008

C_{11}	-0.190	-0.156	-0.132	-0.034	-0.024	-0.010
N_{12}	-0.577	-0.560	-0.557	-0.017	-0.003	**-0.014**
H_1	+0.089	+0.130	+0.178	-0.041	-0.048	0.007
H_2	+0.073	+0.104	+0.139	-0.031	-0.035	0.004
H_3	+0.063	+0.136	+0.196	-0.073	-0.060	-0.013
H_4	+0.055	+0.138	+0.205	-0.083	-0.067	-0.016
H_5	+0.066	+0.141	+0.201	-0.075	-0.060	-0.015
H_6	+0.111	+0.172	+0.227	-0.061	-0.055	-0.006
H_7	+0.280	+0.345	+0.378	-0.065	-0.033	**-0.032**
H_8	+0.309	+0.347	+0.378	-0.038	-0.031	-0.007

Table 9: Selected calculated Fukui functions and Mulliken atomic charges of TZT_2

Atoms	**$_qk(N+1)$**	**Qk**	**$_qk(N-1)$**	**Fk^+**	**Fk^-**	**ΔFk**
N_0	-0.419	-0.360	-0.268	-0.059	-0.092	**0.033**
N_1	-0.304	-0.316	-0.226	-0.012	-0.090	**0.102**
C_2	+0.212	+0.266	+0.287	-0.054	-0.021	-0.033
N_3	-0.389	-0.381	-0.397	-0.008	0.016	**-0.024**
C_4	+0.354	+0.438	+0.488	-0.084	-0.050	-0.034
S_5	-0.116	-0.031	+0.161	-0.085	-0.192	**0.107**
C_6	+0.076	+0.097	+0.104	-0.021	-0.007	-0.014
C_7	+0.250	+0.329	+0.367	-0.079	-0.038	-0.041
C_8	-0.209	-0.196	-0.180	-0.013	-0.016	0.003
C_9	-0.182	-0.126	-0.100	-0.056	-0.026	-0.030
C_{10}	-0.134	-0.141	-0.125	0.007	-0.016	0.023
C_{11}	-0.213	-0.162	-0.142	-0.051	-0.020	-0.031
C_{12}	-0.675	-0.660	-0.604	-0.015	-0.056	0.041
N_{13}	-0.582	-0.555	-0.549	-0.027	-0.006	**-0.021**

H_1	+0.046	+0.148	+0.191	-0.102	-0.043	-0.059
H_2	+0.052	+0.121	+0.183	-0.069	-0.062	-0.007
H_3	+0.059	+0.136	+0.204	-0.077	-0.068	-0.009
H_4	+0.067	+0.135	+0.200	-0.068	-0.065	-0.003
H_5	+0.119	+0.159	+0.215	-0.040	-0.056	0.016
H_6	+0.385	+0.412	+0.448	-0.027	-0.036	0.009
H_7	+0.270	+0.345	+0.371	-0.075	-0.026	-0.049
H_8	+0.332	+0.342	+0.370	-0.010	-0.028	0.018

Table 10: Selected calculated Fukui functions and Mulliken atomic charges of TZT_3

Atoms	**$_qk(N+1)$**	**Qk**	**$_qk(N-1)$**	**Fk^+**	**Fk^-**	**ΔFk**
N_0	-0.435	-0.353	-0.251	-0.082	-0.102	**0.020**
N_1	-0.354	-0.318	-0.224	-0.036	-0.094	**0.058**
C_2	+0.273	+0.289	+0.306	-0.016	-0.017	0.001
N_3	-0.401	-0.391	-0.405	-0.010	+0.014	**-0.024**
C_4	+0.463	+0.451	+0.496	0.012	-0.045	0.057
S_5	-0.065	+0.017	+0.214	-0.082	-0.197	**0.115**
C_6	-0.237	-0.158	-0.141	-0.079	-0.017	-0.062
C_7	-0.262	-0.183	-0.157	-0.079	-0.026	-0.053
C_8	+0.185	+0.126	+0.157	0.059	-0.031	0.090
C_9	-0.277	-0.218	-0.234	-0.059	+0.016	-0.075
C_{10}	-0.122	-0.126	-0.117	0.004	-0.009	0.013
C_{11}	-0.172	-0.127	-0.103	-0.045	-0.024	-0.021
C_{12}	-0.133	-0.130	-0.123	-0.003	-0.007	0.004
C_{13}	-0.205	-0.181	-0.156	-0.024	-0.025	0.001
N_{14}	-0.584	-0.568	-0.564	-0.016	-0.004	**-0.012**
H_1	+0.098	+0.128	+0.173	-0.030	-0.045	0.015
H_2	+0.088	+0.170	+0.235	-0.082	-0.065	-0.017
H_3	+0.063	+0.148	+0.211	-0.085	-0.063	**-0.022**

H_4	+0.129	+0.165	+0.180	-0.036	-0.015	**-0.021**
H_5	+0.084	+0.147	+0.191	-0.063	-0.044	-0.019
H_6	+0.066	+0.141	+0.197	-0.075	-0.056	-0.019
H_7	+0.070	+0.141	+0.194	-0.071	-0.053	-0.018
H_8	+0.073	+0.136	+0.186	-0.063	-0.050	-0.013
H_9	+0.345	+0.353	+0.367	-0.008	-0.014	0.006
H_{10}	+0.312	+0.339	+0.368	-0.027	-0.029	0.002

3.8 Monte Carlo Simulation

The Monte Carlo simulation was employed to investigate the adsorption behavior of TZT_1, TZT_2 and TZT_3 on the Fe(110) surface. The computed adsorption energies and other energetic parameters are presented in Table 11 and figure 5 below. Where ETot represents the total energy of the inhibitor–Fe(110) system, EAds represents the adsorption energy, ERigid Ads represents the rigid adsorption energy, and EDef represents the deformation energy of the inhibitor molecule. These parameters were used to assess the energetic stability and adsorption behaviour of TZT_1, TZT_2, and TZT_3 on the Fe(110) surface. The adsorption energies obtained were −3915.401, −3913.170 and −3921.473 kcal/mol for TZT_1, TZT_2 and TZT_3, respectively. The negative adsorption energies obtained for all three compounds indicate that their adsorption onto the Fe(110) surface is energetically favorable. More negative adsorption energy indicates a stronger and more stable interaction between the inhibitor molecule and the metal surface.

Among the three compounds, TZT_3 exhibited the most negative adsorption energy (−3921.473 kcal/mol), suggesting the strongest interaction with the Fe(110) surface, followed by TZT_1 and TZT_2. This result agrees with the DFT calculations, where TZT_3 recorded the lowest HOMO–LUMO energy gap (4.26 eV), highest softness (0.24 eV^{-1}), highest dipole moment (5.54 D), and highest fraction of electron transfer (0.758). These properties indicate greater electronic reactivity and ability to participate in charge transfer during adsorption.

The presence of nitrogen and sulfur heteroatoms and the conjugated π-electron system in the 1,2,4-triazole-3-thiol derivatives provides electron-rich sites that can interact with the Fe(110) surface. The agreement between the DFT descriptors and Monte Carlo adsorption energies supports the role of electronic structure in determining inhibitor–metal interactions. Similar agreement between DFT electronic properties and Monte Carlo adsorption behavior has been reported for heterocyclic corrosion inhibitors on Fe(110) surfaces by [20] and [3].

Overall, the combined DFT and Monte Carlo results show that TZT_3 has the best electrical and surface and a greater potential for corrosion inhibition.

Based on the Monte Carlo adsorption data, these compounds show chemisorption-dominated adsorption on the Fe(110) surface. The result showed E_{ads} for all the three compounds to be strongly negative (in the range -3913 to -3921 kcal/mol), far exceeding the typical energy range for pure physisorption (5-40 kcal/mol, governed by van der electrostatic force).

Such large negative adsorption energy indicated strong, spontaneous, energetically favorable binding consistent with coordinate (donor-acceptor bonding between the inhibitors heteroatoms lone pairs (N, S in the triazole rings) and the d-orbitals of surface Fe atoms.

The fact that E_{Rigid} is also large and negative alongside a small negative E_{Def} confirmed the molecules maximize orbital overlap with metals combination of chemisorption.

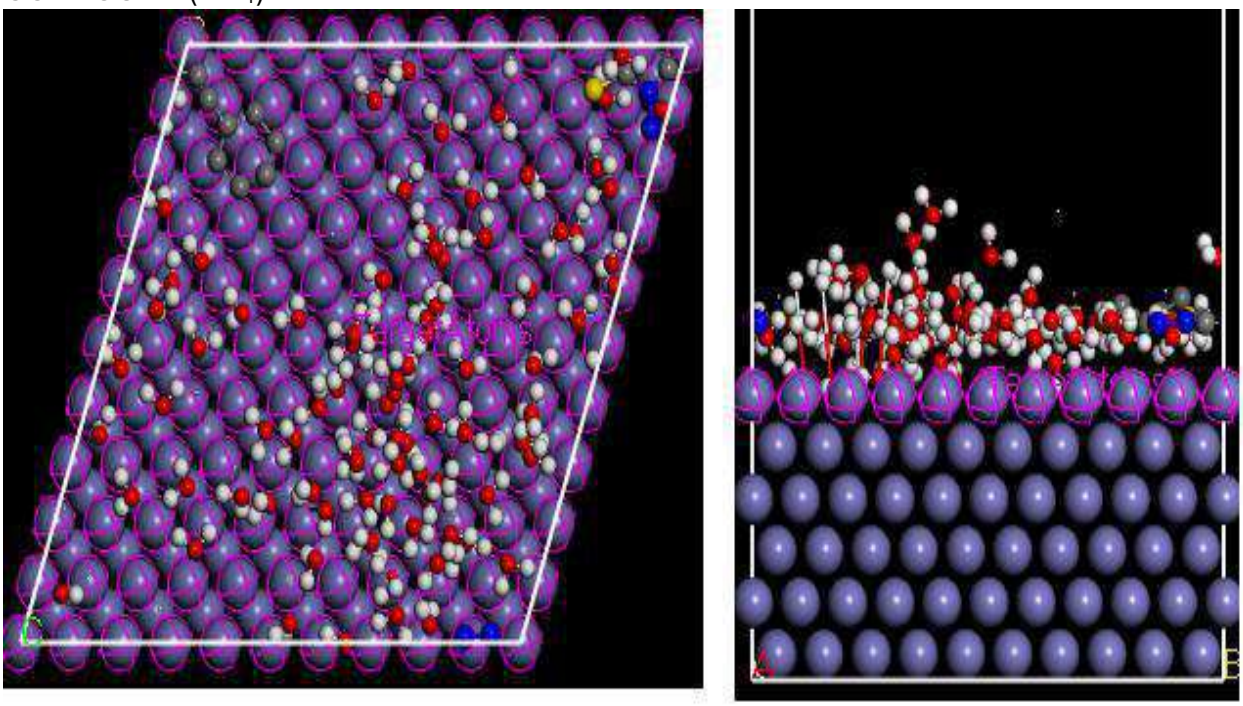
However, since planar aromatic heterocyclic inhibitors like these typically also interact through π-electron delocalization and electrostatic attraction with the charged metal surface, the adsorption is usually described as mixed physisorption-chemisorption mechanism with

chemisorption being the dominant contribution ranking by adsorption strength (more negative E_{ads} = stronger binding) TZT_3 (-3921.473) > TZT_1 (-3915.401) > TZT_2 (-3913.170).
This ranking matches the HOMO-LUMO/reactivity trend from Table 6-TZT_3 (smallest energy gap, highest softness) also shows the strongest adsorption.

Table 11. Monte Carlo Simulation Results for Fe(110)-inhibitor systems.

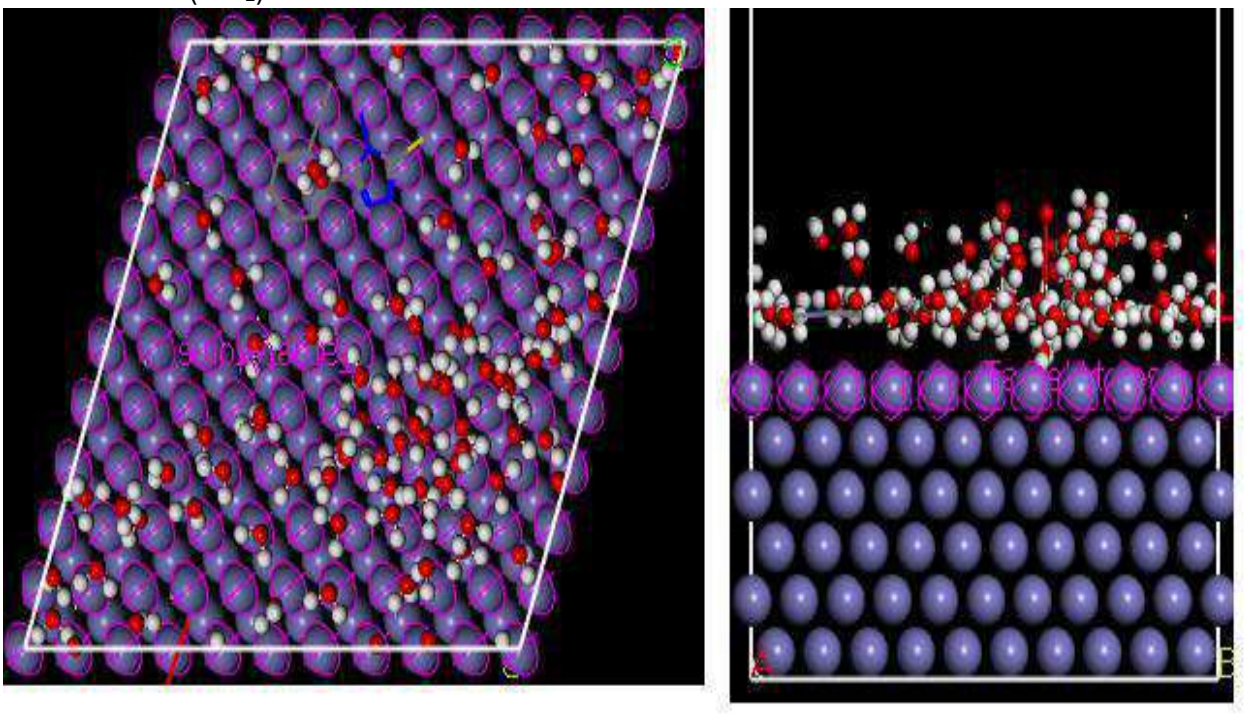
System	E_{Tot} (kcal/mol)	E_{Ads} (kcal/mol)	E_{Rigid} (kcal/mol)	E_{Def} (kcal/mol)
Fe(110)-inh TZT_1	-2142.607	-3915.401	-2183.250	-1732.151
Fe(110)-inh TZT_2	-2153.524	-3913.170	-2178.175	-1734.995
Fe(110)-inh TZT_3	-2169.616	-3921.473	-2189.581	-1731.892

COMPOUND (TZT_1)



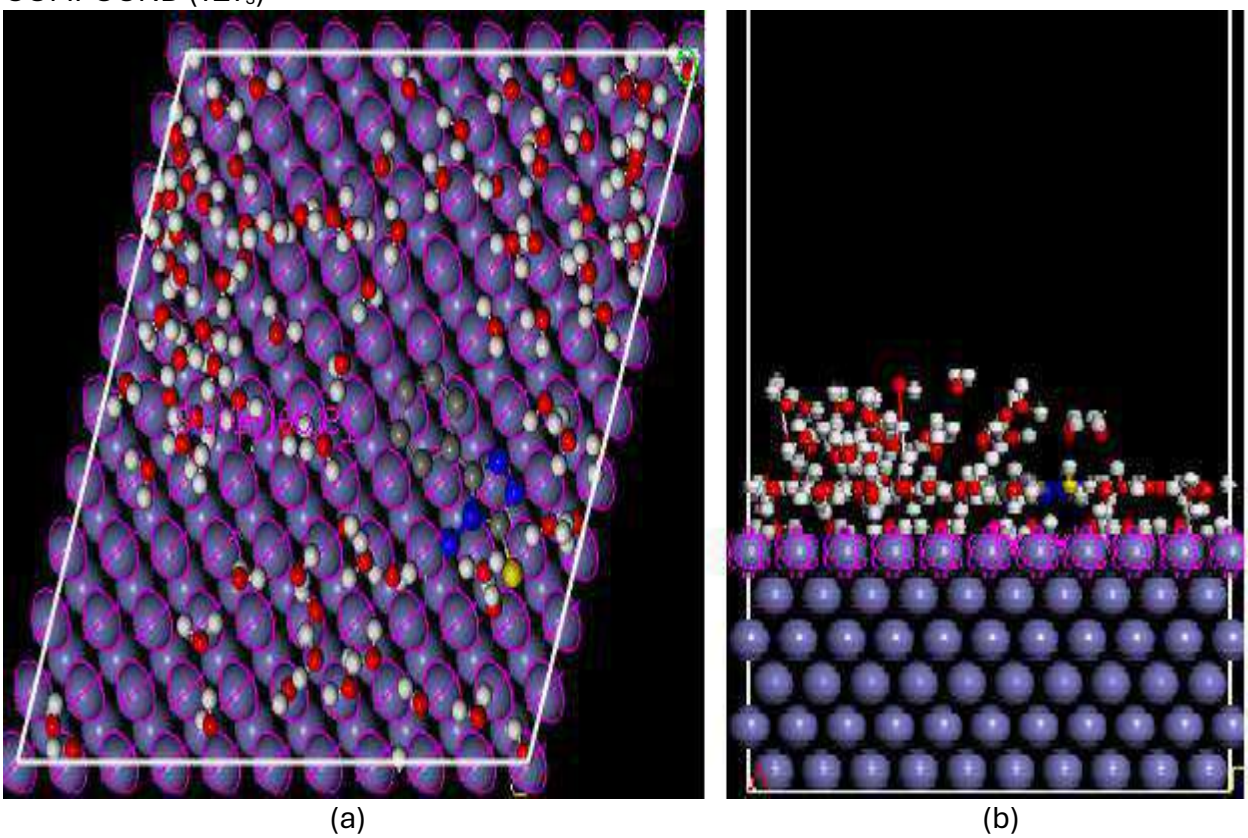
(a) (b)

COMPOUND (TZT_2)



(a) (b)

COMPOUND (TZT_3)



(a) (b)

Figure 5: Simulation on adsorption of compound TZT_1, TZT_2 and TZT_3 using Monte Carlo on Iron Fe(110) surface (a) side view (b) top view.

4.0 Conclusion

Using Density Functional Theory (DFT) and Monte Carlo (MC) simulation, this study evaluated the structural, electronic, and adsorption characteristics of TZT_1, TZT_2, and TZT_3 as potential corrosion inhibitors for Fe(110). The DFT results showed that all three compounds possess favorable electronic properties for interaction with the metal surface. TZT_3 exhibited the highest softness (0.24 eV^{-1}), lowest hardness (2.13 eV), and smallest energy gap (4.26 eV), indicating greater reactivity and electron-transfer ability. It also recorded the highest electron affinity (1.64 eV), electrophilicity (3.34 eV), fraction of electron transfer (0.758), and dipole moment (5.54 D). Fukui function and Mulliken charge analyses identified nitrogen- and sulfur-containing regions as important reactive sites for inhibitor–metal interaction. The MC simulation revealed favorable adsorption for all three derivatives, with TZT_3 showing the most negative adsorption energy (−3921.473 kcal/mol), indicating the strongest predicted adsorption on Fe(110). The favorable adsorption energy, stable configuration, electron-transfer capability, and reactive heteroatom sites collectively support strong inhibitor–metal interactions consistent with chemisorption through inhibitor–iron bonding at active sites. Overall, TZT_3 demonstrated the best corrosion-inhibition potential among the studied derivatives and is recommended for further experimental validation of its chemisorption behavior and effectiveness under different corrosive conditions.

5.0 References

1. Abeng, F. E., Nyong, B. E., Ikpi, M. E., & Obeten, M. E. (2022). The role of computational chemistry in corrosion inhibition: A review. *Portugaliae Electrochimica Acta, 40(4),* 243–258. https://doi.org/10.4152/pea.2022400402

2. Al-Ahmed, Z. A. M., Kamel, M. M., Mahmoud, M. A. A., Ali, S. A. M., Ibrahim, A. Z., & Alshehri, B. M. (2025). 4-amino-5-(trifluoromethyl)-4H-1,2,4-triazole-3-thiol as an effective corrosion inhibitor for low carbon steel in HCl environment: *Experimental and theoretical studies. BMC Chemistry, 19, 205*. https://doi.org/10.1186/s13065-025-01553-8

3. Azeez, Y. H., Kareem, R. O., Ahmed, L. O., Omer, R. A., Othman, K. A., & Safin, D. A. (2024). Combined DFT and Monte Carlo simulation studies of potential corrosion inhibition properties of heterocyclic derivatives with an extended π-system. *Computational and Theoretical Chemistry, 1240*, 114803. https://doi.org/10.1016/j.comptc.2024.114803

4. Awad, M. K., Mustafa, M. R., & Abo Elnga, M. M. A. (2010). Computational simulation of the molecular structure of some triazoles as inhibitors for the corrosion of metal surface. Journal of Molecular Structure: *THEOCHEM, 959*, 66–74. https://doi.org/10.1016/j.theochem.2010.08.008

5. Ashraf, A., Riaz, N., Muzaffar, S., Atif, M., & Bashir, B. (2024). Investigating the potential of 1,2,4-triazoles as corrosion inhibitors for copper and steel: A comprehensive review. *Next Research, 1(2)*, 100033. https://doi.org/10.1016/j.nexres.2024.100033

6. Belal, K., El-Askalany, A. H., Ghaith, E. A., & Molouk, A. F. S. (2023). Novel synthesized triazole derivatives as effective corrosion inhibitors for carbon steel in 1M HCl solution: Experimental and computational studies. *Scientific Reports, 13,* 22180. https://doi.org/10.1038/s41598-023-49468-5

7. Bentiss, F., Traisnel, M., & Lagrenée, M. (2000). Inhibition of acidic corrosion of mild steel by 3,5-diphenyl-4H-1,2,4-triazole. *Applied Surface Science, 161*, 194–202. https://doi.org/10.1016/S0169-4332(00)00287-7

8. Caldona, E. B., Zhang, M., Liang, G., Hollis, T. K., Webster, C. E., Smith, D. W., Jr., & Wipf, D. O. (2021). Corrosion inhibition of mild steel in acidic medium by simple azole-based aromatic compounds. *Journal of Electroanalytical Chemistry, 880*, 114858. https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2020.114858

9. Castillo-Robles, J. M., de Freitas Martins, E., Ordejón, P., & Cole, I. (2024). Molecular modeling applied to corrosion inhibition: A critical review. *npj Materials Degradation, 8, 72*. https://doi.org/10.1038/s41529-024-00478-2

10. Chetouani, A., Hammouti, B., Benhadda, T., & Daoudi, M. (2005). Inhibitive action of bipyrazolic type organic compounds towards corrosion of pure iron in acidic media. *Applied Surface Science, 249*, 375–385. https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2004.12.034

11. El Aoufir, Y., Zehra, S., Lgaz, H., Chaouiki, A., Serrar, H., Kaya, S., Salghi, R., AbdelRaheem, S. K., Boukhris, S., Guenbour, A., & Chung, I.-M. (2020). Evaluation of inhibitive and adsorption behavior of thiazole-4-carboxylates on mild steel corrosion in HCl. Colloids and Surfaces A: *Physicochemical and Engineering Aspects, 606*, 125351. https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.125351

12. El-Naggar, M. M. (2007). Corrosion inhibition of mild steel in acidic medium by some sulfa drugs compounds. *Corrosion Science, 49(5*), 2226–2236. https://doi.org/10.1016/j.corsci.2006.10.039

13. Gece, G. (2008). The use of quantum chemical methods in corrosion inhibitor studies. *Corrosion Science, 50(11)*, 2981–2992. https://doi.org/10.1016/j.corsci.2008.08.043

14. Golestani, G., Shahidi, M., & Ghazanfari, D. (2014). Electrochemical evaluation of antibacterial drugs as environment-friendly inhibitors for corrosion of carbon steel in HCl solution. *Applied Surface Science, 308*, 347–362. https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2014.04.172

15. Hadisaputra, S., Purwoko, A. A., & Hakim, A. (2022). Corrosion inhibition properties of phenyl phthalimide derivatives against carbon steel in the acidic medium: DFT, MP2, and Monte Carlo simulation studies. *ACS Omega, 7(37),* 33054–33066. https://doi.org/10.1021/acsomega.2c03091

16. Hrimla, M., Bahsis, L., Laamari, M. R., Julve, M., & Stiriba, S.-E. (2022). An overview on the performance of 1,2,3-triazole derivatives as corrosion inhibitors for metal surfaces. *International Journal of Molecular Sciences, 23(1),* 16. https://doi.org/10.3390/ijms23010016

17. Ikeuba, A. I., Ita, B. I., Okonkwo, C. P., Ekuri, P. E., Edet, H. O., Amajama, J., & Iwuji, P. C. (2024). Review of computational methods used in the evaluation corrosion inhibition of metallic materials. *Discover Chemical Engineering, 4, 28*. https://doi.org/10.1007/s43938-024-00065-6

18. Jensen, F. (2017). Introduction to computational chemistry (3rd ed.). Wiley.

19. Ju, H., Zhu, D., Liu, S., & Li, H. (2023). The quantum chemical investigation on the structure-activity relationship of a Schiff base corrosion inhibitor. *Materials Science (Medžiagotyra), 29(4).* https://doi.org/10.5755/j02.ms.33818

20. Kareem, R. O., Omer, R. A., Azeez, Y. H., Ahmed, L. O., & Hamad, O. A. (2024). A study on the properties of chloroquine and hydroxychloroquine derivatives as biomass corrosion inhibitors. *Computational and Theoretical Chemistry, 1241*, 114938. https://doi.org/10.1016/j.comptc.2024.114938

21. Koch, G., Thompson, N., Moghissi, O., Gould, M., & Payer, J. (2016). International measures of prevention, application, and economics of corrosion technologies study. *NACE International.*

22. Kuznetsov, Y. I. (2020). Triazoles as a class of multifunctional corrosion inhibitors. Review. Part II. 1,2,3-Benzotriazole and its derivatives. Iron and steels. *International Journal of Corrosion and Scale Inhibition, 9(3),* 780–811. https://doi.org/10.17675/2305-6894-2020-9-3-1

23. Mamand, D. M., Kak Anwer, T. M., & Qadr, H. M. (2024). Corrosion inhibition performance of organic compounds and theoretical calculations based on density

functional theory (DFT). *Corrosion Reviews, 42(1),* 1–15. https://doi.org/10.1515/corrrev-2022-0112

24. Méndez, C., Duplat, S., Hernández, S., & Vera, J. (2001). On the mechanism of corrosion inhibition by crude oils. CORROSION 2001, Paper No. 01030, *NACE International*. https://doi.org/10.5006/C2001-01030

25. Mills, N. (2006). ChemDraw Ultra 10.0. *Journal of the American Chemical Society, 128(41),* 13649–13650. https://doi.org/10.1021/ja0697875

26. Nahlé, A., Salim, R., El Hajjaji, F., Aouad, M. R., Messali, M., Ech-chihbi, E., Hammouti, B., & Taleb, M. (2021). Novel triazole derivatives as ecological corrosion inhibitors for mild steel in 1.0 M HCl: *Experimental & theoretical approach. RSC Advances, 11,* 4147–4162. https://doi.org/10.1039/D0RA09679B

27. Obot, I. B., Macdonald, D. D., & Gasem, Z. M. (2015). Density functional theory (DFT) as a powerful tool for designing new organic corrosion inhibitors. Part 1: An overview. *Corrosion Science, 99*, 1–30. https://doi.org/10.1016/j.corsci.2015.01.037

28. Parr, R. G., & Yang, W. (1989). Density-functional theory of atoms and molecules. *Oxford University Press.*

29. Quraishi, M. A., & Sardar, R. (2003). Corrosion inhibition of mild steel in acid solutions by some aromatic oxadiazoles. *Materials Chemistry and Physics, 78(2),* 425–431. https://doi.org/10.1016/S0254-0584(02)00299-7

30. Revie, R. W., & Uhlig, H. H. (2008). Corrosion and corrosion control: *An introduction to corrosion science and engineering (4th ed.)*. Wiley.

31. Wang, H. L., Liu, R. B., & Xin, J. (2004). Inhibiting effects of some mercapto-triazole derivatives on the corrosion of mild steel in 1.0 M HCl medium. *Corrosion Science, 46*, 2455–2466.

32. Wang, L. (2006). Inhibition of mild steel corrosion in phosphoric acid solution by triazole derivatives. *Corrosion Science, 48,* 608–616.

33. Wavefunction, Inc. (2011). Spartan'10 tutorial and user's guide. *Wavefunction, Inc.*

34. Young, D. C. (2001). Computational chemistry: A practical guide for applying techniques to real world problems. *Wiley*.

MICRORNAs AS BIOMARKERS OF MASTITIS AND UDDER HEALTH IN DAIRY CATTLE: CURRENT EVIDENCE AND DIAGNOSTIC POTENTIAL

Dr. Ahmet AKÇAY
Mardin Artuklu University, Central Research Laboratory Application and Research Center

ABSTRACT
Mastitis is an inflammatory disease of the mammary gland with important consequences for milk yield and quality, animal welfare and the economic sustainability of dairy production. Early identification of subclinical mastitis can be particularly difficult because clinical signs are limited and conventional diagnostic methods may not always provide sufficient sensitivity at the earliest stages of disease. MicroRNAs (miRNAs) are small non-coding RNA molecules that regulate gene expression at the post-transcriptional level and their altered expression during infection, inflammation and immune responses has attracted attention in biomarker research. This narrative review summarizes current evidence regarding the potential use of miRNAs for evaluating mastitis and udder health in dairy cattle. Studies have reported differential expression of several miRNAs in milk, serum and milk-derived extracellular vesicles from healthy and mastitis cows. miR-21, miR-146a, miR-155, miR-222, miR-223 and several other candidate miRNAs have been associated with inflammatory pathways and mammary immune responses. Milk and milk-derived extracellular vesicles may be particularly useful matrices because they can reflect molecular changes occurring directly within the mammary gland. However, differences in sample collection, milk composition, somatic cell count, RNA isolation, normalization procedures and analytical platforms remain important sources of variability among studies. Current evidence therefore supports the biological relevance of miRNA profiles in bovine mastitis and udder health, but their routine diagnostic application still requires standardized methods and validation in larger, independent dairy cattle populations.
Keywords: microRNA, Mastitis, Dairy Cattle, Udder Health, Biomarker.

INTRODUCTION
Bovine mastitis is one of the most important inflammatory diseases affecting dairy cattle and continues to represent a major challenge for udder health, milk quality, animal welfare and the economic sustainability of dairy production. The disease is generally associated with intramammary infection and may occur in either clinical or subclinical form. Clinical mastitis can be recognized through visible changes in the udder, milk or general condition of the animal, whereas subclinical mastitis develops without obvious clinical signs and is therefore more difficult to detect during routine herd management. Despite the availability of established diagnostic approaches, early identification of subclinical inflammation remains an important objective in modern dairy production (Dall'Olio et al., 2026; Ramuada et al., 2024). Somatic cell count (SCC), the California Mastitis Test (CMT), bacteriological culture and related milk-quality measurements are widely used for the diagnosis and monitoring of mastitis. Among these, SCC remains one of the most commonly used indicators of intramammary inflammation. However, SCC may be influenced by factors other than infection, including lactation stage, physiological conditions and environmental factors, while bacteriological culture requires additional time and may not always identify infection at the earliest stage. These limitations have increased interest in molecular biomarkers that could complement conventional tests and provide information about inflammatory changes before severe clinical manifestations occur (Ramuada et al., 2024).

MicroRNAs (miRNAs) are short, endogenous non-coding RNA molecules that regulate gene expression primarily at the post-transcriptional level. Through their interaction with target messenger RNAs, miRNAs are involved in the regulation of numerous biological processes, including immunity, inflammation, cellular proliferation, apoptosis and tissue responses to infection. Alterations in miRNA expression have therefore been investigated in a wide range of inflammatory and infectious conditions. Their relative stability in biological fluids is particularly relevant for biomarker research because miRNAs can be detected in serum, plasma, milk and extracellular vesicles. In bovine mastitis, several inflammation-associated miRNAs have been reported to change in response to mammary inflammation, indicating that miRNA profiles may reflect both local and systemic responses to disease (Zong et al., 2022).

Milk is especially attractive as a sample matrix for mastitis-related miRNA studies because it can be collected non-invasively and originates directly from the affected mammary gland. One of the early studies evaluating inflammation-related miRNAs in bovine milk demonstrated increased expression of miR-21, miR-146a, miR-155, miR-222, and miR-383 in CMT-positive milk compared with normal milk. Several of these candidates showed good discriminatory ability, supporting the concept that milk miRNA profiles may provide molecular information associated with mammary inflammation (Y.-C. Lai et al., 2017). Subsequent work further demonstrated that milk expression levels of miR29B-2, miR146A, miR148A and miR155 differed among healthy cows and animals with subclinical or clinical mastitis. The combination of miRNA data with conventional indicators such as CMT and days in milk also showed potential for improving classification of mastitis status (Srikok et al., 2020).

Circulating miRNAs may provide complementary information regarding the systemic effects of mammary inflammation. For example, serum miR-21 was reported to be significantly increased in cows with mastitis, although its diagnostic performance was lower than that observed for milk-derived miRNA markers. This finding suggests that sample type is an important consideration when assessing miRNAs as biomarkers and that locally derived samples may more directly reflect inflammatory processes in the mammary gland (Y.-C. Lai et al., 2021). More recently, attention has also shifted toward extracellular vesicle-associated miRNAs. Extracellular vesicles can protect RNA molecules from degradation and may participate in intercellular communication during inflammatory responses. A 2024 study characterizing the miRNome of milk-derived extracellular vesicles in dairy cows with subclinical mastitis identified disease-associated alterations, further supporting their potential as a source of molecular biomarkers (Cuccato et al., 2024).

Despite these promising findings, the translation of miRNA-based markers into routine mastitis diagnostics remains challenging. Differences in disease definition, causative pathogen, sample type, somatic cell count, RNA extraction method, normalization strategy, analytical platform, and animal population can substantially influence reported miRNA profiles. Consequently, candidate miRNAs identified in one experimental setting may not necessarily show identical diagnostic performance in another population. Current research therefore increasingly emphasizes validation in larger independent cohorts, standardization of analytical procedures and integration of miRNA measurements with established clinical and milk-based indicators rather than replacing conventional diagnostic methods entirely (Dall'Olio et al., 2026; Zong et al., 2022).

The aim of this narrative review is to evaluate current evidence on the involvement of miRNAs in bovine mastitis and udder health, with particular emphasis on their potential use as diagnostic biomarkers. The review focuses on miRNAs detected in milk, serum and milk-derived extracellular vesicles, summarizes major candidate molecules reported in the literature and discusses methodological factors that currently limit their application under field conditions.

CONCEPTUAL FRAMEWORK

MicroRNA-based assessment of bovine mastitis can be considered within a framework linking mammary inflammation, changes in miRNA abundance in accessible biological samples and diagnostic interpretation. Intramammary infection activates local innate immune responses involving mammary epithelial cells and recruited leukocytes. Experimental evidence indicates that miR-146a can regulate inflammatory cytokine responses in bovine mammary epithelial cells by targeting TRAF6 (Wang et al., 2017). Separately, milk miR-223 abundance has been associated with mammary inflammation, as assessed using CMT scores (Tzelos et al., 2022).

From a diagnostic perspective, such molecular changes can be detected in different biological compartments. Milk is particularly relevant because it is obtained directly from the mammary gland and can therefore reflect local inflammatory processes. Increased levels of miR-21, miR-146a, miR-155, miR-222 and miR-383 have been reported in CMT-positive milk and several of these miRNAs showed useful discriminatory performance between normal and mastitis milk (Y.-C. Lai et al., 2017). Other investigations have demonstrated associations between milk miRNA abundance and the severity of mammary inflammation. In particular, miR-142-5p, miR-146a and miR-223 were correlated with established inflammatory markers, while levels of four investigated miRNAs increased progressively with increasing CMT scores (Tzelos et al., 2022).

The biomarker concept extends beyond individual miRNAs. A study demonstrated that miR29b-2, miR146a, miR148a and miR155 differed among healthy, subclinical mastitis and clinical mastitis groups, and showed that miR29b-2 could contribute to classification when combined with CMT and days in milk (Srikok et al., 2020). This suggests that the potential clinical value of miRNAs may lie in their integration with established udder-health indicators rather than in replacing conventional diagnostic methods.

Biological matrix and analytical procedure represent an additional layer of this framework. Circulating miRNAs may reflect systemic consequences of mammary inflammation, but their diagnostic signal can differ from that observed in milk. Serum miR-21, for example, was increased in cows with mastitis, although its discriminatory performance was lower than that of milk-derived miRNA markers and hemolysis influenced serum miR-16 measurements (Y.-C. Lai et al., 2021). Milk-derived extracellular vesicles represent another potentially informative compartment because they contain protected miRNA cargo and may reflect molecular events within the mammary gland. Recent sequencing studies have identified mastitis-associated changes in extracellular vesicle and exosomal miRNA profiles, but these findings still require independent validation (Cuccato et al., 2024; Mahala et al., 2024).

Accordingly, the diagnostic potential of miRNAs in bovine mastitis depends on three interconnected components: biological relevance to mammary inflammation, reliable detection in an accessible sample and reproducible discrimination of udder-health status. Factors such as pathogen type, disease severity, somatic cell count, stage of lactation, sample processing, RNA isolation, normalization and analytical platform may influence one or more of these components and should therefore be considered when interpreting candidate miRNA biomarkers.

METHODOLOGY

This study was designed as a narrative literature review focusing on the diagnostic potential of microRNAs in bovine mastitis and udder health. Published studies examining miRNA expression in milk, serum and milk-derived extracellular vesicles were considered, with particular attention to associations between miRNA profiles, mammary inflammation and conventional mastitis indicators.

The findings of the selected studies were evaluated descriptively according to biological sample type, investigated miRNAs, reported differences in expression and potential diagnostic relevance. Particular emphasis was placed on studies addressing clinical or subclinical mastitis, as well as methodological factors that may affect the reproducibility of miRNA measurements. Because this study is a narrative review, no new animal sampling or laboratory experiments were performed and no quantitative meta-analysis was conducted.

RESEARCH AND FINDINGS

Milk-Derived miRNAs as Indicators of Mammary Inflammation

Milk-derived miRNAs have received considerable attention as potential biomarkers of bovine mastitis because milk can be collected non-invasively and provides direct information about the mammary gland. A study investigated inflammation-associated miRNAs in bovine milk and reported significantly increased expression of miR-21, miR-146a, miR-155, miR-222 and miR-383 in CMT-positive samples compared with normal milk (Y. C. Lai et al., 2017). These findings were confirmed using digital PCR and the investigated miRNAs demonstrated sensitivity and specificity values above 80% for distinguishing CMT-positive from normal milk in the study population. The results suggested that selected milk miRNAs may serve as molecular indicators of mammary inflammation.

The diagnostic potential of milk miRNAs was further evaluated using 171 milk samples collected from 113 dairy cows classified as healthy or affected by subclinical or clinical mastitis. Among the investigated candidates, miR29b-2, miR146a, miR148a and miR155 showed significant differences among disease-status groups. The researchers also examined the integration of miRNA expression data with conventional diagnostic indicators. Their findings indicated that miR29b-2, together with CMT results and days in milk, could contribute to the classification of milk samples according to mastitis status (Srikok et al., 2020). This study highlighted the potential benefit of combining molecular biomarkers with established herd-health information.

Additional evidence was provided by a study examining four inflammation-associated miRNAs in 236 individual quarter milk samples. The expression levels of miR-26a, miR-142-5p, miR-146a and miR-223 increased with higher CMT scores (Tzelos et al., 2022). Furthermore, miR-142-5p, miR-146a and miR-223 were associated with established inflammatory markers measured in milk cells. In the reported receiver operating characteristic analysis, miR-223 distinguished samples with CMT scores of 0 and 1 with 100% sensitivity and approximately 85% specificity. However, the authors also observed the influence of lactation number on several miRNAs, indicating that physiological characteristics should be considered when interpreting their diagnostic performance.

Together, these studies support an association between milk miRNA abundance and mammary inflammation. Nevertheless, the reported diagnostic performances were obtained under specific experimental conditions and should not be interpreted as universally validated thresholds for routine herd screening.

More recently, Shafique et al. (2026) identified a milk miRNA signature comprising miR-146b, miR-221 and miR-223 in naturally occurring subclinical mastitis and developed amplification-free electrochemical DNA sensors for these targets. In milk-derived RNA extracts, the reported ROC-AUC values were 0.80 for miR-146b, 0.88 for miR-221 and 0.70 for miR-223. Although validation was performed in a small cohort, the study is particularly relevant because it extends mastitis-related miRNA research from expression profiling toward practical assay development and non-invasive diagnostic applications (Shafique et al., 2026).

Circulating miRNAs and Serum-Based Assessment

Although milk is the most directly relevant biological matrix for investigating udder health, circulating miRNAs may provide complementary information about systemic inflammatory

responses. A serum-based study evaluated selected miRNAs in the serum of cows with and without mastitis (Y.-C. Lai et al., 2021). Serum miR-21 expression was significantly increased in mastitis cows, whereas miR-146a, miR-155, miR-222 and miR-383 did not show significant differences between the investigated groups. The authors also reported that serum miR-16 measurements were affected by hemolysis.

The diagnostic performance of serum miR-21 was lower than that reported for milk-derived miRNA markers. These findings suggest that serum miRNAs may reflect systemic consequences of mammary inflammation, but their usefulness for mastitis diagnosis depends on the biological matrix and sample quality. Accordingly, serum-based miRNA measurements should be considered complementary to, rather than direct replacements for, milk-based diagnostic approaches.

Extracellular Vesicle-Associated miRNAs

Milk-derived extracellular vesicles represent another promising source of miRNA biomarkers. Their membrane structure can protect enclosed RNA molecules from degradation, while their molecular cargo may reflect physiological and pathological changes occurring in the mammary gland.

One sequencing study investigated extracellular vesicle-associated miRNAs in milk samples collected from 60 dairy cows classified according to somatic cell count (Cuccato et al., 2024). Using small RNA sequencing, the researchers identified 68 miRNAs showing statistically significant differential expression after adjustment for multiple testing. Most of these miRNAs were downregulated in the mastitis-associated group, whereas miR-361 was reported as upregulated. Functional analyses also highlighted miRNAs associated with biological processes relevant to immune regulation and mammary inflammation. These results indicated that extracellular vesicle miRNA profiles may contain useful information about subclinical mastitis.

Similarly, another study investigated milk exosomal miRNAs in healthy and subclinically mastitis crossbred cattle (Mahala et al., 2024). The study identified 11 upregulated and 18 downregulated miRNAs in the subclinical mastitis group. Among the investigated candidates, miR-375 was significantly downregulated, while miR-199-5p and other miRNAs were implicated in immune-related pathways through bioinformatic analyses. These findings suggested potential associations between exosomal miRNA profiles and inflammatory regulation, although the proposed molecular mechanisms and diagnostic applications require further experimental validation.

Collectively, extracellular vesicle studies have expanded the range of potential mastitis biomarkers beyond freely detectable miRNAs in milk. However, differences in vesicle isolation, RNA extraction, sequencing procedures and data analysis make direct comparisons between studies difficult.

Diagnostic Potential and Methodological Limitations

Despite encouraging results, several limitations must be addressed before miRNA-based assays can be incorporated into routine mastitis diagnosis. First, studies differ in their definitions of healthy, subclinical and clinical mastitis. Some investigations rely primarily on CMT or somatic cell count, whereas others incorporate clinical observations or bacteriological findings. These differences may influence the biological characteristics of the samples being compared.

Second, miRNA abundance can vary according to sample type and processing procedure. Whole milk, milk fractions, serum and extracellular vesicles do not necessarily contain identical miRNA profiles. Physiological factors, including lactation stage and parity, may also affect the expression of certain candidates. In addition, hemolysis, RNA extraction efficiency, normalization strategy and analytical platform can introduce variability into measured miRNA levels.

Finally, the identification of statistically significant expression differences does not automatically establish clinical diagnostic usefulness. Candidate miRNAs must demonstrate reproducible performance in independent animal populations, preferably under routine farm conditions. Their sensitivity, specificity and practical cost should also be compared with those of existing diagnostic approaches.

Current evidence therefore supports miRNAs as promising complementary indicators of bovine mastitis and udder health. Among the investigated approaches, combining selected milk-derived miRNAs with conventional indicators such as CMT, somatic cell count and lactation-related information appear particularly relevant for future diagnostic development.

CONCLUSION

MicroRNAs represent promising molecular indicators of bovine mastitis and udder health because their expression can change in association with mammary inflammation and immune responses. Studies investigating milk-derived miRNAs have identified several candidates, including miR-21, miR-146a, miR-155, miR-142-5p and miR-223, that may help distinguish healthy from inflamed mammary glands. Circulating miRNAs and milk-derived extracellular vesicles provide additional opportunities for biomarker discovery, although their diagnostic value remains less established.

The available evidence indicates that miRNA measurements may be most useful when combined with conventional mastitis indicators rather than applied as independent diagnostic tests. Differences in biological sample type, animal characteristics, laboratory procedures and data normalization remain important barriers to reproducibility. Larger studies involving independent dairy cattle populations and standardized analytical methods are therefore necessary before miRNA-based biomarkers can be recommended for routine field application. Overall, miRNA profiling offers a promising complementary approach for improving the molecular assessment of mammary inflammation, particularly in the context of subclinical mastitis.

REFERENCES

Cuccato, M., Divari, S., Giannuzzi, D., Grange, C., Moretti, R., Rinaldi, A., Leroux, C., Sacchi, P., & Cannizzo, F. T. (2024). Extracellular vesicle miRNome during subclinical mastitis in dairy cows. *Veterinary Research*, *55*(1), 112. https://doi.org/10.1186/s13567-024-01367-x

Dall'Olio, E., Andrani, M., Baratta, M., Rensis, F. D., & Saleri, R. (2026). Functional Role and Diagnostic Potential of Biomarkers in the Early Detection of Mastitis in Dairy Cows. In *Animals* (Vol. 16, Issue 2, p. 159). https://doi.org/10.3390/ani16020159

Lai, Y.-C., Fujikawa, T., Maemura, T., Ando, T., Kitahara, G., Endo, Y., Yamato, O., Koiwa, M., Kubota, C., & Miura, N. (2017). Inflammation-related microRNA expression level in the bovine milk is affected by mastitis. *PloS One*, *12*(5), e0177182. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177182

Lai, Y.-C., Habiby, G. H., Jasing Pathiranage, C. C., Rahman, M. M., Chen, H.-W., Husna, A. A., Kubota, C., & Miura, N. (2021). Bovine serum miR-21 expression affected by mastitis. *Research in Veterinary Science*, *135*, 290–292. https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.10.001

Lai, Y. C., Fujikawa, T., Ando, T., Kitahara, G., Koiwa, M., Kubota, C., & Miura, N. (2017). Rapid communication: MiR-92a as a housekeeping gene for analysis of bovine mastitis-related microRNA in milk. *Journal of Animal Science*, *95*(6), 2732–2735. https://doi.org/10.2527/jas2017.1384

Mahala, S., Kumar, A., Pandey, H. O., Saxena, S., Khanna, S., Kumar, M., Kumar, D., De, U. K., Pandey, A. K., & Dutt, T. (2024). Milk exosomal microRNA profiling identified

miR-375 and miR-199-5p for regulation of immune response during subclinical mastitis of crossbred cattle. *Molecular Biology Reports*, *51*(1), 59. https://doi.org/10.1007/s11033-023-09070-4

Ramuada, M., Tyasi, T. L., Gumede, L., & Chitura, T. (2024). A practical guide to diagnosing bovine mastitis: a review. *Frontiers in Animal Science*, *Volume 5*-. https://www.frontiersin.org/journals/animal-science/articles/10.3389/fanim.2024.1504873

Shafique, K., Haji-Hashemi, H., Gontar, Ł., Pilmane, M., Maróti, G., & Prieto-Simón, B. (2026). Amplification-Free Detection of MiRNA Signatures in Milk: A Noninvasive Sensing Approach for Early Diagnosis of Bovine Mastitis. *ACS Measurement Science Au*, *6*(4), 1091–1104. https://doi.org/10.1021/acsmeasuresciau.6c00060

Srikok, S., Patchanee, P., Boonyayatra, S., & Chuammitri, P. (2020). Potential role of MicroRNA as a diagnostic tool in the detection of bovine mastitis. *Preventive Veterinary Medicine*, *182*, 105101. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105101

Tzelos, T., Ho, W., Charmana, V. I., Lee, S., & Donadeu, F. X. (2022). MiRNAs in milk can be used towards early prediction of mammary gland inflammation in cattle. *Scientific Reports*, *12*(1), 5131. https://doi.org/10.1038/s41598-022-09214-9

Wang, X.-P., Luoreng, Z.-M., Zan, L.-S., Li, F., & Li, N. (2017). Bovine miR-146a regulates inflammatory cytokines of bovine mammary epithelial cells via targeting the TRAF6 gene. *Journal of Dairy Science*, *100*(9), 7648–7658. https://doi.org/10.3168/jds.2017-12630

Zong, W., Zhang, T., Chen, B., Lu, Q., Cao, X., Wang, K., Yang, Z., Chen, Z., & Yang, Y. (2022). Emerging roles of noncoding micro RNAs and circular RNAs in bovine mastitis: Regulation, breeding, diagnosis, and therapy. *Frontiers in Microbiology*, *Volume 13*. https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2022.1048142

HER MİLLETİN KENDİNE MAHSUS BİR İKTİSADI MI VARDIR? FRIEDRICH LIST'TEN ZİYA GÖKALP'E İKTİSADİ DÜŞÜNCEDE EVRENSELLİK VE TARİHSEL-ULUSAL ÖZGÜLLÜK

Dr. Betül Sarı Aksakal
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2668-364X

ÖZET

Bu çalışma, on dokuzuncu yüzyıl Alman iktisatçısı ve millî ekonomi yaklaşımının önde gelen isimlerinden Friedrich List ile Osmanlı/Türkiye'de Millî İktisat düşüncesinin başlıca temsilcilerinden Ziya Gökalp arasındaki ilişkiyi, genel iktisadi bilgi ile bu bilgiden türetilen politikaların tarihsel olarak farklı toplumlarda uygulanabilirliği sorunu üzerinden ele almaktadır. List'in *The National System of Political Economy* (*Politik İktisadın Millî Sistemi*) adlı eseri ile Gökalp'in 1916–1923 arasında yayımlanan başlıca iktisat yazıları karşılaştırmalı iktisadi düşünce tarihi çerçevesinde incelenmiştir. İnceleme, List'in Gökalp'in açıkça başvurduğu önemli düşünsel referanslardan biri olduğunu, ancak bu ilişkinin bütünlüklü bir düşünce aktarımı olarak yorumlanamayacağını gösterir. İki düşünürün en güçlü ortak noktası, iktisat politikasının ülkenin üretim yapısı, üretici kapasitesi ve gelişme düzeyinden bağımsız biçimde değerlendirilemeyeceğini düşünmeleridir. Buna karşılık Gökalp'in kamu girişimine, mülkiyet ve bölüşüm sorunlarına, tesanüte ve iktisadi gerçekliğin araştırılmasına verdiği önem, onun Millî İktisat anlayışının List'in çerçevesine indirgenemeyeceğini ortaya koyar. Gökalp'in iktisat ilmi ile iktisat sanatı arasında kurduğu ayrım, Millî İktisat düşüncesinin her millet için birbirinden bağımsız iktisadi kanunlar öngören bir yaklaşım olarak yorumlanmasını güçleştirir. Bununla birlikte millî iktisadı bilimsel bir mektep olarak nitelendirdiği sonraki açıklamaları, bilimsel bilgi ile millî amaçlar arasındaki ilişkinin yalnız genel ilkelerin farklı tarihsel koşullara uygulanması meselesine indirgenemeyeceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Friedrich List, Ziya Gökalp, Millî İktisat, İktisadi Düşünce Tarihi, İktisat Politikası

DOES EVERY NATION HAVE AN ECONOMY OF ITS OWN? UNIVERSALITY AND HISTORICAL-NATIONAL SPECIFICITY IN ECONOMIC THOUGHT FROM FRIEDRICH LIST TO ZİYA GÖKALP

ABSTRACT

This study examines the relationship between Friedrich List, a nineteenth-century German economist and one of the leading figures associated with the national economy tradition, and Ziya Gökalp, one of the principal representatives of National Economy thought in the late Ottoman and early Turkish context. The article focuses on whether general economic knowledge and the policies derived from it can be applied in the same way across historically different societies. The analysis is based on a comparative history-of-economic-thought reading of List's *The National System of Political Economy* and Gökalp's principal economic writings published between 1916 and 1923. List was an important intellectual reference explicitly invoked by Gökalp, but this relationship cannot be understood as a wholesale transfer of List's ideas into the Turkish context. Their strongest common ground is the view that economic policy cannot be evaluated independently of a country's productive structure, productive capacity, and level of development. At the same time, Gökalp's emphasis on public enterprise, his treatment

of property and distribution, his concern with social solidarity, his use of different schemes of economic development, and his insistence that existing economic conditions be investigated before policy is formulated show where the comparison with List reaches its limits. Gökalp's distinction between economic science and the art of economic policy makes it difficult to interpret his conception of National Economy as implying separate economic laws for each nation. Yet his later characterisation of National Economy as a scientific school suggests that the relationship between economic knowledge and national objectives cannot be reduced to the application of general principles under different historical conditions.

Keywords: Friedrich List, Ziya Gökalp, National Economy, History of Economic Thought, Economic Policy

1. GİRİŞ

İktisadi düşüncede genel ilkelerin ortaya konulması ile bu ilkelerden hareketle belirli bir ülke için politika geliştirilmesi aynı mesele değildir. Belirli bir üretim yapısı, sermaye birikimi ve gelişme düzeyi içinde anlam kazanan bir politika, koşulları farklı başka bir ülkede de aynı sonucu verir mi? On dokuzuncu yüzyıldaki serbest ticaret ve sanayileşme tartışmaları bu soruyu özellikle görünür hâle getirdi. İngiltere'nin sanayileşmede ulaştığı düzey, İngiliz deneyiminden hareketle savunulan politikaların henüz aynı sınai kapasiteye ulaşmamış ülkeler bakımından ne ölçüde uygun olduğu tartışmasını da beraberinde getirdi. Bu nedenle sorun yalnız iktisadi bilginin genel olup olamayacağı değil, bu bilgiden hareketle geliştirilen politikaların farklı tarihsel ve iktisadi koşullarda nasıl uygulanacağıdır.

Alman siyasal iktisat düşünürü Friedrich List (1789–1846), on dokuzuncu yüzyılda serbest ticaret, sanayileşme ve millî iktisadi gelişme arasındaki ilişkiyi ülkelerin tarihsel koşulları ve gelişme düzeyleri üzerinden tartışan başlıca isimlerden biridir. İktisadi gücü yalnız mevcut servetin büyüklüğüyle değil, bir milletin gelecekte servet yaratma kapasitesini belirleyen "üretici güçler"le ilişkilendirmesi, yaklaşımının ayırt edici unsurlarından biridir (List, 1841/1909, s. 108). 1841'de yayımlanan *Das nationale System der politischen Oekonomie* (*Politik İktisadın Millî Sistemi*) adlı eserinde "kozmopolit ekonomi" ile "politik" ya da "millî ekonomi" arasında ayrım yapar. Kozmopolit ekonomi insanlığın bütünü bakımından refah sorununu ele alırken, politik veya millî ekonomi belirli bir milletin mevcut dünya koşulları altında refahını, uygarlığını ve gücünü nasıl geliştirebileceği sorusuna yönelir. List, milletlerin daha geniş bir birlik, barış ve serbest mübadele düzeni içinde bütünleşebileceği fikrini reddetmez. Asıl itirazı, uluslar arasındaki siyasal ve iktisadi farklılıklar varlığını sürdürürken bu farklılıkların aşılmış olduğu varsayımından hareket edilmesinedir (List, 1841/1909, ss. 97–100).

Bu yaklaşım, List'in serbest ticaret ile koruma arasında değişmez bir tercih yapmamasında da görülür. Ülkelerin aynı üretim yapısına ve aynı gelişme düzeyine sahip olmadığını kabul eder; bu nedenle aynı ticaret politikasının her ülke için aynı sonucu vermeyeceğini düşünür. Korumayı da bütün ülkeler için sürekli bir politika olarak değil, belirli koşullarda kendi imalat kapasitesini geliştirmeye çalışan ülkelerin başvurabileceği geçici bir araç olarak değerlendirir (List, 1841/1909, ss. 143–144). Dolayısıyla List açısından asıl soru, serbest ticaretin veya korumanın soyut olarak hangisinin doğru olduğu değil, belirli bir politikanın hangi koşullarda uygulanmasının uygun olduğudur.

Osmanlı/Türkiye iktisadi düşüncesinde bu mesele farklı bir tarihsel ortamda gündeme geldi. On dokuzuncu yüzyılda dış ticaret rejimindeki değişmeler, Avrupa mamul mallarıyla rekabet, mali sorunlar ve sanayi teşvikleri; II. Meşrutiyet yıllarında ise millî sermaye, yerli girişimcilik ve sanayileşme arayışları, uygulanacak iktisat politikasının ülkenin mevcut yapısıyla nasıl

ilişkilendirileceği sorusunu daha görünür hâle getirdi. Bu ortamda şekillenen Millî İktisat düşüncesi yalnız gümrük korumasından ibaret değildi. Sermayenin kimlerin elinde birikeceği, yerli girişimcilerin nasıl destekleneceği, sanayinin hangi araçlarla geliştirileceği ve devletin bu süreçte nasıl bir rol üstleneceği de tartışmanın parçalarıydı.[1]

Osmanlı'nın son döneminde sosyoloji, Türkçülük ve Millî İktisat tartışmalarının başlıca düşünürlerinden biri olan Ziya Gökalp (1876–1924), iktisadi meseleleri yalnız hangi politika araçlarının kullanılacağı üzerinden ele almadı. "İktisat ilmi" ile "iktisat sanatı" arasında yaptığı ayrım, iktisadi bilginin üretilmesi ile bu bilginin belirli bir toplumun iktisadi hayatının düzenlenmesinde kullanılması arasında açık bir ayrım kurduğunu gösterir. İktisat ilmi farklı toplumlarda gözlenen iktisadi olayları inceleyerek daha genel sonuçlara ulaşabilirken, iktisat sanatı bu bilgilerden hareketle belirli bir toplumun iktisadi hayatının nasıl düzenleneceği veya geliştirileceğiyle ilgilidir. Gökalp'in bu ayrımı, Millî İktisat anlayışının her millet için birbirinden bağımsız iktisadi kanunlar öngördüğü biçiminde yorumlanmasını güçleştirir. Bununla birlikte sonraki yazılarında millî iktisada yüklediği bilimsel anlam, iktisadi bilgi ile millî amaçlar arasındaki ilişkinin yalnız teori ve uygulama ayrımıyla açıklanamayacağını gösterir. "Şe'niyet-i iktisadiyye" (iktisadi gerçeklik) kavramına verdiği önem de bu bakımdan belirleyicidir: izlenecek iktisat politikası belirlenmeden önce ülkenin mevcut kurumlarının, üretim biçimlerinin ve tarihsel gelişiminin araştırılması gerekir.

List'in Gökalp açısından önemli olmasının nedeni yalnız iki düşünür arasında sonradan kurulabilecek benzerlikler değildir. Gökalp, 1918 tarihli "İktisadî Vatanperverlik"te John Rae ile Friedrich List'in adını açıkça anar; aynı yıl yayımlanan "Türkçülük ve Türkiyecilik"te Almanya'nın iktisadi birliğini List'in girişimleri ve Zollverein'le ilişkilendirir. 1923'te yayımlanan *Türkçülüğün Esasları*'nın "İktisadî Türkçülük" bölümünde ise Rae ile List'e yeniden başvurur (Gökalp, 1918a, s. 322; Gökalp, 1918b, s. 482; Gökalp, 1923/1976, ss. 175–176). Bu göndermeler aynı bağlamda yapılmış değildir. "İktisadî Vatanperverlik" ile *Türkçülüğün Esasları*'ndaki göndermeler, Manchester iktisadının bütün milletler için aynı biçimde geçerli bir sistem sayılıp sayılamayacağı tartışması içinde yer alırken, "Türkçülük ve Türkiyecilik"te List Almanya'nın iktisadi birlik sürecinin aktörlerinden biri olarak anılmaktadır. Böylece Gökalp'in List'e ilgisinin tek bir politika tartışmasıyla sınırlı olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte bu doğrudan göndermeler, Gökalp'in Millî İktisat anlayışının bütünüyle List'ten türediği sonucunu desteklemez.

Gökalp'in iktisadi düşüncesi daha önce Fransız solidarizmi (dayanışmacılık), Osmanlı Millî İktisat hareketi ve List'in millî ekonomi yaklaşımıyla ilişkilendirilmiş; List ile Gökalp arasındaki benzerlikler ayrıca karşılaştırmalı çalışmaların konusu olmuştur.[2] Dolayısıyla bu

[1] II. Meşrutiyet döneminde Millî İktisat düşüncesinin ortaya çıkışı, millî sermaye, sanayileşme ve iktisadi bağımsızlık arayışlarının tarihsel bağlamı için bkz. Toprak (2019). Millî İktisat anlayışının II. Meşrutiyet'ten erken Cumhuriyet dönemine uzanan sürekliliği bakımından ayrıca bkz. Varlı ve Koraltürk (2010).

[2] Gökalp'in iktisadi görüşlerini müstakil olarak ele alan erken çalışmalar arasında ayrıca bkz. Tolga (1949). Gökalp'in iktisadi düşüncesini Fransız solidarizmi ile List'in millî ekonomi yaklaşımı arasındaki ilişki üzerinden değerlendiren çalışma için bkz. Sağlam (2004). List'in Millî İktisat anlayışının Osmanlı iktisadi düşüncesindeki yansımalarını, özellikle Ziya Gökalp ile *Türk Yurdu* ve *İktisadiyat Mecmuası* çerçevesinde inceleyen çalışma için bkz. Ünal (2013). İttihat ve Terakki döneminin iktisadi yönelimlerini Millî İktisat düşüncesi ve Alman modeli arasındaki ilişki üzerinden karşılaştıran çalışma için ayrıca bkz. Zohrap (2022). Osmanlı Millî İktisat düşüncesinin kendi içindeki ortaklık ve farklılıkları, Ziya Gökalp ile II. Meşrutiyet döneminin eğitimci, yazar ve iktisadi kalkınma meseleleri üzerine de çalışan isimlerinden Ethem Nejat üzerinden yeniden değerlendiren çalışma için ayrıca bkz. Özveren, Erkek ve Ünal (2016). List ile Gökalp'in millî iktisada ilişkin görüşlerini doğrudan karşılaştıran çalışma için bkz. Okan (2014). Gökalp'in Millî İktisat düşüncesini dönemin süreli yayınlarındaki iktisadi yazıları üzerinden daha geniş bir çerçevede ele alan çalışma için bkz. Demir (2024). Gökalp'in İktisadi Türkçülük anlayışının felsefi ve sosyolojik arka planını Durkheim, Comte, Herder ve Fichte gibi Batılı düşünürler üzerinden inceleyen güncel çalışma için ayrıca bkz. Bozkaya ve Vergili (2025). Geç Osmanlı'dan erken

çalışmanın çıkış noktası, List–Gökalp bağlantısının daha önce hiç ele alınmamış olması değildir. Asıl mesele, Gökalp'in List'e doğrudan yaptığı göndermeler ile iki düşünür arasında karşılaştırma yoluyla kurulabilecek benzerlikleri birbirinden ayırmaktır. Birincisi, Gökalp'in hangi bağlamda List'e gerçekten başvurduğunu gösterir. İkincisi ise iki düşünürün sanayileşme, üretim kapasitesi ve iktisat politikasının ülke koşullarıyla ilişkisi gibi konularda ne ölçüde benzer düşündüklerinin ayrıca incelenmesini gerektirir.

Bu ayrım aynı zamanda List bağlantısının sınırlarının görülmesini de sağlar. Gökalp'in kamu girişimine verdiği yer, mülkiyet ve bölüşüm hakkındaki görüşleri, tesanüt (dayanışma) vurgusu, iktisadi gelişmeye ilişkin farklı tasniflerden yararlanması ve uygulanacak programdan önce ülkenin iktisadi gerçekliğinin araştırılmasını istemesi yalnız List üzerinden açıklanabilecek unsurlar değildir. Dolayısıyla sorun, Gökalp'in List'ten "etkilenip etkilenmediği" biçiminde basit bir evet-hayır sorusu değildir. Daha anlamlı soru, List'in Gökalp'in düşüncesinde nerede doğrudan bir referans oluşturduğu, hangi konularda iki düşünür arasında gerçek bir yakınlık bulunduğu ve bu yakınlığın nerede sona erdiğidir.

Çalışmanın temel araştırma sorusu bu doğrultuda şöyle formüle edilmektedir: Friedrich List'in iktisat politikasını ülkelerin gelişme düzeyi ve üretici kapasitesiyle ilişkilendiren yaklaşımı, Ziya Gökalp'in Millî İktisat düşüncesinde hangi noktalarda karşılık bulmakta ve bu düşünsel bağlantının sınırları nerede ortaya çıkmaktadır?

Bu soruyu yanıtlamak amacıyla List'in *Das nationale System der politischen Oekonomie* (*Politik İktisadın Millî Sistemi*) adlı eseri ile Gökalp'in 1916–1923 arasında yayımladığı başlıca iktisat yazıları karşılaştırmalı iktisadi düşünce tarihi çerçevesinde incelenmektedir. Karşılaştırmada önce Gökalp'in List'e yaptığı açık göndermeler belirlenmekte; ardından serbest ticaret ve koruma, sanayileşme ve üretici kapasite, kamu ile özel girişimin konumu, mülkiyet ve bölüşüm, iktisadi gelişmenin tasnifi ve politika öncesinde ülkenin mevcut iktisadi yapısının araştırılması gibi başlıklarda iki düşünürün yaklaşımları karşılaştırılmaktadır.

Bu çalışmanın katkısı, Friedrich List ile Ziya Gökalp arasında daha önce ortaya konmuş düşünsel bağlantıları yeniden tespit etmekten ziyade, bu bağlantının iktisadi bilginin niteliği ve iktisat politikasının tarihsel uygulanabilirliği bakımından ne ifade ettiğini sorgulamasıdır. List'in kozmopolit ekonomi ile politik ekonomi arasında kurduğu ayrım, Gökalp'in iktisat ilmi, iktisat sanatı ve şe'niyet-i iktisadiyye üzerine geliştirdiği görüşlerle bu sorunsal çerçevesinde karşılaştırılmaktadır. Gökalp'in List'e açıkça başvurduğu metinler, iki düşünür arasında doğrudan referansın bulunduğu alanları belirlemeye imkân verirken, üretici güçler, sanayileşme ve korumacılık konusundaki yakınlıklar bu göndermelerden bağımsız olarak da değerlendirilmektedir. Kamu girişimi, mülkiyet, bölüşüm, tesanüt ve iktisadi gelişmenin tasnifi ise karşılaştırmanın açıklama sınırlarını belirlemektedir. Böylece List'in Gökalp'in düşüncesindeki yeri, ne bütünlüklü bir düşünce aktarımı varsayımıyla açıklanmakta ne de tarihsel bağlamından koparılmış kavramsal benzerliklere indirgenmektedir.

2. KLASİK POLİTİK İKTİSAT, TARİHSEL YAKLAŞIM VE EVRENSELLİK SORUNU

On dokuzuncu yüzyılda Alman iktisadi düşüncesinde klasik politik iktisada yöneltilen eleştiriler yalnız yöntem tartışmalarıyla sınırlı değildi. Alman devletlerinin siyasal parçalanmışlığı sürerken 1834'te faaliyete geçen *Zollverein* (Alman Gümrük Birliği), üye devletler arasındaki ticaret engellerini azaltarak iktisadi bütünleşmeyi ilerletti; siyasal birlik ise henüz kurulmamıştı (Shiue, 2005, s. 129). İngiltere'nin sanayileşmede ulaştığı düzey ile Alman

Cumhuriyet'e Millî İktisat düşüncesinin entelektüel temellerini, Friedrich List ve Alman Tarihçi Okulu'nun etkisini de içeren daha geniş bir düşünce tarihi çerçevesinde inceleyen çalışma için ayrıca bkz. Çelik (2026).

devletlerinin içinde bulunduğu koşullar arasındaki fark, serbest ticaret politikalarının farklı üretim yapıları ve gelişme düzeylerindeki ülkelerde aynı sonuçları verip vermeyeceği sorusunu da önemli hâle getiriyordu.

İskoç Aydınlanması'nın ve klasik politik iktisadın kurucu isimlerinden Adam Smith'in 1776'da yayımlanan *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations* (*Milletlerin Zenginliğinin Doğası ve Nedenleri Üzerine Bir İnceleme*) adlı eseri, merkantilist ayrıcalıkların ve ticari kısıtlamaların kapsamlı bir eleştirisini içeriyordu. Ancak Smith'in daha serbest bir ticari düzeni savunması, devleti iktisadi ve toplumsal hayattan bütünüyle dışladığı anlamına gelmez. "Doğal özgürlük sistemi" içinde savunma ve adaletin yanında, bireylerin ya da küçük grupların kendi çıkarları açısından üstlenmeyecekleri, buna karşılık toplum için yararlı olan belirli kamusal işlerin ve kurumların sağlanmasını da devletin görevleri arasında sayıyordu (Smith, 1776/1904, s. 185). Bu bakımdan daha sonraki Alman eleştirisini basit bir devlet–piyasa karşıtlığı üzerinden okumak yanıltıcıdır. Asıl tartışma konularından biri, iktisadi açıklamaların ve bunlardan hareketle geliştirilen politika önerilerinin tarihsel ve kurumsal koşullardan ne ölçüde bağımsız düşünülebileceğiydi.

Alman iktisadi düşüncesinde bu soruya verilen başlıca cevaplardan biri, iktisadi olguların içinde geliştikleri tarihsel ve kurumsal koşullarla birlikte incelenmesi gerektiği düşüncesiydi. Daha sonra Alman Tarihçi Okulu başlığı altında ele alınacak bu yönelim içinde, Alman iktisatçı Wilhelm Roscher (1817–1894) tarihsel yöntemin erken ve etkili savunucularından biri olarak öne çıktı. Roscher, iktisadi olguların yalnız soyut ilkelerden hareketle değil, farklı toplumların tarihsel deneyimleri karşılaştırılarak incelenmesine özel önem verir. Ona göre karşılaştırma, toplumlar arasındaki benzerliklerin yanı sıra farklılıkların da belirlenmesini sağlar; böylece iktisadi düzenlilikler tarihsel gözlemden koparılmadan değerlendirilebilir (Roscher, 1878, ss. 111–113). Bu bakımdan Roscher'in tarihsel yaklaşımı genel açıklamaların bütünüyle reddedilmesine değil, bu açıklamaların tarihsel gözlem ve karşılaştırma temelinde kurulmasına dayanır.

İktisadi düşünce tarihi yazımında Roscher ile birlikte, iktisadi gelişmeyi tarihsel değişim içinde ele alan Alman iktisatçı Bruno Hildebrand (1812–1878) ve tarihsel yöntemin teorik temelleri üzerinde duran Karl Knies (1821–1898) genellikle "Eski Alman Tarihçi Okulu" içinde sınıflandırılır. Gustav Schmoller (1838–1917) ise tarihsel ve ampirik iktisat araştırmasını sosyal reform sorunlarıyla daha yakından ilişkilendiren sonraki kuşağın başlıca isimlerinden biridir. Bununla birlikte bu sınıflandırmalar, ortak ve değişmez bir yöntem ya da politika programına sahip homojen bir "okul" bulunduğu biçiminde anlaşılmamalıdır. Roscher, Hildebrand, Knies ve daha sonra Schmoller arasında teorinin kapsamı, tarihsel yöntemin işlevi, iktisadi gelişmenin açıklanışı ve güncel sosyal sorunlara verilecek cevaplar bakımından önemli farklılıklar vardı. Nitekim modern iktisadi düşünce tarihi yazımında "Alman Tarihçi Okulu" kategorisinin birbirinden farklı düşünsel yönelimleri tek ve bütünlüklü bir gelenek altında toplama eğilimi eleştirilmiştir (Grimmer-Solem & Romani, 1998, ss. 267–272). Bu nedenle Alman Tarihçi Okulu'nu değişmez bir doktrin olarak değil, iktisadi olguların tarihsel, kurumsal ve toplumsal bağlamına farklı biçimlerde ağırlık veren bir düşünsel gelenek olarak değerlendirmek daha isabetlidir.

Tarihsel iktisat yaklaşımının sosyal reform gündemiyle daha sıkı biçimde birleşmesi, Schmoller ve çevresinde belirginleşti. Bu kuşakta tarihsel ve ampirik araştırma, sanayileşme ve kentleşmeyle birlikte daha görünür hâle gelen işçi sorunu, çalışma koşulları, yoksulluk ve toplumsal eşitsizlik gibi meselelerle doğrudan ilişkilendirildi. Sosyal reform gündemi, bu sorunların yalnız siyasal ya da ahlaki meseleler olarak değil, sistematik tarihsel ve iktisadi araştırmanın konusu olarak ele alınmasını da içeriyordu. 1873'te kurulan *Verein für Sozialpolitik* (Sosyal Politika Derneği), bu araştırma yöneliminin kurumsallaşmasında önemli bir rol oynadı; incelenecek sorunların belirlenmesi, ampirik araştırmaların örgütlenmesi,

sonuçların tartışılması ve yayımlanması için ortak bir zemin sağladı (Grimmer-Solem, 2003, ss. 69–70). Bununla birlikte Schmoller ve çevresinde belirginleşen bu reformcu yönelimi, Roscher'den itibaren tarihsel iktisat geleneğiyle ilişkilendirilen bütün düşünürlere aynı içerik ve ağırlıkla atfetmek doğru değildir.

Schmoller ile Avusturyalı iktisatçı ve marjinalist iktisadın kurucu isimlerinden Carl Menger (1840–1921) arasında gelişen *Methodenstreit* (yöntem tartışması) çoğu zaman tümdengelimci ve tümevarımcı yaklaşımların karşı karşıya gelişi olarak anlatılmıştır. En genel anlamıyla bu ayrım, teorik ilkelerden hareketle belirli iktisadi olguları açıklamaya çalışan bir yaklaşım ile tarihsel ve ampirik gözlemlerden hareketle daha genel sonuçlara ulaşmaya çalışan bir yaklaşım arasındaki yöntem farkına işaret eder. Ancak erken *Methodenstreit* bu karşıtlığa indirgenemez. van 't Klooster, tartışmanın merkezî meselelerinden birinin iktisadın kapsamının nasıl belirleneceği olduğunu göstermektedir. Menger, teorik iktisadın alanını bireysel ihtiyaçlar, mallar ve iktisadi aktörlerin davranışları etrafında daha sınırlı biçimde tanımlarken, Schmoller iktisadi olguların insan psikolojisi, kurumlar ve tarihsel gelişimle kurduğu ilişkilerin bu ölçüde iktisadi çözümlemenin dışında bırakılmasına karşı çıkıyordu. Dolayısıyla tartışma yalnız iktisadi bilgiye hangi yöntemle ulaşılacağıyla ilgili değildi; hangi olguların iktisadi açıklamanın konusu sayılacağı ve bu olguların hangi ilişkiler çerçevesinde açıklanacağı da anlaşmazlığın önemli bir parçasıydı (van 't Klooster, 2022, ss. 106–109).

Friedrich List'in Alman Tarihçi Okulu'yla ilişkisi ise daha farklı bir konumda değerlendirilmelidir. *Das nationale System der politischen Oekonomie* (*Politik İktisadın Millî Sistemi*) 1841'de, Roscher'in tarihsel yönteme ilişkin 1843 tarihli programatik çalışmasından önce yayımlandı. Bu kronoloji de dikkate alındığında List'i Alman Tarihçi Okulu'nun doğrudan bir üyesi olarak değil, Alman iktisadi düşüncesinde tarihsel ve ulusal farklılıklara daha erken tarihte ağırlık veren isimlerden biri olarak değerlendirmek daha uygundur. Üstelik List'in temel sorunu, daha sonra Menger ile Schmoller arasında ortaya çıkan yöntem tartışmasıyla aynı değildi. Onun üzerinde durduğu mesele, millî üretici güçlerin nasıl geliştirilebileceği ve farklı gelişme düzeylerine sahip ülkeler için aynı ticaret politikasının ne ölçüde uygun olduğuydu.

List, ulusal ve evrensel düzeyler arasındaki ayrımı politik ekonomi ile kozmopolit ekonomi arasında yaptığı karşılaştırmada açık biçimde ortaya koyar. Kozmopolit ekonomi insanlığın bütünü açısından refah sorunuyla ilgilenirken, politik ya da millî ekonominin konusu belirli bir ulusun mevcut dünya koşulları içinde refahını, uygarlığını ve gücünü nasıl geliştirebileceğidir. List kozmopolit ekonomi düşüncesini bütünüyle reddetmez. Asıl itirazı, uluslar arasındaki siyasal ve iktisadi farklılıklar devam ederken bu farklılıkların aşılmış olduğu varsayımıyla hareket edilmesinedir (List, 1841/1909, ss. 97–100).

List'in temel sorunu yalnız iktisadi olguların hangi yöntemle inceleneceği değildi; farklı tarihsel koşullara ve üretim kapasitesine sahip ülkelerde aynı iktisat politikasının ne ölçüde geçerli olabileceği de onun açısından merkezi bir meseleydi. Bu soru, iktisadi bilginin genel geçerliliği sorununu doğrudan reddetmeden, politika önerilerinin hangi koşullarda uygulanabileceği meselesini öne çıkarır. Bu ayrımın merkezinde, iktisadi gücün yalnız mevcut servetle değil, üretici güçlerin geliştirilmesiyle ilişkilendirilmesi yer alır.

3. FRIEDRICH LIST: MİLLÎ EKONOMİ VE ÜRETİCİ GÜÇLER

List'in millî ekonomi anlayışının çıkış noktası, bir ülkenin iktisadi gücünün yalnız sahip olduğu mevcut servetle ölçülemeyeceği düşüncesidir. Değişim değerleri ile bu değerleri yeniden yaratabilecek üretme kapasitesi aynı şey değildir. Bu nedenle onun klasik politik iktisada yönelttiği eleştiri yalnız serbest ticaret ile koruma arasında yapılacak bir tercihe indirgenemez. List, "servet üretme gücü"nü servetin kendisinden daha önemli görür; mevcut servet kaybedilebilirken üretme kapasitesi yeni servetin yeniden yaratılmasını mümkün kılar (List, 1841/1909, s. 108).

"Üretici güçler" kavramının kapsamı da bu ayrımı somutlaştırır. List açısından üretim yalnız sermaye malları, toprak ve emek gibi doğrudan üretim unsurlarına dayanmaz. Bilimsel bilgi, teknik beceri, eğitim, hukuk ve kamu düzeni, ulaştırma imkânları ve çeşitli kamusal kurumlar da üretimin sürdürülmesini ve genişletilmesini etkiler. Gençlerin eğitimi, adaletin geliştirilmesi ve ülkenin savunması için kullanılan kaynakları, mevcut değerlerin gelecekteki üretici güçlerin oluşması uğruna kullanılması olarak değerlendirir. Basın, posta sistemi ve ulaştırma araçlarını da benzer biçimde üretici kapasitenin gelişmesine katkıda bulunan unsurlar arasında ele alır (List, 1841/1909, ss. 112–114). Buradaki mantık basittir: aynı miktarda toprak ve emek, bilgi, teknik beceri, güvenli bir hukuk düzeni ve gelişmiş ulaşım imkânları altında çok daha yüksek bir üretim kapasitesine sahip olabilir. Dolayısıyla üretici güçler kavramı yalnız mevcut üretim araçlarını değil, bunların ne ölçüde verimli kullanılabildiğini belirleyen toplumsal ve kurumsal koşulları da kapsar.

Üretici güçlere verilen bu önem, List'in özel ekonomi ile millî ekonomi arasında kurduğu ayrımda da belirgindir. List'e göre bireyin iktisadi hesabı ile bir ulusun uzun dönemli ihtiyaçları her durumda aynı değildir. Birey kendi bugünkü çıkarlarını ve yakın geleceğini gözetebilir; oysa ulusal ekonomi gelecek kuşakların ihtiyaçlarını, ülkenin güvenliğini ve ancak ortak hareketle gerçekleştirilebilecek işleri de hesaba katmak zorundadır. Örneğin bir yol, demiryolu, eğitim sistemi ya da savunma düzeni tek bir girişimcinin kısa dönemli kazanç hesabıyla açıklanamayabilir; buna karşılık ulusal üretim kapasitesi üzerinde uzun dönemli etkiler yaratabilir. List'in özel ekonomi ile millî ekonomi arasında kurduğu ayrımın anlamı da burada ortaya çıkar: millî üretici güçler, tek tek bireysel kararların basit toplamından ibaret değildir (List, 1841/1909, ss. 132–136).

İmalat sanayisine verdiği önem de bu geniş üretici güçler anlayışının bir sonucudur. List sanayileşmeyi yalnız mamul mal üretimindeki artışla açıklamaz. Tarım ile imalat arasındaki karşılıklı ilişkiye özellikle önem verir. İmalatın gelişmesi tarımsal ürünler için daha geniş ve düzenli bir iç pazar yaratırken, tarımsal üretimdeki artış da imalat mallarına yönelik talebi genişletir. Böylece her iki alandaki üretici güçler birbirini destekleyebilir (List, 1841/1909, s. 126). Bu nedenle List'te sanayileşme tarımın karşısına konulan ayrı bir gelişme yolu değildir; ulusal ekonominin farklı üretim alanları arasında daha yoğun bir işbölümü ve karşılıklı bağımlılık kurulması anlamına gelir.

Ülkeler arasındaki iktisadi farklılıklar, List'in gelişme aşamalarına ilişkin tasnifinde de önemli bir yer tutar. List iktisadi gelişimi ilkel durum, hayvancılık, tarım, tarım-imalat ve tarım-imalat-ticaret aşamaları üzerinden ele alır. Bu sıralama yalnız toplumların geçmişini sınıflandırmak için kullanılmaz; izlenecek ticaret politikasının da gelişme düzeyine göre değişebileceği düşüncesini destekler. Daha erken aşamalarda ileri ekonomilerle ticaret bilgi, mal ve üretim imkânlarının genişlemesine katkı sağlayabilir. Ancak kendi imalat kapasitesini oluşturmaya başlamış bir ülkenin, uzun süredir gelişmiş bir sınai yapıya sahip ülkeyle doğrudan rekabete açılması aynı sonucu doğurmayabilir. Bu nedenle koruma, List'in sisteminde her ülke ve her dönem için geçerli bir ilke değil, belirli bir gelişme aşamasında başvurulabilecek bir araçtır (List, 1841/1909, ss. 143–144).

Korumanın gerekçesi de yalnız ithalatı azaltmak değildir. List, koruyucu politika altında bazı malların başlangıçta daha pahalı olabileceğini ve bunun kısa dönemli değişim değerleri bakımından bir kayıp anlamına gelebileceğini kabul eder. Ancak bu kayıp gelecekte daha büyük bir üretme kapasitesi yaratıyorsa, yalnız bugünkü fiyat üzerinden değerlendirilemez (List, 1841/1909, s. 117). Örneğin daha ucuz bir ithal malı satın almak kısa dönemde tüketici açısından avantajlı olabilir; fakat bu tercih sürekli olarak yerli teknik becerinin, imalat kapasitesinin ve üretim bağlantılarının gelişmesini engelliyorsa millî ekonomi bakımından aynı sonucu vermeyebilir. Bu örnek, List'in kısa dönemli değişim değeri ile uzun dönemli üretici güç arasında kurduğu ayrımı açıkça gösterir.

Bununla birlikte List korumayı koşulsuzlaştırmaz. Ülkenin nüfusu, doğal kaynakları, tarımsal gelişmişliği, siyasal yapısı ve ulaşmış olduğu genel gelişme düzeyi, böyle bir politikanın uygulanabilirliğini belirleyen unsurlar arasındadır (List, 1841/1909, s. 247). Kendi imalat kapasitesini geliştirecek maddi ve toplumsal zemine sahip olmayan her ülkenin yalnız gümrük duvarları yoluyla sanayileşebileceğini ileri sürmez. Korumanın gerekçesi, dış rekabetten sürekli kaçınmak değil, rekabet edebilecek üretici güçlerin oluşmasına imkân vermektir.

List'in koruma anlayışı daha sonraki literatürde "bebek" ya da "genç sanayi" teziyle ilişkilendirilmiştir. İngilizce literatürde *infant industry argument*, Almanca literatürde ise *Erziehungszollargument* olarak anılan bu görüş, sanayileşmeye daha geç başlayan ülkelerde yeni gelişen imalat faaliyetlerinin, uzun süredir üretim deneyimi ve teknik birikim kazanmış yabancı rakiplerle başlangıçtan itibaren aynı koşullarda rekabet edemeyebileceği düşüncesine dayanır (Kibritçioğlu, 1996). Burada kastedilen, yalnızca bir üretim dalının yakın zamanda kurulmuş olması değildir; üretim bilgisinin, teknik becerinin, deneyimin ve gerekli üretim bağlantılarının henüz yeterince gelişmemiş olmasıdır. List'e göre yeni gelişen imalat faaliyetleri başlangıçta daha yüksek maliyetlerle üretim yapabilir; ancak uygulama, deneyim ve iç rekabet yoluyla zaman içinde yabancı üreticilerle rekabet edebilecek bir kapasiteye ulaşabilir. Korumanın gerekçesi de bu geçiş sürecine imkân tanımaktır. Dolayısıyla amaç yerli üretimi dış rekabetten süresiz biçimde yalıtmak değil, üretici güçlerin gelişmesini sağlayacak koşullar oluşuncaya kadar yeni gelişen imalat faaliyetlerine belirli bir süre alan açmaktır. Bu anlamda koruma, List'in sisteminde kendi başına bir amaç değil, millî üretici güçlerin geliştirilmesine hizmet eden geçici bir politika aracıdır.

Bu nedenle bebek sanayi tezi List'in düşüncesinin tamamıyla özdeşleştirilmemelidir. Koruyucu gümrük, daha geniş bir üretici güçler anlayışının araçlarından yalnız biridir. List açısından sanayileşme; üretim alanları arasındaki bağlantıların güçlenmesini, teknik bilgi ve becerilerin yayılmasını, ulaştırmanın gelişmesini ve üretici kapasiteyi destekleyen kurumların oluşmasını da içerir. Ho'nun gösterdiği gibi List'in yaklaşımı bu yönüyle daha sonra yaygınlaşan dar bebek sanayi formülasyonlarından ayrılır; yalnız gümrük vergilerine değil, üretim bağlantılarının geliştirilmesine, teknoloji edinimine ve ticaret dışı politika araçlarına da yer verir (Ho, 2013).

List, bu görüşünü İngiltere'nin sanayileşme ve ticaret politikası deneyimi üzerinden de temellendirir. List'e göre İngiltere imalat ve denizcilik gücünü geliştirirken koruyucu düzenlemelerden ve ticari kısıtlamalardan yararlanmış, bu üstünlüğü kurduktan sonra ise başka ülkelere serbest ticareti tavsiye etmeye başlamıştır. Bunu, zirveye ulaşan birinin başkalarının aynı yolu izleyememesi için kullandığı merdiveni geriye itmesine benzetir (List, 1841/1909, ss. 295–296). Bu anlatıyı İngiltere'nin sanayileşmesinin eksiksiz bir tarihsel açıklaması olarak değil, List'in serbest ticaretin farklı gelişme düzeylerindeki ülkeler açısından aynı sonucu vermeyebileceği yönündeki görüşünü desteklemek için kullandığı tarihsel bir argüman olarak değerlendirmek gerekir.

Üretici güçler, sanayileşme ve ticaret politikası List'in düşüncesinde bu şekilde birbirine bağlanır. Kısa dönemde ucuz mal sağlayan bir politika, uzun dönemde ülkenin üretim kapasitesini zayıflatıyorsa millî ekonomi açısından aynı ölçüde yararlı olmayabilir; tersine, kısa dönemde maliyet doğuran bir politika gelecekte üretici güçleri geliştiriyorsa farklı bir anlam kazanabilir. Serbest ticaret ile koruma arasındaki tercih de bu yüzden değişmez bir ilkeye değil, ülkenin üretim yapısına ve gelişme düzeyine bağlıdır. List'in yaklaşımını bu çalışma açısından önemli kılan nokta, genel iktisadi bilgiyi reddetmesi değil, bu bilgiden hareketle geliştirilen politika önerilerinin farklı tarihsel ve iktisadi koşullarda aynı sonuçları vermeyebileceğini göstermeye çalışmasıdır.

Benzer bir politika sorunu, Osmanlı İmparatorluğu'nda farklı tarihsel ve iktisadi koşullar içinde şekillendi. Bu nedenle Millî İktisat arayışını List'in kavramlarının Osmanlı iktisadi gelişmesine

doğrudan uygulanması olarak değil, kendi iktisadi ve siyasal koşulları içinde değerlendirmek gerekir.

4. OSMANLI'DA MİLLÎ İKTİSAT ARAYIŞININ TARİHSEL ZEMİNİ

Osmanlı ekonomisinin Avrupa ve dünya piyasalarıyla ilişkileri on dokuzuncu yüzyılda belirgin biçimde genişledi. Dış ticaretteki artış, Avrupa sanayisinin mamul mal rekabeti, bazı bölgelerde ihracata yönelik tarımsal üretimin gelişmesi ve devlet maliyesinde ağırlaşan sorunlarla birlikte ilerledi. Bu değişimlerin sonuçları imparatorluğun her bölgesinde ve her üretim dalında aynı olmadı. Yerli üretimin hangi araçlarla geliştirilebileceği, sermaye birikiminin nasıl sağlanacağı ve devletin dış ticaret ile sanayi politikası üzerinde ne ölçüde hareket alanına sahip olduğu, yüzyıl ilerledikçe daha görünür meseleler hâline geldi.

16 Ağustos 1838'de İngiltere ile imzalanan Baltalimanı Ticaret Antlaşması bu uzun dönüşümün önemli uğraklarından biriydi. Antlaşma, İngiliz tüccarların Osmanlı ürünlerini ülkenin farklı bölgelerinden satın alma imkânlarını genişletiyor; tarımsal ürünler ve başka mallar üzerindeki *yed-i vâhid* uygulamalarını —belirli malların alım ve satımının devlet tarafından tek elde toplanmasını öngören tekel düzenlemelerini— kaldırıyordu. Malların bir yerden başka bir yere taşınmasında kullanılan bazı izinler de kaldırıldı. Dış gümrük resmi %3 olarak korunurken, ihraç edilecek Osmanlı mallarının ülke içinden iskeleye getirilmesinde daha önce farklı adlarla alınan resimlerin yerine %9 oranında tek bir resim getirildi. İthal mallar ülke içine götürüldüğünde ise %3'lük gümrük resmine ek olarak %2 daha alınması öngörüldü (Kütükoğlu, 1992, s. 39).

Antlaşmayla ortaya çıkan ticaret rejimi yalnız İngiltere ile sınırlı kalmadı. Fransa 25 Kasım 1838'de aynı esaslara dayanan bir antlaşma imzaladı; sonraki yıllarda Hansa şehirleri, Sardunya, İsveç-Norveç, İspanya, Hollanda, Belçika, Zollverein devletleri, Danimarka ve Portekiz ile de benzer düzenlemelere gidildi (Kütükoğlu, 1992, s. 40). Bununla birlikte Osmanlı ekonomisinin dünya piyasalarıyla bütünleşmesini 1838'de başlatmak veya daha sonraki iktisadi sorunları tek başına Baltalimanı Antlaşması'nın sonucu saymak güçtür. Dış ticaret antlaşmadan önce de gelişmekteydi. Yed-i vâhid uygulamalarının önemli bir bölümü de modern anlamda yerli sanayiyi yabancı rekabetten korumaktan çok belirli malların ticaretini denetleme, üreticinin aracılar karşısındaki konumunu düzenleme ve hazineye gelir sağlama amaçlarıyla bağlantılıydı (Kütükoğlu, 1992, ss. 38–39).

Dış ticaretteki genişlemenin üretim üzerindeki etkileri de tek yönlü değildi. Avrupa'daki fabrika üretiminin verimlilik artışı ve mamul mal rekabeti karşısında geleneksel imalatın bazı kolları dış ve iç pazarlarda önemli kayıplar yaşadı. Pamuk ve Williamson, on dokuzuncu yüzyıl ortasına gelindiğinde Osmanlı İmparatorluğu'nun çekirdek bölgeleri, Doğu Akdeniz (Levant) ve Mısır'daki geleneksel imalatın ihracat pazarının büyük bölümünü ve iç pazarının önemli bir kısmını kaybetmesini Osmanlı sanayisizleşmesinin başlıca göstergelerinden biri olarak ele almaktadır (Pamuk & Williamson, 2011, s. 159).

Burada "sanayisizleşme" ile bütün Osmanlı imalatının ortadan kalktığı bir süreç kastedilmemektedir. Kavram, özellikle geleneksel imalatın belirli kollarının Avrupa'nın daha yüksek verimlilikle çalışan fabrika üretimi karşısında pazar ve rekabet gücü kaybetmesini anlatır. Bu ayrım önemlidir; çünkü Osmanlı iktisadi yapısındaki sorun yalnız daha önce var olan üretimin daralması değildi. Yeni bir sınai kapasitenin hangi sermaye, girişimcilik, bilgi, kurum ve politika araçlarıyla oluşturulabileceği de Millî İktisat tartışmasının temel meselelerinden biri hâline geldi.

Yüzyılın ikinci yarısında mali sorunlar da ağırlaştı. Osmanlı Devleti'nin yürürlüğe giren ilk dış borç anlaşması 24 Ağustos 1854'te Kırım Savaşı sırasında imzalandı. 1854–1874 arasında on beş dış borç anlaşması yapıldı. Tahvillerin nominal değerlerinin altında satılması ve çeşitli

komisyonlar nedeniyle devletin üstlendiği borcun tamamı hazineye ulaşmıyordu. Bu dönemde sağlanan dış borçların yalnız %7,8'i Rumeli demiryoluna ayrılırken önemli bir bölümü bütçe açıklarının kapatılması, önceki borçların ödenmesi ve cari harcamalar için kullanıldı (Küçük & Ertüzün, 1994, s. 58).

Borç servisinin ağırlaşması 1875'te ödeme krizine dönüştü. 6 Ekim 1875 tarihli düzenlemeyle borç taksitlerinin yarısının nakden ödenmesi, kalan bölümünün ise yeni tahvillerle karşılanması öngörüldü; Nisan 1876'da ödemeler tamamen durduruldu (Küçük & Ertüzün, 1994, ss. 58–59). Alacaklılarla yürütülen görüşmelerin ardından 20 Aralık 1881 tarihli Muharrem Kararnamesi ile borçların önemli bir bölümü yeniden düzenlendi. İngiliz, Fransız, Alman, Avusturyalı, İtalyan, Hollandalı ve Osmanlı alacaklılarını temsil eden üyelerden oluşan *Düyûn-ı Umûmiyye-i Osmâniyye İdare Meclisi* (Osmanlı Genel Borçlar İdaresi), borçların ödenmesini belirli gelir kaynaklarına bağlayan bu düzenlemenin ardından kuruldu (Küçük & Ertüzün, 1994, ss. 59–60).

Düyûn-ı Umûmiyye yalnız devletin borç hesaplarını izleyen bir kurul değildi. Borçların ödenmesi için belirli kamu gelirlerinin yönetiminde doğrudan yetki sahibiydi. Bunlar arasında *rüsûm-ı sitte* (alkollü içkiler, damga, İstanbul ve çevresindeki deniz ürünleri, belirli bölgelerde ipek öşrü, tömbeki ve tütün gelirlerinden oluşan altı gelir kalemi) ile bazı gümrük, temettü ve bölgesel vergi gelirleri bulunuyordu (Küçük & Ertüzün, 1994, s. 60). Devletin belirli gelirlerinin borç servisinin yönetimine bağlanması, hükümetin bu kaynaklar üzerindeki mali hareket alanını daraltıyordu. Bununla birlikte 1870'lerdeki borç krizini Baltalimanı Antlaşması'ndan başlayan tek bir dışa bağımlılık zincirinin kaçınılmaz sonucu gibi okumak doğru olmaz. Savaş harcamaları, kronik bütçe açıkları, önceki borçların yeni borçlarla çevrilmesi ve dış borçlanmanın mali koşulları da krizin oluşumunda rol oynadı.

II. Meşrutiyet'in ilanından sonra bu sorunlara verilen cevaplar tek bir iktisadi çizgide birleşmedi. Dönemin Maliye Nazırlığı görevini de üstlenen Mehmed Cavid Bey, serbest mübadeleyi (serbest ticareti) savunan liberal iktisadi çizginin önde gelen isimlerinden biriydi. Cavid, *İktisat İlmi* adlı eserinde himaye usulünü (korumacılığı) tartışırken, dış rekabetin gümrüklerle sınırlandırılmasının rekabet baskısını azaltabileceğini, fiyatları yükseltebileceğini ve verimli olmayan üretim alanlarının yapay biçimde ayakta tutulmasına yol açabileceğini ileri sürüyordu (Mehmed Cavid Bey, 2001, ss. 273–274). Bu görüşler, II. Meşrutiyet sonrasındaki iktisadi tartışmanın başlangıçtan itibaren yekpare bir Millî İktisat programından oluşmadığını gösterir. Nitekim Gökalp ile Cavid Bey'in iktisadi yaklaşımlarını karşılaştıran Dinçaslan (2012, ss. 85–86) da iki düşünürün devlet müdahalesi ve korumacılık konularındaki ayrışmalarını ele almaktadır.

Balkan Savaşları sonrasında iktisadi milliyetçilik, yalnız ticaret politikasıyla sınırlı kalmayıp toplumsal ve girişimci tabanın yeniden şekillendirilmesi meselesine de yöneldi. 1913–1914 yıllarındaki boykot hareketleri, yalnız belirli malların satın alınmamasına ilişkin tüketici tercihleri değildi; Müslüman-Türk tüccar ve girişimcilerin desteklenmesi, "millî şirketler" kurulması ve ticari faaliyette Müslüman unsurun payının artırılması yönündeki daha geniş bir iktisadi milliyetçilikle bağlantılıydı (Akkuş, 2008, s. 130). Millî İktisat tartışması bu noktada yalnız hangi malların hangi gümrük tarifesiyle korunacağı meselesini aşarak sermayenin kimlerin elinde birikeceği ve girişimci tabanın nasıl genişletileceği sorularını da içine aldı.

Sanayinin teşviki bu arayışın daha somut bir alanını oluşturuyordu. Ticaret ve Nafia Nezareti 1909 ve 1910 yıllarında sanayinin teşvikine ilişkin tasarılar hazırladı; 1913'te ise *Teşvik-i Sanayi Kanun-ı Muvakkatı* (Geçici Sanayi Teşvik Kanunu) yürürlüğe girdi (Ökçün, 1974, s. 26). Kanundan yararlanabilmek için işletmelerin belirli asgari büyüklük ve üretim koşullarını karşılaması gerekiyordu. Dolayısıyla düzenleme, bütün zanaatkârları ve küçük üreticileri kapsayan genel bir destek programı değildi (Ökçün, 1974, ss. 27–28).

Kanunun sağladığı teşvikler yalnız ithal mallara karşı gümrük korumasından ibaret değildi. Fabrikanın kurulacağı yer boş *miri arazi* (devlete ait arazi) ise, belirli koşullarla en fazla beş dönüm arazinin ücretsiz tahsisi mümkündü. Fabrika binaları ve bunlarla bağlantılı bazı araziler çeşitli vergi ve resimlerden de muaf tutuluyordu (Ökçün, 1974, ss. 30–32). Kuruluş veya genişleme için gerekli makine, araç ve gereçlerin, Osmanlı ülkesinde yeterli miktarda üretilmemeleri şartıyla gümrüksüz ithaline izin veriliyor; ülkede yeterince bulunmayan bazı hammaddeler için de benzer muafiyetler tanınıyordu (Ökçün, 1974, ss. 32–33). Bu araçlar, sanayi politikasının yalnız nihai mal ithalatını sınırlamakla değil, üretim için gerekli sermaye mallarının ve girdilerin teminiyle de ilgili olduğunu gösteriyordu.

1913 düzenlemesini Osmanlı sanayi teşvikinin başlangıç noktası saymak ise tarihsel sürekliliği gözden kaçırır. Fabrikalar için gerekli makinelerin gümrüksüz ithali gibi kolaylıklar daha önce de uygulanmış; Ökçün bu politikanın 1860'lara kadar uzandığını ve 1873'te daha genel biçimde ilan edildiğini göstermiştir (Ökçün, 1974, s. 32). 1913 Kanunu'nun önemi, sanayiyi destekleme fikrinin ilk kez ortaya çıkmasından çok, daha önce farklı biçimlerde kullanılan teşvik araçlarının daha sistemli bir hukuki düzenleme içinde bir araya getirilmesinde aranmalıdır.

Birinci Dünya Savaşı, Osmanlı iktisat politikasındaki millîleşme arayışlarını olağanüstü savaş koşulları içinde hızlandırdı. Bu dönemin önemli adımlarından biri kapitülasyonların —yabancı devletlerin tebaasına Osmanlı ülkesinde tanınan adli, mali, idari ve iktisadi ayrıcalıkların— tek taraflı olarak kaldırılmasıydı. İttihat ve Terakki Hükümeti 8 Eylül 1914'te ilga kararını aldı; karar aynı gün Sultan V. Mehmed Reşad tarafından onaylandı. Kapitülasyonların kaldırılmasının 1 Ekim 1914'ten itibaren yürürlüğe girmesi öngörülmüştü (Külünk, 2006, ss. 31–35). Bu adım, Osmanlı Devleti'nin yabancılara tanınmış ayrıcalıkların sınırladığı hukuki ve iktisadi hareket alanını genişletme arayışının önemli bir parçasıydı. Bununla birlikte savaş yıllarında devletin iktisadi hayata artan müdahalesi yalnız Millî İktisat düşüncesinin gelişimiyle açıklanamaz. Savaşın yarattığı tedarik, ulaştırma, iaşe ve finansman sorunları da iktisadi politikanın yönünü belirleyen koşullar arasında yer aldı. Bu nedenle dönemin iktisadi müdahalelerini, Millî İktisat düşüncesi ile savaşın ortaya çıkardığı olağanüstü ihtiyaçların kesiştiği bir tarihsel bağlam içinde değerlendirmek daha uygundur.

Millî finans kurumu oluşturma girişimlerinin en belirgin örneklerinden biri 1917'de kurulan Osmanlı İtibar-ı Millî Bankası'ydı. Bankanın nizamnamesinde Biga Mebusu Cavid Bey, İstanbul Mebusu Hüseyin Cahid Bey ve tüccar Tevfik Bey kurucular arasında sayılıyor; merkezinin İstanbul olması ve faaliyet süresinin otuz yıl olması öngörülüyordu. Sermayesi, onar Osmanlı liralık dört yüz bin hisseye bölünmüş dört milyon Osmanlı lirası olarak belirlenmişti. Hisselerin nama yazılı olması ve Osmanlı vatandaşlarına ait bulunması da nizamnamede açıkça düzenlenmişti (Şengül, 2021, s. 173). Bankanın görevleri yalnız mevduat ve kredi işlemleriyle sınırlı değildi; demiryolu, yol, köprü, liman, tarım, ticaret ve sanayinin gelişmesine hizmet edecek millî şirket ve girişimlere sermaye yoluyla destek olabilmesi de öngörülüyordu (Şengül, 2021, s. 174).

Cavid Bey'in böyle bir kuruluşun kurucuları arasında bulunması özellikle dikkat çekicidir. Serbest mübadele yanlısı olması, millî sermayeye dayanan bir finans kuruluşunu gereksiz gördüğü anlamına gelmiyordu. Bu örnek, dönemin iktisadi tartışmasını "önce liberalizm, ardından onun bütünüyle yerini alan Millî İktisat" biçiminde iki kapalı evreye ayırmayı güçleştirir. Ayrışma, devletin iktisadi hayatta hiçbir rol üstlenip üstlenmemesi gibi basit bir karşıtlıktan çok, hangi araçların hangi koşullarda kullanılacağı konusunda ortaya çıkıyordu.

Ziya Gökalp'in Millî İktisat üzerine yazıları bu tarihsel ortam içinde şekillendi. Karşısındaki sorun yalnız serbest ticaret ile koruma arasında bir tercih yapmak değildi. Osmanlı'nın dış ticaret rejimi, bazı imalat kollarındaki rekabet kayıpları, dış borçların devletin mali hareket alanına getirdiği sınırlamalar, yerli sermaye ve girişimci oluşturma arayışları, sanayi teşvikleri

ve savaş koşullarındaki müdahaleler, iktisat politikasının mevcut tarihsel ve toplumsal yapıdan bağımsız biçimde belirlenip belirlenemeyeceği sorusunu somutlaştırıyordu. Gökalp'in "iktisat ilmi" ile "iktisat sanatı" arasında kurduğu ayrım da bu tarihsel zemin içinde anlam kazanır.

5. ZİYA GÖKALP'TE İKTİSAT İLMİ, İKTİSAT SANATI VE MİLLÎ İKTİSAT

Gökalp'in Millî İktisat anlayışının temelinde, iktisadi olayların bilimsel olarak incelenmesi ile bu bilgiden hareketle izlenecek iktisadi yol arasında yaptığı ayrım yer alır. 1916'da *İktisadiyat Mecmuası*'nda yayımlanan "Millet Nedir, Millî İktisat Neden İbarettir?" başlıklı yazısının ikinci kısmında bu ayrımı "iktisat ilmi" ve "iktisat sanatı" kavramlarıyla ifade eder. "İktisat ilmi" (*science économique*, iktisat bilimi), farklı kavimlerde ortaya çıkan iktisadi hadiselerin nesnel biçimde incelenmesi ve sınıflandırılması yoluyla tabi oldukları kanunların belirlenmesiyle ilgilidir. "İktisat sanatı" (*art économique*, iktisadi uygulama sanatı) ise iktisat ilminin ortaya koyduğu bilgilerden yararlanarak kavimlerin iktisadi hayatının düzenlenmesini veya geliştirilmesini konu edinir (Gökalp, 1916a, s. 1).

Gökalp'in iktisat ilmi ile iktisat sanatı arasında yaptığı ayrım, Millî İktisat anlayışının her millet için birbirinden bağımsız iktisadi kanunlar öngördüğü biçiminde yorumlanmasını güçleştirir. Gökalp aile iktisadı, şehir iktisadı ve millî iktisadı iktisadi hayatın farklı gelişme biçimleri olarak sıralar. Aile iktisadında üretim ve tüketim esas olarak aile çevresinde gerçekleşirken, şehir iktisadında ilişkilerin alanı genişler; millî iktisatta ise üretim ve tüketim millet ölçeğinde birbirine bağlanır (Gökalp, 1981, ss. 77–79). İktisat sanatı söz konusu olduğunda mesele, belirli bir toplumun mevcut iktisadi yapısının hangi araçlarla geliştirilebileceğidir. Gökalp burada iktisat ilminin sağladığı bilgilerin uygulamaya yol göstermesini bekler (Gökalp, 1981, ss. 79–80; Tütengil, 1965, s. 128).

"Millî İktisat Nasıl Vücuda Gelir?" başlıklı yazıda Gökalp, bu ayrımı "şe'niyet-i iktisadiyye" (réalité économique, iktisadi gerçeklik) kavramı üzerinden geliştirir. "Şe'niyet", olması arzu edilen veya teorik olarak tasarlanan bir düzeni değil, fiilen mevcut olan ve araştırılması gereken gerçekliği ifade eder. İktisadi gerçeklik de yalnız fiyat, üretim miktarı veya ticaret hacminden ibaret değildir. Üretimde kullanılan teknikler, üretimin örgütlenme biçimleri ve bunların içinde işlediği hukukî kurumlar da bu gerçekliğin parçalarıdır (Gökalp, 1981, ss. 81–83).

Gökalp'in verdiği örnekler bu kavramı somutlaştırır. Ev içinde tezgâhla gerçekleştirilen üretim ile makinelerin ve daha gelişmiş teknik araçların kullanıldığı fabrika üretimi aynı "şekl-i istihsal"i (üretim biçimini) temsil etmez. İktisadi yapı yalnız üretim tekniğindeki farklılıklarla da açıklanamaz. Mülkiyet ve başka hukukî düzenlemeler, üretimin ve mübadelenin gerçekleştiği ortamı değiştirir. Millî iktisadın araştırılması bu teknik ve hukukî biçimlerin belirlenmesini, birbirleriyle ilişkilerinin incelenmesini ve başka toplumlarda görülen yapılarla karşılaştırılmasını gerektirir (Gökalp, 1981, ss. 82–83). Tütengil'in Gökalp'in yaklaşımını "mukayeseli iktisat" (karşılaştırmalı iktisat) açısından değerlendirmesi de buradan kaynaklanır: karşılaştırmanın amacı yabancı bir modeli aynen almak değil, ülkenin kendi iktisadi yapısının özelliklerini ve eksikliklerini belirlemektir (Tütengil, 1965, ss. 128–129).

Gökalp'in "klasik ilm-i iktisat"a yönelttiği eleştiri de bu bağlamda anlaşılmalıdır. Türkiye'nin iktisadi gerçekliğinin, önceden doğru kabul edilmiş bir teorik şemadan hareketle araştırılmasına karşı çıkar. Aynı toplum içinde aşiret hayatıyla şehir hayatında farklı iktisadi yapıların bulunabileceğini belirtmesi, birbirinden farklı toplumsal örgütlenme biçimlerinin aynı iktisadi varsayımlarla açıklanamayacağı düşüncesine dayanır (Gökalp, 1981, s. 85). Buradaki itiraz iktisat biliminin genel bilgi üretmesine değil, somut iktisadi yapı araştırılmadan genel bir teorinin doğrudan politika programına dönüştürülmesine yöneliktir.

Gökalp açısından mevcut yapının bilinmesi de tek başına yeterli değildir. Bugünkü iktisadi kurumların hangi süreçlerden geçerek oluştuğunun anlaşılabilmesi için ülkenin ve milletin

geçmişinin araştırılması gerekir. Gelecekte "ne olması gerektiği"ne ilişkin bir programın, geçmiş ve mevcut iktisadi durum incelenmeden hazırlanmasını *a priori* (önsel; olgusal incelemeden önce kurulan) bir yaklaşım olarak değerlendirir. Buna karşılık *a posteriori* (olguların incelenmesinden sonra ulaşılan) bilgi, gözlem ve araştırmadan hareket eder. Gökalp'in sıralaması açıktır: önce geçmiş ve mevcut "şe'niyet" ortaya konulmalı, geleceğe ilişkin iktisadi program bundan sonra tartışılmalıdır (Gökalp, 1981, ss. 85–86).

Millî İktisat'ın kapsamı yalnız araştırma yöntemiyle sınırlı değildir. Gökalp millî iktisadın kendi içinde iki devresinden söz eder. İlk devrede millî üretimin millî tüketime karşılık verebilecek ölçüde gelişmesi ve milletin ihtiyaçlarını karşılayabilecek bir üretim kapasitesine ulaşması öne çıkar. İkinci devrede ise mesele yalnız üretimin artırılması değildir; servetin daha adil dağılımı ve milletin bütün fertlerinin medeniyetin imkânlarından yararlanabilmesi gerekir (Gökalp, 1981, ss. 79–80).

Bu pasaj, daha sonraki anlamıyla bir "otarşi" savunusu olarak okunmamalıdır. Gökalp söz konusu pasajda millî üretimin millî ihtiyaçlarla daha güçlü bir karşılık kurmasını istemektedir; dış ticaretin tamamen ortadan kaldırılması gerektiğini açıkça savunmaz. Bölüşümün ikinci devrenin ayrıca konusu hâline gelmesi de Millî İktisat'ın yalnız sanayi kurmak veya üretim miktarını artırmakla sınırlı olmadığını gösterir.

İktisadi yapının farklı unsurlarını birbirine bağlayan kavramlardan biri "tesanüt"tür. "Türklerde Millî İktisat Devreleri"nde Gökalp millî iktisadı, iktisadi müesseselerin "umumî bir tesanüt" meydana getirecek biçimde birbirleriyle bağlantılı olmasıyla ilişkilendirir (Gökalp, 1981, s. 94). *Tesanüt* (dayanışma), burada yalnız ahlaki bir birlik duygusunu ifade etmez. İşbölümü içinde farklı görevler üstlenen ekonomik kurumların ve toplumsal grupların birbirlerinden kopuk kalmayıp karşılıklı bağımlılık ilişkileri kurmaları söz konusudur.

Bu yaklaşım Gökalp'in daha geniş sosyolojik düşüncesindeki solidarist çizgiyle ilişkilidir. *Solidarizm* (dayanışmacılık), toplumu yalnız birbirinden bağımsız bireylerin veya birbirleriyle çatışan sınıfların toplamı olarak değil, işbölümü nedeniyle karşılıklı bağımlılık içindeki toplumsal unsurların bütünü olarak ele alan düşünce çizgisidir. Sağlam, Gökalp'in meslek grupları, toplumsal işbölümü ve tesanüt arasında kurduğu bağlantıyı Fransız solidarizmiyle birlikte değerlendirmektedir (Sağlam, 2004, ss. 75–76). Önsoy ise Gökalp'in iktisadi düşüncesinde Alman millî ekonomi yaklaşımı ile Fransız solidarizminin farklı kanallardan etkili olduğunu belirtir (Önsoy, 1982, ss. 355–356). Bununla birlikte bu iki düşünsel hattı birbirine indirgememek gerekir. Dayanışma ve bölüşüm sorunlarıyla sanayileşme ve dış ticaret politikası aynı tartışmada buluşsa da Gökalp'in bütün iktisadi düşüncesini tek bir kaynağa bağlamak mümkün değildir.

Serbest ticaret meselesi 1918 tarihli "İktisadî Vatanperverlik"te doğrudan gündeme gelir. Gökalp'in "Manchester iktisadı" olarak adlandırdığı yaklaşım, on dokuzuncu yüzyıl İngiltere'sinde özellikle Richard Cobden ve John Bright ile özdeşleşen *Manchester School* (Manchester Okulu) çevresinin serbest ticaretçi çizgisini ifade eder. Bu çevrenin en görünür mücadelelerinden biri, tahıl ithalatını koruyucu biçimde düzenleyen *Corn Laws*'un (Tahıl Yasaları) kaldırılmasıydı. Cobden ve Bright, bu amaçla örgütlenen Anti-Corn Law League'in (Tahıl Yasalarına Karşı Birlik) önde gelen isimleri arasında yer aldı (Hirst, 1903, ss. 139, 221)[3].

[3]Corn Laws (Tahıl Yasaları), Britanya'da yerli tahıl üreticilerini dış rekabete karşı korumaya yönelik ithalat vergileri ve sınırlamalarından oluşan düzenlemelerdi. Napolyon Savaşları sonrasında korumacı niteliği güçlenen bu sistem, tahıl ithalatını iç piyasa fiyatları ve gümrük düzenlemeleri aracılığıyla sınırlandırıyordu. 1830'ların sonlarında Manchester merkezli olarak gelişen Anti-Corn Law League (Tahıl Yasalarına Karşı Birlik), bu korumacı düzenlemelerin kaldırılmasını ve tahıl ticaretinin serbestleştirilmesini savunan örgütlü bir parlamento dışı siyasal hareketti. İngiliz sanayici, siyasetçi ve serbest ticaret savunucusu Richard Cobden, League'in önde gelen liderlerinden biri olarak hareketin kamuoyu kampanyalarında merkezi bir rol üstlendi; John Bright da İngiliz

Gökalp'in eleştirisi serbest ticaretin her durumda yanlış olduğu iddiasına indirgenemez. Sorun, İngiltere'nin belirli tarihsel ve sınai koşullarında işleyen bir politikanın "kozmopolit", yani bütün milletler bakımından aynı biçimde geçerli bir iktisadi sistem gibi sunulmasıdır. İngiltere'nin gelişmiş sanayisi ve serbest mübadeleden yararlanabilecek üretim kapasitesi ile henüz aynı sınai yapıya ulaşmamış ülkelerin koşullarını birbirinden ayırır. John Rae ile Friedrich List'i bu tartışma içinde birlikte anar ve onları Manchester iktisadının evrensellik iddiasına karşı millî iktisat düşüncesini geliştiren isimler arasında gösterir (Gökalp, 1918a, ss. 322–323). Önsoy, bu pasajı Gökalp'in İngiliz serbest ticaret sistemini İngiltere'nin özgül sınai koşullarıyla ilişkilendirdiği temel metinlerden biri olarak değerlendirir (Önsoy, 1982, ss. 360–361). Demir de aynı metinde Manchester iktisadı eleştirisi ile Rae–List göndermesinin birlikte işlediğine dikkat çeker (Demir, 2024, s. 295).

İskoçya doğumlu Rae (1796–1872), yaşamının önemli bölümünü Kuzey Amerika'da geçirmiş bir iktisatçıdır. Gökalp onu kendi yazısında "Amerikalı John Rae" olarak adlandırır. Rae'nin 1834'te yayımlanan *Statement of Some New Principles on the Subject of Political Economy* (*Politik İktisat Konusunda Bazı Yeni İlkeler Üzerine Açıklama*) adlı eseri, Adam Smith'in bazı kabulleriyle serbest ticaret öğretisinin belirli sonuçlarını eleştiren bir çalışmadır (Rae, 1834). Gökalp'in Rae ile List'i aynı bağlamda kullanması, serbest ticaretin farklı gelişme düzeylerindeki toplumlarda aynı sonucu verip vermeyeceği meselesini tartışırken başvurduğu açık düşünsel referansları göstermektedir. Bu göndermeler, List'in Gökalp açısından doğrudan bir düşünsel referans olduğunu gösterir; ancak iki düşünür arasındaki ilişkinin kapsamı ve sınırları ayrıca değerlendirilmelidir.

İngiltere ile Türkiye arasındaki iktisadi koşul farkı, 1922 tarihli "İktisadî Mucize"de daha somut bir politika meselesine dönüşür. Gökalp İngiltere'de kömür ve demir kaynaklarının, büyük sanayinin ve deniz ticaretinin gelişmiş olduğunu belirtirken Türkiye için farklı bir tablo çizer. "Ferdî teşebbüs"ün (bireysel/özel girişimin) zayıf olduğunu, şirket kurma kapasitesinin sınırlı kaldığını ve büyük sanayinin gerektirdiği teknik bilginin yeterince gelişmediğini ileri sürer (Gökalp, 1922, ss. 1–2). Bu değerlendirmeler, Türkiye'nin iktisadi yapısına ilişkin bağımsız tarihsel saptamalar olarak değil, Gökalp'in kendi politika önerisini temellendiren teşhisler olarak okunmalıdır.

Bu teşhisten hareketle büyük sanayinin yalnız özel kişi ve şirketlerin girişimine bırakılmasını yeterli görmez. Hükümetin, "vilâyet şûraları"nın (vilâyet düzeyindeki yerel yönetim organlarının) ve belediyelerin fabrika kuruluşuna öncülük etmesini önerir. Ancak kamusal girişimi kalıcı ve tek üretim biçimi olarak tasarlamaz. Kamu tarafından kurulan fabrikalara daha sonra özel kişiler veya şirketler talip olursa bunların devredilebileceğini, kamu kurumlarının ise yeni girişimlere yönelebileceğini belirtir (Gökalp, 1922, ss. 2–4). Önsoy, bu öneriyi Gökalp'in Türkiye'de özel girişimin sermaye, örgütlenme ve teknik bilgi bakımından henüz yeterince gelişmediği yönündeki değerlendirmesiyle ilişkilendirir (Önsoy, 1982, s. 363).

Gökalp'in burada önerdiği yapı basit bir devlet–piyasa karşıtlığına indirgenemez. 1923 tarihli "İktisadî Kongre" yazısında nahiyeleri, livaları ve devleti de iktisadi aktörler arasında sayar. Bunların özel teşebbüsle rekabet etmemek koşuluyla "reji" usulünden yararlanarak fertlerin ve şirketlerin girişemediği fabrikaları kurabileceklerini belirtir (Gökalp, 1923, ss. 13–14). Bu

---

siyasetçi ve serbest ticaret savunucusu olarak hareketin başlıca konuşmacı ve destekçileri arasında yer aldı. Tahıl Yasalarının kaldırılmasına ilişkin temel siyasal karar, Muhafazakâr siyasetçi ve dönemin başbakanı Sir Robert Peel'in hükümeti döneminde 1846'da alındı. Bununla birlikte ilga süreci yalnız League'in baskısına indirgenemez; Peel'in politika değişikliği ve Muhafazakâr Parti içindeki korumacılık–serbest ticaret çatışması da sürecin önemli parçalarıydı. Bu tarihsel arka plan, Gökalp'in "Manchester iktisadı" olarak adlandırdığı yaklaşımın yalnız soyut bir serbest ticaret öğretisini değil, sanayileşmiş Britanya'da tarımsal korumaya karşı gelişen örgütlü serbest ticaret hareketini de içeren daha geniş bir siyasal ve iktisadi bağlam içinde değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir (Morgan, 2009; Roberts, 2026).

yaklaşımda kamu girişiminin gerekçesi, özel mülkiyetin ilke olarak reddedilmesinden çok, mevcut sermaye, girişimcilik ve teknik kapasitenin yetersiz görülmesidir. Bununla birlikte kamu tarafından kurulan bazı fabrikaların daha sonra özel girişimcilere devredilebilmesi, Gökalp'in devletin üretici rolünü bütünüyle geçici kabul ettiği anlamına gelmez. Nitekim 1923 tarihli "İktisadî İnkılâp İçin Nasıl Çalışmalıyız?" yazısında kamu girişiminin farklı örgütlenme biçimlerini de tartışmaktadır (Parla, 1993, ss. 193–194). Dolayısıyla Gökalp'in önerileri, kamu ile özel girişim arasında değişmez bir tercih yapmaktan ziyade, Türkiye'de sanayileşmenin hangi kurumlar ve sermaye kaynakları aracılığıyla gerçekleştirilebileceği sorusuna yönelmektedir.

1923'te yayımlanan *Türkçülüğün Esasları*'nın "İktisadî Türkçülük" bölümü, önceki yıllarda geliştirdiği bu görüşleri daha derli toplu biçimde bir araya getirir. Gökalp Türkiye'nin yalnız tarımsal üretimle yetinmesini savunmaz; çiftçiliğin korunmasıyla birlikte büyük sanayinin geliştirilmesini çağdaş bir millet olmanın gerekleri arasında görür. Manchester iktisadını yeniden İngiltere'nin büyük sanayi ülkesi oluşuyla ilişkilendirir; John Rae ile Friedrich List'i de bu sistemin bütün milletler için geçerli genel ve milletlerarası bir iktisat sistemi olmadığını gösteren düşünürler olarak anar (Gökalp, 1923/1976, ss. 175–176).

Aynı bölümde Türkiye için hazırlanacak iktisat programının başlangıç noktası yine "iktisadî şe'niyet", yani ülkenin mevcut iktisadi gerçekliğidir. Türk iktisatçılarının önce bu gerçekliği araştırmaları, ardından elde edilen bilgilerden hareketle "ilmî ve esaslı" bir iktisat programı hazırlamaları gerektiğini savunur. "İktisat Vekâleti"ne (İktisat Bakanlığına) verdiği rol de ferdî iktisadi faaliyetin yerine geçmek değildir; bakanlığın bu faaliyetlerin başında genel bir düzenleyici ve yönlendirici olarak bulunmasını öngörür (Gökalp, 1923/1976, s. 176).

Gökalp'in "şe'niyet-i iktisadiyye" (iktisadi gerçeklik) kavramı, List'le kurulabilecek düşünsel yakınlığın niteliğini ve sınırlarını belirlemek bakımından önemlidir. Önceki bölümde görüldüğü üzere Gökalp, uygulanacak iktisadi programdan önce ülkenin mevcut üretim biçimlerinin, tekniklerinin, hukukî kurumlarının ve bunların tarihsel oluşumunun araştırılmasını gerekli görür (Gökalp, 1916a, s. 1; 1916b, ss. 1–3).

Gökalp'in bu yöntem anlayışı, Émile Durkheim'ın sosyolojik yaklaşımıyla da belirli bir yakınlık taşır. Sosyolojinin kendine özgü bir inceleme nesnesine ve yöntemine sahip ayrı bir bilimsel disiplin olarak kuruluşunun temel isimlerinden biri olan Fransız sosyolog Durkheim, sosyal olguların önceden kurulmuş fikirlerin doğrulanmasına yarayan örnekler olarak değil, araştırmanın hareket noktası olan veriler olarak ele alınmasını ister; *The Rules of Sociological Method (Sosyolojik Yöntemin Kuralları)* adlı eserinde bu yaklaşımı sosyal olguların "şeyler" olarak incelenmesi ilkesiyle formüle eder (Durkheim, 1895/1982, ss. 60–61, 69). Bununla birlikte, Gökalp'in "şe'niyet-i iktisadiyye" anlayışını doğrudan Durkheim'dan türetmek için bu metodolojik yakınlık tek başına yeterli değildir. Bu nedenle değerlendirmede, Gökalp'in 1923'te kendi metninde kurduğu bağlantı esas alınmalıdır.

Türkçülüğün Esasları'nda Gökalp, millî iktisadı "ilmî bir mektep" olarak nitelendirir ve Almanya'da bu mektebin kurucusu olarak Friedrich List'i gösterir. Ardından, Durkheim'a atfen List'in millî iktisat hakkındaki eserini "objektif usulde yazılmış, şe'niyete müstenit ilk iktisadiyat kitabı" olarak aktarır (Gökalp, 1923/1976, s. 74). Bu pasaj, Gökalp'in List'e yalnız serbest ticaret ve koruma politikası bağlamında başvurmadığını; List'i, kendi önem verdiği olgusal ve tarihsel iktisadi gerçeklik fikriyle de ilişkilendirdiğini göstermektedir. Ancak bu gönderme, Gökalp'in 1916'da geliştirdiği "şe'niyet-i iktisadiyye" yaklaşımını doğrudan List'ten türettiğini kanıtlamaz. Aynı pasajda millî iktisadiyat ilminin "millî mefkûre"den önce değil, sonra doğduğunu belirtmesi de 1916'daki iktisat ilmi–iktisat sanatı ayrımıyla birlikte değerlendirilmelidir (Gökalp, 1923/1976, s. 74). Gökalp'in millî iktisadı bir yandan bilimsel bir araştırma alanı olarak nitelendirirken diğer yandan millî bir düşünsel ve siyasal arayışın

ardından ortaya çıktığını belirtmesi, iktisadi bilginin bilimsel niteliği ile tarihsel olarak belirli bir toplumun sorunlarına yönelmesi arasındaki ilişkinin onun düşüncesinde bütünüyle sorunsuz olmadığını göstermektedir. Bu nedenle Gökalp'in yaklaşımını her millet için birbirinden bağımsız iktisat bilimleri öngören bir anlayışa indirgemek kadar, bilimsel araştırma ile millî amaçlar arasında hiçbir gerilim bulunmadığını varsaymak da doğru değildir.

"İktisat ilmi" ile "iktisat sanatı"nı ayıran ve uygulanacak programdan önce "şe'niyet-i iktisadiyye"nin araştırılmasını isteyen Gökalp, sonraki yazılarında bu yaklaşımı Türkiye'nin sanayileşme ve iktisadi örgütlenme sorunlarına taşır. Millî üretim kapasitesinin geliştirilmesi, servetin bölüşümü, iktisadi kurumlar arasındaki tesanüt ile özel ve kamusal girişimin konumu bu çerçevenin birbirinden ayrı olmayan parçalarıdır. Bu nedenle Gökalp'in Millî İktisat anlayışı yalnız koruma politikasına veya büyük sanayinin kurulmasına indirgenemez; mevcut iktisadi yapının araştırılması, üretim kapasitesinin geliştirilmesi, bölüşüm ve kurumsal örgütlenme aynı çerçevenin parçalarıdır.

6. FREIDRICH LIST'IN GÖKALP'İN MİLLÎ İKTİSAT DÜŞÜNCESİNDEKİ YERİ

List ile Gökalp arasındaki ilişkinin niteliğini belirlemek için Gökalp'in List'e yaptığı açık göndermeler ile karşılaştırma yoluyla kurulabilecek benzerlikleri birbirinden ayırmak gerekir. Gökalp'in List'e açıkça başvurması bu açıdan temel kanıttır. "İktisadî Vatanperverlik"te John Rae ile birlikte Friedrich List'i anar; aynı yıl yayımlanan "Türkçülük ve Türkiyecilik"te Almanya'nın iktisadi birliğini List'in girişimleri ve Zollverein'in kuruluşuyla ilişkilendirir; 1923'te yayımlanan *Türkçülüğün Esasları*'nın "İktisadî Türkçülük" bölümünde ise John Rae ile List'e yeniden döner (Gökalp, 1918a, s. 322; Gökalp, 1918b, s. 482; Gökalp, 1923/1976, ss. 175–176). List'in Gökalp'in Millî İktisat düşüncesindeki yeri ve daha geniş Osmanlı Millî İktisat literatüründeki yansımaları daha önce de incelenmiştir (Ünal, 2013). Dolayısıyla List, Gökalp'le yalnız sonradan kurulmuş bir karşılaştırmanın tarafı değildir. Ancak bu açık göndermeler, Gökalp'in Millî İktisat anlayışının bütün unsurlarını List'ten aldığı sonucunu da desteklemez.

"Türkçülük ve Türkiyecilik"teki gönderme, Gökalp'in List'e başvurusunun yalnız serbest ticaret tartışmasıyla sınırlı olmadığını göstermektedir. Gökalp, Almanya'nın millî birliğe ulaşmasını kültürel, iktisadi ve siyasi birlik aşamaları üzerinden anlatırken, iktisadi birlik safhasını Friedrich List'in girişimleri ve Zollverein'in oluşumuyla ilişkilendirir (Gökalp, 1918b, s. 482)[4]. Burada List, belirli bir ticaret politikasının savunucusundan çok, iktisadi bütünleşmenin millî birlik sürecindeki yerini temsil eden tarihsel bir aktör olarak kullanılmaktadır. Bu gönderme, Gökalp'in List'e farklı meseleler bağlamında başvurduğunu ortaya koyar; ancak tek başına List'in bütün iktisadi sisteminin Gökalp tarafından benimsendiğini göstermez.

Gökalp'in List'e yaptığı doğrudan göndermeler farklı bağlamlarda ortaya çıkmakla birlikte, iki düşünür arasındaki iktisadi yakınlığın en açık biçimde izlenebildiği alan Manchester iktisadının evrensellik iddiasına yöneltilen eleştiridir. Gökalp, "İktisadî Vatanperverlik"te ve daha sonra *Türkçülüğün Esasları*'nda, on dokuzuncu yüzyıl İngiltere'sinin serbest ticaretçi yaklaşımının bütün ülkeler için aynı biçimde geçerli bir model olarak sunulmasına itiraz eder. List'in klasik politik iktisadın "kozmopolit" karakterine yönelttiği eleştirinin merkezinde de benzer bir sorun vardır: bir ülkenin izleyeceği ticaret politikası, üretim yapısından ve gelişme düzeyinden

[4] Gökalp'in bu anlatısı, 1834 Zollverein'inin kuruluşunu doğrudan ve yalnızca List'in kişisel girişiminin sonucu olarak yorumlamak için kullanılmamalıdır. List Alman devletleri arasındaki iktisadi birlik ve ortak gümrük düzeninin erken savunucularından biri olmakla birlikte, Zollverein'in kurumsal oluşumu çok aktörlü bir süreçti. Ploeckl, 1834 Zollverein'ini Prusya ile diğer egemen Alman devletleri arasında yürütülen ardışık müzakerelerin sonucu olarak değerlendirmektedir (Ploeckl, 2021, s. 305).

bağımsız biçimde belirlenemez. Yakınlık bu nedenle yalnız koruma politikasında değil, iktisat politikasının uygulanacağı tarihsel ve sınai koşullara verilen önemde aranmalıdır (List, 1841/1909, ss. 97–100, 143–144; Okan, 2014, s. 134).

List'in bu yaklaşımının dayandığı temel kavramlardan biri "üretici güçler"dir. Mevcut servet ile gelecekte servet üretme kapasitesini birbirinden ayıran List, eğitim, bilimsel ve teknik bilgi, hukuk düzeni, kamu kurumları ve ulaştırma imkânlarını da üretici güçlerin parçaları arasında değerlendirir (List, 1841/1909, s. 108, ss. 112–114). Sanayileşme bu çerçevede yalnız belirli malların ülke içinde üretilmesi değil, üretimin sürekliliğini sağlayacak insanî, teknik ve kurumsal kapasitenin geliştirilmesi meselesidir.

Gökalp'in Türkiye için tartıştığı sorunlar da üretim kapasitesinin geliştirilmesiyle ilgilidir; ancak önerdiği araçlar List'in yaklaşımıyla bütünüyle özdeş değildir. "İktisadî Mucize"de ferdî teşebbüsün zayıflığını, şirketleşmenin sınırlılığını ve büyük sanayinin gerektirdiği teknik bilgi eksikliğini vurgulayarak hükümetin, vilâyet şûralarının ve belediyelerin fabrika kuruluşuna doğrudan öncülük etmesini önerir. Kamu tarafından kurulan fabrikalara daha sonra özel kişiler veya şirketler talip olduğunda bunların satılabileceğini ve kamu kurumlarının yeni fabrikalar kurabileceğini belirtmesi, özel teşebbüsü ilke olarak dışlamadığını gösterir (Gökalp, 1922, ss. 1–4). List ile kurulabilecek yakınlık, sanayileşmenin yalnız mevcut üretimin artırılmasıyla değil, üretici kapasiteyi geliştirecek koşulların oluşturulmasıyla ilişkilendirilmesindedir. Buna karşılık Gökalp'in kamu kurumlarına verdiği doğrudan girişimci rolü, List'in üretici güçler anlayışının Türkiye'ye aktarılmış bir uygulaması olarak değerlendirmek için yeterli metinsel kanıt bulunmamaktadır. Gökalp bu öneriyi, Türkiye'de sermaye, girişimcilik ve teknik kapasite bakımından tespit ettiği yetersizliklerden hareketle geliştirmektedir.

İki düşünürün iktisadi sorunlara yaklaşımlarındaki farklılık, mülkiyet ve bölüşüm tartışmaları bakımından da belirginleşir. Gökalp, ferdî mülkiyeti ilke olarak reddetmez; ancak meşruiyetini içtimaî tesanüde hizmet etmesi koşuluna bağlar ve ferdî mülkiyetin yanında içtimaî mülkiyete de yer verir. Toplumun ortak fedakârlığı veya zahmeti sonucunda ortaya çıkan, fakat bireylerin kendi emeklerinden kaynaklanmayan "fazla temettü"lerin toplum adına toplanmasını ve bu kaynaklarla fabrikalar, büyük çiftlikler ve toplumsal hizmet kurumları oluşturulmasını önerir (Gökalp, 1923/1976, ss. 174–175). Metinde geçen *plus-value* ifadesi, bu görüşleri doğrudan Marx'ın artı-değer teorisiyle özdeşleştirmek için yeterli değildir. Gökalp söz konusu kazançları ferdî ve içtimaî mülkiyet arasında kurduğu ayrım çerçevesinde ele almaktadır. Bu tartışma, List ile Gökalp arasındaki yakınlığın sınırlarının yalnız sanayileşmede kullanılacak araçlar üzerinden değil, mülkiyetin toplumsal işlevi ve servetin kullanımı hakkındaki görüşler üzerinden de değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Gökalp'in iktisadi gelişmeyi sınıflandırma biçimi de yaklaşımının yalnız List üzerinden açıklanamayacağını göstermektedir. Gökalp, 1916'da aile iktisadı, şehir iktisadı ve millî iktisat olmak üzere üç iktisadi hayat biçiminden söz eder. Bu ayrım, Karl Bücher'in *Industrial Evolution* (Sınaî Evrim) adlı eserinde geliştirdiği bağımsız hane ekonomisi, şehir ekonomisi ve millî ekonomi tasnifiyle belirgin bir yakınlık taşır. Bücher, iktisadi gelişmenin bu üç aşamasını malların üreticiden tüketiciye ulaşırken izlediği yol üzerinden ayırt eder. Hane ekonomisinde üretim ile tüketim aynı birim içinde gerçekleşirken şehir ekonomisinde üretici ile tüketici doğrudan karşılaşır; millî ekonomide ise mallar nihai tüketiciye ulaşmadan önce daha geniş bir dolaşım ağına girer (Bücher, 1901, s. 89). Gökalp'in tasnifi ile Bücher'in yaklaşımı arasındaki ilişki önceki araştırmalarda da tartışılmıştır (Ünal, 2013; Günay, 2024, s. 1584). Bununla birlikte söz konusu yakınlık, Gökalp'in Bücher'den doğrudan yararlandığını tek başına kanıtlamaz.

Bu paralellik, Gökalp'in üçlü tasnifinin List'in beş aşamalı şemasıyla aynı mantığa dayanmadığını ortaya koyar; ancak tek başına doğrudan bir Bücher etkisini kanıtlamaz. List,

ilkel/yabanıl, pastoral, tarımsal, tarımsal-sınaî ve tarımsal-sınaî-ticarî olmak üzere beş aşamadan söz eder ve ticaret politikasını bu gelişme düzeyleriyle ilişkilendirir (List, 1841/1909, ss. 143–144). Gökalp'in 1916'daki aile–şehir–millî iktisat ayrımında ise belirleyici olan, üretim ile tüketim ilişkilerinin hangi toplumsal ölçekte örgütlendiğidir.

Gökalp, iktisadi gelişmeyi tek bir aşamalar şeması üzerinden açıklamaz. 1923'te yayımlanan "İktisadî Tekâmülün Merhaleleri"nde iktisadi gelişmenin "üç hususa" göre incelenebileceğini belirtir; bunlardan ilki üretimin örgütlenme biçimidir. Bu bağlamda "bazı iktisatçılar"ın üretim alanındaki gelişmeyi aile sanayii, hirfetler (zanaat/esnaf üretimi), ev sanayii, imalathane ve mekanik motorlarla çalışan fabrika olmak üzere beş aşamada ele aldığını aktarır (Gökalp, 1982, ss. 166–169). Bu nedenle söz konusu beşli diziyi Gökalp'e ait özgün ve bağlayıcı bir aşamalar şeması olarak değerlendirmek doğru değildir; metin bunu daha geniş bir iktisadi tekâmül tartışmasının parçası olarak sunar.

Aynı dönemde Türkiye'nin bu aşamaları sırayla ve tedricen izlemesi gerektiğini de savunmaz. "İktisadî İnkılâp İçin Nasıl Çalışmalıyız?" başlıklı yazısında yeni Türkiye'nin Avrupa'nın "en son ve en müterakkî fennîyatını" doğrudan benimsemesi gerektiğini, sanayileşmede "tedricî bir tekâmülün merhalelerini takip etmeyerek" en ileri tekniklerden yararlanılmasını açıkça önerir (Gökalp, 1982, s. 170). Elektrik teknolojisini örnek göstermesi, tarihsel gelişme aşamalarını açıklayıcı bir araç olarak kullanırken sanayileşme politikasını zorunlu bir aşamalar dizisine bağlamadığını da ortaya koyar[5].

List ile Gökalp'in gelişme aşamalarına ilişkin yaklaşımları arasındaki fark, bu tasnifleri ilişkilendirdikleri iktisadi sorunlarda belirginleşir. List, ülkelerin ulaştıkları gelişme düzeyini serbest ticaret ile koruma arasında yapılacak tercihin koşullarını değerlendirmek bakımından önemli görür (List, 1841/1909, ss. 143–144). Gökalp ise Türkiye'nin tarihsel ve iktisadi koşullarının araştırılmasını gerekli bulmakla birlikte, sanayileşmeyi daha ileri ülkelerin geçtiği teknik aşamaların aynı sırayla tekrarlanmasına bağlamaz. Avrupa'nın ulaştığı ileri tekniklerin doğrudan benimsenmesini savunması, onun iktisadi gelişmeye ilişkin tarihsel tasniflerle Türkiye için önerdiği sanayileşme programını birbirinden ayırdığını göstermektedir (Gökalp, 1982, s. 170).

Gökalp'in "şe'niyet-i iktisadiyye" anlayışı, List'le kurulan yakınlığın hangi noktada sınırlı kaldığını da gösterir. Uygulanacak iktisadi programdan önce ülkenin mevcut kurumlarının, üretim biçimlerinin ve tarihsel gelişiminin araştırılmasını; bu gerçekliğin gözlem, karşılaştırma ve sınıflandırma yoluyla ortaya konulmasını ister. Geçmiş ve mevcut koşullar belirlenmeden "ne olması gerektiği" üzerine kurulacak bir programın *a priori* (önsel; olgusal araştırmadan önce kurulmuş) kalacağını düşünür (Gökalp, 1916b, ss. 1–3). Burada List'le ortaklaşan nokta, iktisat politikasının ülkenin gelişme düzeyi ve üretim kapasitesinden bağımsız düşünülememesidir. Ancak bu yakınlık, doğrudan bir düşünce aktarımından çok, politika öncesinde tarihsel ve iktisadi koşulların dikkate alınmasına verilen ortak öneme dayanır.

---

[5] Gökalp, sanayileşmenin tedricî biçimde ilerleyen teknik merhalelerinin Türkiye tarafından zorunlu olarak tekrar edilmesi gerektiğini düşünmez. "İktisadî İnkılâp İçin Nasıl Çalışmalıyız?" başlıklı yazısında yeni Türkiye'nin Avrupa'nın "en son ve en müterakkî fennîyatını" doğrudan iktibas etmesi gerektiğini; "tedricî bir tekâmülün merhalelerini takip etmeyerek" Avrupa'nın ulaştığı en ileri teknik gelişmelerden yararlanarak işe başlamasını savunur. Bu düşünceyi somutlaştırmak için başlangıç noktası olarak "elektrikçilik"i gösterir ve ülkenin su kaynaklarından yararlanılarak geniş bir elektrik şebekesi içine alınmasını önerir. Askerlik alanında Avrupa'nın ileri bilgi ve tekniklerinin devlet teşebbüsüyle Türkiye'ye aktarılmış olmasını, tıbbın gelişimini de benzer biçimde devletin rolüyle ilişkilendirir; buradan hareketle büyük sanayinin kurulması ve ileri tekniklerin ülkeye taşınmasında devlete başlıca rolü verir. Dolayısıyla bu pasaj, Gökalp'in iktisadi gelişmenin tarihsel olarak farklı merhaleler gösterebileceğini reddettiğini değil, söz konusu merhaleleri Türkiye için izlenmesi zorunlu ve değişmez bir sanayileşme sırası olarak görmediğini göstermektedir (Gökalp, 1982, s. 170).

List'in Gökalp'in Millî İktisat düşüncesindeki yeri en açık biçimde serbest ticaretin bütün ülkelerde aynı sonuçları doğuracağı varsayımına yöneltilen eleştiride ve sanayileşmenin ülkenin mevcut üretim kapasitesiyle birlikte ele alınmasında ortaya çıkar. Gökalp'in List'e farklı bağlamlarda açıkça başvurması, bu ilişkinin yalnız araştırmacıların sonradan kurduğu bir benzerlik olmadığını ortaya koyar. Bununla birlikte kamu girişimine verdiği doğrudan rol, ferdî ve içtimaî mülkiyet arasında kurduğu ilişki, bölüşüm ve tesanütü Millî İktisat'ın kapsamına alması, farklı gelişme tasniflerinden yararlanması ve Türkiye'nin ileri teknikleri ara aşamaları zorunlu olarak yeniden geçmeden benimseyebileceğini savunması, List ile Gökalp arasındaki yakınlığın sınırlarını ortaya koymaktadır.

7. SONUÇ

Bu çalışmada Friedrich List'in millî ekonomi anlayışı ile Ziya Gökalp'in Millî İktisat düşüncesi arasındaki ilişki, iktisat politikasının farklı tarihsel ve iktisadi koşullarda ne ölçüde geçerli olabileceği sorunu üzerinden incelenmiştir. İnceleme, List'in Gökalp'in Millî İktisat düşüncesinde önemli bir referans olduğunu, ancak bu düşüncenin List'in görüşlerinin Türkiye'ye aktarılmış bir biçimi olarak açıklanamayacağını göstermektedir. İki düşünürün en belirgin ortak noktası, iktisat politikasının ülkenin üretim yapısı ve gelişme düzeyinden bağımsız olarak belirlenemeyeceğini düşünmeleridir. Buna karşılık Gökalp'in kamu girişimi, mülkiyet, bölüşüm, tesanüt ve iktisadi gerçekliğin araştırılmasına verdiği önem, bu ilişkinin sınırlarını göstermektedir.

List'in yaklaşımında ülkeler arasındaki farklılık, yalnız sahip olunan servetin miktarıyla ilgili değildir. Eğitim, teknik bilgi, ulaştırma, kurumlar ve üretim alanları arasındaki bağlantılar da bir ülkenin gelecekte üretme kapasitesini belirleyen "üretici güçler"in parçalarıdır. Bu nedenle List, serbest ticaret ile koruma arasında her ülke ve dönem için geçerli değişmez bir tercih yapmaz. Koruma, kendi imalat kapasitesini geliştirmeye elverişli koşullara sahip ülkeler bakımından belirli bir aşamada kullanılabilecek geçici bir araçtır. Bu çerçevede millî ekonomi, yalnız gümrük politikasıyla değil, uzun dönemde üretim kapasitesinin nasıl oluşturulacağı sorunuyla ilgilidir.

Gökalp'in List'e yaptığı açık göndermeler, bu düşünsel ilişkinin yalnız sonradan kurulmuş bir benzerliğe dayanmadığını da gösterir. "İktisadî Vatanperverlik"te ve daha sonra Türkçülüğün Esasları'nda List'i John Rae ile birlikte anması, Manchester iktisadının bütün milletler için aynı biçimde geçerli bir sistem olarak sunulmasına yönelik eleştirisinin doğrudan düşünsel referanslarını göstermektedir. "Türkçülük ve Türkiyecilik"te ise List'i Almanya'nın iktisadi birlik süreci ve Zollverein bağlamında kullanmaktadır. Gökalp'in Türkiye için tartıştığı iktisadi meseleler ise serbest ticaret ve koruma sorununun ötesine geçmektedir.

Büyük sanayinin kurulmasını sermaye birikimi, teknik bilgi, şirketleşme ve özel girişimin mevcut kapasitesiyle birlikte ele alır. Özel girişimin yetersiz kaldığını düşündüğü koşullarda hükümetin, vilâyet şûralarının ve belediyelerin fabrika kuruluşunda doğrudan rol üstlenmesini önermesi bunun somut bir örneğidir. Bununla birlikte kamu girişimini özel mülkiyetin zorunlu karşıtı olarak konumlandırmaz; devletin doğrudan üretici rolünü kabul ederken bazı kamu işletmelerinin daha sonra özel kişi veya şirketlere devredilebilmesine de imkân tanır.

Mülkiyet ve bölüşüm meselelerinde ise Gökalp'in yaklaşımı List'ten daha belirgin biçimde ayrılır. Gökalp ferdî mülkiyetin yanında içtimaî mülkiyete de yer verir; üretimin artırılmasını Millî İktisat'ın tek amacı olarak görmez. Millî iktisadın bir aşamasında üretim kapasitesinin geliştirilmesini öne çıkarırken, sonraki aşamada servetin daha adil dağılımını ve toplumun farklı kesimlerinin medeniyetin imkânlarından yararlanmasını da iktisadi düzenin meseleleri arasına katar. İktisadi kurumlar arasında "umumî tesanüt" (genel dayanışma) kurulmasına verdiği önem de bu yaklaşımın sanayi ve dış ticaret politikasının ötesinde daha geniş bir toplumsal boyut taşıdığını ortaya koyar. Gökalp'in Millî İktisat anlayışının kapsamı bu noktada

List'in üretici güçler yaklaşımıyla örtüşmez; mülkiyet, bölüşüm ve toplumsal dayanışma meselelerini de içerir.

İktisadi gelişmeye ilişkin tasnifler de Gökalp'in yaklaşımı ile List'in gelişme şeması arasındaki farklılığı ortaya koyar. Gökalp'in aile iktisadı, şehir iktisadı ve millî iktisat ayrımı List'in ilkel durumdan tarım-imalat-ticaret aşamasına uzanan beşli tasnifiyle aynı değildir. Bu üçlü ayrım, Karl Bücher'in hane, şehir ve millî ekonomi tasnifiyle belirgin bir paralellik taşır. Bu paralellik, Gökalp'in gelişme düşüncesini yalnız List üzerinden açıklamayı güçleştirir; fakat tek başına doğrudan bir Bücher etkisini kanıtlamaz. Gökalp'in daha sonra üretimin örgütlenme biçimleri üzerinden başka bir gelişme tasnifine yer vermesi ve Türkiye'nin ileri teknikleri bütün ara aşamaları yeniden geçmeden benimseyebileceğini savunması, sanayileşmede daha ileri ülkelerin geçtiği teknik merhalelerin Türkiye tarafından aynı sırayla yeniden yaşanmasını zorunlu görmediğini göstermektedir.

Gökalp'in "şe'niyet-i iktisadiyye" yaklaşımı da List'le kurulabilecek yakınlığın sınırlarını belirginleştirir. Her iki düşünür, iktisat politikasının ülkenin tarihsel ve iktisadi koşullarından bağımsız düşünülemeyeceği noktasında yakınlaşsa da Gökalp'in iktisadi gerçekliğin araştırılmasına verdiği metodolojik anlamı doğrudan List'ten türettiğini gösteren açık bir kanıt yoktur.

Bu bulgular, "Her milletin kendine mahsus bir iktisadı mı vardır?" sorusunun Gökalp'in düşüncesinde tek bir düzeyde yanıtlanamayacağını göstermektedir. Gökalp'in 1916'da iktisat ilmi ile iktisat sanatı arasında yaptığı ayrım, iktisadi olaylara ilişkin genel bilgi üretimiyle bu bilginin belirli bir toplumun koşullarında kullanılmasını birbirinden ayırır. Bu çerçevede millî iktisat, her millet için farklı ve birbirinden bağımsız iktisadi kanunların varlığını zorunlu olarak ifade etmez. Bununla birlikte Gökalp'in 1923'te millî iktisadı "ilmî bir mektep" olarak nitelendirmesi, meselenin yalnız genel bilgilerin farklı koşullara uygulanmasıyla sınırlı olmadığını düşündürür. Dolayısıyla tarihsel ve ulusal özgüllük, yalnız izlenecek politikaların araç ve koşullarında değil, iktisadi araştırmanın yöneldiği toplumsal sorunlarda ve bu sorunların nasıl kavramsallaştırıldığında da belirginleşir.

Bu açıdan List ile Gökalp arasındaki ilişki, iktisadi düşüncede evrensellik ile tarihsel ve ulusal özgüllük arasındaki gerilimin somut bir örneğini oluşturur. Gökalp'in düşüncesinde List'in yeri ne bütünlüklü bir düşünce aktarımıyla açıklanabilir ne de yalnızca araştırmacıların sonradan kurduğu bir benzerliğe indirgenebilir. List, serbest ticaretin evrensel bir politika reçetesine dönüştürülmesine yönelik eleştiride Gökalp'in açıkça başvurduğu bir düşünürdür. Gökalp ise bu tartışmayı Osmanlı'nın son döneminden Cumhuriyet'e uzanan süreçte sermaye, sanayileşme, girişimcilik, kurumsal örgütlenme ve bölüşüm sorunları üzerinden yeniden kurmuştur. Bu karşılaştırma, millî iktisat düşüncesinde tarihsel ve ulusal özgüllüğün yalnız belirli politika araçlarının seçimiyle ilgili olmadığını; iktisadi bilginin üretimi, toplumsal sorunların tanımlanması ve bu sorunlara yönelik politikaların geliştirilmesi arasındaki ilişkinin de tartışmanın parçası olduğunu göstermektedir.

KAYNAKÇA

Akkuş, T. (2008). Bir iktisadi siyasa projesi: Milli iktisat ve Bursa. *Çağdaş Türkiye Tarihi Araştırmaları Dergisi, 7*(16), 119–141.

Bozkaya, K., & Vergili, A. (2025). Modernliğin eşiğinde ulusun ruhunu aramak: Ziya Gökalp'in iktisadi Türkçülük yaklaşımı ve Batı düşünündeki kökenleri. *Akademik Tarih ve Düşünce Dergisi, 12*(6), 733–751. https://doi.org/10.5281/zenodo.18098146

Bücher, K. (1901). *Industrial evolution* (S. M. Wickett, Çev.). Henry Holt and Company. (Orijinal eser 1893'te yayımlanmıştır).

Çelik, N. (2026). *Economic thought in the late Ottoman period: The intellectual foundations of the national economy (Milli İktisat) idea and its reflections in the early Republic* [Yüksek lisans tezi, Middle East Technical University]. https://hdl.handle.net/11511/118366 (Erişim tarihi: 4 Ekim 2026).

Demir, K. (2024). Ziya Gökalp ve milli iktisat. *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 28*, 284–300. https://doi.org/10.29029/busbed.1482590

Dinçaslan, M. (2012). Osmanlı Devleti'nin kapitalistleşme sürecinde farklı iki aydın portresi: Ziya Gökalp ve Mehmed Cavid Bey. *Ekonomi Bilimleri Dergisi, 4*(2), 79–88. https://izlik.org/JA25EM38LZ

Durkheim, É. (1982). *The rules of sociological method and selected texts on sociology and its method* (S. Lukes, Ed.; W. D. Halls, Çev.). Free Press. (Orijinal eser 1895'te yayımlanmıştır).

Gökalp, Z. (1916a, 10 Nisan). Millet nedir, millî iktisat neden ibarettir? *İktisadiyat Mecmuası, 1*(7), 1–2.

Gökalp, Z. (1916b, 7 Aralık). Millî iktisat nasıl vücuda gelir? *İktisadiyat Mecmuası, 1*(35), 1–3.

Gökalp, Z. (1918a, 9 Mayıs). İktisadî vatanperverlik. *Yeni Mecmua, 43*, 322–323.

Gökalp, Z. (1918b, 4 Temmuz). Türkçülük ve Türkiyecilik. *Yeni Mecmua*, (51), 482–485.

Gökalp, Z. (1922, 20 Kasım). İktisadî mucize. *Küçük Mecmua, 23*, 1–4.

Gökalp, Z. (1923). İktisadî kongre. *Küçük Mecmua,* 30, 13–14.

Gökalp, Z. (1976). *Türkçülüğün esasları* (M. Kaplan, Haz.). Kültür Bakanlığı. (Orijinal eser 1923'te yayımlanmıştır.)

Gökalp, Z. (1981). *Makaleler VIII* (F. R. Tuncor, Haz.). Kültür Bakanlığı Yayınları.

Gökalp, Z. (1982). *Makaleler VII: Küçük Mecmua'daki yazılar* (M. A. Çay, Haz.). Kültür Bakanlığı Yayınları.

Grimmer-Solem, E. (2003). *The rise of historical economics and social reform in Germany, 1864–1894*. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199260416.001.0001

Grimmer-Solem, E., & Romani, R. (1998). The historical school, 1870–1900: A cross-national reassessment. *History of European Ideas, 24*(4–5), 267–299. https://doi.org/10.1016/S0191-6599(99)00005-4

Günay, Z. (2024). İktisadi düşünce tarihi açısından Ziya Gökalp ve milli iktisat. *Pearson Journal, 8*(29), 1579–1590. https://doi.org/10.5281/zenodo.13385091

Hirst, F. W. (Ed.). (1903). *Free trade and other fundamental doctrines of the Manchester School: Set forth in selections from the speeches and writings of its founders and followers*. Harper & Brothers.

Ho, P. S.-W. (2013). Does Mill's case for infant industry protection capture Hamilton's and List's arguments for promoting industrial development? *Review of Political Economy, 25*(4), 546–571. https://doi.org/10.1080/09538259.2013.837323

Kibritçioğlu, A. (1996). Friedrich List'in bebek endüstriler tezi. İçinde A. Kibritçioğlu (Ed.), *Uluslararası (makro) iktisat: Okumalar* (ss. 49–83). 72 TDFOB Yayıncılık.

Küçük, C., & Ertüzün, T. (1994). Düyûn-ı Umûmiyye. İçinde TDV İslâm Ansiklopedisi (Cilt 10, ss. 58–62). TDV İslâm Araştırmaları Merkezi. https://islamansiklopedisi.org.tr/duyun-i-umumiyye (Erişim tarihi: 3 Ekim 2026).

Külünk, M. E. (2006). Kapitülasyonların kaldırılması: (1914) [Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi]. Marmara Üniversitesi Açık Erişim Sistemi. https://hdl.handle.net/11424/207428 (Erişim tarihi: 3 Ekim 2026).

Kütükoğlu, M. S. (1992). Baltalimanı Muahedesi. İçinde TDV İslâm Ansiklopedisi (Cilt 5, ss. 38–40). TDV İslâm Araştırmaları Merkezi. https://islamansiklopedisi.org.tr/baltalimani-muahedesi (Erişim tarihi: 3 Ekim 2026).

List, F. (1909). The national system of political economy (S. S. Lloyd, Trans.; J. S. Nicholson, Introduction). Longmans, Green and Co. (Original work published 1841).

Mehmed Cavid Bey. (2001). *İktisat ilmi (İlm-i iktisad: Mekteb-i idadiye mahsus)* (S. Alpun Çakmak, Çev.; O. Çakmak, Haz.). Liberte Yayınları.

Morgan, S. (2009). The Anti-Corn Law League and British anti-slavery in transatlantic perspective, 1838–1846. *The Historical Journal, 52*(1), 87–107. https://doi.org/10.1017/S0018246X08007322

Okan, O. (2014). Economics, national economics and Ziya Gökalp. *İstanbul Üniversitesi Sosyoloji Dergisi, 3*(28), 123–137. https://doi.org/10.16917/sd.33267

Ökçün, A. G. (1974). Teşvik-i Sanayi Kanun-ı Muvakkatı, 1913. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi, 30*(1), 25–44. https://doi.org/10.1501/SBFder_0000000917

Önsoy, R. (1982). Ziya Gökalp'in iktisadi görüşleri. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Tarih Enstitüsü Dergisi, 12*, 355–366.

Özveren, E., Erkek, M. S., & Ünal, H. S. (2016). Unity and diversity in the Ottoman school of national economy: A reappraisal of Ziya Gökalp and Ethem Nejat. In E. S. Reinert, J. Ghosh, & R. Kattel (Eds.), *Handbook of alternative theories of economic development* (pp. 194–211). Edward Elgar Publishing. https://doi.org/10.4337/9781782544685.00015

Pamuk, Ş., & Williamson, J. G. (2011). Ottoman de-industrialization, 1800–1913: Assessing the magnitude, impact, and response. *The Economic History Review, 64*(S1), 159–184. https://doi.org/10.1111/j.1468-0289.2010.00560.x

Parla, T. (1993). *Ziya Gökalp, Kemalizm ve Türkiye'de korporatizm*. İletişim Yayınları.

Ploeckl, F. (2021). A novel institution: The Zollverein and the origins of the customs union. *Journal of Institutional Economics, 17*(2), 305–319. https://doi.org/10.1017/S1744137420000387

Rae, J. (1834). *Statement of some new principles on the subject of political economy: Exposing the fallacies of the system of free trade, and of some other doctrines maintained in the "Wealth of nations"*. Hilliard, Gray, and Co.

Roberts, M. (2026). Cobden, Peel, the Anti-Corn Law League, and the politics of feeling in mid-Victorian Britain. *The Historical Journal*. Advance online publication. https://doi.org/10.1017/S0018246X2610199X

Roscher, W. (1878). *Principles of political economy: With additional chapters furnished by the author on paper money, international trade, and the protective system* (J. J. Lalor, Çev.). Henry Holt & Co.

Sağlam, S. (2004). Ziya Gökalp'te solidarizm ve milli iktisat. *Hacettepe Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları (HÜTAD), 1*, 67–84.

Shiue, C. H. (2005). From political fragmentation towards a customs union: Border effects of the German Zollverein, 1815 to 1855. *European Review of Economic History, 9*(2), 129–162. https://doi.org/10.1017/S1361491605001437

Smith, A. (1904). *An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations* (E. Cannan, Ed.; Vol. 2). Methuen & Co. (Orijinal eser 1776'da yayımlanmıştır).

Şengül, H. (2021). Osmanlı İtibar-ı Milli Bankası'nın kuruluşunda Maliye Nazırı Cavit Bey'in rolü. *Universal Journal of History and Culture, 3*(2), 163–187. https://doi.org/10.52613/ujhc.978416

Tolga, O. (1949). *Ziya Gökalp ve iktisadî fikirleri*. İstanbul Üniversitesi İktisat ve İçtimaiyat Enstitüsü.

Toprak, Z. (2019). *Türkiye'de milli iktisat, 1908–1918*. Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.

Tütengil, C. O. (1965). Ziya Gökalp'in iktisadî görüşleri. *Sosyoloji Konferansları, 5*, 122–141.

Ünal, H. S. (2013). *Friedrich List, Ziya Gökalp and the national economy thesis in the Ottoman Empire* [Yüksek lisans tezi, Middle East Technical University]. https://hdl.handle.net/11511/22502 (Erişim tarihi: 4 Ekim 2026).

van 't Klooster, J. (2022). Marginalism and scope in the early *Methodenstreit*. *Journal of the History of Economic Thought, 44*(1), 105–124. https://doi.org/10.1017/S1053837220000413

Varlı, A., & Koraltürk, M. (2010). II. Meşrutiyet'ten Erken Cumhuriyet'e Milli İktisadın Sürekliliği ve İzmir İktisat Kongresi. *Çağdaş Türkiye Tarihi Araştırmaları Dergisi, 9*(20), 127–142.

Zohrap, G. S. (2022). *İttihat ve Terakki döneminde ekonomi anlayışı: Millî iktisat fikri ve Alman modeli ile bir karşılaştırma* [Yüksek lisans tezi, Kocaeli Üniversitesi].

ÖRGÜTLERDE TEKNOLOJİK DÖNÜŞÜME YÖNELİK ÇALIŞAN DİRENCİYLE BAŞA ÇIKMA STRATEJİLERİ: DEĞİŞİM LİDERLİĞİ VE PSİKOLOJİK SÖZLEŞMENİN ARACILIK ROLÜ

STRATEGIES FOR DEALING WITH EMPLOYEE RESISTANCE TO TECHNOLOGICAL TRANSFORMATION IN ORGANIZATIONS: THE MEDIATING ROLE OF CHANGE LEADERSHIP AND PSYCHOLOGICAL CONTRACT

Dr. Cihan KARA
Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8230-810X

ÖZET

Çağımızda yaşanan dijitalleşme, yapay zekâ entegrasyonları ve endüstriyel dönüşüm süreçleri, örgütleri hayatta kalabilmek adına teknolojik altyapılarını sürekli olarak yenilemeye zorlamaktadır. Ancak bu dönüşüm projelerinin büyük bir kısmı, teknik yetersizliklerden ziyade insan faktöründen kaynaklanan örgütsel ve psikolojik direnç nedeniyle başarısızlıkla sonuçlanmaktadır. Bu direnç olgusu, mevcut iş akışlarının ve çalışan rutinlerinin bozulmasından kaynaklanan zorlukları yansıtmaktadır. Teknolojik dönüşüm süreçlerinde çalışan direncinin anlaşılması, geçişin etkin bir şekilde yönetilmesi ve dijital stratejilerin başarılı bir şekilde hayata geçirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Bu tür değişiklikler, mevcut iş akışlarını ve çalışan rutinlerini bozarak, örgüt içinde dirençle karşılaşma olasılığını artırır. Direncin anlaşılması, dijital stratejilerin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için kritik öneme sahiptir. Değişim liderliği, örgütlerde teknolojik dönüşüm süreçlerinin başlatılması, yönetilmesi ve benimsetilmesinde kritik bir rol üstlenmektedir. Bu çalışmanın amacı, örgütlerde teknolojik dönüşüme karşı gelişen çalışan direncinin kök nedenlerini çok yönlü bütüncül bir yaklaşımla analiz etmek ve bu dirençle başa çıkmada kullanılabilecek stratejik yönetim yaklaşımlarını kuramsal bir çerçevede incelemeye yönelik, literatür tarama yöntemiyle yapılmıştır. Araştırma kapsamında; statükoyu koruma eğilimi, iş güvencesizliği korkusu, yetersizlik hissi ve rol belirsizliği gibi direnç kaynakları ele alınmıştır. Bu direnç mekanizmalarını kırmak adına literatürde öne çıkan şeffaf iletişim, çalışan katılımı (co-creation), sürekli eğitim ve psikolojik güvenlik ikliminin inşası gibi proaktif stratejiler analiz edilmiştir. Ayrıca dönüşüm başarısında değişim liderliği tarzının ve psikolojik sözleşmenin yeniden yapılandırılmasının aracı rolleri tartışılmıştır. Direncin olumsuz etkileri arasında değişim süreçlerinin yavaşlaması, verimlilik kaybı ve örgütsel bağlılıkta azalma yer alırken, olumlu etkiler ise örgütsel süreçlerin sorgulanması ve iyileştirilmesi için fırsatlar sunmaktadır. Değişim liderliği dijital dönüşüm bağlamında evrilerek, çalışan direnciyle mücadelede stratejik bir unsur haline gelmiştir. Liderlerin çalışanları sürece erken dahil etmesi, eğitim ve destek programları sunması, etkili iletişim ve geri bildirim mekanizmaları kurması, direncin azaltılmasında önemli rol oynamaktadır. Çalışma dijital dönüşüm liderlerine ve insan kaynakları profesyonellerine rehberlik edecek stratejik bir yol haritası sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Teknolojik Dönüşüm, Değişime Direnç, Değişim Yönetimi, Değişim Liderliği, Psikolojik Sözleşme.

ABSTRACT

The digitalization, artificial intelligence integrations, and industrial transformation processes characterizing the modern era compel organizations to continuously upgrade their technological infrastructures to ensure survival. However, a significant portion of these transformation

projects fail due to organizational and psychological resistance stemming from the human factor rather than technical inadequacies. This phenomenon of resistance reflects the challenges arising from the disruption of existing workflows and employee routines. Understanding employee resistance during technological transformation processes is critical for effectively managing the transition and successfully implementing digital strategies. Such changes increase the likelihood of encountering resistance within the organization by disrupting established workflows and routines. Understanding this resistance is essential for the successful implementation of digital strategies. Change leadership plays a pivotal role in initiating, managing, and fostering the adoption of technological transformation processes within organizations. This study employs a literature review methodology to analyze the root causes of employee resistance to technological transformation through a multifaceted, holistic approach and to examine within a theoretical framework strategic management approaches for addressing such resistance. The research addresses sources of resistance such as the tendency to maintain the status quo, fear of job insecurity, feelings of inadequacy, and role ambiguity. To overcome these resistance mechanisms, the study analyzes proactive strategies highlighted in the literature, including transparent communication, employee participation (co-creation), continuous training, and the cultivation of a climate of psychological safety. Furthermore, the mediating roles of the change leadership style and the restructuring of the psychological contract in the success of the transformation have been discussed. While the negative effects of resistance include the slowing down of change processes, loss of productivity, and a decline in organizational commitment, its positive effects offer opportunities to question and improve organizational processes. Evolving within the context of digital transformation, change leadership has become a strategic element in addressing employee resistance. Leaders play a crucial role in mitigating resistance by involving employees in the process early on, providing training and support programs, and establishing effective communication and feedback mechanisms. The study presents a strategic roadmap to guide digital transformation leaders and human resources professionals.

Keywords: Technological Transformation, Resistance to Change, Change Management, Change Leadership, Psychological Contract.

GİRİŞ

21. Yüzyıl iş dünyasında teknolojik yenilikler, örgütler için bir tercih olmaktan çıkıp sürdürülebilir rekabet avantajının ve operasyonel varlığın en önemli unsuru haline gelmiştir. Yapay zekâ, bulut bilişim, otomasyon ve büyük veri analitiği gibi teknolojiler iş süreçlerini, iş yapış şekillerini ve örgütsel yapıları kökten dönüştürmektedir. Ancak örgütsel değişim yazınında sıkça belirtildiği gibi, bir örgüte en gelişmiş teknolojik sistemleri entegre etmek, o dönüşümün başarılı olacağı anlamına gelmemektedir. Dönüşümün asıl belirleyicisi ve en kritik aktörü, bu teknolojiyi kullanacak, adapte edecek ve yaşatacak olan "insan" faktörüdür. Yönetim bilimci John Kotter'ın da bahsettiği gibi, kurumsal değişim ve dönüşüm projelerinin büyük bir çoğunluğu hedeflenen süre ve bütçe dahilinde başarıya ulaşamamaktadır. Bu başarısızlığın en birincil nedeni, çalışanların teknolojik değişime karşı gösterdikleri bilinçli veya bilinç dışı dirençtir. İnsan doğası gereği bilineni, alışılmışı ve güvenli alanı (statükoyu) koruma eğilimindedir. Teknolojik bir yenilik iş yerine girdiğinde çalışanlar rollerinin değersizleşeceği, işlerini kaybedecekleri, yeni sistemi öğrenmeyi başaramayacakları veya algoritmik bir kontrol mekanizması altında ezilecekleri korkusunu yaşarmaktadırlar. Bu psikolojik tehdit algısı, işi yavaşlatma, sistemi kullanmayı reddetme, gizli sabotaj veya örgütsel yabancılaşma gibi farklı direnç boyutlarıyla kendini göstermektedir.

Örgüt yöneticilerin değişime olan direnci sadece aşılması gereken bir engel veya bastırılması gereken bir itaatsizlik olarak görmesi çoğu zaman yapılan en stratejik bir hatadır. Halbuki tam tersi çalışan direnci, örgütteki iletişim kopukluklarının, güvensizlik ikliminin veya hatalı tasarım süreçlerinin bir geri bildirimi olmaktadır. Bu nedenle, dirençle başa çıkmada geleneksel otoriter yöntemler kifayetsiz kalmakta asıl olması gereken şeffaflık, katılım, eğitim ve empati temelli proaktif stratejilerin geliştirilmesi zorunlu hale gelmektedir. Bu noktada dönüşüm sürecini yöneten liderlerin tarzı ve çalışan ile örgüt arasındaki yazılı olmayan beklentileri ifade eden psikolojik sözleşmenin nasıl yönetildiği kritik bir önem kazanmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı, örgütlerde teknolojik dönüşüm sürecinde ortaya çıkan çalışan direncinin psikolojik ve yapısal dinamiklerini belirlemek ve bu direnci minimize edecek stratejik yönetim mekanizmalarını bütüncül bir yaklaşımla ortaya koymaktır. Çalışmada öncelikle teknolojik dönüşüm, değişime direnç, psikolojik sözleşme ve değişim liderliği kavramları örgütsel davranış yazını çerçevesinde açıklanacak ardından direncin nedenler incelenecek, daha sonrada dirençle başa çıkma stratejileri tartışılacaktır. Çalışmanın, teknolojik dönüşüm sürecindeki organizasyonların insan kaynağını kaybetmeden, aksine onların desteğini alarak nasıl dönüşebileceğine dair katkılar sunması hedeflenmektedir.

TEKNOLOJİK DÖNÜŞÜM VE ÖRGÜTLERDİKİ ROLÜ

21. yüzyılların önemli gelişme alanlarından biri olan bilgi teknolojileri, üretilen bilginin bilgisayar teknolojileri ile yönetilmesini ve İnternet teknolojisi aracılığıyla iletilerek geniş kitlelere ulaşmasını sağlamıştır (Karagözoğlu ve Aslıyüksek, 2016). Bilgisayar teknolojilerindeki gelişim ve internetin kullanılabilirliği ve diğer iletişim araçlarının yaygınlaşması beraberinde birçok sosyo-kültürel değişikliği beraberinde getirirken, örgütlerde de birtakım gelişmelere yol açmıştır (Temel ve Yapraklı, 2015). Bunların başında teknolojik dönüşüm, dijitalleşme gelmektedir. Teknolojik dönüşüm diğer bir ifadeyle dijital dönüşüm; değer yaratmak, örgütsel yetenekleri zenginleştirmek ve geliştirmek için teknoloji edinmek ve dijital bilgiyi özümsemekle alakalıdır. Bu sebeple başarılı bir dönüşüm süreci gerçekleştirebilmek için dijital dönüşüm girişimlerini analiz etmek, kişilerin ve kuruluşların yetkinliklerini dikkate almak sürecin başarısı için kritik önem taşımaktadır (Schiuma vd., 2022). Stratejiler, organizasyonlar, bu pazar ortamında başarılı olmak için sürekli yükselen bir değişim baskısına maruz kalmaktadır (Wirtz, 2019). Örgütlerde insan, makine ve süreçlerin akıllı ağlar vasıtasıyla birbirine bağlanması ve teknolojik dönüşümün etkileriyle organizasyonel çıktılar daha esnek, daha akıllı ve daha etkili hale gelmektedir (Oberer ve Erkollar, 2018).

Teknolojik dönüşüm, örgütlerde köklü değişikliklerin tetikleyicisi olarak önemli bir rol üstlenmektedir. Bu tür değişiklikler, mevcut iş akışlarını ve çalışan rutinlerini bozarak, örgüt içinde dirençle karşılaşma olasılığını artırır. Direncin anlaşılması, dijital stratejilerin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için kritik öneme sahiptir.

Klasik değişim yönetimi yaklaşımlarından biri olan Kurt Lewin'in değişim modeli, örgütün çözülmesi, değişmesi ve yeniden donması adımlarını içermektedir. Ancak, teknolojik gelişmelerin hızlı temposu, bu doğrusal modeli zorlamakta ve sürekli uyum gerektiren bir değişim ortamı yaratmaktadır. Modern yaklaşımlar, değişim için aciliyet duygusu ve değişimin gerekliliğine dair bir neden oluşturmanın önemini vurgular. Bu, çalışanların değişim sürecini anlamalarını ve sürece katılımlarını teşvik etmektedir. Teknolojiye yönelik direnç, örgüt içindeki güç dinamiklerini de değiştirebilir, genç veya daha eğitimli çalışanlar teknolojiyi daha etkin kullanırken, bu durum kuşaklar veya eğitim düzeyleri arasında güç kaymalarına yol açabilmektedir. Bu bağlamda, direnç yalnızca bir engel olarak değil, aynı zamanda yeni sistemlerin potansiyel risklerini veya kalite sorunlarını ortaya çıkaran yapıcı bir unsur olarak da değerlendirilmektedir (Fleron ve Stana, 2024).

ÇALIŞAN DİRENCİ NEDENLERİ SONUÇLARI

Direnç kavramı, farklı disiplinlerde çeşitli şekillerde ele alınmakta olup, tek bir tanımı bulunmamaktadır. Proje yönetimi literatüründe direnç, çoğunlukla tema veya sosyal grup düzeyinde incelenmektedir. Kurt Lewin'in kuvvet alanı analizi, değişime yönelik olan ve karşı olan güçleri belirleyerek direncin anlaşılmasında klasik bir yaklaşım sunar. Bu analiz, değişime karşı olan sosyal grup baskısının bireylerin direnç veya kabul standartlarını belirlemede en etkili unsur olduğunu ortaya koyar. Yönetimin, sosyal gruplarla etkili iletişim kurması ve onları desteklemesi, potansiyel direnci azaltmada temel stratejiler arasında yer alır. Ayrıca, değişimden etkilenen çalışanların sürece dahil edilmesi, değişimin benimsenmesini kolaylaştırmaktadır (Fleron ve Stana, 2024).

Psikolojik açıdan bakıldığında, direnç genellikle bireyin değişim sürecine yönelik olumsuz deneyimi olarak değerlendirilir. Bireylerin değişimin amacı, süreci, bilgilendirme düzeyi ve kendi rollerine ilişkin algıları, direnç düzeyini belirlemede önemli rol oynar. Bilgi sistemleri araştırmalarında ise direnç, çoğunlukla teknolojiye veya yeni görevler için gerekli olan BT becerilerinin eksikliğine bağlanmaktadır. Yaklaşık elli yıl boyunca, direnç kavramı bireysel veya grup temelli bir olgu olarak ele alınmış ve yönetimin bu direnci ortadan kaldırması veya hafifletmesi gerektiği düşünülmüştür. Ancak, bazı araştırmacılar direncin esasen statü, maaş veya konfor kaybı korkusundan kaynaklandığını, yani değişimin kendisinden ziyade değişimin etkilerinden duyulan endişeye dayandığını savunmaktadır. Bu bakış açısı, değişimin sosyal statü, geçim ve sosyal ilişkiler üzerindeki etkilerine odaklanır (Fleron ve Stana, 2024).

Direnç, bilinçli veya bilinçsiz, açık veya örtük biçimlerde ortaya çıkabilir ve bu da yönetilmesini karmaşıklaştırır. Son dönem çalışmalarda, direncin kim tarafından, neye karşı ve hangi paydaşlar tarafından gösterildiği ile ilgili kapsamlı çerçeveler geliştirilmiştir. Bu çerçeveler, geçmiş, şimdi ve gelecekteki direnç biçimlerini dikkate alarak, bilgi sistemleriyle ilgili projelerde değişime karşı direnci daha iyi anlamayı ve yönetmeyi amaçlamaktadır (Fleron ve Stana, 2024).

Direncin Temel Nedenleri ve Bireysel, Sosyal ve Kurumsal Dinamikler

Örgütlerde teknolojik dönüşüm süreçlerinde çalışan direncinin nedenleri çok boyutlu bir yapıya sahiptir. Direnç, çoğunlukla değişimin kendisinden ziyade, değişimin çalışanların statüsü, maaşı, konforu ve sosyal ilişkileri üzerindeki potansiyel etkilerine yönelik kaygılardan kaynaklanmaktadır. Bu bağlamda, bireyler değişimin getireceği belirsizlikler ve riskler karşısında mevcut pozisyonlarını koruma eğilimi gösterebilirler. Özellikle bilgi eksikliği, yeni teknolojilere veya süreçlere dair yeterli bilgi ve beceriye sahip olmama, çalışanların değişime karşı olumsuz tutum geliştirmesine yol açabilmektedir. Bilgi sistemleri alanında yapılan araştırmalar, teknolojik değişime yönelik direncin çoğunlukla bilgi eksikliği veya yeni görevler için gerekli olan IT becerilerinin yetersizliğiyle ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Fleron ve Stana, 2024).

Sosyal grup baskısı da direnç üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Proje yönetimi literatüründe, sosyal grup standartları ve grup içi normlar, bireylerin değişime karşı tutumlarını şekillendiren en güçlü etkenlerden biri olarak öne çıkmaktadır. Grup üyeleri arasında değişime karşı oluşan ortak bir direnç, bireysel çalışanların da bu dirence katılmasına neden olabilmektedir. Ayrıca, teknolojik değişimlerin örgüt içindeki güç dengelerini değiştirme potansiyeli, özellikle jenerasyonlar veya eğitim düzeyleri arasında yeni çatışma alanları yaratabilmektedir. Genç veya daha eğitimli çalışanların yeni teknolojileri daha kolay benimsemesi, diğer çalışanlar arasında statü kaybı korkusunu tetikleyebilir. Bu nedenle,

teknolojik dönüşüm süreçlerinde direnç, yalnızca bireysel psikolojik eğilimlerle değil, aynı zamanda sosyal bağlam ve örgütsel güç ilişkileriyle de yakından ilişkilidir (Fleron ve Stana, 2024).

Direncin Olumsuz ve Olumlu Etkileri

Çalışan direnci, örgütlerde teknolojik dönüşüm süreçlerinin başarısını doğrudan etkileyen kritik bir faktördür. Direncin en belirgin olumsuz sonucu, değişim projelerinin başarısızlığa uğraması veya beklenen faydaların elde edilememesidir. Direnç, yeni teknolojilerin veya süreçlerin benimsenmesini geciktirebilir, uygulama maliyetlerini artırabilir ve çalışanlar arasında motivasyon kaybına yol açabilir. Ayrıca, direncin göz ardı edilmesi, örgüt içinde çatışmaların artmasına ve çalışan bağlılığının azalmasına neden olabilir. Özellikle değişim sürecinde etkili iletişim ve çalışanların sürece dahil edilmemesi, direncin şiddetini artıran başlıca unsurlardandır (Fleron ve Stana, 2024).

Bununla birlikte, çalışan direncinin yalnızca olumsuz sonuçlar doğurduğu düşünülmemelidir. Bazı araştırmacılar, direncin örgütler için potansiyel olarak olumlu etkiler de yaratabileceğini savunmaktadır. Direnç, yeni sistemlerdeki olası kalite sorunlarını veya riskleri ortaya çıkararak, değişim sürecinin daha dikkatli ve kapsamlı bir şekilde planlanmasına katkı sağlayabilir. Direncin çok boyutlu doğası, örgütlerin hem açıkça ifade edilen hem de daha az görünür olan duygusal ve bilişsel tepkileri dikkate almasını gerektirir. Bu nedenle, çalışan direncinin nedenlerinin ve sonuçlarının bütüncül bir yaklaşımla ele alınması, teknolojik dönüşüm süreçlerinin başarısı için kritik öneme sahiptir (Fleron ve Stana, 2024).

DEĞİŞİM LİDERLİĞİNİN TANIMI VE ÖNEMİ

Değişim liderliği, örgütlerde teknolojik dönüşüm süreçlerinin başlatılması, yönetilmesi ve benimsetilmesinde kritik bir rol üstlenmektedir. Değişim liderliği, örgüt üyelerinin tutum ve algılarını etkileme ve örgütün misyon ve amaçlarını belirleme sürecidir (Lewis vd., 1995). Ayrıca örgütün bütün üyelerini öğrenmek için zorlayan bir liderlik tarzıdır (Certo, 1997).

Dijitalleşmenin hız kazandığı günümüzde, liderlik yalnızca geleneksel anlamda bir yönlendirme ve kontrol mekanizması olmaktan çıkmış, aynı zamanda teknolojik yeniliklerin örgüt kültürüne entegre edilmesi ve çalışanların bu değişime uyum sağlamasında temel bir unsur haline gelmiştir. Dijital dönüşüm, liderliğin hem bağlamını hem de uygulanış biçimini kökten değiştirmiştir. Artık liderler, bilgi teknolojilerinin kurumsal işleyişe entegrasyonunda yalnızca birer strateji belirleyici değil, aynı zamanda tüm organizasyon genelinde bilgi sistemleri yetkinliğinin geliştirilmesinden sorumlu aktörlerdir. Ayrıca, dijitalleşme ile birlikte işin mekânsal ve zamansal sınırlarının ortadan kalkması, liderliğin esnek, yenilikçi ve çalışanların özerkliğini destekleyen bir yapıya bürünmesini zorunlu kılmıştır (Stana, 2024).

Değişim Liderliğinin Örgütsel Dirençle Mücadeledeki Önemi

Teknolojik dönüşüm süreçlerinde çalışan direnci, örgütlerin karşılaştığı en önemli engellerden biridir. Bu noktada değişim liderliği, çalışanların direncini azaltmada ve dönüşümün başarıyla gerçekleştirilmesinde merkezi bir rol oynar. Liderlerin değişim süreçlerinde sergilediği tutum, iletişim biçimi ve çalışanlara sunduğu destek, çalışanların değişime olan bakış açılarını ve katılım düzeylerini doğrudan etkilemektedir (Robbins, 1996). Dijital iletişim araçlarının yaygınlaşması, liderlerin duygusal ifadelerinin çalışanlar tarafından algılanmasında yeni zorluklar ortaya çıkarmaktadır; örneğin, dijital ortamda iletilen mesajlar, liderin niyet ettiği kadar olumlu algılanmayabilir. Bu durum, liderlerin değişim sürecinde daha dikkatli ve şeffaf bir iletişim stratejisi benimsemelerini gerektirir. Çalışanların değişen zihniyetleri de liderliğin önemini artırmaktadır; örneğin, günümüz çalışanları liderlerinden daha çok hizmet etmelerini ve destekleyici olmalarını beklemektedir. Bu nedenle kendi beklentilerini arka plana atarak

sorumluluklarını arzulu ve istekli bir şekilde yerine getirirler (Ülgen ve Mirze, 2004). Bu nedenle, değişim liderliği, yalnızca teknolojik dönüşümün teknik boyutunu değil, aynı zamanda çalışanların psikolojik ve sosyal ihtiyaçlarını da gözeten bütüncül bir yaklaşım gerektirir (Stana, 2024).

PSİKLOJİK SÖZLEŞME KAVRAMI VE ÖZELLİKLERİ

Psikolojik sözleşme, örgütlerde iş gücü yönetiminin en kritik unsurlarından biri olarak ortaya çıkmıştır. Yazılı iş sözleşmelerinden farklı olarak, psikolojik sözleşme, çalışan ile örgüt arasındaki karşılıklı yükümlülüklere ilişkin bireysel inançları ifade eden, yazılı olmayan bir anlaşmadır (Schein, 1980; Kotter, 1973). Bir başka tanıma göre psikolojik sözleşme, öznel ve çalışanın işverene olan yükümlülükleri ile işverenin çalışana olan yükümlülüklerini içeren bireysel bir algıdır (Freese ve Schalk, 1995 ; Robinson, 1996). Çalışan ile işveren arasındaki karşılıklı beklentiler merkezi bir konumda yer alır. Bu karşılıklı beklentilerin yalnızca bir bölümü resmi iş sözleşmesinde yer alırken beklentilerin büyük bir kısmı ise örtülüdür ve üstünde nadiren tartışılır (Rousseau, 1995). Çalışan, örgütün kendi katkılarına karşılık olarak belirli yükümlülükleri yerine getirmesi gerektiğine inandığında psikolojik sözleşme oluşur. Bu sözleşme, yüksek maaş, terfi, uzun vadeli iş güvencesi veya kariyer gelişimi gibi vaat edilen ödüller karşılığında, çalışanın yoğun emek, eğitim alma veya görev değişikliği gibi açık ya da örtük katkılar sunması temelinde şekillenir. Dolayısıyla psikolojik sözleşmeler, beklentilerden ziyade yazılı olmayan vaatler olarak değerlendirilir ve bu nedenle ihlal edildiğinde çalışanlarda hayal kırıklığı yaratır (Lee vd., 2023). Levinson vd. (1962) çalışmasında psikolojik sözleşmeyi, çalışan ile örgüt arasındaki karşılıklı beklentilerin toplamı olarak ifade etmiştir. Psikolojik sözleşmeler, yazılı ve sözlü iş anlaşmalarının odağı olarak görülmektedir (Hall ve Moss, 1998:23). Özellikle Japonya'da ömür boyu istihdam garantisi, psikolojik sözleşmelerle birlikte iş ilişkilerinin en önemli unsuru olarak kullanılmaktadır (Kurtulmuş, 1996:173).

Psikolojik sözleşmenin ihlali, çalışanın işverene karşı algıladığı yükümlülükleri, vatandaşlık davranışlarını, örgütsel bağlılığını, iş tatminini, örgütte kalma niyetini ve hatta iş performansını olumsuz etkileyebilir. Psikolojik sözleşme ihlali yaşayan çalışanlar, gelecekte bir fayda elde etme beklentileri kalmadığı için örgütlerine katkı sağlamaktan kaçınabilirler. Daha uç durumlarda ise, bu ihlaller misilleme, sabotaj, kimlik hırsızlığı ve saldırgan davranışlar gibi olumsuz sonuçlara yol açabilir. Son dönem ampirik çalışmalar, psikolojik sözleşme ihlalinin örgütsel davranış, iş tatmini, bağlılık, işten ayrılma niyeti, bilgi sistemi uygulamalarında kullanıcı direnci, örgüte duyulan güven ve üretken iş davranışları üzerinde olumsuz etkileri olduğunu göstermektedir. Ayrıca, psikolojik sözleşme ihlali, içeriden gelen tehditler yoluyla siber suçlara da neden olabilmektedir; ancak bu konu henüz yeterince araştırılmamıştır (Lee vd., 2023).

Psikolojik Sözleşmenin Dirençle Başa Çıkmada Aracılık Rolü

Psikolojik sözleşme, örgütlerin teknolojik dönüşüm süreçlerinde çalışan direnciyle başa çıkmasında önemli bir aracı mekanizma olarak işlev görmektedir. Çalışanlar, örgütün kendilerine karşı yükümlülüklerini yerine getirdiğine inandıklarında, değişim süreçlerine daha açık ve uyumlu yaklaşabilmektedirler. Bu bağlamda, örgütlerin teknolojik dönüşüm sırasında çalışanlara yönelik vaatlerini ve taahhütlerini şeffaf ve tutarlı bir şekilde yerine getirmesi, psikolojik sözleşmenin güçlenmesini sağlar ve direnç davranışlarının azalmasına katkıda bulunur. Aksi durumda, psikolojik sözleşme ihlali, çalışanların değişime karşı olumsuz tutum geliştirmesine ve aktif direnç göstermesine yol açabilir. Bu nedenle, psikolojik sözleşmenin yönetimi, değişim liderliği stratejilerinin başarısı açısından da kritik bir öneme sahiptir. Psikolojik sözleşmenin korunması ve güçlendirilmesi, çalışanların örgüte olan güvenini ve

bağlılığını artırarak, teknolojik dönüşüm süreçlerinde ortaya çıkabilecek dirençle başa çıkmada etkili bir aracı rol üstlenir (Lee vd., 2023).

DÖNÜŞÜMÜN BAŞARISI İÇİN UYGULAMAR VE STRATEJİLER

Çalışan Katılımının Erken Sağlanması ve Eğitim Programları, Geri Bildirim Mekanizmaları ve Sürekli Destek, Somut Fayda Gösterimi ve Başarı Hikayeleri olarak alt başlıklarda açıklanmaktadır.

Çalışan Katılımının Erken Sağlanması ve Eğitim Programları

Teknolojik dönüşüm süreçlerinde çalışan direncinin azaltılması için en etkili uygulamalardan biri, çalışanların sürece erken aşamada dahil edilmesidir. Özellikle yapay zekâ gibi yeni teknolojilerin benimsenmesinde, çalışanların sürecin başından itibaren bilgilendirilmesi ve katılımlarının sağlanması, direnç seviyesini önemli ölçüde düşürmektedir. Bu kapsamda, liderlik ve genel personel için düzenlenen atölye çalışmaları ve seminerler, teknolojinin potansiyel faydalarını ve pratik uygulamalarını gerçek dünya vaka analizleriyle somutlaştırmaktadır. Bu tür eğitim programları, çalışanların yeni teknolojilere dair belirsizliklerini azaltmakta ve teknolojinin iş süreçlerine olan katkılarını doğrudan gözlemlemelerine olanak tanımaktadır. (Hussain ve Rizwan, 2024). Böylece, çalışanlar teknolojik dönüşümün yalnızca bir zorunluluk değil, aynı zamanda işlerini kolaylaştıran ve geliştiren bir unsur olduğunu daha net bir şekilde kavrayabilmektedirler

Geri Bildirim Mekanizmaları ve Sürekli Destek

Başarılı uygulamalarda öne çıkan bir diğer unsur ise düzenli geri bildirim mekanizmalarının kurulmasıdır. Çalışanların endişe ve önerilerinin sistematik olarak toplanması ve değerlendirilmesi, onların sürece aktif katılımını teşvik etmektedir. Bu mekanizmalar sayesinde, çalışanların karşılaştıkları zorluklar ve direnç noktaları erken tespit edilerek, uygun destek ve çözüm yolları geliştirilebilmektedir. Ayrıca, teknolojik dönüşüm sürecinde çalışanlara sürekli destek sağlanması, onların yeni sistemlere adaptasyonunu kolaylaştırmakta ve motivasyonlarını artırmaktadır. (Hussain ve Rizwan, 2024). Bu yaklaşım, çalışanların değişime karşı daha olumlu bir tutum geliştirmesine ve teknolojik yeniliklerin iş süreçlerine entegrasyonunun hızlanmasına katkı sağlamaktadır.

Somut Fayda Gösterimi ve Başarı Hikayeleri

Çalışan direncini azaltmada etkili olan bir diğer iyi uygulama ise, teknolojik dönüşümün somut faydalarının çalışanlara açıkça gösterilmesidir. Gerçekleştirilen pilot projeler ve başarı hikayeleri aracılığıyla, yeni teknolojilerin iş akışlarında sağladığı verimlilik artışı ve iş süreçlerindeki iyileşmeler çalışanlarla paylaşılmaktadır. Bu tür örnekler, çalışanların yeni teknolojilere yönelik algılarını olumlu yönde şekillendirmekte ve değişime olan güvenlerini artırmaktadır. Özellikle, başarıya ulaşmış uygulamaların paylaşılması, çalışanlar arasında değişime yönelik olumlu bir örgüt kültürünün oluşmasına katkı sağlamaktadır (Hussain ve Rizwan, 2024).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada, örgütlerde teknolojik dönüşüm süreçlerinde ortaya çıkan çalışan direncinin çok boyutlu nedenlerini ve sonuçlarını kapsamlı biçimde ele almıştır. Çalışma sonucunda ede edilen bulgulara göre; Teknolojik dönüşüm, örgütlerin rekabet gücünü artırmak ve sürdürülebilirliği sağlamak açısından kritik bir rol oynarken, çalışanlar üzerinde bireysel, sosyal ve kurumsal düzeyde çeşitli direnç dinamikleri yaratmaktadır. Direncin olumsuz etkileri arasında değişim süreçlerinin yavaşlaması, verimlilik kaybı ve örgütsel bağlılıkta azalma yer

alırken, olumlu etkiler ise örgütsel süreçlerin sorgulanması ve iyileştirilmesi için fırsatlar sunmaktadır.

Değişim liderliği, dijital dönüşüm bağlamında evrimleşerek, çalışan direnciyle mücadelede stratejik bir unsur haline gelmiştir. Liderlerin, çalışanları sürece erken dahil etmesi, eğitim ve destek programları sunması, etkili iletişim ve geri bildirim mekanizmaları kurması, direncin azaltılmasında önemli rol oynamaktadır. Ayrıca, psikolojik sözleşme kavramı, çalışanların örgüte yönelik algı ve beklentilerinin yönetilmesinde ve dirençle başa çıkmada aracı bir işlev üstlenmektedir. Psikolojik sözleşmenin ihlali, çalışan direncini ve olumsuz örgütsel davranışları artırırken; sözleşmenin güçlendirilmesi, değişim süreçlerinin başarısını olum katkılar vermektedir.

Başarı örnekleri ve en iyi uygulamalar, çalışan katılımının erken sağlanması, sürekli eğitim ve destek, somut fayda gösterimi ve başarı hikayelerinin paylaşılması gibi stratejilerin etkinliğini ortaya koymaktadır. Gelecekteki araştırmalar için, direncin çok boyutlu ve dinamik doğasının derinlemesine incelenmesi, değişim liderliği ve psikolojik sözleşmenin aracılık rolünün ampirik olarak test edilmesi, direncin olumlu yönlerinin ve katılımcı yaklaşımların araştırılması önerilmektedir. Ayrıca, güç dinamikleri, sosyal grup baskısı ve kuşaklararası farklılıkların etkisi ile dirençle başa çıkma stratejilerinin etkililiğinin değerlendirilmesi, örgütlerin teknolojik dönüşüm süreçlerinde daha başarılı olmalarına katkı sağlayacaktır.

Teknolojik dönüşüm sürecindeki yöneticilere, profesyonellere gelecek araştırmacılara yönelik stratejik öneriler olarak öncelikle ‘’Değişim İletişim Planı Oluşturulmalıdır’’ Teknolojik dönüşümün "neden" gerekli olduğu, çalışanlara şeffaf ve dürüst bir şekilde anlatılmalıdır. Dönüşümün istihdamı tehdit etmediği, aksine rutin tekrarlanan işleri azaltarak zamandan tasaruff edileceği ve çalışanların görevlerinin daha da kıymetleneceği izah edilmelidir.

Eğitim Süreçleri ile Psikolojik Destek verilmelidir. Sadece teknik kullanım kılavuzları sunmak yerine, çalışanların teknostres ve yetersizlik hislerini azaltacak kademeli geçiş, pilot uygulamalar ve kullanıcı dostu ve destekleyici eğitim programlar düzenlenmelidir.

Katılımcı Yönetim Modeli Benimsenmelidir: Yeni sistemler seçilirken veya süreçler tasarlanırken, sahada bu teknolojiyi kullanacak personelin fikirleri alınmalı, pilot gruplar kurularak çalışanların sisteme erken adaptasyonu ve sahiplenmesi sağlanmalıdır. Örgüt içerisinde departman bazlı, teknolojiye yatkın ve sosyal sermayesi güçlü çalışanlar "değişim ajanı" olarak konumlandırılmalı, akran öğrenmesi ve yatay iletişim kanallarıyla direnç kırılmalıdır.

TARTIŞMA

Bu çalışmada incelenen kuramsal modeller ve stratejiler, örgütlerde teknolojik dönüşümün teknik bir kodlama ya da altyapı sorunundan ziyade, bir "insan ve kültür yönetimi" sorunu olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Çalışanlar tarafından gösterilen değişime direncin kaçınılmaz bir insani tepki olduğunu, ancak doğru liderlik müdahaleleriyle bu direncin bir inovasyon adımlarına dönüşebileceğini göstermektedir.

Tartışılması gereken en kritik nokta, geleneksel yönetimlerin değişime direnci bir itaatsizlik olarak algılayıp baskı unsurlarına başvurmasıdır. Oysa ki çalışanların yapay zekâ ya da otomasyon sistemlerine gösterdiği direnç, genellikle teknolojinin kendisine değil teknolojinin getirdiği belirsizliğe ve görev kaybı korkusunadır. Şeffaflıktan uzak ve çalışan katılımı sağlanmadan yürütülen dönüşüm projeleri, psikolojik sözleşmeyi ihlal etmekte ve örgüt içinde gizli bir sabotaj ya da "sessiz istifa" dalgası yaratmaktadır. Buna karşılık, çalışanı dönüşümün nesnesi değil, ortak tasarımcısı haline getiren stratejiler, başarılı olmaktadır. Eğitimler yoluyla

teknostres faktörlerinin azaltılması ve hata yapmanın tolere edildiği bir psikolojik güvenlik ikliminin yaratılması en temele unsur olarak öne çıkmaktadır.

KAYNAKÇA

Certo, S. C. (1997). *Modern Management*, New Jersey, Prentice-Hall.

Fleron B. F. R. ve Stana, R. A. (2024). Technostress and Resistance to Change in Maritime Digital Transformation: A Focused Review, arXiv preprint arXiv:2408.17408, https://arxiv.org/abs/2408.17408

Freese, C. ve R. Schalk (1995). *Het Psychologisch Contract en Leeftijdsbewust Personeels Management*, in R. Schalk (Eds), Lemma, Utrecht.

Hall, D. ve J.E. Moss (1998). The New Protean Career Contract: Helping Organizations and Employees Adapt, *Organizational Dynamics,* Vol. 26, No. 3, 23.

Hussain A. ve Rizwan, R. (2024). Strategic AI adoption in SMEs: A Prescriptive Framework, arXiv preprint arXiv:2408.11825, https://arxiv.org/abs/2408.11825

Karagözoğlu-Aslıyüksek, M. (2016), Bilgi Teknolojileri ve Dijitalleşmenin Türkiye'de Bilgibilim Literatürüne Yansıması: *Bilgi Dünyası Dergisi Örneği* (2000-2014), Bilgi Dünyası, 17 (1) 87-103, http://bd.org.tr/index.php/bd/article/view/480/565

Kotter, J. (1973). The Psychological Contract: Managing the Joining-up Process, *California Management Review*, Vol. 15, No. 9, 91-99.

Kurtulmuş, N. (1996). *Sanayi Ötesi Dönüşüm*, İz Yayıncılık, İstanbul.

Lee, D., Lallie H. S. ve Michaelides, N. (2023). The impact of an employee's psychological contract breach on compliance with information security policies: intrinsic and extrinsic motivation, arXiv preprint arXiv:2307.02916, https://arxiv.org/abs/2307.02916

Levinson, H., C.R. Price, K.J. Munden ve C.M. Solley (1962). *Men, Management and Mental Health*, Harvard University *Pres*, Cambridge.

Lewis P. S., Stephen H.G. ve Patricia M. F. (1995). *Management, Challenges in the 21st Century*, St.Paul, West Publishing Company.

Oberer, B. ve Erkollar, A. (2018). Leadership 4.0: Digital Leaders in the Age of Industry 4.0. *International Journal of Organizational Leadership*, 7(4), 404-412. doi:10.33844/ijol.2018.60332

Robinson, S.L. (1996). Trust and Breach of the Psychological Contract, *Administrative Science Quarterly*, Vol. 41, 574-599.

Rousseau, D.M. (1995). *Psychological Contracts in Organizations; Understanding Written and Unwritten Agreements*, Thousand Oaks: Sage Publications Inc, California.

Schein, E.H. (1980). *Organizational Psychology*, 3. Baskı, Englewood Cliffs, PrenticeHall, New Jersey.

Schiuma, G., Schettini, E., Santarsiero, F. ve Carlucci, D. (2022). The transformative leadership compass: Six competencies for digital transformation entrepreneurship. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 28(5), 1273-1291. doi:10.1108/IJEBR-01- 2021-0087

Stana, R. A., Fischer, L. H. ve Nicolajsen, H. W. (2024). Review for future research in digital leadership, arXiv preprint arXiv:2409.01056, https://arxiv.org/abs/2409.01056

Temel, H. Y., ve Yapraklı, H. (2015). Küreselleşen dünyada işsizlik. *Uluslararası Ekonomi ve İşletme Kongresi (ICEB 2015)*, Makedonya.

Ülgen, H. ve Mirze, K. S. (2004). *İşletmelerde Stratejik Yönetim*, İstanbul, Literatür Yayıncılık.

Wirtz, B. W. (2019). *Digital Business Models: Concepts, Models, and the Alphabet Case Study*. Progress in IS. Cham: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-030-13005-3

ÖRGÜTSEL İKLİMİN ÇALIŞANLARIN İŞ YAŞAM DENGESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

THE EFFECTS OF ORGANIZATIONAL CLIMATE ON EMPLOYEES WORK-LIFE BALANCE

Dr. Cihan KARA
Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8230-810X

ÖZET

Dijitalleşme ve artan rekabet baskısıyla birlikte iş ve özel hayat sınırlarının belirsizleştiği günümüz iş dünyasında, liderlik tarzları ve kurumsal etik değerlerin çalışan esenliği üzerindeki belirleyici rolü giderek kritik bir önem kazanmaktadır. Örgütsel iklim, çalışanların iş ortamında algıladıkları destek, değerler ve uygulamalar bütününü ifade ederken; iş yaşam dengesi, bireylerin iş ve özel yaşam sorumluluklarını uyumlu bir şekilde yerine getirebilme durumunu tanımlamaktadır. Bir organizasyonun psikolojik atmosferini oluşturan örgütsel iklim, liderlerin yönetim yaklaşımları ve kurumun ahlaki değerler bütününü temsil eden etik iklim yapısıyla şekillenmektedir. Güven, adalet ve dürüstlük temelleri üzerine kurulan bir etik iklim, çalışanların hem içsel motivasyonunu hem de kuruma yönelik bağlılık düzeylerini doğrudan artırmaktadır. Geleneksel yaklaşımların aksine modern iş dünyası, çalışanın profesyonel başarısını özel yaşam alanındaki refahından ayrı düşünmemektedir. Bu çalışmanın amacı; örgütsel iklimin çalışanların iş-yaşam dengesi üzerindeki etkilerini etik iklim, liderlik tarzları, örgütsel bağlılık ve motivasyon değişkenleri ekseninde incelemek ve stratejik öneriler geliştirmektir. Çalışma ulusal ve uluslararası yazın kapsamlı bir biçimde araştırılarak, literatür tarama yöntemiyle yapılmıştır. Bu doğrultuda yapılan kapsamlı literatür taraması; destekleyici ve katılımcı liderliğin ve yüksek etik standartların egemen olduğu olumlu örgütsel iklimlerin, çalışanların motivasyonunu ve iyilik halini artırdığı duygusal bağlılığı güçlendirerek iş-yaşam dengesini optimize ettiğini göstermektedir. Buna karşın, etik dışı davranışlara göz yuman ve aşırı baskıcı olan otokratik iklimler iş-aile çatışmasını derinleştirmekte, motivasyonu düşürerek işten ayrılma niyetini tetiklemektedir. Çalışma, iş-yaşam dengesini güçlendirmek adına insan kaynakları yöneticilerine ve liderlere, esnek çalışma modelleri, mentorluk programları psikolojik güvenlik alanları ve dengeli performans yönetimi gibi stratejik ve uygulanabilir politika önerileri sunması bakımından önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Örgütsel İklim, İş-Yaşam Dengesi, Etik İklim, Örgütsel Bağlılık.

ABSTRACT

In today’s business world, where the boundaries between professional and private life are blurring due to digitalization and increasing competitive pressure, the decisive role of leadership styles and corporate ethical values regarding employee well-being is becoming increasingly critical. While organizational climate refers to the totality of support, values, and practices perceived by employees within the work environment, work-life balance defines the ability of individuals to harmoniously fulfill their professional and personal responsibilities. Organizational climate which constitutes an organization's psychological atmosphere is shaped by leaders' management approaches and the ethical climate structure, which represents the institution's moral values. An ethical climate built upon foundations of trust, fairness, and integrity directly enhances both employees' intrinsic motivation and their levels of organizational commitment. Unlike traditional approaches, the modern business world does not view an employee's professional success in isolation from their well-being in their private life. The aim of this study is to examine the effects of organizational climate on employees' work-

life balance through the lens of variables such as ethical climate, leadership styles, organizational commitment, and motivation, and to develop strategic recommendations. The study was conducted using a literature review methodology, involving comprehensive research into both national and international literature. The resulting comprehensive review demonstrates that positive organizational climates characterized by supportive and participative leadership and high ethical standards optimize work-life balance by boosting employee motivation and well-being, as well as strengthening emotional commitment. In contrast, autocratic climates characterized by excessive pressure and a tolerance for unethical behavior exacerbate work-family conflict and trigger turnover intentions by diminishing motivation. This study is significant as it offers human resources managers and leaders strategic, actionable policy recommendations such as flexible work models, mentoring programs, psychological safety initiatives, and balanced performance management to strengthen work-life balance.
Keywords: Organizational Climate, Work-Life Balance, Ethical Climate, Organizational Commitment.

GİRİŞ

Küreselleşme, teknolojik gelişmeler ve değişen iş gücü yapısı, modern iş yaşamını ve organizasyonların işleyiş biçimini köklü bir değişime uğratmıştır. Bu değişim sürecinde işletmeler, sürdürülebilir başarı elde etmek ve nitelikli iş gücünü ellerinde tutabilmek adına sadece finansal performanslarına değil, insan kaynağının psikolojik ve sosyal refahına da odaklanmak zorunda kalmışlardır. Bir organizasyonun başarısı, çalışanların kurumsal hedeflere ne ölçüde katkı sağladığıyla doğrudan ilişkili olmakla birlikte; bu katkı, çalışanın içinde bulunduğu örgütsel iklim ve bu iklimin bireyin yaşam kalitesi üzerindeki yansımalarıyla şekillenmektedir. Örgütsel iklim, çalışanların iş yerindeki uygulamalar, politikalar, liderlik tarzları ve kişiler arası etkileşimler hakkındaki ortak algılarını ve hislerini yansıtan psikolojik bir yapıdır. Kurumun kişiliği olarak da adlandırılan bu kavram, çalışanların motivasyonunu, performansını ve davranışlarını doğrudan etkileme gücüne sahiptir. Öte yandan, iş dünyasının bireyden beklentilerinin artması, mesai saatlerinin esnemesi ve dijital araçlar nedeniyle işin eve taşınması, bireylerin profesyonel yaşamları ile kişisel yaşamları arasındaki sınırları neredeyse yok etmiştir. Bu durum, modern yönetim yazınında iş-yaşam dengesi kavramının önemini daha da artırmıştır. İş-yaşam dengesi, bireyin iş yerindeki rolleri ile ailesi, sosyal çevresi ve kişisel gelişimi gibi iş dışı rolleri arasında sağlıklı bir harmoni kurabilme durumudur. Örgütsel davranış literatüründe yapılan çalışmalar, örgütsel iklimin kalitesi ile çalışanların iş-yaşam dengesi arasında kaçınılmaz bir bağ olduğuna işaret etmektedir. Destekleyici, açık, adaleti ve esnekliği teşvik eden bir iklim yapısı, çalışanların roller arası çatışmasını azaltarak yaşam doyumunu artırmaktadır. Aksine, sürekli performans baskısının yapıldığı, esneklikten uzak ve rekabetin yıkıcı boyutlara ulaştığı kapalı örgütsel iklimler, çalışanın özel hayatına müdahale ederek tükenmişliğe, stres kaynaklı sağlık sorunlarına ve işten ayrılma niyetine yol açmaktadır. Bu bağlamda, örgütsel iklimin iş-yaşam dengesi üzerindeki etkilerini anlamak, hem çalışan esenliğini (well-being) korumak hem de organizasyonel etkinliği artırmak adına kritik bir öneme sahiptir. Bu çalışma, örgütsel iklimin çalışanların iş-yaşam dengesi üzerindeki etkilerini belirlemeye yönelik yapılmıştır. . Bu doğrultuda hazırlanan çalışmada, öncelikle örgütsel iklim ve iş-yaşam dengesi kavramları teorik olarak ele alınacak, ardından aralarındaki etkileşim mekanizmaları örgütsel davranış literatürdeki güncel çalışmalar ışığında incelenerek çözüm önerileri sunulacaktır.

ÖRGÜTSEL İKLİMİN TANIMI VE GELİŞİMİ

Örgütsel iklim ilk kez, Argyris (1958) tarafından yapılmış ve Argyris örgütün psikolojik yapısını tanımlamak için "örgütsel iklim" kavramını kullanmıştır. Örgütsel iklimin çalışanlar

üzerindeki etkisine dair araştırmalar Hawthorne araştırmalarına kadar uzanmaktadır (Luenburg ve Ornstein, 1991). Bu araştırmalarda, çalışanların motivasyonları, iş tatminleri ile performansları ve verimlilikleri arasında ilişki tespit edilmeye yönelik yapılmış ve araştırmalarının sonucunda, çalışanların örgütsel iklimi olumlu algılamaları durumunda bunun performanslarını artırıcı yönde etki yarattığı anlaşılmıştır (McGregor, 1957). Tannebaum ve Schmidt (1958) göre örgütsel iklim, örgütsel ve yönetsel süreçler ile iş görenlerin karşılıklı olarak birbirinin etkileşimi ile oluşur (Ekvall, 1987). Bir başka tanımda yöneticilerin ve iş görenlerin birlikte oluşturduğu bir sonuçtur. Bu sonuç paylaşılan değerler, sosyal inançlar ve sosyal standartlar üzerinden boyutlanır (Çakır, 2010). İnanılırlık, güvenilirlik, içtenlik, yardımseverlik, katılımcılık gibi kavramlarla doyum ve beklenti düzeylerinin zirve yaptığı iklim olarak tanımlamak mümkündür (Karcıoğlu ve Aykanat, 2012). Mullins (2007) örgütsel iklimi, örgütsel yaşamda anlaşılan ve tanımlanması güç olan bir duygusal etkileşim olarak ifade etmektedir. Ertekin'e (1978) göre ise örgütsel iklim, iş görenler tarafından algılanan, onların tutum ve davranışlarını etkileyen ve onlardan etkilenen örgüte bir kimlik kazandıran setler bütünüdür (Erdem ve İşbaşı, 2001).

Örgütsel iklim kavramı, çalışanların iş ortamlarını nasıl algıladıklarını, deneyimlediklerini ve tanımladıklarını anlamak için kullanılan önemli bir yapıdır. Kavramın kökeni 1950'ler ve 1960'lara kadar uzanmakta olup, örgütsel iklim araştırmaları genellikle psikolojik yöntemlerle, çalışanların iş ortamındaki gözlemlenebilir deneyimlerine odaklanan anketler aracılığıyla yürütülmektedir. Örgütsel iklim; çalışanların, deneyimledikleri politika, uygulama ve prosedürlere atfedilen anlamlar ile gözlemledikleri, ödüllendirilen, desteklenen ve beklenen davranışlara ilişkin paylaşılan algıları olarak tanımlanmaktadır. Başlangıçta örgütsel iklim, örgütün genel işleyişini kapsayan geniş bir kavram olarak ele alınırken, zamanla müşteri hizmetleri iklimi, güvenlik iklimi, girişimcilik iklimi, öğrenme iklimi, bilgi güvenliği iklimi ve gizlilik iklimi gibi daha dar ve odaklanmış alt boyutlara yönelik ilgi artmıştır. Bu alt boyutlar, örgütsel iklimin çok boyutlu ve dinamik bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir (Iwaya, 2022). Çalışanların kurumsal başarı güdülerinin, yaratıcılıklarının performanslarının ve verimliliklerinin arkasında bireysel özellikleri olduğu kadar örgüt iklimine ilişkin özelliklerinin algılanması da kritik önem sahiptir (Oldham ve Cummings, 1996)

İŞ YAŞAM DENGESİNİN TANIMI VE ÖNEMİ

Sturges ve Guest'e (2004) göre ise, iş yaşam dengesi, minimum rol çatışması ile iş ve iş dışı yaşamdan tatmin olmak olarak tanımlanmaktadır. En basit ifadeyle, bireylerin işleri ile sosyal yaşamlarının verimli bir şekilde yönetilmesidir (Pekdemir ve Koçoğlu, 2014). Bir başka ifadeyle, bireyin iş ve özel yaşam ile ilgili aktiviteler arasında denge kurarak her iki alanda da tatmin olabilmesidir (Dilek ve Yılmaz, 2016).

İş yaşam dengesi, bireylerin iş ve kişisel yaşamlarındaki rollerini uyumlu bir şekilde yerine getirebilmeleri anlamına gelmektedir. Modern yaşam tarzı, iş ve özel yaşam arasındaki sınırların giderek daha fazla karışmasına yol açmış, bireylerin aynı anda birden fazla ve çoğu zaman çelişkili rol beklentilerini karşılamasını zorunlu kılmıştır. Özellikle iş yerinde üstlenilen rollerin çeşitlenmesi, bireylerin yaşamlarının diğer alanlarından uzaklaşmasına neden olabilmektedir. Bu durum, iş ve aile gibi yaşamın iki temel alanı arasında uyumu ve orantının sağlanmasını daha da önemli hale getirmiştir. İş yaşam dengesi kavramı, bireylerin hem iş hem de aile rollerinde etkin olma gerekliliğinden doğmuş ve bu iki alan arasındaki uyumun, bireylerin genel sağlığı üzerinde belirleyici bir etkisi olduğu vurgulanmaktadır (Genç vd., 2016). İş yaşam dengesinin sağlanamaması, iş ortamından kaynaklanan sorunların iş-yaşam ilişkilerini olumsuz etkilemesine ve rol çatışmalarının önemli bir stres kaynağı haline gelmesine yol açmaktadır. İş ve yaşam rolleri arasındaki gereksinimlerin uyumsuzluğu, bireylerin her iki alandaki ihtiyaçlarını karşılamasını güçleştirmekte ve bu durum çeşitli sorunlara neden olmaktadır. İş ve yaşam arasındaki çatışmanın azaltılması, çalışanların hem iş hem de kişisel

yaşam alanlarındaki memnuniyetini artırmakta ve iş sonuçlarını olumlu yönde etkilemektedir. Ayrıca, iş yaşam dengesi ve çalışanların özel yaşamlarına gösterilen özen, çalışanların elde tutulmasında etkili bir araç olmaktadır (Bahrami,2023).

İş yaşam dengesi, çalışanların iş ve iş dışı faaliyetlerini mevcut yaşam öncelikleriyle uyumlu olarak algılamaları ve bu dengenin onların işteki gelişim ve terfilerine katkı sağlaması olarak tanımlanmaktadır. Bu bağlamda, iş yaşam dengesi yalnızca kaynakların eşit dağıtılması anlamına gelmemekte, aksine kaynakların hedefler ve yetenekler doğrultusunda uygun şekilde tahsis edilmesini ifade etmektedir. Konunun önemi nedeniyle, özellikle kadınlar açısından iş yaşam dengesinin sağlanmasına yönelik çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Örneğin, uzaktan çalışma gibi farklı iş standartlarının kadınlar için iş yaşam dengesi üzerindeki etkileri incelenmiş; uzaktan çalışmanın esneklik ve ev ortamında çalışma fırsatı sunarken, rol bütünleşmesine ve dikkat dağınıklığına yol açtığı, ayrıca aile ve özel alan üzerinde de etkili olduğu belirtilmişti. (Erben ve Ötken, 2014). Tüm bu bulgular, iş yaşam dengesinin insan kaynakları yönetimi açısından stratejik bir araç ve özellikle kadın çalışanların elde tutulmasında anahtar bir unsur olduğunu göstermektedir

ÖRGÜTSEL İKLİMİN İŞ YAŞAM DENGESİNE ETKİLERİ

Örgütsel iklimin iş-yaşam dengesi üzerindeki etkileri; İş-Yaşam Dengesi Önlemlerinin Algısal ve Davranışsal Sonuçları, Çatışma Azaltıcı ve Olumlu Davranış Geliştirici Mekanizmalar, Liderlik ve Yönetim Tarzlarının Rolü, Sektörel ve Kültürel Farklılıkları Etkisi, Etik İklimin Çalışan Memnuniyetine Katkıları şeklinde alt başlıklarda açıklanmaktadır.

İş-Yaşam Dengesi Önlemlerinin Algısal ve Davranışsal Sonuçları

Örgütsel iklimin iş yaşam dengesi üzerindeki etkilerinin temel mekanizmalarından biri, çalışanların iş-aile uyumu veya iş-aile çatışması algılarının şekillenmesidir. Literatürde, iş-yaşam dengesi önlemlerinin kurumsal sosyal sorumluluk kapsamında değerlendirilen soyut bir sermaye unsuru olduğu ve bu önlemlerin çalışan performansında artışa yol açabileceği vurgulanmaktadır. İş-aile uyumunun sağlanması, çalışanların stres düzeylerinde azalma, iş tatmini ve motivasyonlarında artış gibi algısal değişikliklere neden olmaktadır (Gökkaya, 2014). Bu olumlu algılar, çalışanların örgütsel davranışlarında da yansımalarını bulmakta; devamsızlık oranlarında azalma, işten ayrılma eğiliminde düşüş ve performansta artış gibi sonuçlar ortaya çıkmaktadır (Korkmaz ve Erdoğan, 2014).

Çalışanlar, iş-yaşam dengesi uygulamalarının varlığını olumlu bir şekilde algılamakta ve bu algı, örgütsel davranışlarını iyileştirmektedir. Bu bulgular, iş-yaşam dengesi uygulamalarının yalnızca bireysel düzeyde değil, aynı zamanda örgütsel verimlilik ve performans açısından da kritik bir rol oynadığını göstermektedir.

Çatışma Azaltıcı ve Olumlu Davranış Geliştirici Mekanizmalar

Örgütsel iklimin iş yaşam dengesine etkisinde bir diğer önemli mekanizma, iş-aile çatışmasının azaltılması yoluyla çalışanlarda olumlu tutum ve davranışların teşvik edilmesidir. İş-yaşam dengesi uygulamaları, çalışanların iş ve aile sorumlulukları arasında yaşadıkları çatışmayı azaltarak, örgüte yönelik olumlu algıların ve davranışların gelişmesini sağlamaktadır. Bu tür uygulamalar, çalışanların örgüte olan bağlılıklarını artırmakta ve işten ayrılma niyetlerini azaltmaktadır. Ayrıca, iş-yaşam dengesi uygulamalarının sektöre, cinsiyete, yaşa ve diğer sosyo-demografik değişkenlere göre farklı etkiler gösterebileceği belirtilmektedir. Bu nedenle, örgütsel iklimin iş yaşam dengesine etkisinin, çalışanların bireysel özellikleri ve içinde bulundukları sektör gibi faktörlerle birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir Biedma Ferrer ve Medina Garrido,2023).

Sonuç olarak, örgütsel iklimin iş yaşam dengesine etkisi hem çatışma azaltıcı hem de olumlu davranış geliştirici mekanizmalar üzerinden gerçekleşmekte ve bu süreçler örgütsel performansın artırılmasına katkı sağlamaktadır.

Liderlik ve Yönetim Tarzlarının Rolü

Liderlik ve yönetim tarzları, çalışanların örgütsel destek algısını şekillendirmede kritik bir rol oynamaktadır. Literatürde, örgütsel desteğin çalışanların iş yaşam dengesi üzerindeki olumlu etkileri vurgulanmaktadır. Özellikle, çalışanların iş yaşam dengesi ihtiyaçlarının karşılanmasında liderlerin ve yöneticilerin sergilediği destekleyici tutumlar, çalışanların örgüte olan bağlılığını artırmakta ve genel iyilik hallerini güçlendirmektedir. Destekleyici ve katılımcı liderlik yaklaşımları, çalışanların iş yaşam dengesi programlarından daha etkin biçimde yararlanmasını sağlamakta ve bu sayede çalışanların hem iş hem de özel yaşamlarında daha yüksek bir denge kurmalarına olanak tanımaktadır. (Medina-Garrido vd., 2023).

Bu süreçte, liderlerin çalışanların ihtiyaçlarını anlaması ve bu ihtiyaçlara duyarlı politikalar geliştirmesi, örgütsel iklimin çalışanların iş yaşam dengesi üzerindeki olumlu etkilerini pekiştirmektedir ayrıca çalışanların hem örgüte olan bağlılıklarını hem de genel iyilik hallerini artırarak iş yaşam dengesi üzerinde olumlu sonuçlar doğurmaktadır.

Liderlik ve yönetim tarzlarının iş yaşam dengesi üzerindeki etkileri, çalışanların demografik özelliklerine göre farklılık gösterebilmektedir. Literatürde, özellikle cinsiyet ve kıdem gibi değişkenlerin, örgütsel destek ile iş yaşam dengesi arasındaki ilişkide moderatör rol oynayabileceği belirtilmektedir. Farklı liderlik yaklaşımlarının, kadın ve erkek çalışanlar ya da kıdemli ve yeni çalışanlar üzerinde farklı etkiler yaratabileceği vurgulanmaktadır. Örneğin, kadın çalışanların iş yaşam dengesi ihtiyaçlarına daha duyarlı liderlik tarzlarının, bu grupta daha yüksek bir iş yaşam dengesi algısı oluşturabileceği öne sürülmektedir (Kapız, 2002). Benzer şekilde, kıdemli çalışanların örgütsel destekten ve liderlik tarzlarından algıladıkları fayda, yeni çalışanlara göre farklılık gösterebilir. (Medina-Garrido vd., 2023). Bu nedenle, liderlik ve yönetim tarzlarının iş yaşam dengesi üzerindeki etkilerini değerlendirirken, çalışanların demografik özelliklerinin de dikkate alınması gerekmektedir.

Sektörel ve Kültürel Farklılıkları Etkisi

Örgütsel iklimin çalışanların iş yaşam dengesi üzerindeki etkileri, sektörler arasında önemli farklılıklar gösterebilmektedir. Sektöre özgü beklentiler ve ödüllendirme sistemleri, çalışanların iş yaşam dengesi algılarını doğrudan etkileyebilir. Sektörel farklılıklar, örgütsel iklimin çalışanlar üzerindeki etkisinin anlaşılmasında dikkate alınması gereken temel bir değişken olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle sektörün kendine özgü yapısal ve işlevsel özelliklerinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Gerçek vd., 2015).

Kültürel farklılıklar, örgütsel iklimin çalışanların iş yaşam dengesi üzerindeki etkilerini anlamada kritik bir rol oynamaktadır. Ulusal kültür, örgütlerin değer sistemlerini, liderlik yaklaşımlarını ve çalışanların iş yaşam dengesiyle ilgili beklentilerini belirleyici şekilde etkileyebilir. Sonuç olarak, kültürel farklılıklar, örgütsel iklimin çalışanların iş yaşam dengesi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde göz ardı edilemeyecek bir değişken olarak öne çıkmaktadır (Iwaya, 2022).

Etik İklimin Çalışan Memnuniyetine Katkıları

Örgütsel iklimin önemli bir alt boyutu olan etik iklim, çalışanların memnuniyet düzeyleri üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Etik iklim, çalışanların örgüt içindeki davranışlarını yönlendiren ve örgütün etik özelliklerini yansıtan bir yapı olarak tanımlanır. Çalışanlar, örgütlerinde adil ve etik bir iklimin hâkim olduğunu algıladıklarında, iş ilişkilerinde ve etkileşimlerinde adaletin sağlandığına dair bir güven duygusu geliştirirler. Bu güven, çalışanların örgüte olan bağlılıklarını ve genel memnuniyetlerini artırır. Araştırmalar, etik kodların etkin bir şekilde uygulanmasının, çalışanların etik davranışlarını güçlendirdiğini ve örgütsel düzeyde etik dışı davranışların azalmasına katkı sağladığını göstermektedir. (Ghobbeh ve Atrian, 2024). Etik kodların içselleştirilmesi, çalışanların hangi davranışların uygun olduğunu daha iyi anlamalarına ve bu doğrultuda hareket etmelerine olanak tanır. Böylece, çalışanlar kendilerini daha güvende ve değerli hissederler; bu da iş tatminini ve örgütsel bağlılığı olumlu yönde etkilemektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada, örgütsel iklimin iş yaşam dengesi üzerindeki etkilerini çok boyutlu bir çerçevede incelemiştir. Yapılan araştırmalarda elde edilen bulgulara göre; olumlu bir örgütsel iklimin çalışanların iş ve özel yaşamlarını daha uyumlu bir şekilde dengelemelerine katkı sağladığını göstermektedir. Özellikle liderlik ve yönetim tarzlarının, örgütsel destek algısını güçlendirerek çalışan bağlılığı ve iyilik halini artırdığı; bunun da iş yaşam dengesi üzerinde olumlu sonuçlar doğurduğu ortaya konmuştur.

Etik iklimin çalışan memnuniyeti ve motivasyonu üzerindeki olumlu etkileri, örgütsel davranışların şekillenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, sektörel ve kültürel farklılıkların, örgütsel iklim ile iş yaşam dengesi arasındaki ilişkiyi anlamada belirleyici olduğu görülmüştür.

Yapılan incelemelerde, mentorluk programların, çalışanların hem profesyonel hem de kişisel gelişimlerine odaklanarak iş yaşam dengesi üzerinde olumlu etkiler yaratmaktadır. Özellikle aile sorumluluklarının büyük kısmını üstlenen kadın çalışanlar için mentorluk, iş yaşam dengesinin sağlanmasında ve işyerinde kalıcılığın artırılmasında önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir. Araştırmalar, mentorluk programlarının kadınların iş ve özel yaşamlarını daha etkin yönetmelerine yardımcı olduğunu ve bu sayede çalışanların örgüte olan bağlılık, ilgi ve sadakatlerinin güçlendiğini göstermektedir yönetsel destek ve esnek çalışma politikalarının, özellikle kadın çalışanlar için geliştirilen stratejilerle birlikte, iş yaşam dengesini güçlendirmede etkili araçlar olduğunu göstermektedir.

Başarılı iş yaşam dengesi stratejilerinin bir diğer önemli boyutu ise yönetsel destek ve esnek çalışma politikalarının hayata geçirilmesidir. Çalışanların gün boyunca işyerinde uzun saatler geçirmesi, kişisel yaşamları ile iş taleplerini dengelemelerini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, örgütler çalışanların iş yaşam dengesini desteklemek amacıyla esnek çalışma saatleri, uzaktan çalışma olanakları ve aile dostu politikalar gibi uygulamaları benimsemektedir. Yöneticilerin, özellikle kadın çalışanların iş yaşam dengesi ihtiyaçlarını anlaması ve bu doğrultuda destekleyici bir örgütsel iklim oluşturması, çalışanların hem işte hem de özel yaşamlarında daha mutlu, tatmin olmuş ve verimli olmalarını sağlamaktadır. Bu tür uygulamalar, çalışanların örgüte olan bağlılıklarını artırmakta ve işten ayrılma oranlarını azaltmaktadır

Sonuç olarak, örgütsel iklimin iyileştirilmesi, çalışanların iş yaşam dengesi, memnuniyeti ve motivasyonu açısından kritik bir unsur olarak öne çıkmakta; bu alanda yapılacak derinlemesine farklı kültürleri ve farklı sektörleri içeren araştırmaların, hem örgütlere hem de yönetici ve profesyonellere katkılar sunacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

Argyris, C. (1957). *Personality and the organization: The conflict between the system and the Individual* (New York: Harper & Row).

Bahrami, P. Nosratabadi, S. Palouzian, K. ve Hegedus, S. (2023).Modeling the Impact of Mentoring on Women's Work-Life Balance: A Grounded Theory Approach, arXiv preprint arXiv:2305.16095, 2023. https://arxiv.org/abs/2305.16095

Biedma Ferrer ve J. M. ve Medina Garrido, J. A. (2023). Impact of family-friendly HRM policies in organizational performance, arXiv preprint arXiv:2311.14358, 2023. [Çevrimiçi]. https://arxiv.org/abs/2311.14358

Çakır, S. Ü., (2010), Örgütsel İklim ile İş Tatmini İlişkisi: Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Cebeci Araştırma ve Uygulama Hastanesi Örneği, *Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Dilek, S., Yılmaz, K. (2016). Öğretmenlerin İşkoliklik Eğilimleri ile İş-Yaşam Dengeleri, *E-Kafkas Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 3(1), ss. 36-55.

Ekvall, G. (1987). The Climate Metaphor in Organization Theory, BASS, Bernard M./ DRENTH, Pieter S.D. (eds.), *An International Review* (Sage Publications).
Erben, G. S., Ötken, A. B. 2014. Paternalist Liderlik ve İşe İlişkin İyilik İlişkisinde İş-Yaşam Dengesinin Rolü, *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 22, ss. 103-121.
Erdem, F. ve İşbaşı, J. Ö. (2001). Eğitim kurumlarında örgüt kültürü ve öğrenci alt kültürünün algılamaları. *Akdeniz İİBF Dergisi*, 1, 33–57.
Ertekin, Y. (1978). *Örgüt iklimi*. TODAİE Yayınları, Ankara.
Gerçek, M., Elmas Atay, S., Dündar, G. 2015. Çalışanların İş-Yaşam Dengesi ile Kariyer Tatmininin, İşten Ayrılma Niyetine Etkisi, *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(11), ss. 67-86.
Ghobbeh ve S., Atrian, A. (2024). Spiritual Intelligence's Role in Reducing Technostress through Ethical Work Climates, arXiv preprint arXiv:2401.03658, https://arxiv.org/abs/2401.03658
Gökkaya, Ö. 2014. Yerel Yönetimlerde İş-Yaşam Dengesi ve Çalışan Davranışı İlişkisinin İncelenmesi – Kocaeli Belediyeler Örneği, *Elektronik Mesleki Gelişim ve Araştırmaları Dergisi*, 2, ss. 2-18.
Iwaya, L. H., Babar M. A. ve Rashid, A. (2022). Privacy Engineering in the Wild: Understanding the Practitioners' Mindset, Organisational Aspects, and Current Practices, arXiv preprint arXiv:2211.08916, 2022. https://arxiv.org/abs/2211.08916
Kapız, S. 2002. İş-Aile Yaşamı Dengesi ve Dengeye Yönelik Yeni Bir Yaklaşım: Sınır Teorisi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4(3), ss. 139-153.
Karcıoğlu, F., ve Z., Aykanat, (2012), "Örgüt İklimi Ve Örgütsel İletişim: Ardahan Üniversitesi ve Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi Arasında Karşılaştırmalı Bir İnceleme'', International Journal of Social Science, Volume 5 Issue 7, pp. 421-436.
Korkmaz, O., Erdoğan, E. 2014. İş Yaşam Dengesinin Örgütsel Bağlılık ve Çalışan Memnuniyetine Etkisi, *Ege Akademik Bakış*, 14(4), ss. 541-557.
Luenburg, F. C. ve Ornstein, A. C. (1991), *Educational Administration: Concepts and Practices* (Belmont), CA: Wadsworth Publishing Co.).
McGgregor, D. (1957), The Human Side of Enterprise, *Management Review,* 46: 22-28.
Medina-Garrido, J. A., Biedma-Ferrer J. M. ve Bogren, M. (2023). Organizational support for work-family life balance as an antecedent to the well-being of tourism employees in Spain,"arXiv preprint arXiv:2311.14009, https://arxiv.org/abs/2311.14009
Mullıns, L.J., (2007), *Management and Organizational Behaviour*, Prentice Hall, London.
Oldham, G. R. ve Cummings A. (1996), Employee Creativity: Personal And Contextual Factors At Work, *Academy of Management Journal*, 39/3: 607-634.
Pekdemir, I., Koçoğlu, M. 2014. İşkoliklik ile İş Yaşam Dengesi Arasındaki İlişkide Kişilik Özelliklerinin Aracılık Rolü Üzerine Bir Araştırma, *AİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Derg*isi, 14(14), ss. 309-337.
Sturges J., Guest D. 2004. Working to Live or Living to Work? Work/Life Balance Early in The Career, *Human Resource Management Journal*, 14(4), ss. 5-20.
Tannebaum, R. ve Schmith, W. (1958), How to Choose a Leadership Pattern, *Harvard Business Review*, 46: 95-101.

SYNTHESIS AND STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF A HEMATITE/CORUNDUM COMPOSITE VIA IN SITU COPRECIPITATION

Dr. Irmak DOĞAN,
İzmir Kâtip Çelebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Engineering Sciences
Doç. Dr. Saadet GÜLER
İzmir Kâtip Çelebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Metallurgical and Materials Engineering

ABSTRACT
Hematite (Fe_2O_3)-based materials have attracted considerable attention in environmental applications and the development of photocatalytic materials due to their coexistence of Fe^{2+}/Fe^{3+} species, surface reactivity, and magnetic properties. However, the tendency of fine Fe_2O_3 particles to agglomerate can reduce the accessibility of active surface sites and limit their effective dispersion in aqueous media. In this study, corundum (α-Al_2O_3), a chemically and thermally stable ceramic material, was employed as a support material to reduce the agglomeration of Fe_2O_3 particles and improve the structural stability of the resulting material. Accordingly, a magnetic hematite/corundum composite was prepared via an in situ co-precipitation method using Fe^{3+} and Fe^{2+} ions at a molar ratio of 2:1. The synthesis was carried out in the presence of corundum particles using NH_4OH as the precipitating agent at pH 10.0 ± 0.2 and 25 °C.
The crystalline structure and morphological characteristics of the samples were investigated using X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM), respectively. The XRD analysis revealed characteristic diffraction peaks corresponding to the corundum phase, together with reflections attributable to the crystalline Fe_2O_3 phase, indicating the formation of the two-phase composite structure. SEM observations generally showed the distribution of the Fe_2O_3 phase over the corundum particles, suggesting that the ceramic support may contribute to limiting particle agglomeration. The obtained structural and morphological findings indicate that the produced hematite/corundum composite is a promising candidate for further material development studies targeting photocatalytic applications. Photocatalytic activity tests were performed under artificial UV-visible irradiation using methylene blue (MB) as a model pollutant. The hematite/corundum hybrid achieved a removal efficiency of approximately 63.4% within 120 min, with an apparent pseudo-first-order rate constant of 0.00859 min^{-1}, outperforming untreated corundum and the catalyst-free reference.
Keywords: Fe_2O_3, corundum, α-Al_2O_3, co-precipitation, photocatalytic material.

INTRODUCTION
The contamination of aquatic environments by organic pollutants remains a significant environmental concern, particularly due to the discharge of dye-containing wastewater from textile, printing, paper, and related industries. Synthetic dyes may persist in aqueous environments and require effective treatment strategies before wastewater discharge. Among these pollutants, methylene blue (MB), a widely used cationic dye, is frequently selected as a model compound for evaluating materials developed for water treatment applications. Its characteristic absorption band in the visible region enables concentration changes to be monitored using UV-visible spectroscopy. However, dye removal under irradiation may involve adsorption, direct photolysis, and photocatalytic reactions. Therefore, distinguishing these contributions is important when interpreting the performance of newly developed photocatalytic materials (Mishra & Chun, 2015). Iron oxide-based materials have attracted considerable attention in environmental applications because of their abundance, relatively low cost, chemical versatility, and potential photocatalytic activity. Among the different iron

oxide phases, hematite (α-Fe_2O_3) is particularly interesting because of its chemical stability and relatively narrow optical band gap of approximately 2.0-2.2 eV, which enables the absorption of visible light. These characteristics have encouraged investigations into hematite-based materials for the photocatalytic removal of organic pollutants from aqueous media (Asif et al., 2021; Mishra & Chun, 2015). For example, Kundu et al. (2024) investigated thermally synthesized hematite nanoparticles for visible-light-driven dye degradation, demonstrating the potential of α-Fe_2O_3 as a photocatalytic material.

Despite these advantages, the practical photocatalytic performance of hematite can be limited by rapid recombination of photogenerated electron-hole pairs, restricted charge transport, and morphology-dependent surface activity. Furthermore, fine hematite particles may undergo agglomeration, potentially reducing the accessibility of active surface sites and affecting their dispersion in aqueous media. Various modification strategies, including morphology control, surface engineering, doping, and composite formation, have therefore been investigated to improve the functional properties of hematite-based materials (Hu et al., 2023; Mishra & Chun, 2015). The importance of surface structure has also been demonstrated by Zong et al. (2021), who investigated the facet-dependent photodegradation of methylene blue using hematite nanoplates. These findings indicate that the photocatalytic behavior of hematite depends not only on its crystalline phase but also on its morphological and surface characteristics.

The incorporation of iron oxide particles into a suitable solid support represents a potential approach to developing structurally stable and manageable heterogeneous materials. Aluminum oxide (Al_2O_3) is widely used in ceramic and composite systems because of its chemical resistance, thermal stability, and mechanical durability. Corundum (α-Al_2O_3), the thermodynamically stable crystalline polymorph of alumina, offers a robust ceramic substrate for the incorporation of functional phases. Previous studies have demonstrated the feasibility of combining iron oxide and alumina in materials intended for environmental applications. Chai et al. (2013), for instance, investigated sulfate-doped Fe_3O_4/Al_2O_3 nanoparticles for fluoride removal from drinking water. Although their material contained magnetite rather than hematite, the study provides a relevant example of combining iron oxide and alumina phases in a heterogeneous water-treatment material. Similarly, Li et al. (2007) examined the influence of alumina on the photocatalytic activity of iron oxides during bisphenol A degradation, highlighting the importance of interactions between iron oxide and alumina components.

The relationship between iron oxide and alumina has also been considered in the development of materials for photocatalytic applications. Praveen et al. (2012) investigated the electronic band gaps of ternary corundum solid solutions within the Fe_2O_3-Cr_2O_3-Al_2O_3 system using theoretical calculations. Although such solid solutions differ structurally from supported hematite/corundum composites, this research illustrates the broader relevance of iron oxide-alumina combinations in the design of photoactive materials. In supported systems, the ceramic substrate may influence particle distribution, agglomeration behavior, and the accessibility of surface sites. Nevertheless, improvements in adsorption or photocatalytic performance must be established experimentally rather than assumed solely from the presence of the support.

The synthesis route is another important factor influencing the crystalline structure and morphology of iron oxide materials. Aqueous coprecipitation of Fe^{3+} and Fe^{2+} species under alkaline conditions is an established approach for preparing iron oxide particles. The conventional Fe^{3+}/Fe^{2+} molar ratio of 2:1 is associated with magnetite formation, as described in the classical work of Massart (1981). Baumgartner et al. (2013) subsequently investigated the nucleation and growth of magnetite from solution, providing further insight into the formation of iron oxide particles during aqueous precipitation. However, the crystalline phase

obtained after coprecipitation may change during subsequent thermal processing. Therefore, when the preparation procedure includes calcination, the identity of the final iron oxide phase should be established through structural characterization rather than inferred solely from the initial precursor composition. In the present study, coprecipitation was carried out in the presence of corundum particles, followed by thermal treatment at 500 °C for 2 h to promote the formation of crystalline hematite.

The development of hematite-containing ceramic composites is particularly relevant to heterogeneous dye removal systems, in which both surface interactions and irradiation-induced processes may contribute to the observed decrease in pollutant concentration. Although hematite can absorb visible light, the presence of α-Fe_2O_3 does not necessarily guarantee improved photocatalytic activity, since the overall response also depends on particle morphology, charge-carrier behavior, and experimental conditions (Asif et al., 2021; Hu et al., 2023). Consequently, comparative investigations involving the unmodified support and a catalyst-free reference are essential for assessing the effect of hematite incorporation. Evaluation of dye concentration changes under dark conditions can additionally provide information about the contribution of adsorption-related processes.

Based on these considerations, the present study aimed to synthesize and characterize a hematite/corundum (α-Fe_2O_3/α-Al_2O_3) composite through an in situ coprecipitation method followed by thermal treatment. Corundum was employed as a chemically and thermally stable ceramic support for the iron oxide phase. The crystalline structure and surface morphology of the prepared material were investigated using X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM), respectively. Its dye removal performance was evaluated using methylene blue under artificial UV-visible irradiation, with untreated corundum and a catalyst-free MB solution serving as reference systems. Dark-stage concentration changes and apparent pseudo-first-order kinetic behavior were also examined to assess the contribution of adsorption and compare the removal performance of the investigated materials. The study thus seeks to evaluate the effect of hematite incorporation on the functional performance of corundum and contribute to the development of supported iron oxide composites for potential wastewater treatment applications.

METHODOLOGY

Preparation of the Hematite/Corundum Composite

The hematite/corundum composite was synthesized through the in situ coprecipitation of Fe^{2+} and Fe^{3+} species in the presence of corundum particles. Before the precipitation process, 5.00 g of corundum was sequentially washed with deionized water and ethanol to remove surface impurities and then dried at 80 °C for 12 h. The pretreated corundum was introduced into 150 mL of deoxygenated deionized water and ultrasonicated for 30 min to obtain a well-dispersed suspension.

The iron precursor solution was prepared separately by dissolving 2.92 g (0.01080 mol) of $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ and 1.07 g (0.00540 mol) of $FeCl_2 \cdot 4H_2O$ in 100 mL of deoxygenated deionized water. These quantities provided an Fe^{3+}/Fe^{2+} molar ratio of 2:1, corresponding to the stoichiometric ratio required for Fe_3O_4 formation. The freshly prepared precursor solution was slowly transferred to the corundum suspension while continuous stirring and a nitrogen atmosphere were maintained. Deoxygenated deionized water was then added to bring the total reaction volume to 300 mL. Prior to initiating coprecipitation, the Fe-containing corundum suspension was stirred at room temperature for 1 h to allow sufficient contact between the dissolved iron species and the corundum surface.

For the coprecipitation step, the suspension was heated to 25 °C while continuously purged with nitrogen. A 1.0 M NH_4OH solution was then introduced dropwise under vigorous stirring until the suspension reached pH 10.0 ± 0.2. Gradual addition of the base was employed to control local supersaturation and limit rapid precipitation of free iron oxide particles within

the bulk solution, thereby providing conditions favorable for Fe_3O_4 formation in association with the corundum surface. After the target pH had been established, the reaction was continued at 75-80 °C for 1 h under constant stirring and nitrogen protection.

Following the reaction, the resulting black suspension was cooled naturally to room temperature while the nitrogen atmosphere was maintained. The solid product was initially collected by magnetic separation and subsequently subjected to centrifugation to improve recovery. Residual soluble species were removed by repeated washing with deoxygenated deionized water until the supernatant approached neutral pH, followed by a final ethanol rinse. The recovered material was vacuum-dried at 60 °C for 12 h and gently ground in an agate mortar to break up loosely bound agglomerates. Subsequently, the dried powder was thermally treated at 500 °C for 2 h to promote the formation of the crystalline hematite (α-Fe_2O_3) phase.

The crystalline phases and structural properties of corundum and the Hematite/Corundum composite were examined using an X-ray diffractometer (Bruker, D2 Phaser) with Cu Kα radiation (λ = 1.5406 Å). Diffraction patterns were acquired within a 2θ interval of 20°-70° to ascertain the crystalline phases and analyze the structural properties of the synthesized composite. The surface structure and arrangement of Hematite/Corundum particles on the corundum substrate were analyzed using scanning electron microscopy (SEM,JEOL JSM-5600). The fluctuations in methylene blue (MB) concentration during the photocatalytic tests were observed using a ThermoScientific Evolution Array UV/Vis spectrophotometer by capturing the distinctive absorption peak of MB at about 664 nm. The photocatalytic efficacy of the Hematite/Corundum composite was examined by observing the breakdown of methylene blue (MB) in water under artificial UV-visible light. An Osram UltraVitalux E27 (300 W) was used as the source of irradiation. The separation between the light and the MB solution was maintained at 20 cm. A solution of MB in water with an initial concentration of 7.5×10^{-6} M served as the model contaminant. A 10 mg specimen was incorporated into 10 mL of MB solution.

To assess the influence of hematite incorporation on MB removal, comparative experiments were conducted using untreated corundum under the same conditions. A separate MB solution without any solid material was also exposed to the irradiation source to evaluate the contribution of direct photolysis. Before illumination, the suspensions were stirred in darkness for 10 min to examine the initial adsorption of MB molecules onto the material surfaces. Subsequently, the reaction mixtures were irradiated for 120 min, and samples were collected at predetermined intervals to monitor the variation in MB concentration. The remaining dye concentration was determined spectrophotometrically using a ThermoScientific Evolution Array UV/Vis spectrophotometer by recording the absorbance at approximately 664 nm, corresponding to the characteristic absorption maximum of MB.

The irradiation-dependent changes in MB concentration were evaluated using an apparent pseudo-first-order kinetic model, expressed by Equation (1) (Gharbani et al., 2022)

$$\mathrm{Ln}\,(C_o/C) = k_{app}.t \qquad \text{Equation (1)}$$

where C_0 denotes the MB concentration at the onset of irradiation, (C_t) represents the concentration after an irradiation time t, and k_{app} is the apparent pseudo-first-order rate constant (min^{-1}). The rate constants were obtained from the slopes of the linear regression plots of $Ln(C_0/C)$ versus irradiation time. The corresponding coefficients of determination R^2 were calculated to evaluate the agreement between the experimental concentration profiles and the applied kinetic model. The MB removal efficiency was determined from the relative decrease in dye concentration using Equation (2):

$$DE\% = (C_0 - Ct)/ C_0 \times 100 \qquad \text{Equation (2)}$$

The calculated removal efficiencies, apparent kinetic constants, and regression coefficients were used to compare the performance of the hematite/corundum composite with that of untreated corundum and the catalyst-free MB solution under identical irradiation conditions.

RESULTS AND DISCUSSION

Figure 1 illustrates a comparative analysis of the surface structures of pristine Corundum (A, C) and the fabricated Hematite/Corundum composite (B, D) at varying magnifications. The pristine corundum micrographs (A and C) show highly crystalline, sizable, angular (blocky) particles characterized by comparatively smooth surfaces. Conversely, the composite micrographs (B and D) illustrate that the corundum surfaces and the inter-particle gaps are heavily coated with a finer and more abrasive iron oxide phase. This morphological change not only demonstrates the heterogeneous nucleation of iron species on the ceramic substrate but also suggests that the corundum matrix effectively reduces the self-agglomeration of iron oxide nanoparticles, thus improving the specific surface area and offering more available active sites for the photocatalytic reaction.

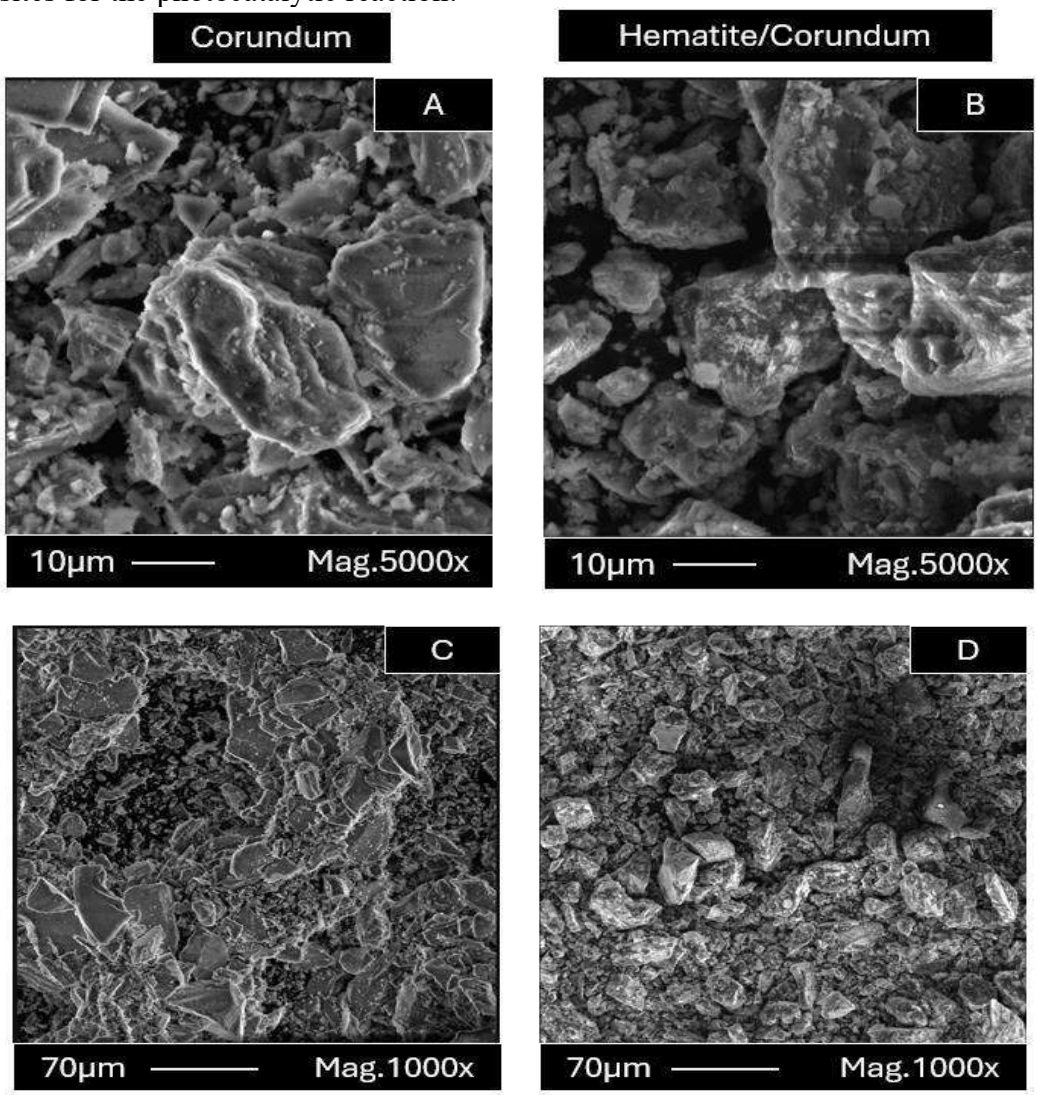
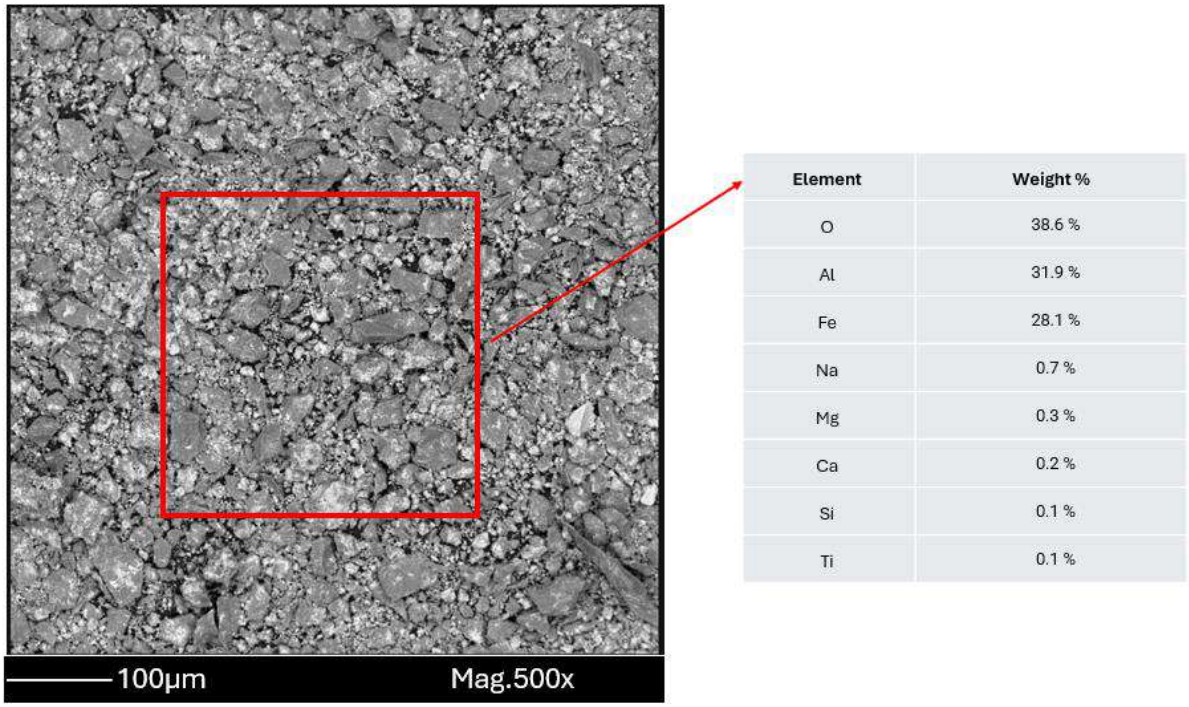


Figure 1. SEM micrographs illustrating the surface morphology of (A, C) corundum and (B, D) the synthesized Hematite/Corundum composite.

The SEM-EDS examination shown in Figure 2 validates the chemical makeup of the composite. The numerical findings indicate that Oxygen (O, 38.6 wt%), Aluminum (Al, 31.9 wt%), and Iron (Fe, 28.1 wt%) are the primary constituents. The elevated levels of Al and Fe validate the effective coexistence of corundum and hematite phases inside the heterostructure. The trace elements (Na, Mg, Ca, Si, Ti) identified in the table probably stem from the purity levels of the precursor chemicals or inherent impurities in the natural corundum.



Element	Weight %
O	38.6 %
Al	31.9 %
Fe	28.1 %
Na	0.7 %
Mg	0.3 %
Ca	0.2 %
Si	0.1 %
Ti	0.1 %

Figure 2. SEM-EDS micrographs illustrating the surface morphology of the synthesized Hematite/Corundum composite.

The structural composition and crystalline integrity of the synthesized hematite/corundum composite were verified via X-ray diffraction (XRD) analysis. A highly crystalline biphasic structure with unique, high-intensity reflections is shown by the resulting diffractogram. The α-Al_2O_3 (corundum) (JCPDS No: 00-042-1468), which acts as the thermally and mechanically stable substrate, clearly corresponds to the prominent diffraction peaks. Furthermore, the secondary reflections directly attributed to the crystalline α-Fe_2O_3 (hematite) structure (JCPDS No: 01-089-0596) confirm the successful in situ nucleation of the photocatalytically active phase onto the ceramic support.

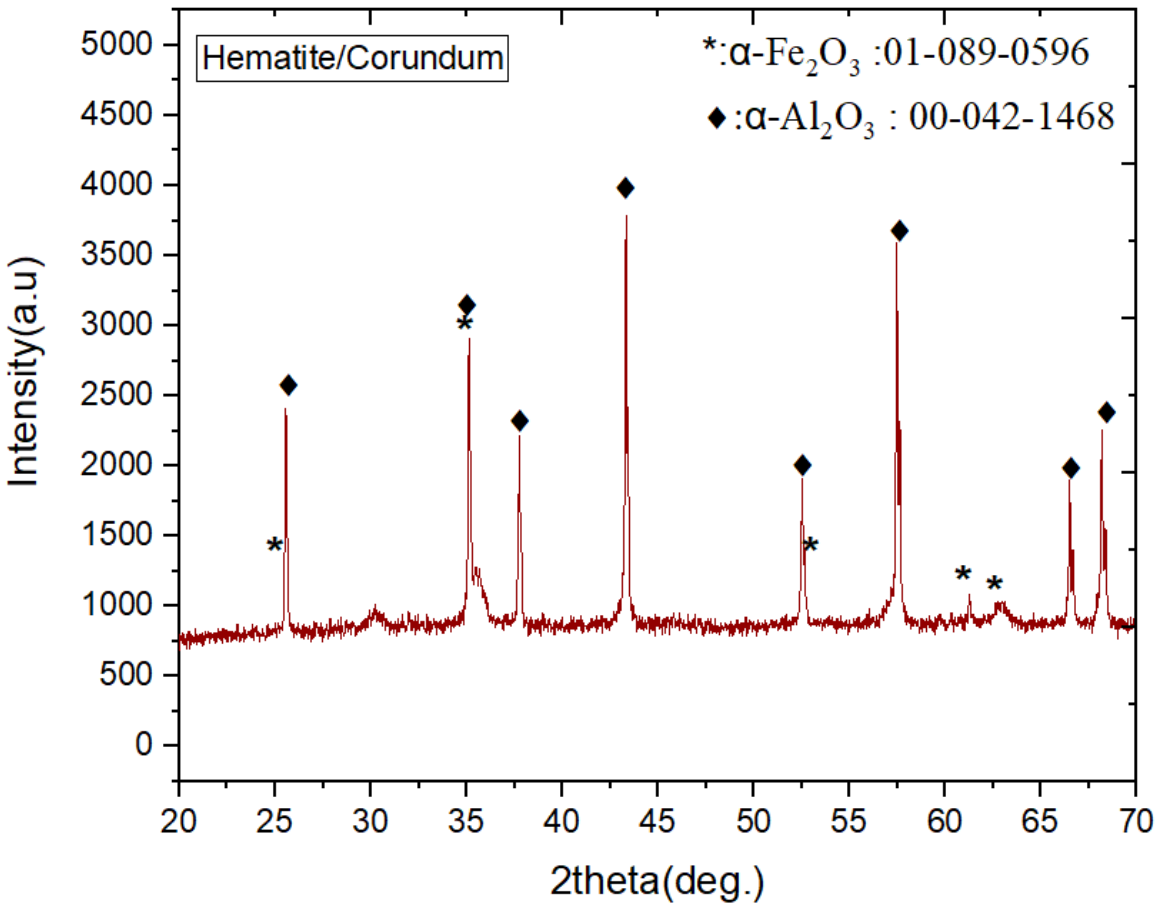


Figure 3. XRD patterns of Hematite/Corundum composite.

Figures 4a and 4b illustrate the changes in methylene blue (MB) concentration under artificial UV-visible irradiation and the corresponding apparent pseudo-first-order kinetic plots. Prior to irradiation, MB removal was evaluated under dark conditions to investigate the contribution of adsorption. During this stage, MB concentration reductions of 14.43%, 3.82%, and 18.59% were observed for the catalyst-free MB solution, untreated corundum, and hematite/corundum composite, respectively. The higher dark-stage removal observed for the hematite/corundum composite compared with untreated corundum suggests that hematite incorporation improved the adsorption-related dye removal performance of the ceramic support.

Following the dark treatment, the samples were exposed to artificial UV-visible irradiation to evaluate their dye removal performance. After 120 min, untreated corundum exhibited an MB removal efficiency of 53.9%, compared with 34.5% for the catalyst-free MB. The hematite/corundum composite demonstrated improved performance, achieving the highest removal efficiency of 63.4%. The experimental data were fitted using an apparent pseudo-first-order kinetic model based on the Langmuir-Hinshelwood approach, yielding high coefficients of determination (R^2 = 0.99052) for all investigated samples. The composite also exhibited a higher apparent rate constant (kapp = 0.00859 min^{-1}) than untreated corundum (0.00651 min^{-1}) and catalyst-free MB photolysis (0.00360 min^{-1}). This enhancement may be associated with the distribution of hematite particles over the corundum substrate, potentially improving the accessibility of active surface sites and contributing to the overall dye removal performance solution (Table 1).

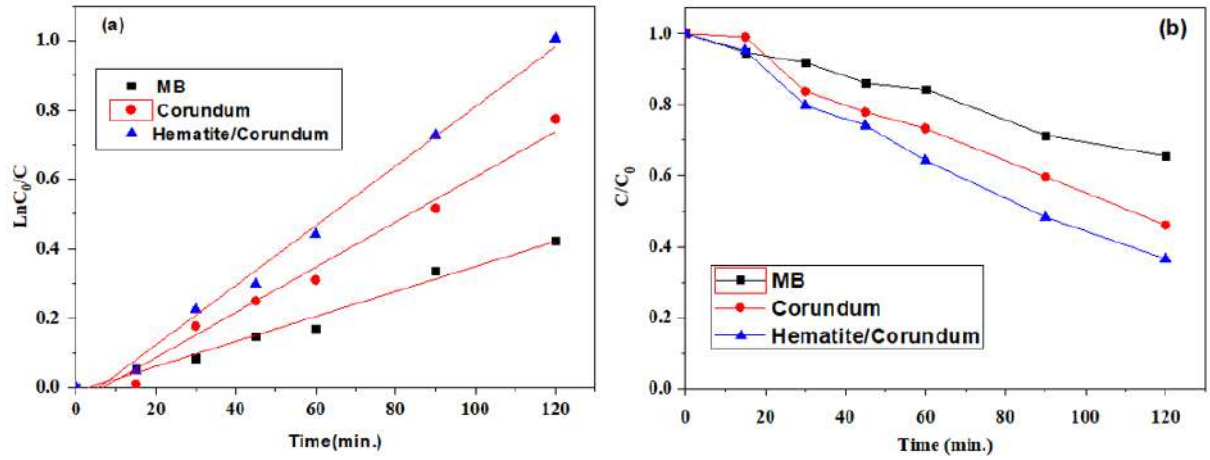


Figure 4. (a) Pseudo-first-order kinetic plots (ln(C_0/C) vs. time) and (b) photocatalytic removal curves (C/C_0 vs. time) of MB, Corundum, and Hematite/Corundum composite under Artificial UV-visible irradiation.

Table 1. Methylene blue (MB) removal efficiencies, apparent pseudo-first-order rate constants (k_{app}), and corresponding coefficients of determination (R^2).

Sample	k_{app} (min^{-1})	Degradation Efficiency (%)	R^2
MB	0.0036	34.5	0.9796
Corundum	0.00651	53.9	0.9905
Hematite/Corundum	0.00859	63.4	0.9818

CONCLUSION AND DISCUSSION

In this study, a hematite/corundum (Fe_2O_3/α-Al_2O_3) composite was synthesized via an in-situ co-precipitation method, using corundum ceramic as a support. XRD analysis confirmed the presence of crystalline phases corresponding to hematite and corundum, while SEM observations revealed the distribution of iron oxide particles on the corundum surface, confirming the formation of a composite structure.

The dye-removal performance of the synthesized material was evaluated using methylene blue (MB) under simulated UV-visible irradiation. During the dark-phase treatment, the hematite/corundum composite exhibited an MB removal efficiency of 18.59%, compared to 3.82% for untreated corundum, indicating an enhanced contribution from adsorption following the incorporation of hematite. After 120 minutes of irradiation, the composite achieved the highest MB removal efficiency at 63.4%, surpassing both the untreated corundum (53.9%) and the MB solution without a catalyst (34.5%). Kinetic analysis yielded an apparent pseudo-first-order rate constant of 0.00859 min^{-1} for the composite-values approximately 1.32 and 2.39 times higher than those obtained for the untreated corundum (0.00651 min^{-1}) and the catalyst-free reference (0.00360 min^{-1}), respectively.

These findings demonstrate that the incorporation of hematite into the corundum matrix improves overall MB removal performance under the experimental conditions investigated. The results highlight the potential of corundum-supported iron oxide composites for dye removal applications. Further research is recommended regarding adsorption and

photocatalytic contributions, material stability, and reusability to determine the practical viability of the synthesized composite for wastewater treatment.

REFERENCES

Asif, A. H., Wang, S., & Sun, H. (2021). Hematite-based nanomaterials for photocatalytic degradation of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs): A short review. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 28*, 100447. https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2021.100447

Baumgartner, J., Dey, A., Bomans, P. H. H., Le Coadou, C., Fratzl, P., Sommerdijk, N. A. J. M., & Faivre, D. (2013). Nucleation and growth of magnetite from solution. *Nature Materials, 12*, 310-314. https://doi.org/10.1038/nmat3558

Chai, L., Wang, Y., Zhao, N., Yang, W., & You, X. (2013). Sulfate-doped Fe_3O_4/Al_2O_3 nanoparticles as a novel adsorbent for fluoride removal from drinking water. *Water Research, 47*(12), 4040-4049. https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.02.057

Gharbani, P., Mehrizad, A., & Mosavi, S. A. (2022). Optimization, kinetics and thermodynamics studies for photocatalytic degradation of Methylene Blue using cadmium selenide nanoparticles. npj Clean Water, 5, 1-8. https://doi.org/10.1038/s41545-022-00178-x

Hu, C., Li, X., Dong, C., Li, B., Zhang, X., Sun, W., & Ding, Y. (2023). Key modification strategies for the rational design of hematite to promote photoelectrochemical water oxidation: A review of recent advances. *Materials Chemistry Frontiers, 7*, 5333-5354. https://doi.org/10.1039/D3QM00927K

Kundu, S., Sarkar, T., Al-Ahmadi, A. A., Ali, E., & Bhattacharjee, A. (2024). Thermally synthesized hematite (α-Fe_2O_3) nanoparticles as efficient photocatalyst for visible light dye degradation. *RSC Advances, 14*, 28944-28955. https://doi.org/10.1039/D4RA04316B

Li, F., Li, X.-Z., Liu, C., & Liu, T. (2007). Effect of alumina on photocatalytic activity of iron oxides for bisphenol A degradation. *Journal of Hazardous Materials, 149*(1), 199-207. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.03.069

Massart, R. (1981). Preparation of aqueous magnetic liquids in alkaline and acidic media. *IEEE Transactions on Magnetics, 17*(2), 1247-1248. https://doi.org/10.1109/TMAG.1981.1061188

Mishra, M., & Chun, D.-M. (α-Fe_2O_3 as a photocatalytic material: A review. *Applied Catalysis A: General, 498*, 126-141. https://doi.org/10.1016/j.apcata.2015.03.023

Praveen, C. S., Timon, V., & Valant, M. (2012). Electronic band gaps of ternary corundum solid solutions from Fe_2O_3-Cr_2O_3-Al_2O_3 system for photocatalytic applications: A theoretical study. *Computational Materials Science, 55*, 192-198. https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2011.11.025

Zong, M., Song, D., Zhang, X., Huang, X., Lu, X., & Rosso, K. M. (2021). Facet-dependent photodegradation of methylene blue by hematite nanoplates in visible light. *Environmental Science & Technology, 55*(1), 677-688. https://doi.org/10.1021/acs.est.0c05592

AN OPTIMIZATION-BASED APPROACH TO EVALUATING PARAMETERS AFFECTING THERMAL COMFORT CONDITIONS IN A LABORATORY ENVIRONMENT WITHIN AN EDUCATIONAL FACILITY

Dr. Resul Özlük,
Balıkesir University, Faculty of Architecture

ABSTRACT
There are various personal and environmental factors that influence the thermal comfort of occupants within a space. Existing literature typically accounts for these factors when measuring indoor thermal comfort; however, studies that evaluate the impact of these factors using diverse methodologies remain limited. The objective of this study is to experimentally investigate the factors affecting thermal comfort conditions in a laboratory environment within an educational facility and to minimize the Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) index. To achieve this, experimental measurements were conducted in a laboratory setting using a Testo-480 instrument. The Taguchi method was employed to optimize the results obtained from these measurements. The optimization process considered factors such as metabolic rate, the status of doors and windows (open or closed), the duration of experiments, clothing insulation values, and the time of day. The influence of these factors on the PPD index was analyzed through various combinations. The findings indicate that the status of the door (open or closed) is the most significant factor in minimizing the PPD value, while the time of day is the least influential factor. Furthermore, it was calculated that achieving optimal parameter values could substantially improve thermal comfort conditions within the space. By evaluating the impact of various environmental and personal factors on thermal comfort through experimental and statistical methods, this study aims to contribute to future research in the field.
Keywords: Thermal Comfort, Optimization, Laboratory Space, Experimental Design, Parameter Selection.

INTRODUCTION
Indoor air quality has a significant impact on people's physical and mental health. Therefore, it is necessary to provide alternatives that enhance user comfort and satisfaction in buildings, while also considering energy efficiency criteria [1]. In the context of buildings—where most human activities take place—rising global temperatures are triggering issues related to thermal comfort. To address these rising temperatures, building designs increasingly incorporate strategies such as passive cooling systems, cross-ventilation, the use of natural materials, and "cool roof" applications; however, the adequacy of these measures remains a subject of debate [2]. Furthermore, in modern structures where passive design solutions prove insufficient, heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) systems are commonly employed [3]. If these systems are poorly integrated into the built environment, they not only increase energy consumption but also significantly compromise user comfort [4,5].
According to ASHRAE, thermal comfort is defined as "the state of mind that expresses satisfaction with the thermal environment," which is assessed subjectively [6]. The Predicted Mean Vote (PMV) model, developed by Fanger, serves as a comprehensive framework for quantifying and predicting human thermal comfort in indoor environments [7]. The development of this model systematically incorporates factors such as temperature, humidity, air velocity, clothing insulation, and various other physiological and environmental variables. The model's scale ranges from -3 (very cold) to +3 (hot), with a value of 0 representing a neutral state. In addition to PMV, the Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) metric

indicates the level of discomfort that individuals in an environment may experience, expressed as a percentage; ideally, this value should be kept low [8]. Given the definition of thermal comfort, it is noteworthy that—particularly in educational facilities—thermal comfort significantly influences students' learning performance. Analyzing how personal and environmental parameters—which affect thermal comfort—relate to spatial design is a crucial factor in ensuring comfortable conditions [9,10].

Consequently, there is a continuous need to refine our understanding of thermal comfort factors within the context of buildings and to advance architectural practice. Furthermore, it is observed that the factors and models used as references may evolve over time [2]. The objective of this study is to experimentally investigate the factors influencing thermal comfort conditions within a laboratory environment at a Faculty of Architecture and to optimize the Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) value. The Taguchi method was employed to optimize the thermal comfort conditions of the laboratory environment. Section 1 of this study presents the background and context. Section 2 describes the methodology, the interior space under investigation, and the design parameters used in the experimental design. Section 3 discusses the results obtained through the applied methodology and analyzes the design parameters. Section 4 presents the findings regarding the thermal comfort of the interior space under study.

METHODOLOGY

Ethics In this study, a method based on Taguchi-style optimization was employed. A laboratory space within an educational building was selected based on the established design parameters and objectives (Figure 1). This laboratory space has an area of 86 m² (12 m × 7.2 m) and is naturally ventilated. Following the definition of the design parameters and objectives as part of the experimental design, data were collected using a Testo-480 instrument. Through the application of the Taguchi method, the parameters with the greatest impact on user comfort within the laboratory environment were identified, and an optimization process was carried out to enhance user comfort.

Taguchi Method

The Taguchi method was developed by the Japanese scientist Dr. Genichi Taguchi. This method is employed across various fields to optimize manufacturing processes. It serves as a key tool for designing high-quality processes at a low cost [11]. Furthermore, the Taguchi method enhances process reliability while minimizing the total number of experiments required. It is a factorial-based approach that assigns selected variables to an experiment using orthogonal arrays [12]. To evaluate the significance of process parameters, the Taguchi method utilizes a statistical loss function known as the signal-to-noise (S/N) ratio, which accounts for both the mean and the variability. The S/N ratio is defined as the ratio of the mean (signal) to the standard deviation (noise). Commonly used standard S/N ratios include "nominal-the-best" (NB), "lower-the-better" (LB), and "higher-the-better" (HB) [13]. These signal-to-noise ratios are used to analyze and predict optimal outcomes [14].

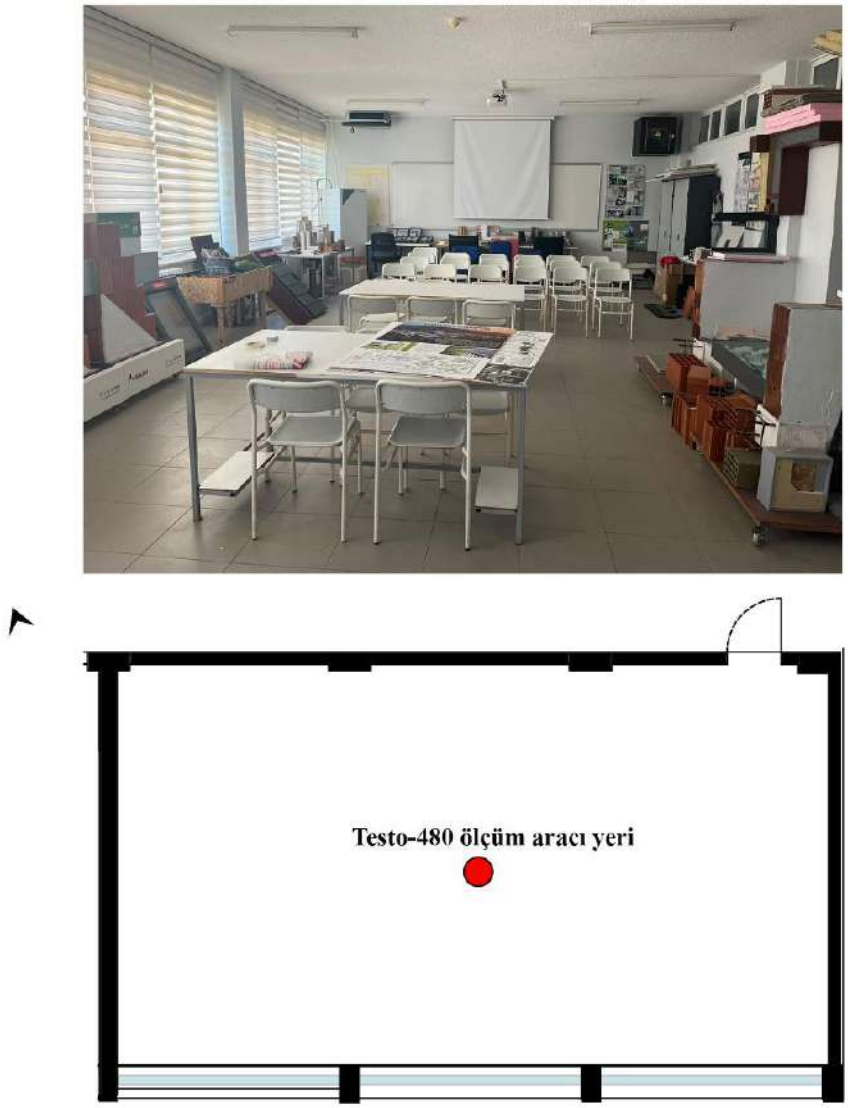


Figure 1. The interior space examined within the scope of the study and its measurement.

Table 1 summarizes the factors and levels for the Taguchi designs. In this study, the following parameters were selected as factors influencing comfort conditions: metabolic rate, the open/closed status of windows and doors, the duration of the experiments, the thermal insulation value of clothing, and the time of day.

Table 1. Inputs and their levels for the experimental design.

Factors	**Seviye: 1**	**Seviye: 2**
A- Metabolism rate (met.)	1	2
B- Window	open	close
C- Duration of experiment (min.)	5	10
D- Clothing insulation value (clo.)	0.5	1
E- Door	open	close
F- Time interval	morning	afternoon

RESULTS

Eight solutions are presented, based on various combinations of design parameters that influence the comfort conditions of the laboratory environment. Table 2 displays the combinations of design variables used in the study, along with the results of measurements taken using the Testo-480 instrument. An analysis of the findings reveals that the optimal thermal comfort was achieved under the following conditions: an experimental duration of 10 minutes, metabolic rate and clothing insulation values of 1, and a scenario during the morning hours in which both the door and windows were kept closed.

Table 2. Experiments determined according to the L8 orthogonal array and their results.

Experiment	A	B	C	D	E	F	PPD (%)	SNRA2
1	1	Open	5	0.5	Open	Morning	75	-37,5012
2	1	Open	5	1	Closed	Afternoon	11,6	-15,5630
3	1	Closed	10	0.5	Open	Afternoon	19,2	-25,6660
4	1	Closed	10	1	Closed	Morning	10,4	-14,6479
5	2	Open	10	0.5	Closed	Morning	14,9	-20,7485
6	2	Open	10	1	Open	Afternoon	35,7	-31,0534
7	2	Closed	5	0.5	Closed	Afternoon	19,5	-25,8007
8	2	Closed	5	1	Open	Morning	25,5	-28,1308

Figure 2 shows that the results obtained from the measurement instrument align well with the predicted results, with most data points clustering near the center line. The results presented in the graphs confirm the reliability of the regression models [15,16]. For all prediction models, Figure 2 displays the residual plots with the data arranged according to the order in which the experiments were conducted. A residual-versus-run-order plot is used to validate a regression model [15]. Figure 2 demonstrates that the discrepancy between the predicted values and the actual values is very small. Therefore, the regression equation effectively captures the relationship between the design parameters and the three distinct objectives. In conclusion, the graphs generated for the model indicate that the models are acceptable.

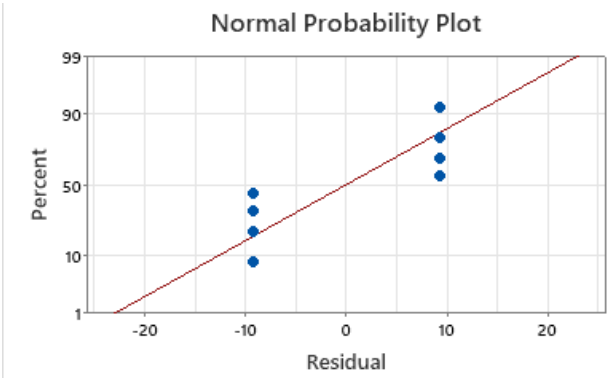


Figure 2. Relationship between actual values and predicted values.

The mean S/N (Signal-to-Noise) ratio was calculated using a 95% confidence level (significance level of 0.05), with the analysis based on the "smaller-is-better" criterion (Table 3). The calculated S/N ratios are considered when analyzing the impact of various design parameters on thermal comfort. A higher S/N ratio in the analysis results indicates a more significant effect for a given parameter. A higher delta value signifies a more influential experimental factor [17]. As shown in Table 3, the experimental factor with the strongest influence is the state of the door—whether it is open or closed (E)—which has the highest delta value. This factor was identified as having the greatest impact on thermal comfort. Conversely, the time period during which the experiment was conducted—which yielded the lowest delta value—proved to be the parameter with the least influence on indoor comfort.

Table 3. Response table for signal to noise ratios.

Level	A	B	C	D	E	F
1	-23,34	-26,22	-26,75	-27,43	-30,59	-25,26
2	-26,43	-23,56	-23,03	-22,35	-19,19	-24,52
Delta	3,09	2,66	3,72	5,08	11,40	0,74
Rank	4	5	3	2	1	6

Figure 3 confirms the findings presented above. It is observed that optimal thermal comfort is achieved under the following conditions: a metabolic rate of 1 met, closed windows, a test duration of 10 minutes, a clothing insulation value of 1 clo, closed doors, and an afternoon time frame. Keeping the windows and doors closed prevented cross-ventilation, which contributed to maintaining a low indoor air velocity. It can be concluded that the air velocity—a parameter influencing indoor comfort—remained at the desired level in scenarios where windows and doors were kept closed. The fact that the experiments were conducted during a cool period account for the high clothing insulation value. Furthermore, the results indicate that the Testo-480 device yields more reliable data as the test duration increases.

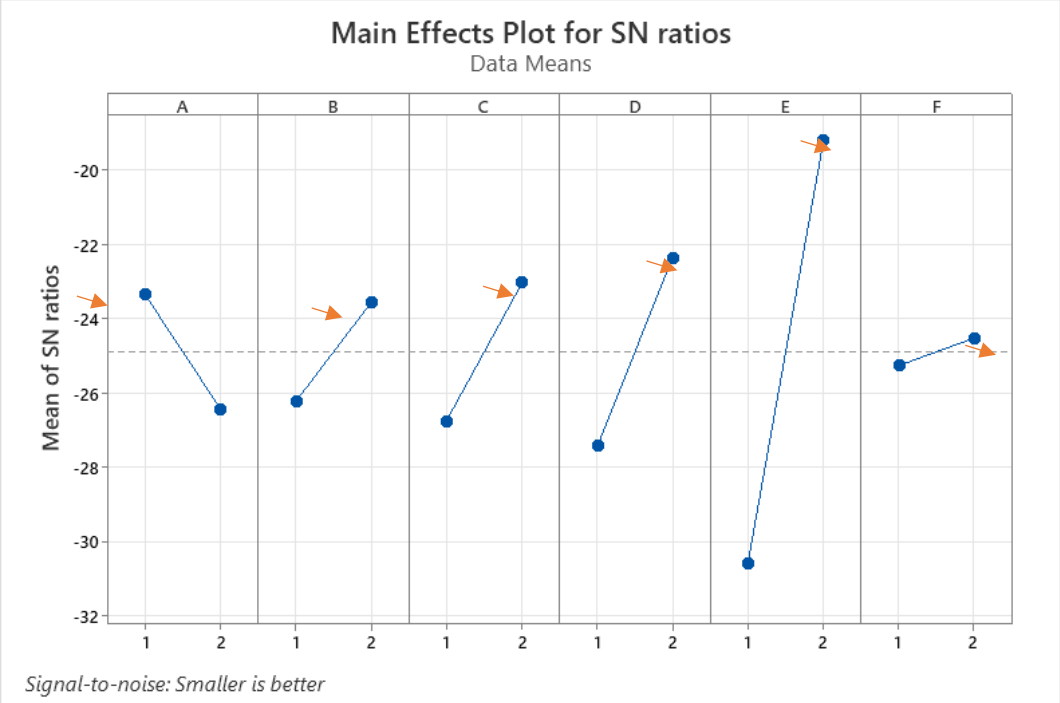


Figure3. S/N ratio of the factors.

CONCLUSION

This study focuses on the experimental analysis of factors affecting the thermal comfort conditions within a laboratory environment located in an educational facility. Indoor measurements for the experimental design were conducted using a Testo-480 instrument. The Taguchi method—a computational approach—was employed to analyze and optimize the results obtained from the Testo-480. The Taguchi method was selected due to its effectiveness in designing high-quality processes with a minimal number of experiments. A statistical loss function based on the signal-to-noise (S/N) ratio was utilized to evaluate the significance of the process parameters. Given that the primary objective of the study is to maximize user comfort, the "smaller-is-better" criterion was applied to minimize the Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) value. The design parameters considered in this study include the metabolic rate, duration of the experiments, clothing insulation value, time of day, and the status (open/closed) of windows and doors. The findings indicate that the status of the door (open or closed) is the most influential factor affecting indoor comfort, while the time of day is the least influential. Furthermore, the conditions that minimize the PPD value were identified as follows: a metabolic rate of 1 met, closed windows and doors, an experimental duration of 10 minutes, a clothing insulation value of 1 clo, and an afternoon time slot. By evaluating indoor thermal comfort and addressing the interactions between design parameters, this study will contribute to future research in the field.

REFERENCES

[1] T. Mamani, R.F. Herrera, F. Muñoz-La Rivera, E. Atencio, Variables That Affect Thermal Comfort and Its Measuring Instruments: A Systematic Review, Sustainability 14 (2022) 1773. https://doi.org/10.3390/su14031773.

[2] F.F. Hakim, I. Ikaputra, The shifting of indoor thermal comfort factors: a review, Journal of Umm Al-Qura University for Engineering and Architecture (2025). https://doi.org/10.1007/s43995-025-00259-1.

[3] J.C. Ragel-Bonilla, P. Aparicio-Ruiz, E. Barbadilla-Martín, J.G. Martín, Analysing Operative Comfort Temperature Ranges of Mediterranean Climate Adaptive Models Using Fuzzy Logic, in: 2025: pp. 425–430. https://doi.org/10.1007/978-3-031-82334-3_74.

[4] P. Mazzei, F. Minichiello, D. Palma, HVAC dehumidification systems for thermal comfort: a critical review, Appl. Therm. Eng. 25 (2005) 677–707. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2004.07.014.

[5] G. Liu, H. Chen, Y. Yuan, C. Song, Indoor thermal environment and human health: A systematic review, Renewable and Sustainable Energy Reviews 191 (2024) 114164. https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.114164.

[6] ANSI/ASHRAE Standard 55-2017, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, 2017. www.ashrae.org/technology (accessed January 25, 2024).

[7] P.O. Fanger, Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering, Danish Technical Press, 1970.

[8] H. Hou, Enhancing Indoor Thermal Comfort Education: A Virtual Reality Platform Introducing Fanger's Model, in: Proceedings of the 2023 International Conference on Information Education and Artificial Intelligence, ACM, New York, NY, USA, 2023: pp. 948–952. https://doi.org/10.1145/3660043.3660212.

[9] P. Aparicio-Ruiz, E. Barbadilla-Martín, J. Guadix, J. Nevado, Analysis of Variables Affecting Indoor Thermal Comfort in Mediterranean Climates Using Machine Learning, Buildings 13 (2023) 2215. https://doi.org/10.3390/buildings13092215.

[10] M.S. Ünlütürk. Integration Thermal and Daylight Performance of Responsive Facades: A Comprehensive Literature Review, ARCH, 10 (2) (2024) 114–130.
[11] S. Pal, S.K. Malviya, S.K. Pal, A.K. Samantaray, Optimization of quality characteristics parameters in a pulsed metal inert gas welding process using grey-based Taguchi method, International Journal of Advanced Manufacturing Technology 44 (2009) 1250–1260. https://doi.org/10.1007/s00170-009-1931-0.
[12] J.A. Okolie, E.I. Epelle, S. Nanda, D. Castello, A.K. Dalai, J.A. Kozinski, Modeling and process optimization of hydrothermal gasification for hydrogen production: A comprehensive review, Journal of Supercritical Fluids 173 (2021). https://doi.org/10.1016/j.supflu.2021.105199.
[13] N. Ghosh, P.K. Pal, G. Nandi, GMAW dissimilar welding of AISI 409 ferritic stainless steel to AISI 316L austenitic stainless steel by using AISI 308 filler wire, Engineering Science and Technology, an International Journal 20 (2017) 1334–1341. https://doi.org/10.1016/j.jestch.2017.08.002.
[14] N. Li, C. Shi, Z. Zhang, H. Wang, Y. Liu, A review on mixture design methods for geopolymer concrete, Compos. B Eng. 178 (2019). https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.107490.
[15] M.K. Alkharisi, H.A. Dahish, The Application of Response Surface Methodology and Machine Learning for Predicting the Compressive Strength of Recycled Aggregate Concrete Containing Polypropylene Fibers and Supplementary Cementitious Materials, Sustainability 17 (2025) 2913. https://doi.org/10.3390/su17072913.
[16] J. García-Cuadrado, A. Conserva, J. Aranda, D. Zambrana-Vasquez, T. García-Armingol, G. Millán, Response Surface Method to Calculate Energy Savings Associated with Thermal Comfort Improvement in Buildings, Sustainability (Switzerland) 14 (2022). https://doi.org/10.3390/su14052933.
[17] Y.T. Jou, W.T. Lin, W.C. Lee, T.M. Yeh, Integrating the taguchi method and response surface methodology for process parameter optimization of the injection molding, Applied Mathematics and Information Sciences 8 (2014) 1277–1285. https://doi.org/10.12785/amis/080342.

BIRLEŞIK ARAP EMIRLIKLERI'NDE BORSAYA KOTE ŞIRKETLERIN YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARI ILE KÂRLILIKLARI ARASINDAKI İLIŞKI
ARTIFICIAL INTELLIGENCE ADOPTION AND PROFITABILITY AMONG COMPANIES LISTED IN THE UNITED ARAB EMIRATES

Dr. Vedat Akman
Plekhanov Russian University of Economics, Dubai, United Arab Emirates
ORCID: 0000-0001-9950-8223
Dr. Öznur Akman
MEF Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul
ORCID: 0009-0008-2160-6243
Dr. Öğr. Üyesi İlkay ERARSLAN
İstanbul Beykent Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
ORCID: 0000-0002-1550-3693

Özet
Çalışmamızda, yapay zekâ (YZ) uygulamalarının Birleşik Arap Emirlikleri'nde (BAE) borsaya kote şirketlerin kârlılığıyla ilişkisini incelemek için bir araştırma tasarımı sunuyoruz. Odak noktası Dubai Financial Market (DFM) ve Abu Dhabi Securities Exchange (ADX) şirketleridir. YZ, operasyonel verimlilik, karar kalitesi ve risk yönetimi gibi alanlarda yarar sağlayabilir. Ancak veri altyapısı, siber güvenlik, uzman personel ve iş süreçlerinin yeniden düzenlenmesi yatırım gerektirir; bu nedenle kârlılıkla olası ilişki gecikmeli ve firmalar arasında farklı olabilir. Yıllık raporlar ve kurumsal açıklamalardan kodlanan bir YZ uygulama endeksiyle sınanabilir bir firma-yıl paneli öneriyoruz. Birincil sonuç aktif kârlılığıdır (ROA); özkaynak kârlılığı (ROE) ve net kâr marjı tamamlayıcı göstergelerdir. Firma büyüklüğü, kaldıraç ve hasılat büyümesi kontrol edilir; firma ve yıl sabit etkileri kullanılır. Önceki çalışmalar farklı piyasalarda YZ benimsenmesinin ve kullanımının firmalar arasında değiştiğini göstermektedir; bu kanıtlar BAE'de listelenen şirketler için bir kârlılık etkisini tek başına ortaya koymaz. Makalemizde, pozitif ilişki hipotezini, olası zaman gecikmelerini, içselliği ve açıklamaya dayalı ölçümün sınırlarını belirleyerek veri toplama, kodlama ve tahmin adımlarını açıklıyoruz. Hipotezler henüz sınanmamıştır; şirket düzeyinde tahmin sunulmamaktadır.
Anahtar kelimeler: Yapay zekâ; kârlılık; BAE; DFM; ADX; panel veri; kurumsal açıklama.

Abstract
In our study, we present a research design for examining the relationship between artificial intelligence (AI) adoption and the profitability of companies listed in the United Arab Emirates (UAE). We focus on the Dubai Financial Market (DFM) and the Abu Dhabi Securities Exchange (ADX). AI may improve operational efficiency, decision quality, and risk management. Yet data infrastructure, cybersecurity, specialized staff, and organizational changes require investment, so any association with profitability may emerge with a lag and vary across firms. We propose a testable firm-year panel using an AI adoption index coded from annual reports and corporate disclosures. Return on assets (ROA) is the primary outcome; return on equity (ROE) and net profit margin are supplementary measures. Firm size, leverage, and revenue growth are controls, alongside firm and year fixed effects. Prior studies in other markets show variation in AI adoption and use across firms, but they do not establish a profitability effect for UAE-listed companies. We state a positive-association hypothesis and specify data collection, coding, and estimation procedures while addressing

possible time lags, endogeneity, and the limits of disclosure-based measurement. The hypotheses have not yet been tested, and no firm-level estimates are reported.
Keywords: artificial intelligence; profitability; UAE; DFM; ADX; panel data; corporate disclosure.

1 Giriş

BAE sermaye piyasalarında faaliyet gösteren şirketler için asıl soru, yapay zekâ yatırımlarının yapılıp yapılmadığından çok, hangi iş sürecinde ölçülebilir bir sonuç doğurduğudur. Bir bankada kredi değerlendirmesine, bir lojistik şirketinde rota planlamasına ve bir perakendecide talep tahminine ilişkin uygulamalar aynı "dijitalleşme" başlığı altında toplanabilir; buna karşılık maliyetleri, riskleri ve kâra aktarım süreleri farklıdır. BAE'nin yapay zekâ stratejisi, çeşitli sektörlerde teknoloji kullanımını ulusal bir hedef olarak tanımlar [1]. Çalışmamızda söz konusu farkları göz önünde tutarak DFM ve ADX şirketleri için sınanabilir bir araştırma çerçevesi kuruyoruz. Firma düzeyindeki yapay zekâ yatırımlarının insan kaynağı ve ürün geliştirmeyle ilişkisi başka piyasalarda da araştırılmıştır [2]. ABD firma verilerinde benimsemenin şirket büyüklüğüne göre farklılaştığı gösterilmiştir [3]; işyeri uygulamalarına dair kanıtlar ise etkilerin görev ve çalışan deneyimine göre ayrışabileceğini gösterir [4]. BAE Dijital Ekonomi Stratejisi dijital ekonominin GSYH içindeki payını artırmayı hedeflerken [20], Dubai Universal Blueprint for Artificial Intelligence YZ uygulamalarının stratejik sektörlerde yaygınlaştırılmasını ve üretkenlik artışını politika hedefleri arasında konumlandırmaktadır [21].

Makalemizde, sonuç bildirmek yerine veri toplama ve analiz protokolü sunuyoruz. Sunulan hipotezler henüz sınanmamıştır. Bu ayrım özellikle önemlidir: faaliyet raporundaki yapay zekâ ifadelerinin sayısı, gerçek kullanımı veya yatırımın getirisini doğrudan ölçmez.

2 Araştırma Sorusu ve Kuramsal Dayanak

Araştırma sorusu şudur: DFM ve ADX şirketlerinde belgelenebilir yapay zekâ uygulama düzeyi, firma özellikleri ve ortak yıl etkileri hesaba katıldığında kârlılıkla nasıl ilişkilidir? İkinci soru, gözlenen ilişkinin aynı yılda mı yoksa izleyen dönemde mi belirdiğidir. Kaynak temelli yaklaşım, teknolojiyle birlikte veriye, çalışan becerilerine ve iş süreçlerine yapılan tamamlayıcı yatırımların önemini vurgular [5]. Dinamik yetenekler yaklaşımı, bu kaynakların değişen koşullara göre yeniden düzenlenmesine odaklanır [6]. Tamamlayıcı maddi olmayan yatırımların ilk yıllarda maliyet yaratıp kazanımları geciktirebileceği de verimlilik J eğrisi yaklaşımıyla tutarlıdır [7].

Kaynak / bağlam	YZ ölçümü / yaklaşım	Temel bulgu	Çalışmamız açısından anlamı
[8] Firma düzeyi araştırmalar	Buluş, işe alım, uygulama ve yatırımcı algısı	YZ çabasına ilişkin göstergeler aynı olguyu ölçmez.	Benimseme ölçümünde kavramsal ayrım ve belgelenebilir uygulama düzeyi gereklidir.
[9] Avrupa şirketleri (2026)	YZ benimsenmesi; yazılım, veri ve eğitim yatırımları	YZ benimsenmesi ile işgücü verimliliği arasında olumlu etki; tamamlayıcı yatırımlar önemlidir.	Verimlilik, muhasebe kârlılığıyla özdeş değildir ve sonuçlar BAE'ye doğrudan aktarılamaz.
[16] Almanya	YZ kullanımı ve kullanım yoğunluğu	Verimlilikle pozitif ilişkiler raporlanmıştır.	Firma düzeyinde benimseme yoğunluğunun ayrıca ölçülmesini destekler.
[17] ABD'de borsaya kote şirketler	10-K raporlarından türetilen YZ odağı	Satış, satış getirisi ve işletme etkinliği göstergeleriyle pozitif ilişki bulunmuştur.	Kurumsal açıklamaların ölçüm kaynağı olabileceğini, ancak açıklama ile gerçek uygulamanın

			ayrılması gerektiğini gösterir.
[18] İspanya	Web tabanlı YZ benimseme ölçüleri	Satış ve katma değer açısından pozitif verimlilik farkları bildirilmiştir.	Alternatif benimseme göstergelerinin sonuçlarla ilişkilendirilebileceğini gösterir.
[19] Gelişmekte olan piyasa	Firma özelliklerini dikkate alan finansal performans karşılaştırması	Kontroller sonrasında ilk bakışta görülen performans farkları büyük ölçüde kaybolabilmektedir.	Firma özellikleri ve karıştırıcı değişkenlerin kontrol edilmesinin önemini vurgular.
Araştırma boşluğu: BAE	Belgelenebilir YZ uygulama düzeyi + firma-yıl paneli	BAE borsalarında YZ uygulamaları ile kârlılık ilişkisi doğrudan sınanacaktır.	Farklı ülke bulguları doğrudan etki kanıtı değil, ölçüm ve tanımlama tercihlerini yönlendiren karşılaştırmalı kanıttır.

Literatür

Literatürü birlikte değerlendirdiğimizde, yapay zekâ uygulamalarının firma performansını destekleyebileceğine ilişkin bulguların giderek güçlendiğini görüyoruz. Bununla birlikte, sonuçların sektör, ülke, ölçüm yöntemi ve firma özelliklerine göre farklılaşması nedeniyle kârlılık ilişkisinin otomatik olarak nedensel kabul edilmemesi gerektiğini düşünüyoruz. Çalışmamızda, BAE'de listelenen şirketler açısından söz konusu ilişkiyi ölçülebilir ve denetlenebilir bir araştırma tasarımıyla incelemeyi amaçlıyoruz.

Hipotez	Sınanacak ilişki	Yorum sınırı
H1	Benimseme endeksi ile aktif kârlılığı arasında pozitif ilişki	İlişki, tek başına nedensel etki değildir.
H2	Endeksin bir yıllık gecikmesi ile kârlılık arasında pozitif ilişki	Gecikme süresi sektöre göre değişebilir.
H3	Somut uygulama kanıtı güçlü firmalarda ilişki daha belirgin	Açıklama kalitesiyle gerçek uygulama ayrıştırılmalıdır.
H4	İlişkinin yönü ve büyüklüğü sektörler arasında farklılaşır	Alt örneklem gücü ayrıca raporlanmalıdır.

3 Veri ve Örneklem

Araştırmanın hedef evreni, DFM ve ADX'te payları işlem gören, ilgili yıl için finansal tabloları ile kurumsal raporları erişilebilir olan şirketlerdir. Önerilen dönem 2019–2025'tir; nihai başlangıç ve bitiş yılları raporların erişilebilirliği doğrulandıktan sonra belirlenmelidir. Listeden çıkarılan şirketler geriye dönük olarak elenmemeli; gözlemlenebildikleri yıllar korunarak sağkalım yanlılığı sınırlandırılmalıdır. Finansal kuruluşların bilanço yapısı belirgin biçimde farklı olduğundan finansal ve finans dışı şirketler ayrı tahminlerde incelenmelidir. Analiz birimi firma-yıldır. Ana örnekleme, aynı yıl için hem finansal tablo hem de kodlanabilir kurumsal rapor bulunan gözlemler alınır; dışlama nedenleri ayrı kaydedilir.

DFM'nin [10] ve ADX'in [11] resmî açıklama sayfaları finansal tablolar ve şirket duyuruları için başlangıç kaynağıdır. Kodlama sırasında rapor yılı, yayın tarihi, şirket kodu, uygulamanın geçtiği sayfa ve kanıt alıntısı kaydedilmelidir. Yinelenen açıklamalar yalnızca bir kez puanlanmalı ve kurumsal pazarlama metni faaliyet kanıtı sayılmamalıdır.

Tablo 2 Kaynaklar ve kayıt düzeyi

Kayıt	Kaynak	Asgari doğrulama
Firma-yıl kimliği	DFM ve ADX şirket listesi	Borsa kodu, sektör ve işlem yılı
Kârlılık	Denetlenmiş yıllık finansal tablolar	Pay ve payda değerleri, hesap dönemi
Uygulama kanıtı	Yıllık ve sürdürülebilirlik raporları	Sayfa, uygulama alanı, kullanım ifadesi
Kontroller	Finansal tablolar ve şirket kuruluş bilgileri	Ölçü birimi ve tutarlı tarihler

4 Ölçüm ve Kodlama

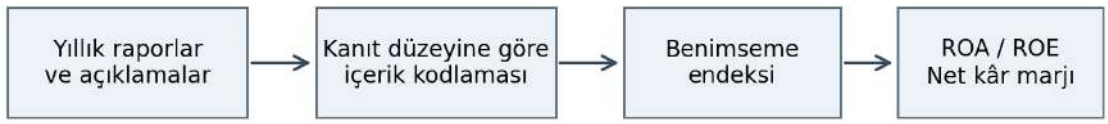
Önerdiğimiz Yapay Zekâ Uygulama Endeksi dört boyuttan oluşur. Her boyut 0–3 aralığında kodlanır; toplam puan 12'ye bölünerek 100 ile çarpılır. Eşit ağırlıklandırma bir bulgu değil, ön kayıt için önerdiğimiz başlangıç kuralıdır. YZ risk yönetiminde yönetişim ve ölçüm süreçleri de ayrı işlevler olarak ele alınmaktadır [12]. İki bağımsız kodlayıcı bir pilot rapor grubunda aynı protokolü uygulamalı; görüş ayrılıkları gerekçeleriyle birlikte kaydedilmeli ve kodlayıcı uyumu raporlanmalıdır. Dört sıralı boyut için kodlayıcılar arası yüzde uyum ve uygun bir ağırlıklı kappa ölçüsü birlikte sunulmalıdır. İlgili teknik terimler tarama için kullanılabilir; nihai puan bağlam okunarak verilmelidir. Firma kullanımının ölçümünde farklı veri kaynaklarının farklı kavramları yakaladığı bilinmektedir [13]. OECD YZ İlkeleri de şeffaflık, açıklanabilirlik, sağlamlık, güvenlik ve hesap verebilirliği güvenilir YZ kullanımının temel unsurları olarak tanımlar [22].

Tablo 3 Önerilen benimseme endeksi kod kitabı

Boyut	0 puan	1 puan	2 puan	3 puan
Açıklamanın özgüllüğü	İfade yok	Genel teknoloji beyanı	Belirli uygulama adı	Uygulama ve işlev ayrıntısı
Faaliyet entegrasyonu	Kanıt yok	Pilot uygulama niyeti	Pilot kullanım	Rutin faaliyette kullanım
Ölçülebilir çıktı	Kanıt yok	Beklenen fayda	İzlenen gösterge	Dönemsel sonuç açıklaması
Yönetişim	Kanıt yok	Genel ilke	Sorumlu birim	İzleme ve doğrulama süreci

Bir şirket "müşteri deneyiminde yapay zekâ kullanıyoruz" dediğinde operasyonel alan açıklanmadıkça yüksek puan verilmez. Talep tahmini modelinin hangi süreçte kullanıldığı, sonuç göstergesinin nasıl izlendiği ve sorumluluğun kimde olduğu açıklandığında kanıt güçlenir. Bu örnek bir kodlama kuralıdır; belirli bir şirkete ilişkin gözlem değildir.

Şekil 1 Açıklamalardan sınanabilir değişkenlere geçiş



Firma ve yıl etkileri ile büyüklük, kaldıraç ve büyüme kontrol edilir.

Not: Şekil kavramsal araştırma akışını gösterir; gerçek gözlemlerden üretilmemiştir.

5 Kârlılık Göstergeleri ve Model

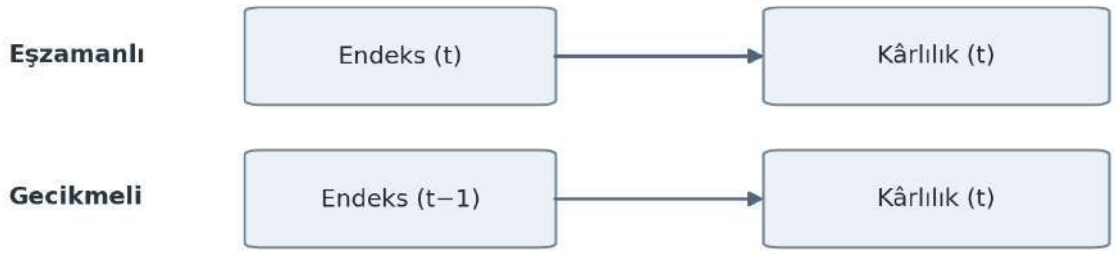
Tablo 4 Değişkenlerin operasyonel tanımları

Değişken	Tanım	Ölçüm sorunu
ROA	Net kâr / ortalama toplam varlıklar	Sektörler arası bilanço farkı
ROE	Net kâr / ortalama özkaynak	Yüksek kaldıraç ve düşük özkaynak
Net kâr marjı	Net kâr / hasılat	Banka gelir tanımı ve arar ve hasılat
Endeks	(Dört boyutun puanları toplamı / 12) × 100	Açıklama yoğunluğu gerçek kullanımı aşabilir
Büyüklük	Toplam varlıkların doğal logaritması	Fiyat düzeyi ve para birimi tutarlılığı
Kaldıraç	Toplam yükümlülükler / toplam varlıklar	Finans sektöründe farklı ekonomik anlam
Büyüme	Yıllık hasılat değişimi / önceki yıl hasılatı	Sıfır veya arar ve baz yılı

Ekonometrik Model ve Raporlama Akışı		
Bağımlı Değişken Her kârlılık göstergesi ayrı tahmin edilir	**YZ Endeksi** Endeks(I,t), 0–100 ölçeği	**Kontroller X(I,t)** Büyüklük • Kaldıraç • Hasılat büyümesi
↓		
Temel Sabit Etkiler Modeli Kârlılık(I,t) = β_1 Endeks(I,t) + γX(I,t) + α(i) + λ(t) + ε(I,t) α(i): firma sabit etkisi | λ(t): yıl etkisi | ayrıca sektör sabit etkisi eklenmez		
↓		
Etki Yorumu β_1 = 1 puanlık endeks farkı 10β_1 = 10 puanlık endeks farkı	**Alternatif Model** Endeks(I,t−1) kullanılır	**Çıkarım** Standart hatalar firma düzeyinde kümelenir [14]
Raporlama Çıktıları Katsayı • Güven aralığı • Gözlem sayısı • Firma sayısı		

Sıfıra yakın özkaynak, arar ve hasılat ve birleşme yılları için önceden tanımlanmış kurallar gerekir. Eksik verinin oranı arar ve yıl bazında açıklanmalı; uç değer işlemleri ham sonuçları gizlememelidir. Özkaynak kârlılığı arar dönemlerinde veya düşük özkaynaklı şirketlerde yanıltıcı olabileceğinden aktif kârlılığı birincil, diğer ölçütleri ise tamamlayıcı sonuçlar olarak değerlendirmek gerekir. YZ maruziyeti ile firma değeri arasındaki araştırmalar farklı bir sonuç değişkenini inceler; piyasa tepkisi muhasebe kârlılığına doğrudan kanıt sayılmamalıdır [15]. Şekil 2 modellerin zamanlamasını, Tablo 5 ise veri işlem kararlarını özetler.

Şekil 2 Eşzamanlı ve gecikmeli modellerin zamanlaması



Not: Şema önerilen model kurulumunu gösterir; tahmin sonucu içermez.

Tablo 5 Önceden belirlenmesi gereken veri işlem kuralları

Durum	Önerilen işlem	Raporlama izi
Eksik rapor	İlgili firma yılını ana modelden çıkar; diğer gözlenen yılları koru.	Eksik veriyi ontrol yıl düzeyinde göster.
Genel YZ beyanı	Somut uygulama kanıtı olmadan yüksek endeks puanı verme.	Karara dayanak olan sayfayı ve kısa kanıtı kaydet.
Sıfıra yakın özkaynak	ROE için eşik ve istisna kuralını analiz öncesi belirle.	Dışlanan gözlem sayısını ve ROA sonuçlarını göster.
Sıfır veya ontrol baz hasılat	Büyüme oranını zorlamadan eksik olarak işaretle.	Payda sorunu olan firma-yıl gözlemi sayısını bildir.
Uç kârlılık değeri	Ham sonucu koru; eşik belirlenirse duyarlılık hesabı yap.	Ham ve işlenmiş tahminleri ayrı sun.

6 Sağlamlık, Sınırlar ve Raporlama

Tablo 6 Bulguların yorumlanması için karar matrisi

Olası gözlem	Makul yorum	Ek kontrol
Eşzamanlı pozitif, gecikmeli zayıf	Aynı dönemde birlikte hareket	Ters nedensellik ve ortak şok
Eşzamanlı zayıf, gecikmeli pozitif	Gecikmeli katkıyla uyumlu	Alternatif gecikme ve ön eğilim
Yalnız açıklama sayısında pozitif	Tanıtım yoğunluğu etkisi olabilir	Uygulama kanıtına dayalı alt endeks
Sektörlere göre farklı	İş modeli ve muhasebe farkları olası	Finans ve finans dışı ayrı modeller

Başlangıçtaki ilişkiyi nedensel etki saymak doğru değildir: başarılı şirketler uygulamaya daha çok kaynak ayırabilir, yatırımcıya daha ayrıntılı rapor sunabilir veya aynı dönemde başka dönüşümler geçirebilir. Gecikmeli endeks ve firma sabit etkileri bazı kaygıları ele alır, ancak ters nedenselliği ve zamanla değişen karıştırıcıları ortadan kaldırmaz. Yeterli sayıda açık benimseme tarihi saptanırsa olay çalışması ancak karşılaştırılabilir ontrol grubu ve ön eğilim incelemesiyle kurulmalıdır. Dinamik panel modelleri örneklemin büyüklüğü ve araç değişken tanıları uygun olmadıkça otomatik bir çözüm olarak kullanılmamalıdır. Şekil 3 olası mekanizmayı ve ortak belirleyiciyi, Tablo 7 ise başlıca yanlılık kaynaklarını gösterir.

Şekil 3 YZ uygulaması ve kârlılık için kavramsal ilişki

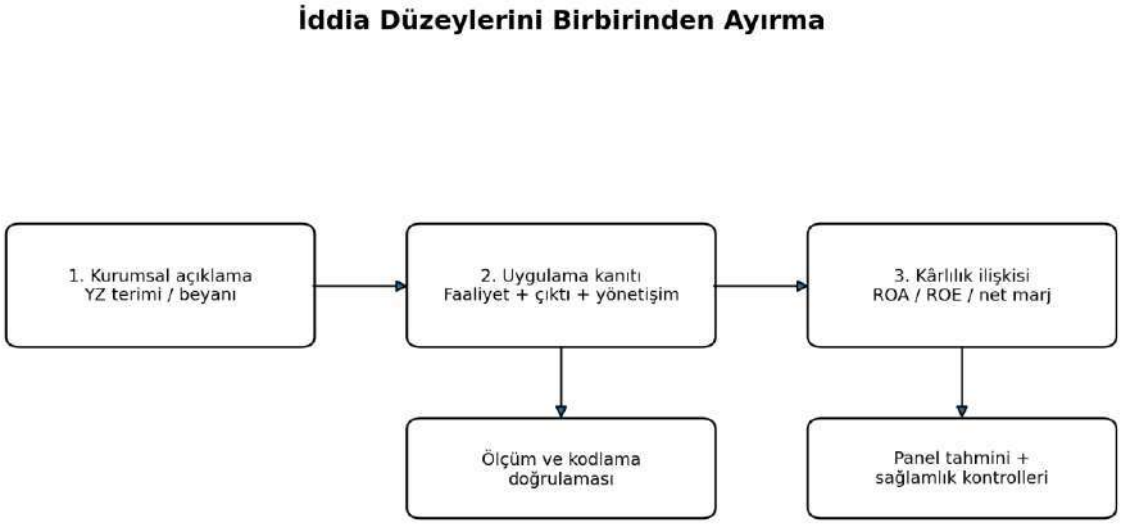


Not: Oklar sınanacak ilişkileri gösterir. Firma kapasitesi ve yönetim kalitesi iki değişkenle de ilişkili olabilir; şekil nedensel kanıt değildir.

Tablo 7 Yanlılık kaynakları ve sağlamlık kontrolleri

Risk	Olası etkisi	Önerilen kontrol
Seçim yanlılığı	Listeden çıkan firmaların kaybı örneklemi değiştirebilir.	Gözlenen yılları koru; dengeli panel sonucu ile karşılaştır.
Ters nedensellik	Kârlı firmalar YZ yatırımını daha kolay finanse edebilir.	Gecikmeli endeks kullan; sonucu ilişki olarak yorumla.
Açıklama yanlılığı	Uzun raporlar daha fazla YZ terimi içerebilir.	Somut kanıt alt endeksi ve rapor uzunluğu kontrolü uygula.
Ortak şoklar	Yıla özgü ekonomik şoklar veya sektör etkileri iki değişkeni etkileyebilir.	Yıl etkilerini ve sektörel alt örneklemleri incele.
Düşük istatistiksel güç	Az sayıda benimseyen geniş belirsizlik yaratabilir.	Güven aralıkları ile firma ve gözlem sayısını bildir.

Şekil 4 Raporlamada iddia düzeylerinin ayrıştırılması

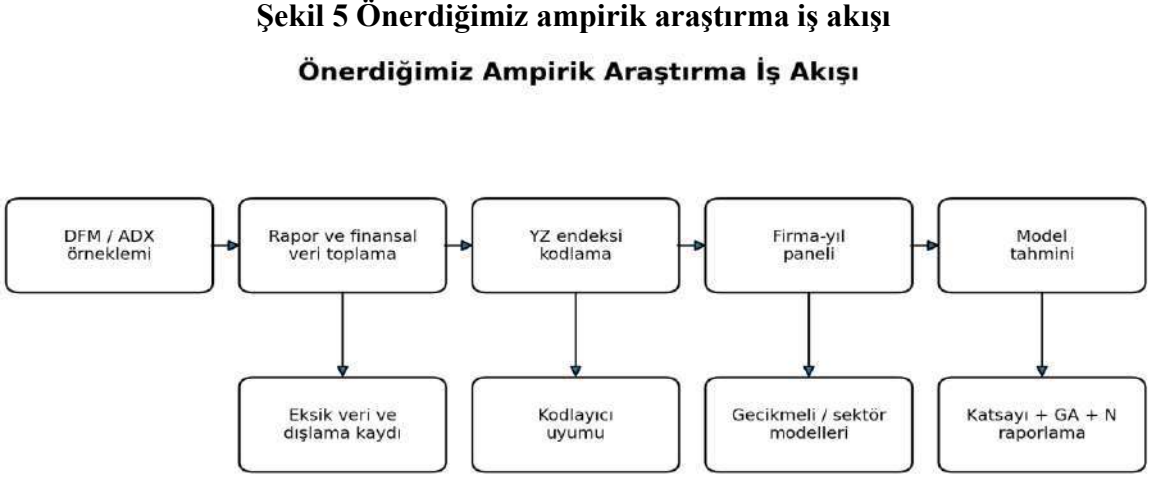


Not: Kurumsal açıklama, uygulamanın işletmeye yerleşmesi ve kârlılıkla ilişki ayrı kanıt düzeyleridir; üçüncü düzey ancak firma-yıl tahminleriyle değerlendirilebilir.

Tablo 8 Ampirik çalışma için asgari raporlama seti

Başlık	Bildirilecek bilgi	Yorum sınırı
Örneklem	Firma ve firma-yıl sayıları, dönem ve dışlama nedenleri	Eksik verinin kapsamını görünür kıl.
Endeks	Boyut puanları, kodlayıcı uyumu ve uyuşmazlıklar	Açıklama ile uygulamayı eşitleme.
Ana model	Katsayı, standart hata, güven aralığı, N ve firma sayısı	İlişkiyi nedensel etki olarak sunma.
Sağlamlık	Gecikmeli model, sektör ayrımı ve uç değer işlemleri	Sonuçların hangi seçimlere duyarlı olduğunu belirt.

Şekil 5 Önerdiğimiz ampirik araştırma iş akışı



Not: İş akışı veri toplama, kodlama, panel oluşturma, sağlamlık kontrolleri ve asgari raporlama adımlarını bütünleştirir; ampirik sonuç göstermez.

7 Sonuç

BAE'de listelenen şirketlerin yapay zekâ uygulamalarını kârlılıkla ilişkilendirmek için önce güvenilir bir uygulama göstergesi gerekir. Önerdiğimiz kodlama cetveli, genel teknoloji söylemine düşük, faaliyet, çıktı ve yönetişim kanıtına ise daha yüksek puan verir. Böylece ileride oluşturulacak firma-yıl paneli, aynı yıllardaki ilişkileri gecikmeli ilişkilerden ve sektör farklarından ayrı inceleyebilir. Çalışmamızın mevcut aşamadaki sonucu ampirik bir etki büyüklüğü değil, ölçülebilir ve denetlenebilir bir araştırma protokolüdür. Bulgular ortaya çıktığında kârlılık iddiası yalnızca hesaplanan tahminlerin kapsamı kadar ileri sürülmelidir. Veri toplama tamamlandığında örneklem kayıpları, kodlayıcı uyumu ve alternatif tanımlara duyarlılık ana tahminlerle birlikte açıklanmalıdır.

Kaynakça

[1] United Arab Emirates Government. (t.y.). UAE Strategy for Artificial Intelligence. https://u.ae/en/about-the-uae/strategies-initiatives-and-awards/strategies-plans-and-visions/government-services-and-digital-transformation/uae-strategy-for-artificial-intelligence

[2] Babina, T., Fedyk, A., He, A., & Hodson, J. (2023). Firm investments in artificial intelligence technologies and changes in workforce composition (NBER Working Paper No. 31325). https://doi.org/10.3386/w31325

[3] McElheran, K., Li, J. F., Brynjolfsson, E., Kroff, Z., Dinlersoz, E., Foster, L. S., & Zolas, N. (2024). AI adoption in America: Who, what, and where. Journal of Economics & Management Strategy, 33(2), 375–415. https://doi.org/10.1111/jems.12576

[4] Brynjolfsson, E., Li, D., & Raymond, L. R. (2025). Generative AI at work. The Quarterly Journal of Economics, 140(2), 889–942. https://doi.org/10.1093/qje/qjae044

[5] Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. Journal of Management, 17(1), 99–120. https://doi.org/10.1177/014920639101700108

[6] Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. Strategic Management Journal, 18(7), 509–533. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z

[7] Brynjolfsson, E., Rock, D., & Syverson, C. (2018). The productivity J-curve: How intangibles complement general purpose technologies (NBER Working Paper No. 25148). https://www.nber.org/papers/w25148

[8] Babina, T. (2026). Understanding firms' AI efforts and their economic impact (NBER Working Paper No. 35123). https://doi.org/10.3386/w35123

[9] Aldasoro, I., Gambacorta, L., Pal, R., Revoltella, D., Weiss, C., & Wolski, M. (2026). AI adoption, productivity and employment: Evidence from European firms (BIS Working Paper No. 1325). https://www.bis.org/publ/work1325.htm

[10] Dubai Financial Market. (t.y.). Disclosures. https://www.dfm.ae/the-exchange/news-disclosures/disclosures

[11] Abu Dhabi Securities Exchange. (t.y.). Listed companies disclosures. https://www.adx.ae/issuers/issuers-information/listed-companies-disclosures

[12] National Institute of Standards and Technology. (2023). Artificial intelligence risk management framework (AI RMF 1.0) (NIST AI 100-1). https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-1

[13] Haltiwanger, J., Kroff, Z., & Savage, K. (2024). Tracking firm use of AI in real time: A snapshot from the Business Trends and Outlook Survey (NBER Working Paper No. 32319). https://www.nber.org/papers/w32319

[14] Wooldridge, J. M. (2010). Econometric analysis of cross section and panel data (2nd ed.). MIT Press. https://mitpress.mit.edu/9780262232586/econometric-analysis-of-cross-section-and-panel-data/

[15] Eisfeldt, A. L., Schubert, G., & Zhang, M. B. (2023). Generative AI and firm values (NBER Working Paper No. 31222). https://doi.org/10.3386/w31222
[16] Rammer, C., Fernández, G. P., & Czarnitzki, D. (2023). Artificial intelligence and firm-level productivity. Journal of Economic Behavior & Organization, 211, 188–205. https://doi.org/10.1016/j.jebo.2023.05.008
[17] Mishra, S., Ewing, M. T., & Cooper, H. B. (2022). Artificial intelligence focus and firm performance. Journal of the Academy of Marketing Science, 50(6), 1176–1197. https://doi.org/10.1007/s11747-022-00876-5
[18] Pastor-Merino, A., Martínez-Barbero, X., Vicente, M. R., & Domenech, J. (2026). Does AI boost firm productivity? A web scraping and LLMs approach. Telecommunications Policy, 50(2), 103138. https://doi.org/10.1016/j.telpol.2025.103138
[19] Guettoufi, Y. (2026). Assessing the impact of artificial intelligence adoption on corporate financial performance: Evidence from emerging markets. International Review of Economics & Finance, 108, 105272. https://doi.org/10.1016/j.iref.2026.105272
[20] United Arab Emirates Government. (t.y.). Digital Economy Strategy. https://u.ae/en/about-the-uae/strategies-initiatives-and-awards/strategies-plans-and-visions/finance-and-economy/digital-economy-strategy
[21] United Arab Emirates Government. (t.y.). Dubai Universal Blueprint for Artificial Intelligence. https://u.ae/en/about-the-uae/strategies-initiatives-and-awards/strategies-plans-and-visions/government-services-and-digital-transformation/dubai-universal-blueprint-for-ai
[22] OECD. (2024). OECD AI Principles. https://www.oecd.org/en/topics/ai-principles.html
[23] OECD. (2023). Advancing accountability in AI: Governing and managing risks throughout the lifecycle for trustworthy AI. OECD Digital Economy Papers, No. 349. https://doi.org/10.1787/2448f04b-en
[24] OECD. (2025). Steering AI's future: Strategies for anticipatory governance. OECD Artificial Intelligence Papers, No. 32. https://doi.org/10.1787/5480ff0a-en

NALYTICAL STUDIES OF CdSe;0.5%Ho NANOSTRUCTURES DOPED WITH RARE EARTH ELEMENT HOLMIUM (Ho) FOR OPTOELECTRONIC APPLICATIONS

Dr.Seyfaddin JAFAROV
Nakhchivan State University, „ Azerbaijan, org/0009-0000-1609-0387,
Department of Physics, Faculty of Physics and mathematics

ABSTRACT
Cadmium selenium (CdSe;0.5%Ho) nanostructures were prepared and deposited on CdSe;0.5%Ho (1.2-0.05mol/L) annealed glass substrates using pin coating technique at 400◦ with different rotation speeds (1000, 3000 and 5000 rpm). Structural, morphological and analytical studies were carried out by X-ray diffraction (XRD), atomic force microscopy (AFM), Fourier transform infrared (FTIR) and UV-Vis Spectroscopy. It was found that the particle size of CdSe;0.5%Ho nanostructures prepared at 1000, 3000 and 5000 rpm is 1.40, 1.78 and 2.31 nm, respectively. The band gap was measured by the transmission index in the visible range. The CdSe;0.5%Ho nanostructures vary with the particle size. The calculated refractive index and experimental dielectric constant results are in good agreement with the experimental results. The obtained results are in good agreement with the experimental and theoretical data. A spin coating technique was successfully developed to synthesize CdSe;0.5%Ho nanostructures. The XRD patterns showed the diffraction lines of CdSe;0.5%Ho nanostructures with hexagonal structure. The particle size increases with the increase of spin coating speed. The thickness decreases as the spin coating speed increases. UV-Vis spectroscopy shows higher transmission at 3000 rpm. The band gap of CdSe;0.5%Ho nanostructures varies between 2.00, 2.20 and 2.15 eV for different spin coating speeds. The refractive index Herve and Vandamme model has been proven to be suitable for optoelectronic devices. Furthermore, characterization, analysis and optical studies have recommended CdSe;0.5%Ho nanostructures for photovoltaic and optoelectronic applications.
Keywords: CdSe;0.5%Ho nanostructure, Optical properties, particle size, refractive index, dielectric constant

INTRODUCTION
In recent years, CdSe:0.5%Ho nanostructures have attracted significant interest due to their unique physicochemical, physical, optical, and electrical properties [1,2]. Owing to their large surface area, all nanostructured materials possess high surface energy, rendering them thermodynamically unstable or metastable. A major challenge in the production and processing of nanomaterials is managing this surface energy and preventing grain growth—which would otherwise occur as the system seeks to reduce its total surface energy. Due to their high surface energy, nanoparticles are extremely reactive; in the absence of surface protection or passivation, they tend to undergo aggregation [3]. Organic stabilizers are commonly employed to coat the surfaces of nanoparticles, thereby preventing them from coalescing [4]. Since semiconductor nanoparticles exhibit size-dependent properties, the melting point of CdSe:0.5%Ho crystallites (with a thickness of 0.7 nm) is approximately 400° lower than that of bulk CdSe:0.5%Ho crystallites. Furthermore, under very high pressure, the phase transitions from wurtzite to rock-salt [6]. Since CdS possesses a band gap of 2.43 eV (513 nm), it is the most promising candidate among II-VI compounds for applications involving visible radiation. It plays a role in the recombination of photogenerated carriers, which influences the efficiency of solar cells. It has also been utilized in light-emitting diodes, photodetectors, sensors, address decoders, and electrically driven lasers [7].

Density Functional Theory (DFT) has been employed to calculate energy transitions and optical properties—as a function of quantum dot diameter—for CdSe:0.5%Ho and CdTe. Furthermore, the authors [9] investigated the potential of quantum dots using the Pseudopotential (PP) method. They conducted studies on composition and optical/luminescent properties, achieving solar-to-electrical energy conversion efficiencies based on the generation and separation of stoichiometric electron-hole pairs. Finally, Böer [11] enhanced solar energy conversion by utilizing a thin layer (approximately 200 Å) of CdSe:0.5%Ho, resulting in conversion efficiencies of 8–15% for CdSe:0.5%Ho/CdTe solar cells. The reason for this efficiency enhancement—characteristic of CdSe:0.5%Ho—has also been generalized within the technology. This holds economic significance for the solar energy conversion market. In this study, a detailed investigation is presented regarding the structural and optical properties of CdSe:0.5%Ho nanostructures deposited on glass substrates at room temperature using varying coating speeds.

Experimental Procedure

CdSe:0.5%Ho nanostructures were synthesized at room temperature via the sol-gel spin-coating method. A solution was prepared by mixing 0.6 ml of polyethylene glycol 200 (PEG) with 8.5 ml of ethanol and 0.5 ml of acetic acid, stirring for 1 hour. Additionally, a mixture containing 0.05 mol/L thiourea (as a source for Se and Ho) and 1.2 mol/L cadmium nitrate (as a source for Cd) was prepared in 15 ml of ethanol and heated to 60°C. The resulting solution was slowly added to the PEG sol under vigorous stirring for 6 hours. As the reaction commenced, the reaction system gradually transitioned from transparent to light yellow. The precipitate, collected via centrifugation, was deposited onto glass substrates, dried on a hot plate at 120°C, and subsequently annealed in a furnace at 400°C for 1 hour. The samples were collected after cooling to room temperature. They were analyzed and characterized using X-ray diffraction (XRD) (Philips PW1710 X-ray diffractometer), atomic force microscopy (AFM) (SII Seiko Instruments Inc. SPI 3800N probe station), Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), and UV-Vis spectroscopy (El-Spectroscopy 950).

3. Results and Discussion

3.1. Structural Properties

The structural properties of CdSe:0.5%Ho nanostructures—prepared at various rotation speeds (1000, 3000, and 5000 rpm) and annealed at 400°C for 1 hour—were investigated using the X-ray diffraction (XRD) technique. Figure 1a shows the synthesized CdSe nanoparticles. For the nanostructures prepared at 1000 rpm, a peak is observed at 29.52°, corresponding to the (0 0 2) plane of the hexagonal phase; for those prepared at 3000 rpm, a peak appears at 25°, corresponding to the (1 1 1) plane. It shows the CdSe:0.5%Ho nanostructure. Figure 1c displays the CdSe:0.5%Ho nanostructure prepared at 5000 rpm. The peak at 29.52° corresponds to the (002) plane of the hexagonal phase. The peak intensity observed in the CdSe:0.5%Ho nanostructure deposited at 5000 rpm is also seen in the CdSe:0.5%Ho nanostructures deposited at 1000 and 3000 rpm. This is an indicator of good crystalline quality. The crystallite size was calculated using the Scherrer equation [12]:

$$d = \frac{n\lambda}{2sin\theta} \qquad (1)$$

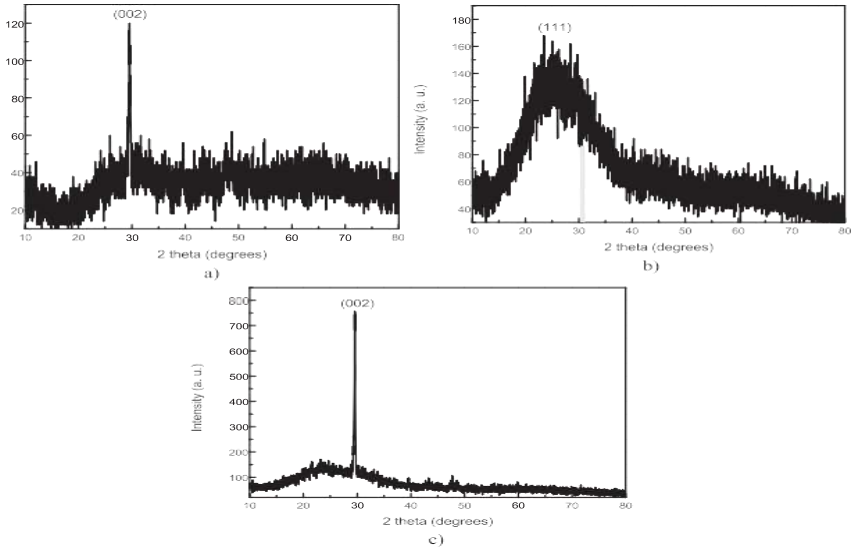


Fig. 1. X-ray diffraction (XRD) patterns of deposited CdS nanostructures on glass substrates annealed at 400°C: (a) 1000, (b) 3000, and (c) 5000 rpm spin-coating speeds.

The XRD patterns were recorded using a rotating anode source with Cu-Kα radiation (λ = 1.54 Å), where θ is the angle between the incident beam and the reflecting lattice planes, and β is the full width at half maximum (FWHM) of the diffraction peak. The operating parameters were: voltage = 35.0 kV, current = 25.0 mA, scanning range = 10.000°–80.000°, scan speed = 5000°/min, and dwell time = 0.24 s. The particle size increased with an increase in the spin-coating speed, attributed to changes in the lattice constants. Furthermore, the dislocation density (δ) and strain (ε) of the CdSe:0.5%Ho nanostructures were determined via XRD using the following relationships [12]:

$$a = \frac{\sqrt{1/3\lambda}}{sin\theta} \qquad (2)$$

$$c = \frac{\lambda}{sin\theta} \qquad (3)$$

The number of crystallites per unit area (N) is calculated using the following relationship [12]:

$$N = \frac{t}{D^3}$$

Here, t is the thickness of the nanostructured CdSe as determined by AFM. The number of crystallites was found to be 21.9, 0.71, and 0.82 grains/area for 1000, 3000, and 5000 rpm, respectively. The bulk modulus reflects the stiffness of a material, a property of importance in various industrial sectors. Many authors [13–18] have made various efforts to investigate the thermodynamic properties of solids. In these studies, the authors examined thermodynamic properties—such as interatomic separation and the bulk modulus of solids—using various approximations and optimal correlations [15]. It has become possible to calculate a significant number of structural and electronic properties of solids with high accuracy. *Ab initio* calculations are complex and require substantial effort. Consequently, more empirical approaches have been developed to calculate material properties. In many cases, empirical methods offer the advantage of being applicable to a broad class of materials and reveal underlying trends. While these empirical approaches may not yield highly accurate results for every specific material in many applications, they remain very useful. Based on the nearest-

neighbor distance, Cohen [21] formulated a non-empirical formula for calculating the bulk modulus, B_0. His results align with experimental values. Lam et al. [22] derived an analytical expression for the bulk modulus starting from the total energy. While this expression differs in structure from the empirical formula, it yields similar numerical results. Furthermore, they obtained an analytical expression for the pressure derivative of the bulk modulus, B_0'. Our group [23] utilized a concept based on the lattice constant to develop an empirical formula for calculating the bulk modulus. The calculated results are consistent with experimental data and other computational findings. Practical application of this formula requires considering a hypothetical structure and simulating experimental conditions. The objective is to examine how a property such as the bulk modulus relates to the lattice constant. It has been argued that the dominant effect—characterized by Phillips' homopolar gap, E_h [19]—influences the degree of covalency, and this study provides data reflecting that relationship. Consequently, we believe these data will be valuable for future research in this field. A significant motivation for this study is the observation of distinct differences in lattice stability among various CdS nanostructures. In the study, well-developed structures were observed, which are interpreted as the overlapping of various layers formed during continuous growth. Figure 2 displays typical 2D and 3D images, obtained using a scan area of 2000 nm (2 µm × 2 µm) and a scan rate of 2 Hz. The thickness of the CdSe nanostructures is shown in the figure; for rotation speeds of 1000, 3000, and 5000 rpm, the thicknesses are measured to be 60, 40, and 10 nm, respectively.

Optical Properties

Optical properties are essential for understanding the behavior of semiconductor nanocrystals. A fundamental characteristic of semiconductors is the energy band gap separating the filled valence band from the empty conduction band. Optical excitation of electrons across this band gap is highly allowed, leading to a sharp increase in absorption at the wavelength corresponding to the energy band gap. Figure 3 shows the transmission spectra of CdSe:0.5%Ho nanostructures within the wavelength range of 250–800 nm. The transmittance values for CdSe:0.5%Ho nanostructures prepared at 1000, 3000, and 5000 rpm are 85.40%, 87.49%, and 85.70%, respectively. Furthermore, the CdSe:0.5%Ho nanostructure prepared at 3000 rpm exhibits a transmittance of over 87% for wavelengths longer than 450 nm. The optical band gap of the CdSe:0.5%Ho nanostructures is presented in Table 1.

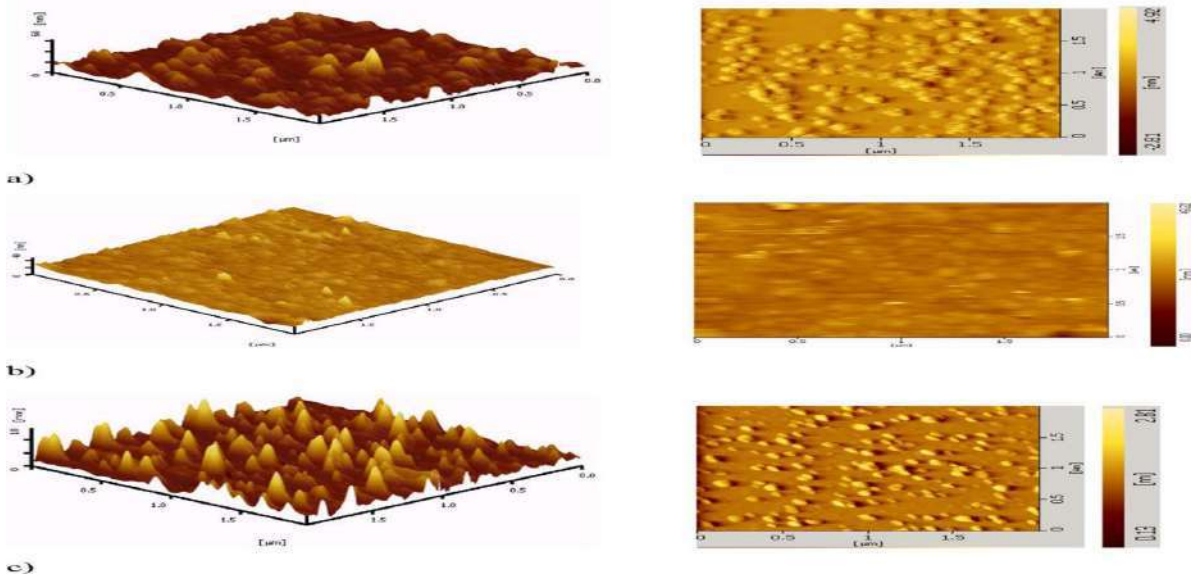


Fig. 2. Atomic force microscopy (AFM) images of CdSe:0.5%Ho nanostructures deposited on glass substrates and annealed at 400°C: coatings prepared at rotation speeds of (a) 1000, (b) 300, and (c) 5000 rpm.

By applying the Tauc model [10]—which allows for the direct estimation of E_g via the relationship $(\alpha h\nu)^{1/n} = A(h\nu - E_g)$, where A is a constant, α is the absorption coefficient, $h\nu$ is the photon energy, and $n = 1/2$ for direct allowed transitions—one can determine the band gap. Figure 5 illustrates the relationship between $(\alpha h\nu)^2$ and $h\nu$. The refractive index, n_0, is an important physical parameter linked to microscopic atomic interactions. Theoretically, there are two distinct approaches to this subject: one relates the refractive index to density, while the other focuses on the local polarizability of the constituent entities [23]. On the other hand, the crystal structure—represented through a delocalized model—is closely linked to the material's energy band structure, a relationship that involves complex quantum mechanical analysis.

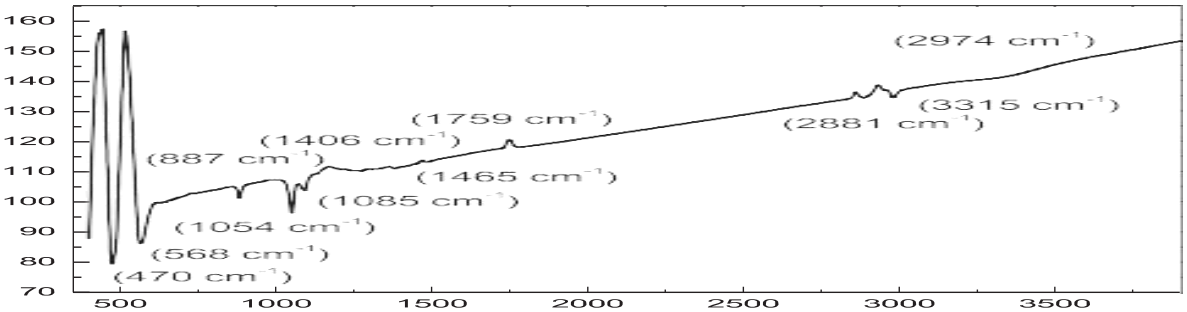


Figure 3. Fourier transform infrared (FTIR) spectrum of CdSe:0.5%Ho nanostructures obtained with a thiocarbamide concentration of 0.05 mol/L in the solvent.

)Transmissiya(%	Qalınlıq (nm	Spinc oatin	*Eg*[a](eV)	*sürəti (rpm) Ega(eV)no)*	Optikdielektriksabit
80–85	60	1000	2.00	5.2880[e]	27.9629[e]
			2.359[b]	2.7097[f]	7.3424[f]
			2.43[c]	5.8891[g]	34.6814[g]
			2.50[d]	2.529[h]	
82–85	40	3000	2.20	5.4120[e]	29.2897[e]
			2.359[b]	2.6263[f]	6.8974[f]
			2.43[c]	5.5886[g]	31.2324[g]
			2.50[d]	2.529[h]	
84–87	10	5000	2.15	5.3810[e]	28.9551[e]
			2.359[b]	2.6466[f]	7.0044[f]
			2.43[c]	5.7110[g]	32.6155[g]
			2.50[d]	2.529[h]	

Conclusion

The spin-coating technique has been successfully developed for the synthesis of CdSe:0.5%Ho nanostructures. XRD patterns revealed diffraction lines corresponding to a hexagonal structure for the CdSe:0.5%Ho nanostructures. Particle size increases with an increase in the spin-coating speed, while the thickness decreases as the spin-coating speed increases. UV-Vis spectroscopy indicates higher transmittance at 3000 rpm. The band gap of the CdSe:0.5%Ho nanostructures varies between 2.00, 2.20, and 2.15 eV depending on the spin-coating speed. It has been demonstrated that the Herve and Vandamme model for the refractive index is suitable for optoelectronic devices. Furthermore, the characterization, analysis, and optical studies suggest that CdSe:0.5%Ho nanostructures are suitable for photovoltaic and optoelectronic applications.

REFERENCES

[1] S.J. Ikhmayies, R.N. Ahmad-Bitar, Characterization of SnO2:F/CdS structures prepared by the spray pyrolysis technique, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 94 (2010) 878–883.
[2] A.I. Oliva, P. Quintana, D.H. Aguilar, W. Cauich, M. Ortega, Y. Matsumoto, Hexagonal phase of CdS thin films via chemical bath deposition, J. Electrochem. Soc. 155 (2008) D158–D162.
[3] Dumbrava, C. Badea, G. Prodan, V. Ciupina, Synthesis and characterization of cadmium sulfide obtained at room temperature, Chalcogenide Lett. 7 (2010) 111–118.
[4] C.H. Huang, Sheng S. Li, W.N. Shafarman, C.-H. Chang, E.S. Lambers, L. Rieth, J.W. Johnson, S. Kim, B.J. Stanbery, T.J. Anderson, P.H. Holloway, Study of Cd-free buffer layers using Inx(OH,S)y in CIGS solar cells, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 69 (2001) 131–137.
[5] A. Kylner, A. Rockett, L. Stolt, Oxygen in solution-grown CdS films for thin-film solar cells, Solid State Phenom. 51–52 (1996) 533–540.
[6] D.W. Niles, G. Herdt, M. Al-Jassim, An X-ray photoelectron spectroscopy study of the chemistry of O impurities in CdS thin films grown by chemical bath deposition, J. Appl. Phys. 81 (1997) 1978–1984.
[7] R. Seoudi, A.A. Shabaka, M. Kamal, E.M. Abdelrazek, Dependence of spectroscopic and electrical properties on the size of cadmium sulfide nanoparticles, Physica E 45 (2012) 47-55.
[8] Y. Al-Douri, H. Baaziz, Z. Charifi, R. Khenata, U. Hashim, M. Al-Jassim, Optical properties of CdX (X = S, Te) compounds as a function of quantum dot diameter: an ab initio approach, Renewable Energy 45 (2012) 232–236.
[9] Y. Al-Douri, R. Khenata, A.H. Reshak, Investigated optical study of Si quantum dot, Sol. Energy 85 (2011) 2283–2287.
[10] R.A. Joshi, V.S. Taur, A.V. Ghule, R. Sharma, Stoichiometry-controlled conversion efficiency in nanostructured CdS/CuInSXSe2−X heterojunction solar cells grown via a room-temperature chemical ion-exchange method, Sol. Energy 85 (2011) 1316–1321.
[11] K.V. Böer, Energy Convers. Manage. 52 (2011) 426–430.
[12] A.S.Z. Lahewil, Y. Al-Douri, U. Hashim, N.M. Ahmed, Structural and optical studies of cadmium sulfide nanostructures for optoelectronic applications, Sol. Energy 86 (2012) 3234–3240.
[13] A.M. Sherry, M. Kumar, Analysis of thermal expansion for alkali halide crystals using an isobaric equation of state, J. Phys. Chem. Solids 52 (1991) 1145–1148.
[14] J.L. Tallon, Thermodynamics of elastic deformation-I: equation of state for solids, J. Phys. Chem. Solids 41 (1980) 837–850.
[15] Y. Al-Douri, H. Abid, H. Aourag, Correlation between bulk modulus and charge density in semiconductors, Physica B 305 (2001) 186–190.

[16] Y. Al-Douri, H. Abid, H. Aourag, Calculation of bulk moduli of semiconductor compounds, Physica B 322 (2002) 179–182.
[17] Y. Al-Douri, Pressure effect on the bulk modulus related to charge density in CdX compounds, Mater. Chem. Phys. 78 (2003) 625–629. [18] Y. Al-Douri, H. Abid, H. Aourag, Correlation between bulk modulus and transition pressure in semiconductors, Mater. Lett. 59 (2005) 2032–2034.
[19] J.C. Phillips, Bonds and Bands in Semiconductors, Academic Press, San Diego, 1973.
[20] W.A. Harrison, Electronic Structure and the Properties of Solids, General Publishing Company, Toronto, 1989.
[21] M.L. Cohen, Modeling of materials, Phys. Rev. B 32 (1985) 7988–7991.
[22] P.K. Lam, M.L. Cohen, G. Martinez, Analytical relationship between bulk moduli and lattice constants, Phys. Rev. B 35 (1987) 9190–9194.
[23] Y. Al-Douri, H. Abid, H. Aourag, Empirical formula relating bulk modulus to lattice constant in tetrahedral semiconductors, Mater. Chem. Phys. 87 (2004) 14–17.
[24] J.J. Tan, Y. Li, G.F. Ji, High-pressure phase transitions and thermodynamic behaviors of cadmium sulfide, Acta Phys. Pol. A 120 (2011) 501–506. [25] H. Metin, S. Erat, S. Durmus, M. Ari, Effect of annealing on CdS/SnO2 films grown by chemical bath deposition, Appl. Surf. Sci. 256 (2010) 5076–5081.
[26] D.H. Rose, D.H. Levi, R.J. Matson, D.S. Albin, R.G. Dhere, P. Sheldon, The Role of Oxygen in CdS/CdTe Solar Cells Deposited by Close-Spaced Sublimation, 1996, pp. 777-780.

INITIAL TREATMENT OF DIABETIC KETOACIDOSIS IN CHILDREN -THE SIMPLE PROTOCOL-

Prof. Dr. Dragan Katanić, pediatrician-endocrinologist
Institute for Children and Youth Health Care of Vojvodina
Faculty of Medicine, Novi Sad, Serbia
ORCID 0000-0002-9319-8663
Olivera Savić, M.D., pediatrician
Oupatient Clinic, Novi Sad, Serbia

ABSTRACT
Ketoacidosis is often the first condition of newly discovered diabetic children. It is life-threatening metabolic emergency and needs clinical settings and qualified medical staff with pediatrician-endocrinologist as central support.
In pediatric endocrinology textbooks, scientific papers, consensus groups and national health guidances there are many similar protocols, often extremely detailed recipes with many numbers, tables, algorhythms hour by hour and valuable warnings for complications and their management, sometimes with frequent fingerprick tests (1-14). This one is quite simple, applied for nearly forty years, requiring four 0,9% saline bottles of 500 ml and attentive doctor for at least eight hours at the bedside of the patient.
Keywords: diabetes type 1, ketoacidosis, child

Diabetic ketoacidosis is most often defined by the parameters of blood pH ≤ 7.27 + glycaemia >11.11 + bicarbonates <15 mmol/l, accompanied with massive glycosuria and ketonuria. Clinical equivalents are *Kussmaul* respirations (hyperpolypnea) + vomiting frequently.
Metabolic storm in ketoacidosis involves elevated contrainsular hormones (glucagon, catecholamines, cortisol, growth hormone) as well.
Nearly 80% of children present with ketoacidosis when diagnosed with diabetes mellitus type 1. There are numerous protocols that are often complicated (……). For nearly four decades of experience, we have successfully implemented a simple, easy-to-remember initial protocol.
Therapy is intravenous in two lines (both hands) simultaneously and supplementary: fluids, insulin, bicarbonates and potassium. The primary goal is to normalize pH, and regulation of glycaemia is only a secondary task.

1. FLUIDS (REHYDRATION)

The approximate daily (24-hour) fluid requirements of a healthy child are easily calculated:

For each kg till 10 kg of body weight	100 ml/kg
For each kg between 10 and 20 kg of body weight	add 50 ml/kg
For each kg over 20 kg of body weight	add 25 ml/kg

Examples:

For body weight of 50 kg, daily requirement in fluids is 1000+500+750=2250 ml.
For body weight of 17 kg, daily requirement in fluids is 1000+350=1350 ml.

A child with ketoacidosis should receive two daily needs for 24 hours: the first for 8 hours (intravenously) and the second for the remaining 16 hours (per os).

Initially, waiting for the lab results, infusion of 10 ml of 0.9% saline as quick rehydration is recommanded (not more than 500 ml).

2. FAST ACTING INSULIN

- **For schoolage or when glycaemia is >15 mmol/l:**

In 500 ml of 0.9% saline add **body weight (kg)/2 units** of fast-acting insulin, with flow rate 30 drops per minute (100 ml/h=5 hours,), meaning 0.1 units/kg/h. After 2,5h (halfway through the infusion) check pH and glycaemia and offer a snack (1-2 dcl of yogurt) if there was no vomiting. If it is present, when glycaemia drops to 15 mmol/l, add 2g of glucose for each unit of insulin to the remaining infusion volume (250 ml).

- **Preschool age or when glycemia is <15 mmol/l:**

In 500 ml of 0.9% saline add **body weight (kg)/4 units** of fast-acting insulin, with flow rate 30 drops per minute (=5 hours), which means 0.05 units/kg/h. The rest is about the same.

Fast acting insulin given intravenously in saline has short half-life and after approximately one hour after discontinuation of infusion, there is no effective insulin in the blood so subcutaneous fast acting insulin should be administered every six hours. If it is newly discovered diabetic child, assumed daily (24h) dose of insulin is 0,75 units per kg of body weight, divided in for asymmetric dose (regardless of the time of the day): 40%+25%+25%+10%, each followed by meal or a snack.

3. BICARBONATES

Our body produces acidotic waste – during fasting beta-hydroxybutyric and acetoacetic acid and in hypoxia lactic acid are formed. If the pH of the blood is less than 7.1 (profound acidosis) or hyperkalaemia is present, consider attaching another bottle of 500 ml of 0.9% saline solution in the other hand with half of the calculated deficit of bicarbonate, using 8.4% NaHCO3 (1 mmol/ml), with flow rate 60 drops per minute (2.5 hours, 200 ml/h). Bicarbonate deficit in milimols can be determined in three ways:

$$\textbf{mmol (ml 8.4\%)} = \frac{\textbf{Body Weight X Base Excess (BE)}}{\textbf{3}}$$

$$\textbf{mmol (ml 8.4\%)} = \frac{\textbf{Body Weight X } \Delta \textbf{ HCO3}}{\textbf{2}}$$

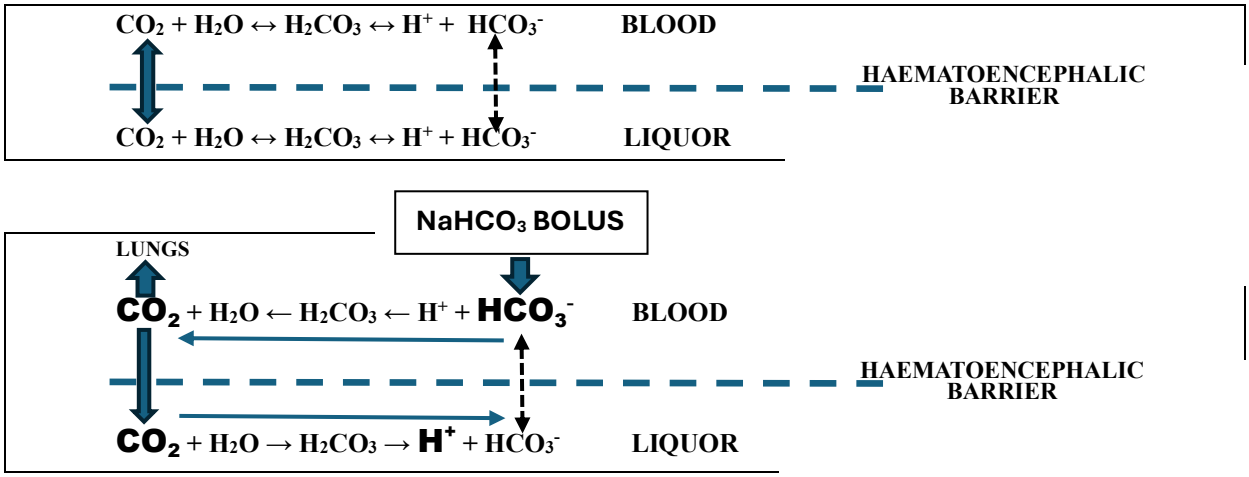
Δ means difference from real concentration till 18 mmol/l (not till 24 mmol/l, since it assumed the body will be able to raise it from 18 lo normal 24 mmol/l)

mmol (ml 8.4%) = Body Weight X 3 (if Astrup analysis is not available)

Only half of calculated bicarbonate deficit should be added in 500 ml of 0.9% saline, with flow 60 drops/min (200 ml/h), for 2,5 hours to avoid CNS acidosis and hypokalemia.

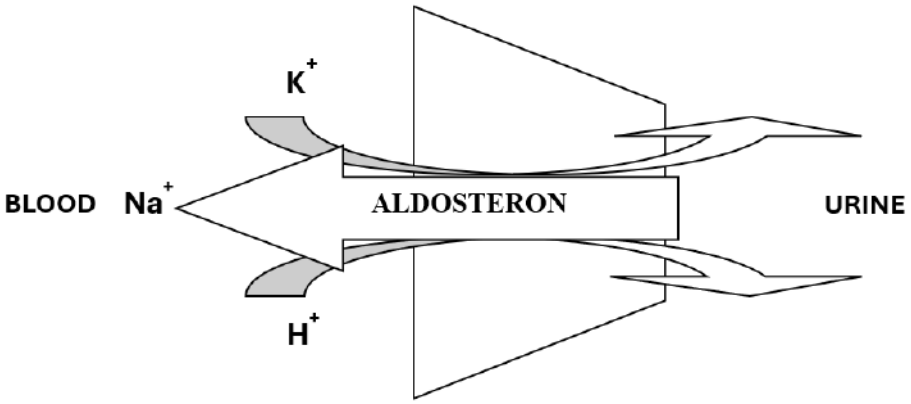
Bicarbonate solution should not be applied as intravenous bolus from two reasons – it is hyperosmolar solution (2000 mOsmol/l) and it leads to persistent acidosis of central nervous system with hazardous outcome. Bolus of $NaHCO_3$ in blood will produce tide of both CO_2 and

HCO_3^-, but CO_2 is not electrically charged and penetrates haematoencephalic barrier easily in both direction (compare it with a doe in the forest), while HCO_3^- is electrically charged and passes through haematoencephalic barrier slowly (like stag with antlers in the dense forest). Thus bicarbonate bolus will sharply rise level of CO_2 in the blood. Since the lungs will not be able to eliminate it quickly, it will flow into liquor and produce new H^+ (hydrogen ions) – equitation in the blood will be directed to the left (Le Chatelier's principle-supression of dissociation) while in the liquor to the right:



4. POTASSIUM

Aldosteron pulls in sodium (Na^+) from primary urine to blood (like vacuum-cleaner) in order to maintain blood pressure. Since Na^+ is positively charged ion, a positively electric particle of the same charge must come out of the blood into the urine for exchange. It could be either K^+ or H^+. In ketoacidosis, the body needs to get rid of hydrogen ions and excretes them, and potassium lags behind and rises in the blood:



The second reason for initial hyperkalemia is the lack of energy (glucose) for Na^+/K^+ pump (sodium–potassium adenosine triphosphatase) which pumps three sodium ions (Na^+) out and brings two potassium ions (K^+) in the cell, against their natural concentration gradients. During the treatment of ketoacidosis and the shift of blood pH towards the alkaline spectrum, potassium begins to be expelled, and hypokalemia occurs. Only if there miction occurred (excess potassium is eliminated by kidneys), this line of bicarbonates continues with 500 ml of 0.9% saline with calculated potassium deficit, using 7.45% solution of KCl (1 mmol/ml) 30 drops per minute (=5 hours, 100 ml/h). Diluted solution usually is made of 20 ml 7,45% KCl in 500

ml of 0.9% saline (4 ml=4 mmol/100 ml/h) - concentrated potassium solution must never be injected undiluted directly into a vein.

Potassium deficit in milimols can be determined in two ways:

$$\textbf{mmol (ml 7.45\%)} = \frac{\textbf{Body Weight X } \Delta \textbf{ K}}{\textbf{2}}$$

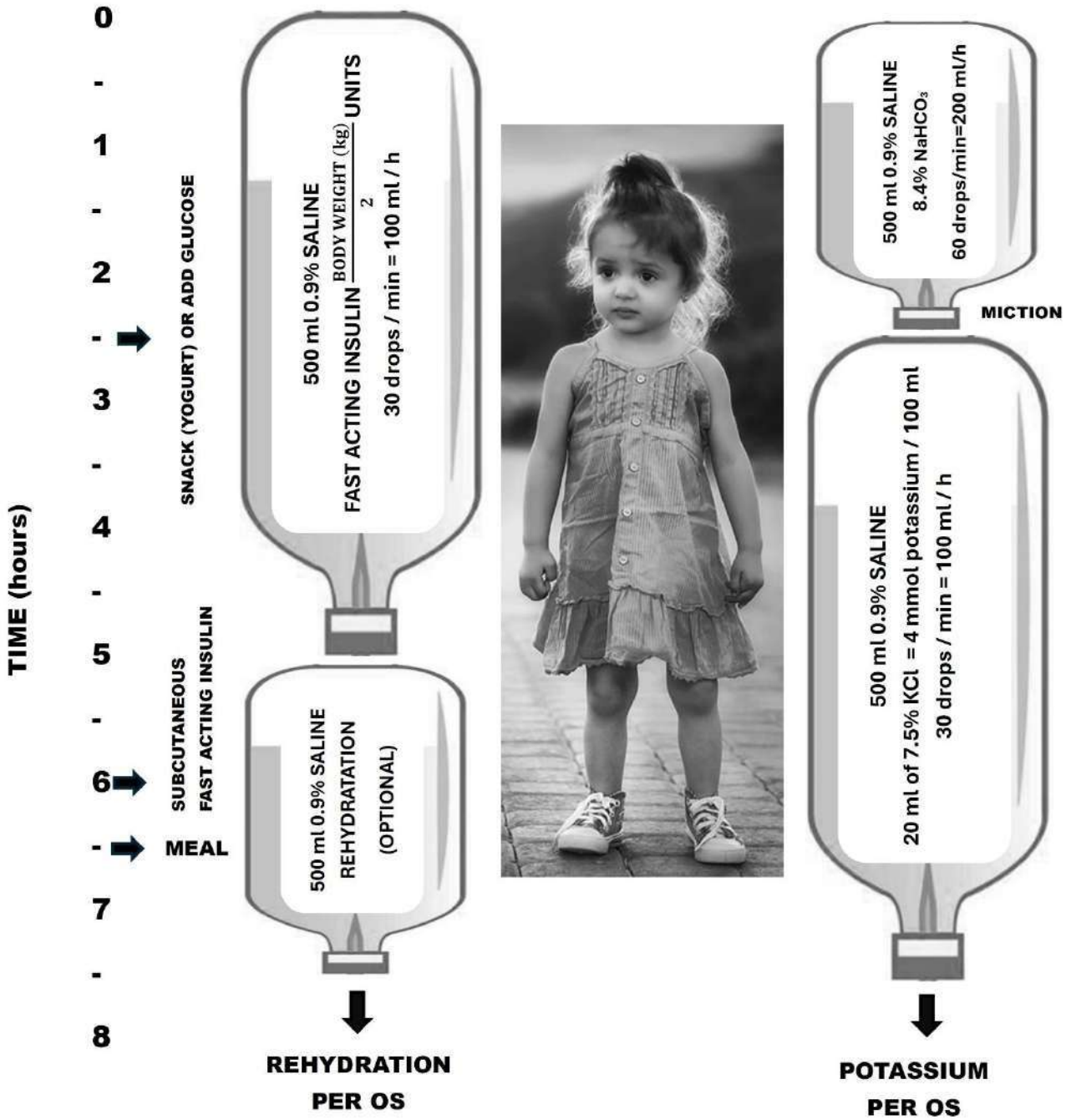
Δ means difference from real concentration till 4,5 mmol/l

mmol (ml 7.45%) = Body Weight X 3
if serum electrolytes are not available
1.5 mmol/kg loss + 1.5 mmol/kg daily requirement

Consultation with pediatrician-endocrinologist is mandatory when the age of the child is 2 years or less, or if the blood pH is less than 7.1 or if disturbance of consciousness is present.

MEDICAL ERRORS ASSOCIATED WITH TREATMENT OF DIABETIC KETOACIDOSIS

ERROR	MANIFESTATION	TREATMENT
DifDg: Acute abdomen	Operative stress	Reanimation
Protocol for hyperglycaemia only (not referring to ketoacidosis)	Hypoglycaemia	Glucose i.v.
Rapidly falling blood glucose	Brain edema	Manitol
Bicarbonate bolus (more than 2 ml)	Brain acidosis	Reanimation
KCl in saline i.v. before first urination	Hyperkaliaemia	Calcium
Concentrated KCl i.v.	Cardiac arrest	Reanimation
Subcutaneous insulin more than one hour after insulin infusion	Ketogenesis	Fast acting insulin in saline i.v.
Long and intermediate-acting insulins i.v.	Thromboembolism, Disseminated intravascular coagulation (DIC)	Reanimation
Not adding meal or glukoze when glycaemia drops <15 mmol/l	Hypoglycaemia	Glucose i.v.



INITIAL TREATMENT OF DIABETIC KETOACIDOSIS IN CHILDREN

(Katanić Dragan, Novi Sad, Serbia)

Illustration in the middle: Bess Hamiti (Pixabay)

REFERENCES

1. Gripp KE, Trottier ED, Thakore S, Sniderman J, Lawrence S. Current recommendations for management of paediatric diabetic ketoacidosis. *Paediatrics & child health* 2023;*28*(2):128–138. https://doi.org/10.1093/pch/pxac119
2. Wolfsdorf J, Glaser N, Sperling MA. Diabetic Ketoacidosis in infants, children, and adolescents-A consensus statement from the American Diabetes Association. Diabetes Care 2006; 29(5).
3. Karen E. Gripp E, Trottier D, Thakore S, Sniderman J, Lawrence S. Current recommendations for management of paediatric diabetic ketoacidosis. Paediatr Child Health 2023;28(2):128-32.
4. Stanford Clinical Pathways. Pediatric intensive care unit: Diabetic Ketoacidosis (DKA) Treatment Pathway 2026.
5. Alharbi MY), Alenazi BQ, Zahraa J, Aseri Z, Alrashoud A, Brima IA, Alzahrani S, Alshehri HO, Ghulman FA, Almutairi I, Safwat A, Magawry IS. Ministry of Health Saudi Arabia. Pediatric DKA/HHS protocol. https://www.moh.gov.sa/Ministry/MediaCenter/Publications/Documents/Protocol-006.pdf
6. UC Davis Children's Hospital Pediatric diabeteic ketoacidosis (DKA) treatment protocol 2023.
7. O'Grady M, Hawkes C, Murphy N. National clinical guideline: Nenagement od pediatric diabetic ketoacidosis 2025,
8. Collins R, Eunson G. Management of child with diabetic ketoacidosis. National Health Service 2020.
9. Tzimenatos L, Nigrovic LE. Managing diabetic ketoacidosis in children. Ann Emerg Med 2021;78:340-345.
10. South Australian Paediatric Clinical Practice Guidelines: Diabetic ketoacidosis (DKA) in children and adolescents 2022,
11. Diabetic ketoacidosis (DKA): Initial management of the pediatric patient. Winnipeg 2023. https://winnipegpem.ca/wp-content/uploads/2023/01/DKA-CPG-1.pdf
12. National Health Service-Guy's and St Thomas' hospital: Paediatric critical care-diabetic ketoacidosis (DKA) 2018.
13. Glaser N, Fritsch M, Priyambada L et al. ISPAD clinical practice consensus guidelines 2022: Diabetic ketoacidosis and hyperglycemic hyperosmolar state. Pediatr Diabetes 2022;23(7):835-856. doi:10.1111/pedi. 13406
14. Patel R, Jain N. Management of diabetic ketoacidosis in children and young people: a user's guide to the guidelines. Paediatrics and Child Health Volume 2026;36(7):219-225 https://doi.org/10.1016/j.paed.2026.04.003

MİKROALGLERİN ÇİMENTO ESASLI YAPI MALZEMELERİNDE KULLANIMI: BAĞLAYICI İKAMESİ VE MİKROBİYAL ÇATLAK İYİLEŞTİRME YAKLAŞIMLARININ KARŞILAŞTIRMALI DEĞERLENDİRİLMESİ

USE OF MICROALGAE IN CEMENT-BASED BUILDING MATERIALS: A COMPARATIVE EVALUATION OF BINDER REPLACEMENT AND MICROBIAL CRACK HEALING APPROACHES

Ekin Selen Yalmanlı,
İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi
Sebahat Sevde Özler
Maltepe Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi
Seden Acun Özgünler
İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi

ÖZET

Yapı sektörünün çevresel etkilerinin azaltılmasına yönelik çalışmalar, geleneksel yapı malzemelerinde biyolojik kökenli ve düşük çevresel etkiye sahip alternatiflerin kullanımını gündeme getirmiştir. Bu kapsamda mikroalgler, fotosentetik faaliyetleri sırasında karbondioksiti kullanabilmeleri ve biyomineralizasyon yoluyla kalsiyum karbonat oluşumuna katkı sağlayabilmeleri nedeniyle çimento esaslı yapı malzemelerinde farklı kullanım biçimleriyle araştırılmaktadır. Bu çalışmada, mikroalglerin çimento esaslı malzemelerde kullanımına yönelik güncel çalışmalar incelenmiş ve literatürde öne çıkan yaklaşımlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. İncelenen çalışmalar temel olarak mikroalgal biyokütlenin bağlayıcı ikamesi olarak kullanılması ve canlı mikroalglerin mikrobiyal kaynaklı kalsiyum karbonat çökelmesi yoluyla çatlak iyileştirmede kullanılması olmak üzere iki başlık altında ele alınmıştır. Bağlayıcı ikamesine yönelik çalışmalar, mikroalgal biyokütlenin kullanım oranı ve türüne bağlı olarak çimento hidratasyonu, mikroyapı ve mekanik özellikler üzerinde farklı etkiler oluşturabildiğini; özellikle yüksek biyokütle oranlarının hidratasyonu geciktirerek dayanım kayıplarına neden olabildiğini göstermektedir. Buna karşılık canlı mikroalglerin kullanıldığı çalışmalarda kalsiyum karbonat çökelmesine bağlı çatlak kapanması ve mekanik özelliklerin geri kazanımına yönelik olumlu sonuçlar bildirilmiştir. Bununla birlikte, çimento matrisinin yüksek alkalinitesi ile mikroorganizmaların su ve besin gereksinimleri, canlılığın uzun süre korunmasını sınırlandıran temel faktörlerdir. Bu nedenle ön koşullama, immobilizasyon ve enkapsülasyon gibi yöntemlerin mikroalg temelli sistemlerin geliştirilmesinde önem taşıdığı görülmektedir. Çalışma sonucunda, mikroalglerin çimento esaslı yapı malzemelerinde kullanım potansiyelinin yalnızca malzemeye eklenen biyokütle miktarı üzerinden değil; mikroalg türü, uygulama biçimi, canlılığın korunması ve çevresel koşulların birlikte değerlendirilmesiyle ele alınması gerektiği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Mikroalg, Çimento Esaslı Malzemeler, Biyomineralizasyon, MICP, Çatlak İyileştirme, Biyokütle.

ABSTRACT

Studies aimed at reducing the environmental impacts of the construction sector have brought the use of bio-based alternatives with low environmental impact in traditional building materials to the agenda. In this context, microalgae are being investigated with different forms of use in cement-based building materials due to their ability to utilize carbon dioxide during their photosynthetic activities and contribute to the formation of calcium carbonate through

biomineralization. In this study, current studies on the use of microalgae in cement-based materials have been examined, and the prominent approaches in the literature have been comparatively evaluated. The examined studies are mainly discussed under two headings: the use of microalgal biomass as a binder replacement and the use of live microalgae in crack healing through microbiologically induced calcium carbonate precipitation. Studies on binder replacement show that microalgal biomass can have different effects on cement hydration, microstructure, and mechanical properties depending on its usage rate and type; especially high biomass ratios can delay hydration, leading to strength losses. On the other hand, positive results regarding crack closure and recovery of mechanical properties due to calcium carbonate precipitation have been reported in studies using live microalgae. However, the high alkalinity of the cement matrix and the water and nutrient requirements of the microorganisms are the main factors limiting the long-term preservation of viability. Therefore, it is seen that methods such as preconditioning, immobilization, and encapsulation are important in the development of microalgae-based systems. As a result of the study, it has been revealed that the potential use of microalgae in cement-based building materials should not be evaluated solely based on the amount of biomass added to the material, but rather by considering the microalgae species, application method, preservation of viability, and environmental conditions all together.
Keywords: Microalgae, Cement-Based Materials, Biomineralization, MICP, Crack Healing, Biomass.

1.GİRİŞ

Yapı malzemelerinde canlı organizmaların kullanımına yönelik araştırmalar, farklı mikroorganizma gruplarının malzeme üretimi, performansının iyileştirilmesi ve hasarların giderilmesindeki potansiyeline odaklanmaktadır. Bu çalışmaların önemli bir bölümünü, metabolik faaliyetleri sonucunda karbonat iyonlarının (CO_3^{2-}) oluşumunu ve buna bağlı olarak kalsiyum karbonat çökelmesini sağlayabilen mikroorganizmalar oluşturmaktadır. Mikrobiyal kaynaklı kalsiyum karbonat çökelmesi (microbially induced calcium carbonate precipitation, MICP) farklı metabolik yollar üzerinden gerçekleşebilmektedir (Zhang vd., 2024). Bu kapsamda kullanılan mikroorganizmalar; sülfat indirgenmesi yoluyla karbonat çökelmesini destekleyen bakteriler, nitrat indirgenmesi veya amonyak üretimi gibi metabolik süreçler sonucunda HCO_3^- ve CO_3^{2-} oluşumuna katkı sağlayan bakteriler ve fotosentetik faaliyetleri sırasında CO_2'yi kullanarak karbonat oluşumunu destekleyen siyanobakteriler gibi farklı grupları kapsamaktadır (Zhang vd., 2024).

Bu mikroorganizmaların yapı malzemeleri alanında araştırılmasının temel nedenlerinden biri, yapı sektörünün çevresel etkilerinin ve özellikle çimento üretiminden kaynaklanan karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik artan gereksinimdir. Bu bağlamda, fotosentetik faaliyetleri sırasında CO_2'yi biyolojik süreçlere dahil edebilen siyanobakteriler ve mikroalgler, yapı malzemelerinin çevresel etkilerinin azaltılmasına yönelik alternatif biyolojik yaklaşımlar kapsamında giderek daha fazla araştırılmaktadır.

Çimento esaslı malzemeler ve betonarme yapım sistemleri günümüzde yaygın kullanımını sürdürdüğünden, bu alandaki çalışmalar genel olarak malzemelerin üretim aşamasındaki çevresel etkilerinin azaltılmasına veya kullanım ömürlerinin uzatılmasına odaklanmaktadır. İlk yaklaşım, çimento gibi yüksek çevresel etkiye sahip bileşenlerin kısmen ikame edilmesini; ikinci yaklaşım ise çatlakların onarılması ve malzeme dayanıklılığının artırılması yoluyla bakım, onarım ve yenileme gereksiniminin azaltılmasını kapsamaktadır. Mikroalglerin çimento esaslı yapı malzemelerinde değerlendirilmesine yönelik çalışmalar da benzer şekilde farklı kullanım yaklaşımları üzerinden gelişmiştir (Wang vd., 2014).

Bu yaklaşımlardan biri, mikroalgal biyokütlenin çimento esaslı karışımlarda bağlayıcı bileşenin kısmi ikamesi olarak kullanılmasıdır. Bu uygulamada mikroalgler canlı hücreler olarak değil, yetiştirme sürecinin ardından hasat edilerek kurutulan biyokütle formunda karışıma dahil

edilmektedir. Mikroalglerin yetiştirilmesi sırasında gerçekleşen CO_2 fiksasyonu, biyokütlenin yapı malzemelerinde değerlendirilmesini karbon emisyonlarının azaltılması açısından potansiyel bir yaklaşım hâline getirmektedir (Khunmok vd., 2025). Bununla birlikte, mikroalgal biyokütlenin çimento esaslı sistemlere dahil edilmesinin malzemenin hidratasyon ve mekanik özellikleri üzerinde olumsuz etkiler oluşturabileceği bildirilmiştir. Özellikle artan ikame oranlarında, biyokütlenin içerdiği organik bileşenlerin çimento hidratasyonunu engelleyebildiği veya geciktirebildiği ve bunun sonucunda mekanik performansta belirgin kayıplar meydana gelebildiği belirtilmektedir (Srinivas vd., 2021). Bu durum, biyokütlenin doğrudan çimento ikamesi olarak kullanımında uygulanabilecek oranların ve kullanım koşullarının dikkatle belirlenmesini gerekli kılmaktadır.

Canlı mikroorganizmaların yapı malzemelerinde kullanımına ilişkin diğer önemli araştırma alanı ise çatlakların mikrobiyal kalsiyum karbonat çökelmesi yoluyla iyileştirilmesidir. Kendiliğinden iyileşen (self-healing) çimento esaslı sistemlerde temel yaklaşım, malzeme içerisinde canlılığını veya yeniden aktive olabilme kapasitesini koruyan mikroorganizmaların uygun çevresel koşullar oluştuğunda kalsiyum karbonat çökelmesini sağlayarak çatlakların kapanmasına katkıda bulunmasıdır (Zhang vd., 2024). Literatürde yaygın olarak kullanılan sınıflandırma doğrultusunda, incelenen çalışmalarda kullanılan ökaryotik mikroalglerin yanı sıra siyanobakteriler de mikroalg olarak anılmaktadır. Bununla birlikte, canlı mikroorganizmaların çimento esaslı matris içerisinde uzun süre işlevlerini sürdürebilmesi önemli bir tasarım problemidir. Fotosentetik mikroorganizmalar açısından ışığa erişimin sınırlı olması, özellikle malzemenin iç bölgelerinde ve derin çatlaklarda metabolik aktiviteyi kısıtlayabilmektedir. Bunun yanı sıra çimento esaslı matrisin yüksek alkalinitesi ve sınırlı nem koşulları, hücre canlılığı ve metabolik aktivite üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmektedir (Pungrasmi vd., 2019).

Bu sınırlılıkların giderilmesine yönelik olarak literatürde farklı biyolojik ve mühendislik yaklaşımları araştırılmaktadır. Fotosentetik mikroorganizmalar ile üreolitik bakterilerin birlikte kullanıldığı sinerjik ko-kültür sistemleri (Ditta vd., 2026), mikroorganizmaların çimento matrisine dahil edilmeden önce alkali koşullara adapte edilmesine yönelik ön koşullama uygulamaları (Srinivas vd., 2024) ve hücrelerin olumsuz matris koşullarından korunmasını amaçlayan enkapsülasyon ve immobilizasyon teknikleri (Wang vd., 2014; Jiang vd., 2020), mikrobiyal çatlak iyileştirme performansının geliştirilmesine yönelik güncel yaklaşımlar arasında yer almaktadır.

Çimento esaslı sistemlerde gerçekleştirilen bu biyolojik modifikasyon ve iyileştirme çalışmalarının yanı sıra, son yıllarda canlı organizmaların yalnızca mevcut bir yapı malzemesine katkı olarak kullanılması yerine malzemenin oluşum sürecinin doğrudan bir bileşeni hâline getirildiği Yaşayan Yapı Malzemeleri (Living Building Materials, LBM) yaklaşımı da gelişmektedir. Bu sistemlerde kum ve hidrojel gibi taşıyıcı matrisler, canlı mikroorganizmalar ve bunların metabolik faaliyetleriyle bir araya getirilerek biyolojik olarak aktif malzeme sistemleri oluşturulmaktadır. Böylece canlı organizmalar, geleneksel çimento esaslı sistemlerde yalnızca katkı veya iyileştirici unsur olarak kullanılmanın ötesine geçerek malzemenin üretim ve işlev mekanizmasının doğrudan bir parçası hâline gelmektedir (Heveran vd., 2020; Qiu vd., 2021). Bu yaklaşım, yapı malzemelerinin üretiminde kaynak tüketiminin ve karbon emisyonlarının azaltılmasının yanı sıra, biyolojik olarak aktif ve çevresel koşullara yanıt verebilen yeni nesil malzemelerin geliştirilmesi açısından önemli bir araştırma alanı oluşturmaktadır.

Bu doğrultuda, mikroalglerin çimento esaslı yapı malzemelerinde kullanımına ilişkin farklı yaklaşımların, sağladıkları avantajların yanı sıra malzeme performansı ve mikroorganizma canlılığı açısından ortaya çıkan sınırlılıklarla birlikte değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Bu çalışmada, mikroalglerin çimento esaslı yapı malzemelerinde kullanımına yönelik güncel literatür incelenerek mevcut uygulamalar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Literatürde

öne çıkan çalışmalar, mikroalgal biyokütlenin bağlayıcı ikamesi olarak kullanılması ve canlı mikroalglerin mikrobiyal kaynaklı kalsiyum karbonat çökelmesi yoluyla çatlak iyileştirmede değerlendirilmesi olmak üzere iki temel yaklaşım altında ele alınmıştır. Bu kapsamda mikroalg türü, kullanım biçimi ve oranının çimento hidratasyonu, mikroyapı ve mekanik özellikler üzerindeki etkileri ile canlı mikroalglerin çimento esaslı matris içerisindeki etkinliğini ve uzun süreli canlılığını belirleyen koşullar incelenmiştir. Ayrıca ön koşullama, immobilizasyon ve enkapsülasyon gibi canlılığın korunmasına yönelik yöntemler değerlendirilerek mikroalg temelli çimento esaslı yapı malzemelerinin mevcut potansiyeli ve uygulamada karşılaşılan temel sınırlılıkların ortaya konulması amaçlanmıştır.

2.ARAŞTIRMA VE BULGULAR

2.1. Mikroalgal Biyokütlenin Bağlayıcı İkamesi Olarak Kullanımı

Çimento üretiminden kaynaklanan karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik yaklaşımlardan biri, çimentonun belirli oranlarda daha düşük çevresel etkiye sahip alternatif malzemelerle ikame edilmesidir. Mikroalglerin yetiştirilme sürecinde fotosentez yoluyla CO_2'yi biyokütleye dahil edebilmesi, elde edilen mikroalgal biyokütlenin çimento esaslı malzemelerde alternatif bir bileşen olarak değerlendirilmesine yönelik çalışmaları artırmıştır. Bu yaklaşımda mikroalgler, kültür ortamından hasat edildikten ve kurutulduktan sonra toz hâlinde çimento esaslı karışımlara belirli oranlarda dahil edilmektedir. Bununla birlikte, mikroalgal biyokütlenin mineral ve organik bileşiminin çimento hidratasyonu ve buna bağlı mekanik özellikler üzerindeki etkileri, kullanılabilecek ikame oranlarının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Srinivas vd., 2021).

Literatürde kuru mikroalgal biyokütlenin bağlayıcı ikamesi olarak kullanımında farklı mikroalg türleri ve ikame oranları araştırılmıştır. Lin vd. (2023), *Chlorella Vulgaris ve Spirulina Platensis* biyokütlelerini %0,5, %1, %5, %10 ve %15 oranlarında, su/çimento oranı 0,40 olan çimento matrisine ikame ederek hidratasyon ve mekanik özellikler üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada, mikroalgal biyokütlede bulunan organik bileşenlerin, özellikle şeker ve karbonhidratların, çimento partikülleri ile su arasındaki etkileşimi sınırlandırarak hidratasyon reaksiyonlarını geciktirebildiği bildirilmiştir. Araştırmacılar tarafından "hindrance effect" olarak tanımlanan bu mekanizmanın, özellikle artan biyokütle içeriğinde çimento hidratasyonu ve buna bağlı mekanik performans üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu belirtilmiştir (Lin vd., 2023). Benzer şekilde Hwalla vd. (2025), bağlayıcı/agrega oranı 1:6 ve su/bağlayıcı oranı 0,55 olan çimento esaslı karışımlarda mikroalgal biyokütlenin bağlayıcı ikamesi olarak kullanımını araştırmıştır. Çalışmada santrifüjleme sonrasında elde edilen, 75 µm parçacık boyutuna ve %90,1 CaO içeriğine sahip toz biyokütle, çimentoya %0, %5 ve %10 oranlarında ikame edilmiştir. Üretilen örneklerin basınç dayanımları ve mikroyapısal özellikleri değerlendirilmiş; %5 ikame oranında basınç dayanımında sınırlı bir artış gözlenirken, ikame oranının %10'a çıkarılmasıyla dayanımın kontrol örneğine kıyasla önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir (Hwalla vd., 2025). Bu çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, mikroalgal biyokütlenin çimento esaslı sistemlerdeki etkisinin yalnızca mikroalg türüne veya ikame oranına bağlı olmadığı görülmektedir. Su/bağlayıcı oranı, bağlayıcı ve agrega miktarları, biyokütlenin kimyasal bileşimi ve parçacık özellikleri ile kür koşulları gibi değişkenler de elde edilen mekanik performansı doğrudan etkileyebilmektedir. Bu nedenle farklı çalışmalarda kullanılan *C. Vulgaris, S. Platensis ve Chrysotila Carterae* gibi mikroalg türlerinin sonuçlarının doğrudan karşılaştırılmasında karışım tasarımlarındaki ve deney koşullarındaki farklılıkların dikkate alınması gerekmektedir (Tablo 1). Bununla birlikte, mevcut sonuçlar belirli karışım koşullarında düşük ikame oranlarının mekanik özellikler üzerinde sınırlı veya olumlu etkiler oluşturabileceğini, ikame oranının artırılmasının ise dayanım kaybına neden olabileceğini göstermektedir.

Yüksek biyokütle içeriğinin neden olduğu olumsuz etkilerin azaltılmasına yönelik olarak farklı malzeme ve kür stratejileri de araştırılmaktadır. Bu kapsamda, yüksek biyokütle içerikli karışımlarda uçucu kül veya cüruf gibi puzolanik malzemelerin kullanılması ve alternatif kür yöntemlerinin uygulanması önerilen yaklaşımlar arasında yer almaktadır (Hwalla vd., 2025).

Tablo 1. Mikroalgal Biyokütlenin Bağlayıcı İkamesine İlişkin Çalışmalar

Referanslar	Mikroalg Türü	Bağlayıcı Türü	İkame Oranı (%)	Temel Bulgular
Lin vd. (2023)	*C. Vulgaris*, *S. Platensis*	Portland Çimentosu	%0,5 - %15	%5 ve üzeri eklemelerde hidratasyon kalıcı olarak gecikir ve dayanım düşer.
Hwalla vd. (2025)	*C. Carterae*	Portland Çimentosu	%5 - %10	%5 oranında sınırlı dayanım artışı; %10'da belirgin dayanım kaybı görülür.
Acarturk vd. (2024)	*C. Vulgaris* (Ham ve Biyokömür)	Kalsiyum Sülfoalüminat Çimentosu	%5 - %15	İkame oranı arttıkça dayanım düşer; termal işlem ve sitrik asit kullanımı performansı değiştirir.

Mikroalgal biyokütlenin çimento hidratasyonu üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılmasına yönelik bir diğer yaklaşım ise biyokütlenin çimento esaslı sisteme dahil edilmeden önce modifiye edilmesidir. Ham mikroalgal biyokütlede bulunan hidroksil ve karboksil fonksiyonel gruplarının çimento hidratasyonunu geciktirebildiği bildirilmektedir (Acarturk vd., 2024). Bu doğrultuda Acarturk vd. (2024), söz konusu organik yapıların termal işlem yoluyla dönüştürülmesinin etkisini araştırmıştır. Çalışmada Chlorella tozu, oksijenin sınırlandırıldığı koşullarda 25 °C'den 300 °C'ye kadar ısıtılmış ve 300 °C'de 1 saat süreyle termal işleme tabi tutularak biyokömüre dönüştürülmüştür. Ham Chlorella biyokütlesi ve elde edilen biyokömür, CSA çimentosuna ağırlıkça %5, %10 ve %15 oranlarında ikame edilmiş; karışımlar ayrıca %0,5 sitrik asit içeren ve içermeyen iki farklı seri hâlinde değerlendirilmiştir. Sonuçlar, hem ham mikroalgal biyokütle hem de biyokömür içeren karışımlarda ikame oranının artmasıyla basınç dayanımının azaldığını göstermiştir (Acarturk vd., 2024).

2.2. Mikroalglerle MICP Temelli Çatlak İyileştirme

Beton ve betonarme elemanlarda büzülme, mekanik yükler ve çevresel etkiler sonucunda oluşabilen çatlaklar, su ve zararlı iyonların malzeme içerisine taşınımını kolaylaştırarak dayanıklılık sorunlarına ve betonarme elemanlarda donatı korozyonuna neden olabilmektedir (Zhang vd., 2024). Bu nedenle çatlakların sınırlandırılması ve onarılması, yapıların servis ömrünün uzatılması açısından önem taşımaktadır. Geleneksel çatlak onarımında epoksi reçineler ve metil metakrilat gibi sentetik esaslı malzemeler kullanılabilmekle birlikte, son yıllarda biyolojik süreçlerden yararlanan alternatif iyileştirme yöntemlerine yönelik çalışmalar artmıştır (Zhang vd., 2024). Bu yaklaşımlardan biri, mikroorganizmaların metabolik faaliyetlerinden yararlanılarak kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) çökelmesinin sağlandığı mikrobiyal kaynaklı kalsiyum karbonat çökelmesi (MICP) yöntemidir.

Kalsiyum karbonat çökelmesi; çözünmüş inorganik karbon konsantrasyonu, ortam pH'ı, Ca^{2+} iyonlarının varlığı ve doygunluk düzeyi ile kristal oluşumunu destekleyen çekirdeklenme bölgeleri gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Zhang vd., 2024). Fotosentetik mikroorganizmalar, metabolik faaliyetleri sonucunda ortam kimyasını değiştirerek karbonat oluşumuna ve uygun koşullarda $CaCO_3$ çökelmesine katkı sağlayabilmektedir. Oluşan mineral çökeltilerinin çatlak boşluklarında birikmesi ise çatlak genişliğinin azalmasına ve malzemenin bazı mekanik özelliklerinin kısmen geri kazanılmasına olanak sağlayabilmektedir. Bununla birlikte, bu mekanizmanın çimento esaslı malzemelerde etkinliği mikroorganizma türünün yanı sıra yüksek alkalinite, nem, besin ve ışık erişimi gibi çevresel koşullara bağlıdır (Ditta vd., 2026).

Bu kapsamda Srinivas vd. (2021), fotosentetik *Spirulina Platensis ve Synechococcus Elongatus* türlerinin çimento esaslı malzemelerdeki gelişimlerini ve çatlak iyileştirme performanslarını karşılaştırmıştır. Kültür ortamında gerçekleştirilen değerlendirmelerde *S. Platensis*, yüksek pH koşullarına uyum sağlayarak *Syn. Elongatus*'a kıyasla daha yüksek büyüme ve biyokütle değerleri göstermiştir. On dört günlük kültür sürecinde *S. Platensis* için maksimum biyokütle yoğunluğu 24 mg L^{-1} ve biyokütle konsantrasyonu 0,5 g L^{-1} olarak belirlenirken, *Syn. Elongatus* için bu değerler sırasıyla 4,40 mg L^{-1} ve 0,09 g L^{-1} olarak bildirilmiştir. Benzer şekilde kültürlerin kuru ağırlıkları *S. Platensis* ve *Syn. Elongatus* için sırasıyla 0,64 ve 0,41 g L^{-1} olarak ölçülmüştür (Srinivas vd., 2021). Aynı çalışmada mikroalg süspansiyonları %4, %8 ve %12 oranlarında çimento esaslı karışımlara doğrudan dahil edilmiş ve farklı kür koşullarının çatlak iyileştirme performansı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Kür sürecinin ardından kontrollü olarak oluşturulan 0,1–0,4 mm genişliğindeki çatlakların iyileşme davranışı incelenmiştir. Sonuçlar, mikroorganizma türü ve kür koşullarının hem başlangıç mekanik özelliklerini hem de iyileşme sonrasındaki dayanım geri kazanımını etkilediğini göstermiştir. %12 *S. Platensis* içeren ve suda kürlenen numunelerin kontrol numunesinin basınç dayanımının %72'sine ulaştığı, aynı oranda *Syn. Elongatus* içeren numunelerde ise bu değerin %36 düzeyinde kaldığı bildirilmiştir. Ayrıca Enerji Dağılımlı X-Işını Spektroskopisi (EDS) analizlerinde %12 *S. Platensis* içeren harçlarda belirlenen kalsiyum yoğunluğunun aynı orandaki *Syn. Elongatus* içeren harçlara göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Srinivas vd., 2021). Bu sonuçlar, incelenen koşullar altında *S. Platensis*'in çimento esaslı sistemlerde *Syn. Elongatus*'a kıyasla daha yüksek performans gösterebildiğine işaret etmektedir.

Mikroorganizmaların doğrudan çimento matrisine dahil edilmesi durumunda yüksek alkalinite, hidratasyon süreci ve sınırlı ışık erişimi gibi koşullar hücre canlılığını ve fotosentetik aktiviteyi sınırlandırabilmektedir. Srinivas vd. (2024a), önceki çalışmadan farklı olarak mikroorganizmaları karışım içerisine doğrudan dahil etmek yerine çatlak yüzeyine dışarıdan uygulamış ve böylece fotosentetik mikroorganizmaların ihtiyaç duyduğu ışık, nem ve besin koşullarına erişiminin artırılmasını amaçlamıştır. Çalışmada *Arthrospira Platensis* ve *Synechococcus Elongatus*, ilave kalsiyum kaynağı içeren kültür ortamında yetiştirilmiş ve elde edilen mikroalgal süspansiyon kontrollü olarak çatlatılan çimento esaslı numunelerin yüzeylerine belirli aralıklarla uygulanmıştır. Işık koşullarının çatlak iyileşmesine etkisinin de incelendiği çalışmada, *Syn. Elongatus* uygulanan numunelerde sürekli aydınlık ve aydınlık-karanlık döngüsü altında çatlak genişliğinde sırasıyla %55 ve %62 azalma bildirilmiştir. Aynı koşullarda *A. Platensis* uygulanan numunelerde ise çatlak genişliğindeki azalma sırasıyla %63 ve %70 olarak belirlenmiştir. Ayrıca *A. Platensis* ile gerçekleştirilen 14 günlük yüzey uygulamasının ardından numunelerin başlangıç basınç dayanımlarının en fazla %67'sini geri kazanabildiği bildirilmiştir (Srinivas vd., 2024a). Aydınlık-karanlık döngüsünde elde edilen daha yüksek çatlak kapanma oranları, fotosentetik mikroorganizmaların fizyolojik gereksinimlerinin uygulama koşullarının belirlenmesinde dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Mikroalglerin çimento esaslı malzemelerde MICP yoluyla çatlak iyileştirmede kullanılmasında karşılaşılan temel sorunlardan biri, hücrelerin yüksek alkali ortamda canlılığını ve metabolik aktivitesini sürdürebilmesidir. Bu sorunun azaltılmasına yönelik yaklaşımlardan biri, mikroorganizmaların çimento esaslı matrise dahil edilmeden önce yüksek alkaliniteye adapte edilmesidir. Srinivas vd. (2024b), bu amaçla *Arthrospira Platensis*'i geleneksel Kosaric ortamının yanı sıra filtrelenmiş çimento yıkama suyu (FCW) ile modifiye edilen ve pH değeri yaklaşık 12,5'e ulaşan bir ortamda yetiştirerek ön koşullamanın etkisini incelemiştir. FCW ile ön koşullandırılan mikroalglerin doğrudan çimento esaslı karışıma dahil edilmesinin ardından gerçekleştirilen çatlak iyileştirme deneylerinde, %30 mikroalg içeren numunelerde yaklaşık 0,6–0,7 mm genişliğindeki çatlakların %98,49'a varan oranlarda kapandığı bildirilmiştir. Ayrıca FCW ile ön koşullandırılan mikroalglerin kullanıldığı numunelerde basınç dayanımı

sonuçlarının yalnızca Kosaric ortamında yetiştirilen mikroalglerin kullanıldığı numunelere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, mikroalglerin kullanım öncesinde çimento matrisine benzer yüksek alkali koşullara adapte edilmesinin, hücrelerin çimento esaslı sistem içerisindeki etkinliğinin korunmasına katkı sağlayabileceğini göstermektedir (Srinivas vd., 2024b). Benzer şekilde, kalsiyum ve fosfat bakımından zengin beton yıkama atık suyu (CWW) ile modifiye edilen kültür ortamlarının kullanıldığı çalışmalarda da *A. Platensis*'in alkali koşullara adaptasyonunun ve biyokütle gelişiminin desteklenebildiği bildirilmiştir (Pierce vd., 2026).

Ön koşullamanın yanı sıra, mikroorganizmaların çimento matrisinin yüksek alkalinitesi, sınırlı nem koşulları ve karıştırma sırasında oluşan mekanik etkilerden korunması amacıyla immobilizasyon ve enkapsülasyon yöntemlerinden de yararlanılmaktadır. Bu yaklaşımlarda mikroorganizmaların hidrojel ve sodyum aljinat gibi polimerik sistemler veya gözenekli taşıyıcılar içerisinde korunarak canlılıklarının daha uzun süre sürdürülmesi ve çatlak oluştuğunda yeniden aktif hâle gelebilmeleri amaçlanmaktadır (Wang vd., 2014; Pungrasmi vd., 2019; Sohail vd., 2022). Taşıyıcı sistemlerin nemi muhafaza etmesi ve mikroorganizmaları çimento matrisinin olumsuz koşullarından kısmen izole etmesi, biyomineralizasyonun sürdürülebilmesi açısından avantaj sağlayabilmektedir. Bununla birlikte, bu yöntemlere ilişkin çalışmaların önemli bir bölümü bakteriler üzerinde yürütülmüş olup mikroalglerin immobilizasyonu ve enkapsülasyonuna yönelik uygulamalar daha sınırlıdır. Bu nedenle bakteriyel MICP sistemlerinde geliştirilen taşıyıcı yaklaşımların fotosentetik mikroorganizmalar için doğrudan uygulanabilirliğinin; ışık, nem ve besin gereksinimleri de dikkate alınarak ayrıca değerlendirilmesi gerekmektedir.

Srinivas vd. (2021) ve Srinivas vd. (2024a) birlikte değerlendirildiğinde, fotosentetik mikroorganizmalarla gerçekleştirilen MICP temelli çatlak iyileştirmenin yalnızca kullanılan türe değil, mikroorganizmanın çimento esaslı sisteme dahil edilme biçimine ve maruz kaldığı çevresel koşullara da bağlı olduğu görülmektedir. İlk çalışmada mikroorganizmaların doğrudan karışıma dahil edilmesi değerlendirilirken, sonraki çalışmada yüzeyden uygulama yoluyla hücrelerin çimento matrisinin olumsuz koşullarına maruziyetinin azaltılması ve fotosentetik aktivite için gerekli koşulların iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Her iki çalışmada da incelenen türler arasında *A. Platensis* daha yüksek çatlak kapanma ve/veya mekanik performans değerleri göstermiştir. Bununla birlikte, bu sonuçlar sınırlı sayıdaki tür ve belirli deney koşulları altında elde edildiğinden, *A. Platensis*'in mikroalg temelli çatlak iyileştirme uygulamaları için genel olarak en uygun tür olduğu sonucuna varmak yerine, incelenen koşullar altında daha yüksek performans gösterdiğinin belirtilmesi daha uygundur. ön koşullama ve farklı uygulama yöntemleri denenen çalışmalardan elde edilen temel bulgular Tablo 2'de karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Tablo 2. Farklı Uygulama Yöntemlerinin Karşılaştırması

Referanslar	Mikroorganizma	Uygulama Yöntemi	Çatlak Onarım Oranı
Srinivas vd. (2021)	*S. Platensis*, *Syn. Elongatus*	Çimento harcına doğrudan bulamaç	0.1-0.4 mm / %72 dayanım geri kazanımı (*S. platensis*)
Srinivas vd. (2024a)	*A. Platensis*, *Syn. Elongatus*	Çatlak yüzeyine harici solüsyon	%63-70 çatlak kapanması (*A. platensis*)
Srinivas vd. (2024b)	*A. Platensis*	FCW ön koşullama ile doğrudan ikame	0.6-0.7 mm / %98.49 çatlak kapanması
Pierce vd. (2026)	*A. Platensis*	CWW ile modifiye kültür ortamında yüzeyden uygulama	0.3-0.4 mm / %97.8 dayanım artışı

2.3.Uygulama Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi

Literatürde mikroalglerin çimento esaslı yapı malzemelerinde kullanımına yönelik çalışmalar, temel olarak mikroalgal biyokütlenin bağlayıcı ikamesi olarak kullanılması ve canlı mikroorganizmaların MICP yoluyla çatlak iyileştirmede değerlendirilmesi olmak üzere iki farklı yaklaşım ortaya koymaktadır. Bu yaklaşımlar, mikroalglerin malzeme içerisindeki işlevi ve karşılaşılan uygulama sınırlılıkları bakımından önemli ölçüde farklılaşmaktadır.

Kuru mikroalgal biyokütlenin bağlayıcı ikamesi olarak kullanılması, mikroalglerin yetiştirilmesi sırasında gerçekleşen CO_2 fiksasyonundan yararlanılması ve çimento kullanımının kısmen azaltılması açısından potansiyel taşımaktadır. Bununla birlikte, incelenen çalışmalar biyokütlenin organik bileşiminin çimento hidratasyonunu etkileyebildiğini ve özellikle yüksek ikame oranlarında mekanik özelliklerde belirgin kayıpların ortaya çıkabildiğini göstermektedir (Lin vd., 2023; Acarturk vd., 2024; Hwalla vd., 2025). Dolayısıyla bu yaklaşımda mikroalg türü ve biyokütle özelliklerinin yanı sıra uygun ikame oranının ve gerektiğinde ön işlem yöntemlerinin belirlenmesi önem taşımaktadır.

Canlı mikroalglerin kullanıldığı MICP temelli uygulamalarda ise mikroorganizmaların metabolik faaliyetlerinden yararlanılarak $CaCO_3$ çökelmesi ve buna bağlı çatlak iyileşmesi hedeflenmektedir. İncelenen çalışmalar, uygun koşullar sağlandığında çatlak genişliğinin azaltılabildiğini ve mekanik özelliklerin belirli ölçüde geri kazanılabildiğini göstermektedir (Srinivas vd., 2021; Srinivas vd., 2024a). Bununla birlikte, çimento esaslı matrisin yüksek alkalinitesi ile fotosentetik mikroorganizmaların ışık, nem ve besin gereksinimleri bu yaklaşımın temel sınırlılıklarını oluşturmaktadır.

Bu sınırlılıkların azaltılması amacıyla mikroalglerin yüksek alkali koşullara önceden adapte edilmesi ve hücrelerin koruyucu taşıyıcı sistemler içerisinde immobilize veya enkapsüle edilmesi gibi yöntemler araştırılmaktadır. ön koşullama çalışmalarından elde edilen bulgular, mikroalglerin çimento esaslı ortam koşullarına adaptasyonunun canlılık ve çatlak iyileştirme performansına katkı sağlayabileceğini göstermektedir (Srinivas vd., 2024b; Pierce vd., 2026). Buna karşılık, enkapsülasyon ve immobilizasyon yöntemlerine ilişkin mevcut bilgi birikiminin önemli bir bölümü üreolitik bakterilerle yürütülen MICP çalışmalarından elde edilmiştir. Çeşitli çalışmalardan elde edilen bulgular Tablo.3'de görülebilir ve mikroalg temelli sistemlerde uygulanabilirliği değerlendirilebilir. Tablo.3'deki yöntemlerin mikroalg temelli sistemlere aktarılmasında fotosentetik mikroorganizmaların farklı fizyolojik gereksinimlerinin ayrıca dikkate alınması gerekmektedir.

Tablo 3. Mikrobiyal İyileştirme Stratejilerinin Karşılaştırılması

Referanslar	**Mikroorganizma**	**Taşıyıcı / Yöntem**	**Çatlak Onarım / İyileşme Performansı**
Pungrasmi vd. (2019)	*Bacillus sphaericus*	Sodyum Aljinat (Freezing)	Çatlak kapanma oranında %95.4 artış, hücre canlılığı %100 korundu.
Sohail vd. (2022)	*Bacillus cereus*	Sodyum Aljinat (Enkapsülasyon)	0.162 - 0.670 mm / %92 canlılık ile tam (100%) çatlak kapanması.
Rong vd. (2026)	Üreaz Üreten Bakteriler	Seramik Kum (İmmobilizasyon)	0.3 - 0.5 mm / Düşük nemde ve zorlu iklim koşullarında bile %94-100 oranında yüksek onarım.

Bagga vd. (2023)	CGN12 (Çevresel Tür)	Gazbeton Granülleri (ACG) (Enkapsülasyon)	Atıksu altyapılarında %83.7 - %87.1 su geçirmezlik geri kazanımı.
Delesky vd. (2023)	*Synechococcus sp.* + *S. pasteurii*	Hidrojel (Jelatin Bazlı)	Hidrojelin çapraz bağlanması (re-crosslinking) ve bakteriyel aktiviteyle dayanımın %93-100'ü geri kazanıldı
Kanwal vd. (2022)	*Bacillus subtilis*	Biyokömür (İmmobilizasyon)	Gözenekli yapısıyla bakteriyi korudu; basınç dayanımını artırdı ve O_2, Cl^- geçişini engelledi.
Ditta vd. (2026)	*Chlorella vulgaris* (Mikroalg) + *Lysinibacillus sp. WH*	Ko-Kültür (Sinerjik Taşıyıcısız)	0.2 - 0.4 mm / Çimento ortamında mikroalglerin bakteriyi beslemesiyle 9. günde %100 tam onarım.

Sonuç olarak, bağlayıcı ikamesi ve canlı mikroalg temelli MICP uygulamaları birbirinin doğrudan alternatifi olmaktan çok, mikroalglerin farklı özelliklerinden yararlanan iki farklı kullanım biçimi olarak değerlendirilebilir. İlk yaklaşımda biyokütlenin çimento hidratasyonu ve mekanik performans üzerindeki etkileri ön plana çıkarken, ikinci yaklaşımda mikroorganizmanın canlılığının korunması ve biyomineralizasyon faaliyetinin sürdürülebilmesi belirleyici olmaktadır. Bu nedenle mikroalglerin çimento esaslı yapı malzemelerinde kullanım potansiyelinin değerlendirilmesinde mikroalg türü, uygulama biçimi, kullanım oranı ve çevresel koşulların birlikte ele alınması gerekmektedir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, mikroalglerin çimento esaslı yapı malzemelerinde kullanımına yönelik güncel araştırmalar, mikroalgal biyokütlenin bağlayıcı ikamesi olarak kullanılması ve canlı mikroorganizmaların mikrobiyal kaynaklı kalsiyum karbonat çökelmesi (MICP) yoluyla çatlak iyileştirmede değerlendirilmesi olmak üzere iki temel yaklaşım üzerinden karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Literatürden elde edilen bulgular, bu yaklaşımların farklı işlevsel mekanizmalara, performans beklentilerine ve uygulama sınırlılıklarına sahip olduğunu göstermektedir.

Mikroalgal biyokütlenin bağlayıcı ikamesi olarak kullanıldığı çalışmalarda, malzeme performansının mikroalg türü, biyokütlenin fiziksel ve kimyasal özellikleri, ikame oranı ve karışım tasarımına bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Özellikle yüksek biyokütle oranlarında organik bileşenlerin çimento hidratasyonunu geciktirmesi ve buna bağlı olarak mekanik özelliklerde kayıpların meydana gelmesi, bu yaklaşımın temel sınırlılığını oluşturmaktadır (Lin vd., 2023; Acarturk vd., 2024; Hwalla vd., 2025). Bununla birlikte, belirli karışım koşullarında düşük ikame oranlarının mekanik özellikler üzerinde sınırlı veya olumlu etkiler oluşturabildiği görülmektedir. Bu sonuçlar, mikroalgal biyokütlenin bağlayıcı ikamesi olarak kullanımında uygun ikame oranının belirlenmesinin yanı sıra, biyokütlenin ön işlem yöntemleriyle modifiye edilmesinin de değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Canlı mikroorganizmaların kullanıldığı MICP temelli uygulamalarda ise temel amaç, biyomineralizasyon yoluyla kalsiyum karbonat çökelmesini sağlayarak çatlakların kapanmasına ve malzeme performansının geri kazanılmasına katkıda bulunmaktır ancak, gözlemlenen çatlak kapanmasının yalnızca mikroalgal aktiviteye bağlı biyolojik kalsiyum karbonat çökelmesinden kaynaklandığını kesin olarak kanıtlamak için, elde edilen makroskopik bulguların ileri mineralojik ve mikroyapısal analizlerle (örn. SEM, XRD) doğrulanması büyük önem taşımaktadır. İncelenen çalışmalar, uygun koşullarda çatlak genişliğinde önemli

azalmalar sağlanabildiğini göstermektedir (Srinivas vd., 2021; Srinivas vd., 2024a; Srinivas vd., 2024b). Bununla birlikte, çimento esaslı matrisin yüksek alkalinitesi ile mikroorganizmaların ışık, nem ve besin gereksinimleri, canlılığın ve metabolik aktivitenin uzun süre korunmasını sınırlandırmaktadır. Bu nedenle mikroorganizmaların alkali koşullara önceden adapte edilmesi, yüzeyden uygulanması veya koruyucu taşıyıcı sistemler içerisinde immobilize edilmesi ve enkapsüle edilmesi, mikroorganizmaların uygulandığı matris içinde canlılığını korumasına yardımcı olarak çatlak iyileştirme etkinliğinin artırılmasına yönelik önemli yaklaşımlar olarak öne çıkmaktadır. Ancak taşıyıcı sistemlere ilişkin çalışmaların büyük ölçüde bakteriyel MICP uygulamalarına dayanması, bu yöntemlerin mikroalglere özgü koşullarda ayrıca değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır.

İki yaklaşım birlikte değerlendirildiğinde, **bağlayıcı ikamesinde temel belirleyicinin biyokütlenin çimento hidratasyonu ve matris özellikleriyle uyumluluğu, MICP temelli uygulamalarda ise mikroorganizmanın canlılığının ve biyomineralizasyon aktivitesinin sürdürülebilmesi olduğu** görülmektedir. Dolayısıyla bu yaklaşımlar birbirinin doğrudan alternatifi olmaktan çok, mikroalglerin farklı özelliklerinden yararlanan ve farklı performans hedeflerine yönelik geliştirilen uygulamalar olarak değerlendirilebilir. Ayrıca mikroalglerin fotosentetik faaliyetleriyle CO_2 fiksasyonu gerçekleştirebilmesi ve çimento kullanımını kısmen azaltabilmesi çevresel açıdan potansiyel avantajlar sunmakla birlikte, yetiştirme, hasat, kurutma ve ön işlem süreçlerinin çevresel etkileri de dikkate alınmalıdır.

Sonuç olarak, mikroalglerin çimento esaslı yapı malzemelerinde kullanım potansiyelinin değerlendirilmesinde yalnızca mikroalg türü veya kullanım oranının değil, uygulama biçimi, malzeme bileşimi ve çevresel koşulların birlikte ele alınması gerektiği ortaya konmuştur. Gelecek çalışmalarda farklı mikroalg türlerinin standartlaştırılmış deney koşullarında karşılaştırılması, mikroalglere özgü ön koşullandırma ve taşıyıcı sistemlerin geliştirilmesi, uzun süreli çatlak iyileştirme ve dayanıklılık performansının incelenmesi önem taşımaktadır. Bunun yanı sıra mikroalg temelli uygulamaların çevresel avantajlarının yaşam döngüsü değerlendirmesiyle nicel olarak ortaya konulması, bu yaklaşımların yapı sektöründe uygulanabilirliğinin değerlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

4. REFERANSLAR

1. **Zhang, Y. S., vd. (2024).** Application of microbially induced calcium carbonate precipitation (MICP) technique in concrete crack repair: A review. *Construction and Building Materials*, 411, 134313.
2. **Pungrasmi, W., vd. (2019).** Evaluation of Microencapsulation Techniques for MICP Bacterial Spores Applied in Self-Healing Concrete. *Scientific Reports*, 9, 12484.
3. **Ditta, Z. M., vd. (2026).** Microalgae-assisted biomineralization of Lysinibacillus sp. WH for sustainable low-carbon biocement Production. *Construction and Building Materials*, 514, 145464.
4. **Heveran, C. M., vd. (2020).** Biomineralization and successive regeneration of engineered living building materials. *Matter*, 2(2), 481-494.
5. **Jiang, L., vd. (2020).** Sugar-coated expanded perlite as a bacterial carrier for crack-healing concrete applications. *Construction and Building Materials*, 232, 117222.
6. **Khunmok, M., vd. (2025).** Self-healing RHA cement paste as a promising binder material for microalgal green façade: mechanical properties and microstructural analysis. *Construction and Building Materials*, 501, 144335.
7. **Qiu, J., vd. (2021).** Engineering living building materials for enhanced bacterial viability and mechanical properties. *iScience*, 24(2), 102083.
8. **Srinivas, M. K., vd. (2021).** Evaluation of crack healing potential of cement mortar incorporated with blue-green microalgae. *Journal of Building Engineering*, 44, 102958.

9. **Srinivas, M. K., vd. (2024a).** Feasibility study on the use of microalgae as an external crack healing agent for cement mortar rehabilitation. *Journal of Sustainable Cement-Based Materials*, 13(1), 17-32.
10. **Wang, J. Y., vd. (2014).** Application of microorganisms in concrete: a promising sustainable strategy to improve concrete durability. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100(7), 2993-3007.
11. **Lin, M.-Y., vd. (2023).** Long-Term Hindrance Effects of Algal Biomatter on the Hydration Reactions of Ordinary Portland Cement. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 11(22), 8242-8254.
12. **Hwalla, J., vd. (2025)**. Properties and microstructure of concrete masonry blocks incorporating chrysotila carterae microalgal biomass. *Journal of Building Engineering*, 111, 113585.
13. **Acarturk, B. C., vd. (2024).** Effect of Algal Biomass on the Properties of Calcium Sulfoaluminate Cement. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 12(22), 8690-8701.
14. **Srinivas, M. K., vd. (2024b).** Investigation on the enhancement of crack restoration properties in cement incorporated with Arthrospira platensis cultured in modified medium. *Environmental Science and Pollution Research*, 31, 25538–25558.
15. **Pierce, Y., vd. (2026).** Cultivation of microalgae in calcium and phosphate-rich wastewater as a substitute nutrient medium for crack healing in cement-mortar using microbially induced calcite precipitation (MICP) method. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 14, 121587.
16. **Sohail, M. G., vd. (2022).** Bio self-healing concrete using MICP by an indigenous Bacillus cereus strain isolated from Qatari soil. *Construction and Building Materials*, 328, 126943.
17. **Rong, H., vd. (2026).** Repair and performance enhancement of microbial self-healing concrete cracks at high altitudes under different humidity conditions. *Journal of Building Engineering*, 123, 115902.
18. **Bagga, M., vd. (2023).** Assessing the potential application of bacteria-based self-healing cementitious materials for enhancing durability of wastewater treatment infrastructure. *Cement and Concrete Composites*, 143, 105259.
19. **Bi, Z., vd. (2026).** A novel biomimetic in situ mineralization strategy for protective spores in self-healing mortar. *Cement and Concrete Composites*, 171, 106617.
20. **Delesky, E. A., vd. (2023).** Hydrogel-assisted self-healing of biomineralized living building materials. *Journal of Cleaner Production*, 418, 138178.
21. **Dranseike, D., vd. (2025).** Dual carbon sequestration with photosynthetic living materials. *Nature Communications*, 16, 3832.
22. **Seidel, M., vd. (2025).** Metabolic Insights Into Microbially Induced Calcite Formation by Bacillaceae for Application in Bio-Based Construction Materials. *Environmental Microbiology*, 27, e70093.

THE HEARTBEAT'S ALIBI: RETHINKING EXPLANATION DRIFT IN HOLTER ECG

PhD. El Hassane JENNAH
Energy - Matter - Instrumentation & Telecom Laboratory, Department of Applied Physics, Faculty of Sciences and Techniques, Hassan First University of Settat, Settat, Morocco
ORCID: https://orcid.org/0009-0009-4363-2052
Prof. Hamid EL MALALI
Energy - Matter - Instrumentation & Telecom Laboratory, Department of Applied Physics, Faculty of Sciences and Techniques, Hassan First University of Settat, Settat, Morocco
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5624-3816
Prof. Lhoucine BEN TALEB
Energy - Matter - Instrumentation & Telecom Laboratory, Department of Applied Physics, Faculty of Sciences and Techniques, Hassan First University of Settat, Settat, Morocco
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0926-2694
Prof. Azeddine MOUHSEN
Energy - Matter - Instrumentation & Telecom Laboratory, Department of Applied Physics, Faculty of Sciences and Techniques, Hassan First University of Settat, Settat, Morocco
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3901-4736

ABSTRACT

Artificial intelligence can pick out atrial fibrillation in long ECG recordings. The explanations that come with those predictions, though, may not hold still as the recording runs on, and they are hard to read when the patient's heart rate and cardiac signal are shifting at the same time. We asked two questions. Do explanations grow less alike as the gap between two ECG segments widens? And does whatever we find survive once the other changes in the recording are taken into account? We used 84 publicly available two-channel Holter recordings, 25 for model development and 59 for evaluation, with no patient in both. Four explanation methods were tested for their dependence on the trained model, and only Saliency met our exploratory screening rule. Explanations were then aligned to corresponding cardiac events and compared within each recording. Similarity did fall between segments recorded further apart, by 0.0167 per 10-fold increase in separation on channel 1. Adjusting for concurrent recording characteristics removed about 91% of that association; heart rate accounted for almost all of the reduction and the measured signal-quality index for almost none. Taken one at a time, 36 of 44 recordings changed by less than 0.05 in absolute terms, though a smaller decline persisted on channel 2. Changing physiology, then, deserves consideration before a temporal difference is called explanation drift. The approach offers a practical way to evaluate explanations during continuous monitoring, but clinical usefulness and generalizability beyond this dataset still need to be established.

Keywords: Holter monitoring, atrial fibrillation, explainable AI, temporal explanation stability, explanation drift.

INTRODUCTION

Deep learning is now commonly used in the analysis of ECGs, and with it come explanation methods which indicate the sections of the waveform that led to a particular prediction. Researchers make use of these maps to ensure that the model is focusing on reasonable cardiac features and, on some occasions, to detect anything odd about its behaviour (Bodini et al., 2021; Wagner et al., 2024). However, the quality of a map depends entirely on the evidence that supports it. For a map to appear convincing is not the same as it reflecting what

the model actually learned, and it is by no means sufficient to form the basis of a clinical decision (Ghassemi et al., 2021). Holter monitoring poses a question which short recordings never do: does an explanation still have the same meaning twenty hours later? A map derived from a ten-second portion is usually interpreted as if it showed the model's behaviour throughout the entire recording. In the case of atrial fibrillation (AF) this is a considerable assumption. The irregularity of the beat intervals hinders the initial comparison of waveforms, and a model can still identify the same rhythm even as the characteristics it depends on shift in location and magnitude. Although explainable models for Holter data have been developed, explaining a single prediction and then following up on the explanations over many hours are not the same thing (Taniguchi et al., 2021).

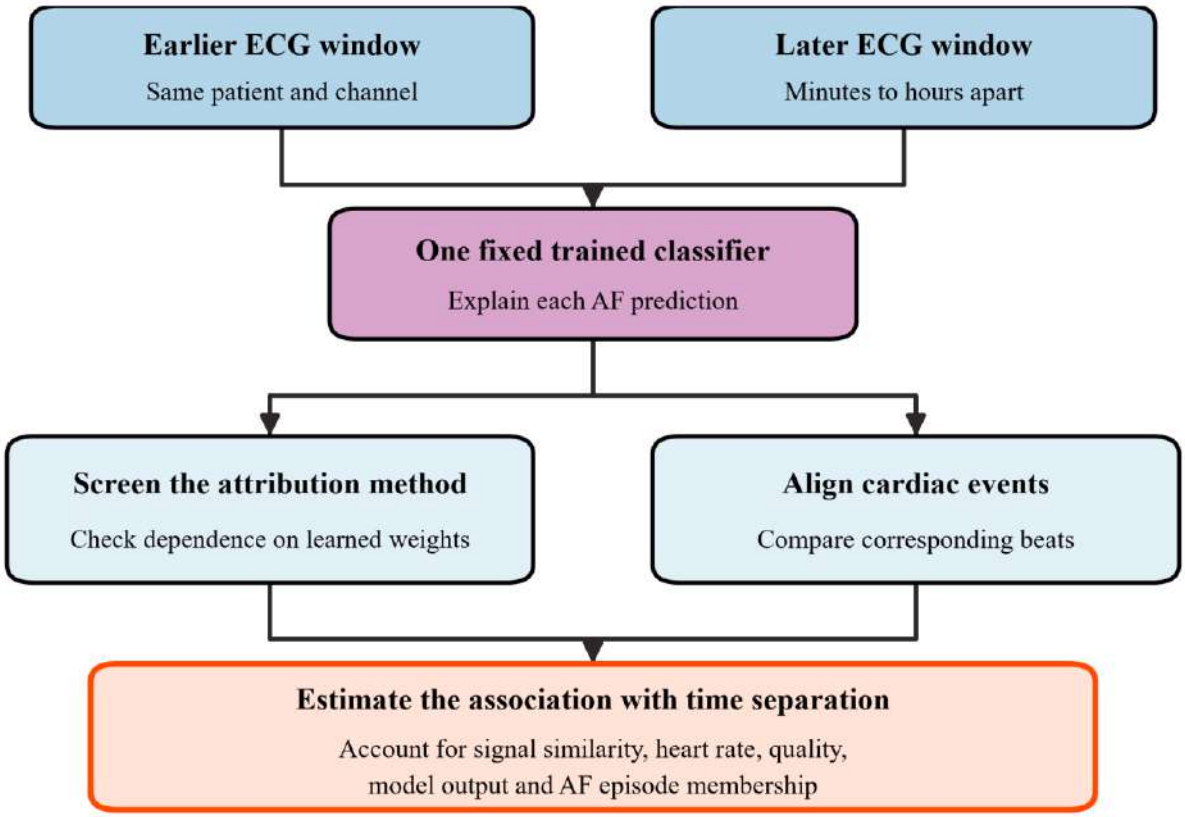


Fig. 1. How explanations from one patient are compared under a fixed classifier. Screening the method and aligning cardiac events make the comparison meaningful; the adjustment step then asks what association with time separation is left.

The recording also doesn't stay constant: the heart rate varies, the shape of the waveform alters, and the quality of the contact fluctuates. If you compare two sections at the same sample position you might end up matching quite different cardiac events. Therefore, a decrease in similarity between two explanations might be due to the method of attribution, might result from the coordinates employed in the comparison, or it might simply be because the signal changed as time went on. Until these factors are distinguished, it is premature to call a temporal association explanation drift. Throughout the field of ECG explainability, the issues of stability and reproducibility remain unresolved (Taleban et al., 2026).

We want to find out if the degree of similarity in attribution decreases as the two ECG windows become more separated in time and whether the similarity remains after allowing for the changes in the recording characteristics that occur at the same time. Both windows are obtained from the same patient and the classifier's weights remain constant. By explanation drift we mean variation in the attribution profiles themselves, not any change in the trained

network. Three components are involved: screening the method, aligning with cardiac events, and statistical adjustment (Fig. 1). The aim is to make it easier to read longitudinal explanations correctly, not to claim that they are clinically useful.

LITERATURE REVIEW

Explanations for ECG analysis

Research on ECG explanations has now gone beyond the presentation of a single heatmap. Taniguchi et al. (2021) used an explainable deep learning model to diagnose AF from Holter waveforms, emphasizing the importance of identifying informative areas in ambulatory data. Wagner et al. (2024) developed tools for auditing models, including attribution aggregation and concept-based analysis. These lines of work are still ongoing: one involves an explainable pipeline for the detection of atrial fibrillation based on ECG (Maggu et al., 2026) and the other is a detector that has been designed with a focus on generalizability and robustness when applied to long recordings (Zou et al., 2024). What the various studies have in common is a shift from looking at individual examples to providing explanations that are based on a large number of cases and that are linked to clinical questions. They also raise the question that we examine here: whether the features that are highlighted in one part of the recording remain valid later on in the same recording.

Evaluating the attribution method

The method chosen is not neutral since different techniques focus on different sections of the waveform. Storås et al. (2025) compared nine gradient-based methods for predicting ECG measurements and found that the best method varied depending on the measurement and on how it was assessed, with expert evaluation not always agreeing with evaluation based on perturbation. Arends et al. (2026) discovered considerable variation both among methods and among initialisations of the models when carrying out a larger ECG classification task. The same scrutiny has reached time series more generally. Turbé et al. (2023) carried out an evaluation of post-hoc interpretability methods for time-series classification, and a recent survey sets interpretability alongside the predictive benchmarks for this task (Jeong et al., 2026). An ECG window is a time series, so this work is more directly applicable to our situation than evaluations based on images. The practical takeaway is to test a method on the specific problem being considered rather than assuming that a method already known to work can be applied.

Parameter randomization provides a means of diagnosis: it is necessary to look at the attribution map to see how it responds when the learned weights are replaced (Adebayo et al., 2018), a test whose assumptions and possible failures have since been re-examined (Hedström et al., 2024). This approach deals with the dependence on the trained model, which is different from clinical interpretability and robustness. Another aspect is whether the explanation remains the same when the same architecture is retrained from a different initialisation. Using the same network and the same database as in the present study, a concept-based explanation was found to be statistically significant and robust to a targeted confound check in one trained model, but it reversed in direction when that model was retrained from a different random initialization (Jennah et al., 2026). Since the maps analysed in this case come from a single fixed model, any changes over time are not confounded with variations between different training runs. There are many dimensions by which explainability can be evaluated, and performance in one does not mean that it has been successful in all the others (Vilone & Longo, 2021). It follows that the screening carried out here has only a limited methodological role; it does not constitute a full validation of the explanation that has been retained.

The longitudinal question

The study is placed in the context of other work involving ECGs in Table 1. What it contributes is a temporal aspect, that is, does an association remain when the explanations are compared at matched cardiac events and the simultaneous state of the recording is taken into account? Signal quality is included since quality indices are normally used when assessing physiological recordings, even though their performance varies depending on the signal and on the particular disturbance involved (Rahman et al., 2022), and the issue of assessing quality in the case of wearable and ambulatory recordings is still not resolved (Liu et al., 2022). We therefore regard physiological adjustment as part of the evaluation of an explanation, while acknowledging that unmeasured changes still remain.

Table 1. Selected ECG explanation studies and their relevance to the present analysis.

Study	Main focus	Relevance here
Taniguchi et al. (2021)	Explainable AF diagnosis from Holter waveforms	Interpretation of ambulatory ECG predictions
Wagner et al. (2024)	Attribution and concepts for ECG model auditing	Evaluation beyond an individual heatmap
Storås et al. (2025)	Expert and perturbation evaluation of heatmaps	Task-specific method choice
Arends et al. (2026)	Comparison of attribution methods and initializations	Dependence on method and trained model
Present study	Temporal comparison within long recordings	Cardiac alignment and physiological adjustment

MATERIALS AND METHODS

Data and model development

The Long-Term Atrial Fibrillation Database contains 84 two-channel ECG recordings, most lasting 24–25 hours, sampled at 128 Hz and accompanied by beat and rhythm annotations (Petrutiu et al., 2003) and is distributed through PhysioNet (Pollard et al., 2026). We split it by patient: 25 recordings for development, 59 held back for evaluation. Development crossed five patient-wise folds with five initializations, and the primary attribution maps come from the first fold and the first initialization. Nothing used in the longitudinal analysis was seen during training.

Attribution screening

Four methods were assessed using attribution magnitudes: Saliency, Gradient × Input, Integrated Gradients and Occlusion. Saliency used the absolute input gradient of the AF logit. Integrated Gradients used 32 steps from a zero baseline (Sundararajan et al., 2017). Occlusion zeroed 32-sample patches at an eight-sample stride. Each method was compared with its own reference, defined as the mean Spearman correlation between maps from independently randomized networks. Eight randomizations yielded eight trained-to-randomized and 28 random-to-random comparisons.

Screening intervals used 20,000 bootstrap resamples of the comparison values. The rule required a reference correlation below 0.30 and trained-to-randomized similarity no greater than that reference. The cutoff was chosen after inspecting the results, making this an exploratory screen. It identifies a method for the primary temporal analysis without establishing faithfulness or excluding all learned information from the other methods.

Cardiac alignment and window selection

Attribution profiles were aligned in two ways. For cycle alignment, each complete R-to-R interval was interpolated to 32 points and profiles were averaged within each window. R-centred alignment used 20 four-sample bins spanning 312 ms on either side of each R peak. Explanation similarity was the Spearman correlation between two averaged profiles. Fixed-sample comparisons served as a control. Alignment changes only the representation used for the comparison; the classifier input is unchanged. Fig. 2 shows the operation on a measured pair of windows.

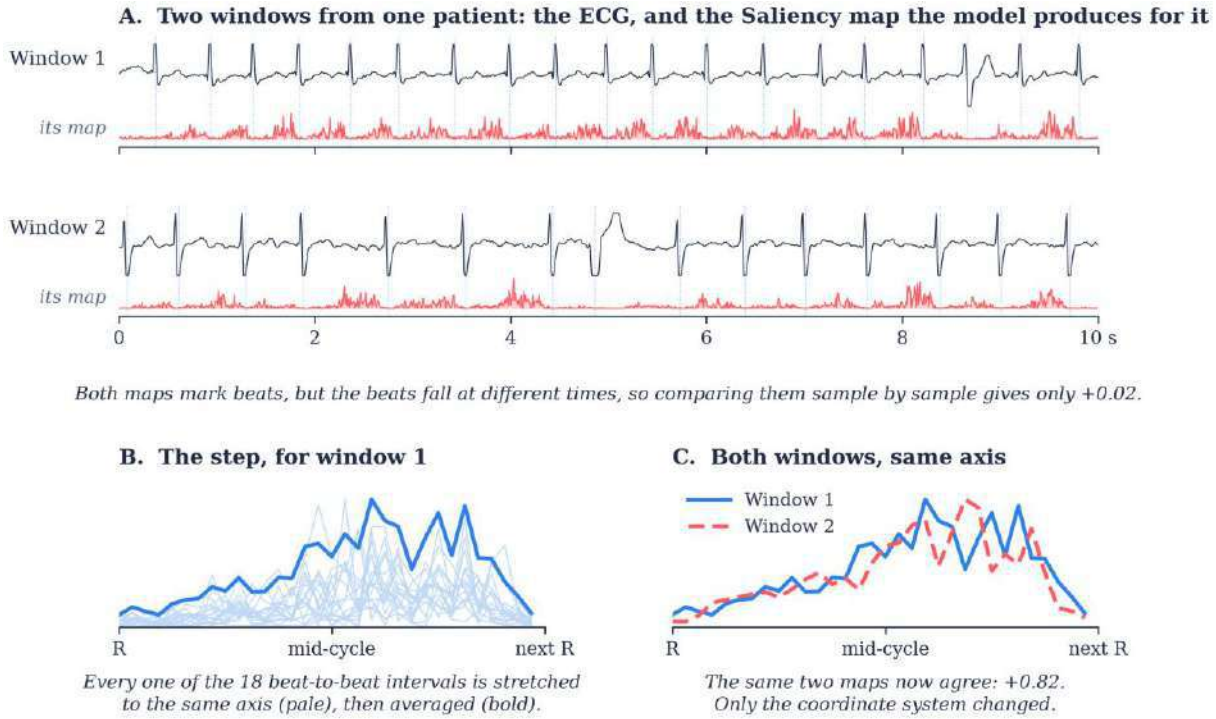


Fig. 2. An illustration of what the similarity measurement does when applied to actual data. (A) Two ten-second segments taken from the same recording, each showing the Saliency map produced by the trained model for that segment; (B) Each of the 18 beat-to-beat intervals from the first window is stretched onto a common cycle axis (light) and then averaged (bold). (C) The two averaged profiles agree to the extent of 0.82 on that axis.

Windows were only included in the longitudinal analysis when the expert rhythm annotation had classified them as AF and the network had also classified them as AF, which means that each map corresponds to a correctly identified positive case. Quality screening was carried out separately for each channel based on its own signal. The signal-quality index is the F1 agreement obtained between two independent R-peak detectors, XQRS and GQRS from WFDB, when they are applied to the same window with a matching tolerance of 50 ms; any window with a score below 0.90 was discarded.

A window also had to contain between 3 and 50 beats, no R-to-R interval shorter than 0.24 s, no gap longer than 3 s without a beat, and to lie at least 30 s away from an annotated rhythm change. Forming a cycle profile required at least four complete R-to-R intervals. On channel 1, 52 evaluation recordings survived and 51 contributed pairs; 41 contributed pairs on channel 2. We sampled 185,337 and 90,607 within-recording pairs, respectively, across seven separation ranges from 0-5 minutes to 12-22 hours. No cross-patient comparisons were included. Because selection depended partly on model output, a sensitivity analysis matched channel 1's retained proportion to channel 2's 51.1%, while preserving recording composition. Fig. 3 summarizes the flow from the full database to the analysed pairs.

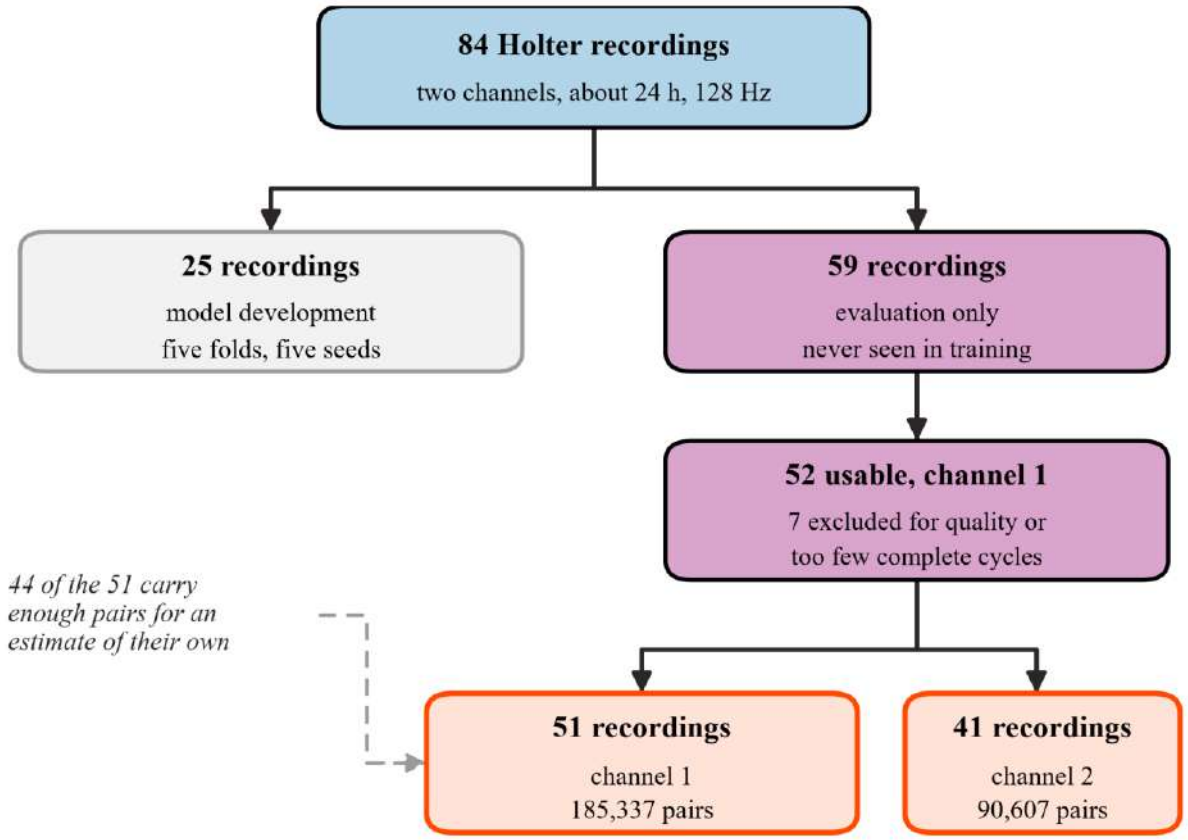


Fig. 3. How the 84 recordings reach the analysis. Partitioning was by patient, so no recording used for the temporal analysis contributed to model development. Screening and training were repeated independently on each channel's own signal, holding the patient split fixed; the counts shown for usable recordings are those of channel 1. Counts are within-recording window pairs; no cross-patient comparisons were made.

Statistical analysis

We regressed explanation similarity on the base-10 logarithm of the separation between windows in seconds, so a slope reads as the change in similarity per tenfold increase in separation rather than per hour. The adjustment carried ECG-profile similarity, absolute differences in signal-quality index, beat count as a stand-in for heart rate, classifier logit, and an indicator for the two windows falling in different AF episodes.

Clock-hour distance was examined and then left out of the primary model. Inside one continuous recording a window's clock time is simply its offset from the start, so the circular distance between two windows follows from their separation alone: it equals the separation up to 12 hours, and 24 hours minus the separation beyond that. In these data the two agreed to machine precision. A variable like that adds nothing elapsed time has not already supplied; putting it in the model would install a second version of elapsed time rather than control a separate confounder. Estimates with it included are reported as a sensitivity analysis.

Recording was handled by centring every variable, the outcome among them, within its own recording before fitting one pooled regression. Pairs carried equal weight, which means recordings that generate more pairs weigh more in the pooled estimate. Confidence intervals come from 4,000 bootstrap resamples of whole recordings, preserving the dependence among pairs drawn from the same one. Individual slopes were fitted for the 44 recordings with at least 100 pairs spanning a tenfold range of separation.

RESEARCH AND FINDINGS

Results

Classifier performance and method screening

Across development folds and initializations, held-out discrimination was high: a mean area under the receiver operating characteristic curve of 0.981 ± 0.034 on channel 1 and 0.990 ± 0.014 on channel 2. Precision–recall areas were 0.984 ± 0.025 and 0.988 ± 0.016 (mean ± standard deviation). Those figures describe classification; they say nothing about whether an explanation is valid.

Only Saliency passed the exploratory screen. Its random-to-random reference correlation was 0.035, against 0.60 for Integrated Gradients, 0.61 for Gradient×Input and 0.62 for Occlusion (Fig. 4). Every method satisfied the trained-to-randomized condition, so it was the reference correlations that decided the outcome. A high reference means the other three share map structure across networks randomized independently of each other (not that some fixed share of their information is independent of training).

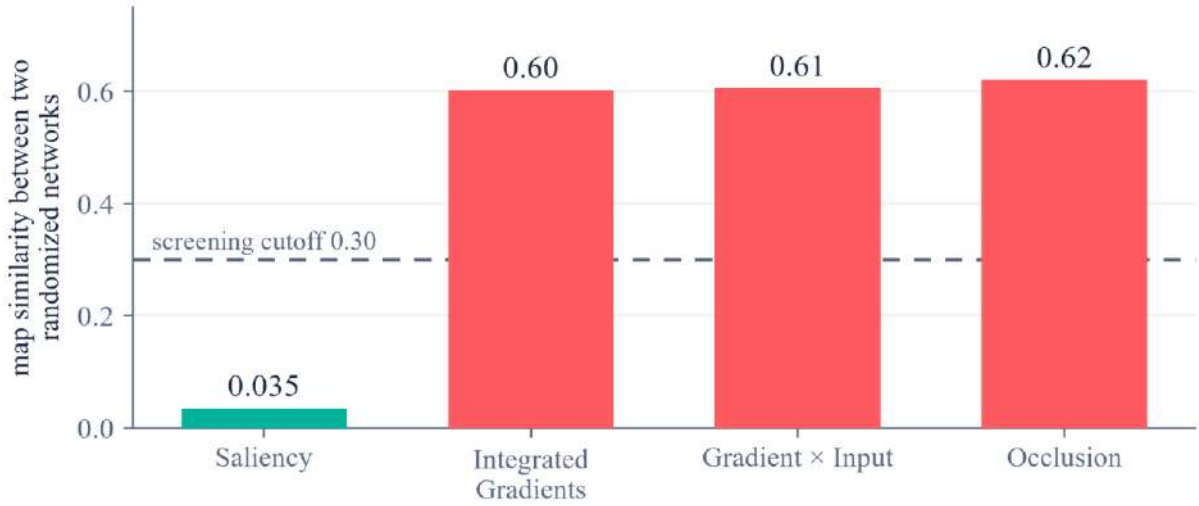


Fig. 4. Mean similarity between attribution maps from independently randomized networks.

Alignment and adjusted temporal estimates

Comparing maps at fixed sample positions gave a mean similarity of 0.052. Cycle alignment increased this to 0.794 and R-centred alignment to 0.857 (Fig. 5). The temporal analyses therefore used aligned profiles.

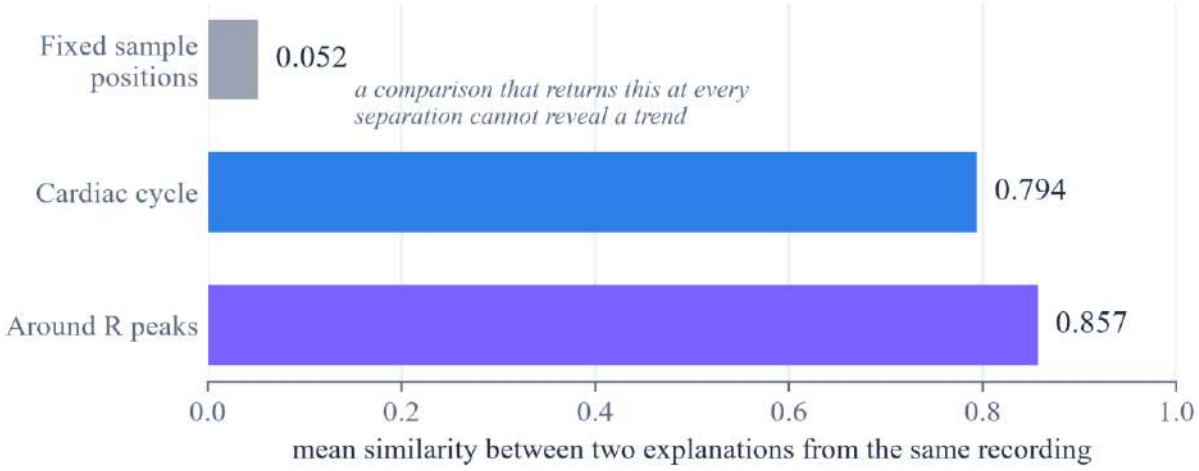


Fig. 5. Mean explanation similarity under three ways of placing two windows in correspondence, channel 1. Fixed sample positions compare whichever samples happen to coincide, which in atrial fibrillation are largely unrelated cardiac events. The chart describes the comparison representation, not model quality.

Before adjustment, cycle-aligned Saliency similarity on channel 1 fell by 0.0167 per tenfold increase in separation. Statistical adjustment moved the coefficient to -0.0015, an attenuation of about 91 per cent, and the interval now includes zero (Table 2). Both estimates are computed from cardiac-aligned profiles, so the reduction reflects the adjustment rather than the choice of coordinates. Heart rate accounts for almost all of it on its own; the measured signal-quality index, the mechanism usually assumed responsible in ambulatory recordings, accounts for almost none (Fig. 6).

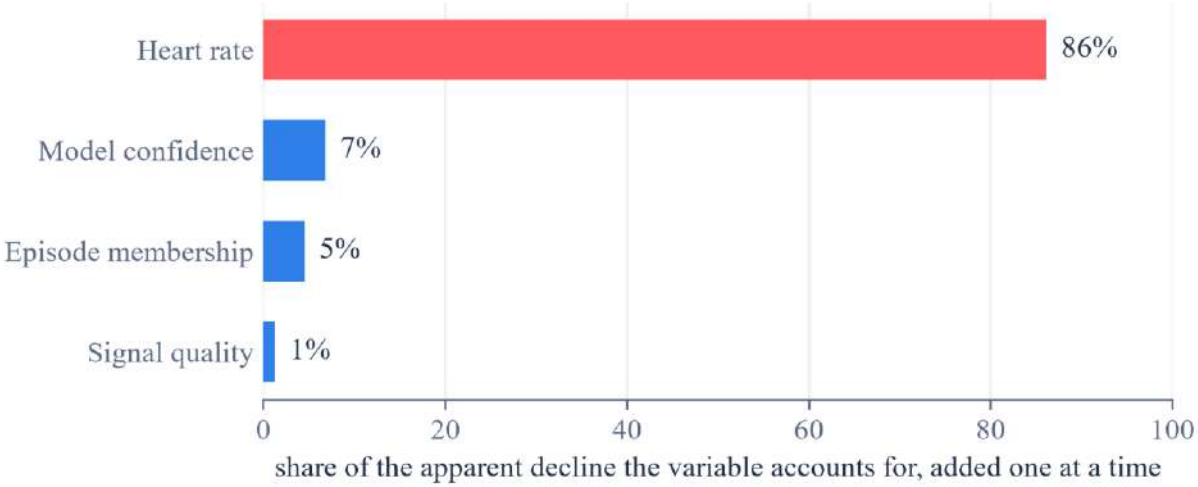


Fig. 6. Share of the apparent decline accounted for by each recording characteristic, entered one at a time, for cycle-aligned Saliency on channel 1. Shares overlap and do not sum to 100%; the four variables together account for 84%. Each is added to a baseline that already adjusts for ECG-profile similarity and recording, so the percentage is the further movement of the elapsed-time coefficient toward zero divided by that baseline coefficient. The chart shows statistical attenuation, not a causal mechanism.

Table 2. Saliency slopes per 10-fold increase in time separation, with 95% confidence intervals. Adjusted models include ECG profile similarity, signal quality, heart rate, model confidence and episode membership, with every variable centred within its recording. The final rows add clock-hour distance, which is a deterministic function of elapsed time and is therefore reported only as a sensitivity analysis.

Comparison	Unadjusted	Adjusted
Cardiac cycle, channel 1	-0.0167 (-0.0225, -0.0119)	-0.0015 (-0.0049, 0.0020)
Cardiac cycle, channel 2	-0.0115 (-0.0158, -0.0081)	-0.0078 (-0.0122, -0.0043)
Around R peaks, channel 1	-0.0247 (-0.0323, -0.0180)	-0.0021 (-0.0071, 0.0022)
Around R peaks, channel 2	-0.0135 (-0.0187, -0.0092)	-0.0055 (-0.0105, -0.0021)
Sensitivity: cycle, channel 1, clock phase added	-	-0.0010 (-0.0032, 0.0012)
Sensitivity: cycle, channel 2, clock phase added	-	-0.0033 (-0.0074, 0.0012)

Channel 2 behaved similarly, though not identically. Its adjusted cycle-aligned slope was -0.0078 per tenfold increase in separation, an attenuation near 32% against 91% on channel 1, and its interval excluded zero. A small residual decline therefore remains on the second

channel (Table 2). On channel 1, restricting to pristine-quality windows or matching the selection proportion changed little. Over the separation range analysed the fitted total change was -0.005 on channel 1 and -0.024 on channel 2 — both decreases, both small beside a within-recording similarity of 0.794. Taken one recording at a time, 36 of 44 showed an estimated absolute change below 0.05, with the distribution concentrated rather than split into groups (Fig. 7C).

Occlusion was kept as a diagnostic. Its adjusted cycle-aligned slope was -0.0404 on channel 1 and -0.0238 on channel 2, both decreases, both larger than the Saliency estimates, and only 18 of 44 recordings changed by less than 0.05. Since Occlusion failed the screen, that pattern cannot be read the way the Saliency result can. We report it to show what a study admitting methods on appearance alone would have concluded.

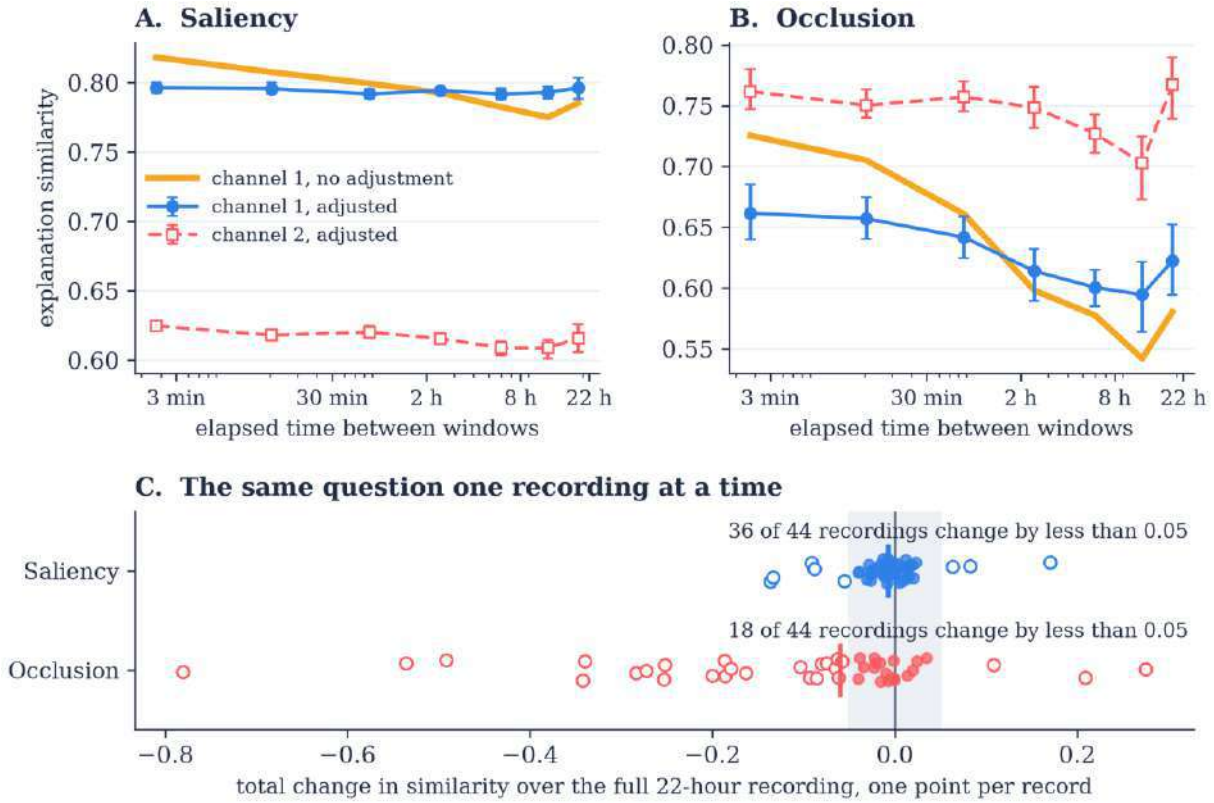


Fig. 7. Temporal attribution similarity and individual-record variation. Panels A and B show Saliency and Occlusion against time separation: channel 1 before adjustment (pale line), channel 1 after adjustment (filled circles), and channel 2 after adjustment (open squares). Error bars are 95% record-bootstrap intervals; panels use different vertical scales. Panel C shows fitted total changes for individual recordings. The shaded ±0.05 band is descriptive and was not a prespecified equivalence margin.

Discussion

Interpreting the attenuation

The main finding is that the negative temporal association decreased considerably when recording characteristics measured at the same time were taken into account. An apparent reduction in explanation similarity is better read in light of the patient's changing signal than as evidence that the model's explanation has become unstable. Heart rate was far more closely related to the attenuation than the measured quality index was. Making an adjustment only gives rise to an association, not a causal explanation for why the explanation had changed, and the beat count reflects only part of cardiac physiology. The time of day remains

inaccessible in this context. For a single recording the difference in clock time is a consequence of the elapsed time, so circadian effects cannot be disentangled from the passage of time itself; to do that it would be necessary to have recordings that started at different hours and to fit a model across them.

Most eligible recordings showed small individual estimates as well, which supports the interpretation better than the pooled average alone could. However, eight of the 44 were outside the descriptive ±0.05 range, and the remaining decline on channel 2 remained statistically detectable even though it was small. Nevertheless, this does not indicate universal stability at the patient level. The fact that a confidence interval includes zero does not prove that the explanations have not changed, and no acceptable stability margin had been established prior to the analysis.

Relation to previous work

These findings go beyond previous assessments of ECG attribution by involving repeated comparisons within a single long recording. The experimental setup had already been established by earlier Holter studies (Taniguchi et al., 2021). When different methods were compared, it was found that the conclusions reached could depend on how the explanations are generated and evaluated (Storås et al., 2025; Arends et al., 2026). Analyses based on concepts, using the same network and database, also showed that the results could vary according to which training run is examined (Jennah et al., 2026). We now identify one additional factor: how cardiac events are matched. The significant increase in mean similarity following alignment demonstrates that the representation selected for comparison on its own can alter what the data seem to indicate regarding stability.

The results of the Saliency analysis pertain to this model and this particular task. Randomization examines only one property of an explanation, and the cutoff was determined after the results had been observed. Neither point suggests that Saliency is the best explanation method for ECG. Moreover, the fact that Occlusion still shows a decline does not prove the model to be unstable; its maps remained very similar in independently randomized networks, indicating that the decline measured from them might be reflecting the signal rather than something the model has learned. Both of these considerations imply that the measurement should be qualified before its temporal pattern is interpreted.

Implications and limitations

When people are assessing explanations as part of continuous monitoring, this study proposes a sequence of steps. They should first determine whether the map is based on the learned weights. The corresponding cardiac events should be compared, not the corresponding sample indices. Adjusted temporal estimates together with their uncertainty should be reported, and both the individual recordings and the combined figure should be examined. Predictive accuracy must be kept separate from explanation stability. Evidence regarding clinical usefulness would have to come from a different source—namely, whether the explanations help experts to detect model errors or make better decisions—and it cannot be provided by a stable attribution profile (Ghassemi et al., 2021).

The study is based on a single database, involves one AF classification task, uses one compact architecture and relies on one main trained model. Since both channels are derived from the same patients, they do not constitute replication in an independent group. We have looked at only those windows which were classified as AF; while matching the retained proportion addresses one of the selection issues it does not remove the conditioning on the model's output. The attribution magnitudes disregard direction, and when averaged profiles are compared using rank correlation it is possible for changes in amplitude or in individual beats

to be concealed. Quality screening limits the amount that can be said regarding noise. And since the recording period is only about one day, it is not possible to establish stability over weeks or in the face of a change in the patient's condition.

The next step should be to have the method evaluated externally on another long-term data set, IRIDIA-AF among the candidates (Gilon et al., 2023), together with a stability margin that had been fixed in advance.

CONCLUSION

Temporal differences in an ECG explanation should be read alongside the changes going on in the recording. Saliency profiles here did grow less similar as windows moved apart. On channel 1, adjusting for concurrent signal characteristics removed about 91% of that association and left an estimate whose interval includes zero; on channel 2 it removed about a third and left a small decline that remains statistically resolved. Both figures come from cardiac-aligned profiles, so the reduction belongs to the adjustment and not to the choice of coordinates. Heart rate did almost all of the work; the measured signal-quality index did almost none. Between the per-recording analysis and that residual on channel 2, near-stability was common without being universal.

The methodological contribution is an order in which to do things: qualify the attribution method, align equivalent cardiac events, and account for the recording differences that travel with time before concluding anything about temporal stability. That keeps a model's predictive performance separate from the behaviour of its explanations, and it stops every time-related difference from being charged to the model.

None of this establishes clinical usefulness, or stability that would hold across other patients, models and monitoring settings. Independent validation comes next, with other architectures, longer recordings and an acceptable change agreed beforehand. Within those limits, the evidence here is that physiological adjustment can substantially reduce apparent explanation drift in Holter ECG.

DECLARATIONS

Ethics and funding. This secondary analysis used public, de-identified data without new recruitment or interventions. No additional ethical approval was required. The authors report no funding and no conflicts of interest.

Use of AI tools. OpenAI Codex assisted with language editing. No research data were generated or altered. The authors are responsible for reviewing and approving the final manuscript.

REFERENCES

Adebayo, J., Gilmer, J., Muelly, M., Goodfellow, I., Hardt, M., & Kim, B. (2018). Sanity checks for saliency maps. *Advances in Neural Information Processing Systems, 31*. https://papers.nips.cc/paper/2018/hash/294a8ed24b1ad22ec2e7efea049b8737-Abstract.html

Arends, B. K. O., van Amsterdam, W. A. C., van der Harst, P., van Smeden, M., van Es, R., & van de Leur, R. R. (2026). Signal or noise? Evaluating commonly used attribution methods for explaining deep neural networks in electrocardiogram classification. *European Heart Journal - Digital Health, 7*(3), Article ztag038. https://doi.org/10.1093/ehjdh/ztag038

Bodini, M., Rivolta, M. W., & Sassi, R. (2021). Opening the black box: Interpretability of machine learning algorithms in electrocardiography. *Philosophical Transactions of the Royal Society A, 379*(2212), Article 20200253. https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0253

Ghassemi, M., Oakden-Rayner, L., & Beam, A. L. (2021). The false hope of current approaches to explainable artificial intelligence in health care. *The Lancet Digital Health, 3*(11), e745–e750. https://doi.org/10.1016/S2589-7500(21)00208-9

Gilon, C., Gregoire, J.-M., Mathieu, M., Carlier, S., & Bersini, H. (2023). IRIDIA-AF, a large paroxysmal atrial fibrillation long-term electrocardiogram monitoring database. *Scientific Data, 10*, Article 714. https://doi.org/10.1038/s41597-023-02621-1

Hedström, A., Weber, L., Lapuschkin, S., & Höhne, M. (2024). A fresh look at sanity checks for saliency maps. In Explainable artificial intelligence (Communications in Computer and Information Science, pp. 403–420). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-63787-2_21

Jennah, E. H., Indjaren, H., Ben Taleb, L., El Malali, H., & Mouhsen, A. (2026). Can we trust concept-based ECG explanations? A TCAV analysis of confounding and reproducibility in atrial fibrillation detection. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 17(8), 367–373. https://doi.org/10.14569/IJACSA.2026.0170835

Jeong, J., Oh, Y., Kim, D., & Yoon, H. (2026). From benchmarks to interpretability: A holistic survey of deep learning for time series classification. Knowledge-Based Systems, 336, Article 115251. https://doi.org/10.1016/j.knosys.2025.115251

Liu, F., Xia, S., Wei, S., Chen, L., Ren, Y., Ren, X., Xu, Z., Ai, S., & Liu, C. (2022). Wearable electrocardiogram quality assessment using wavelet scattering and LSTM. Frontiers in Physiology, 13, Article 905447. https://doi.org/10.3389/fphys.2022.905447

Maggu, J., Kaur, S., Gupta, A., Verma, K., Jaggi, D., Gupta, S., & Jain, A. (2026). Explainable electrocardiogram-based atrial fibrillation detection using deep learning. The Computer Journal, 69(8), 1320–1330. https://doi.org/10.1093/comjnl/bxag028

Petrutiu, S., Sahakian, A. V., & Swiryn, S. (2003). The Long-Term AF Database (version 1.0.0) [Data set]. PhysioNet. https://doi.org/10.13026/C2QG6Q

Petrutiu, S., Sahakian, A. V., & Swiryn, S. (2007). Abrupt changes in fibrillatory wave characteristics at the termination of paroxysmal atrial fibrillation in humans. *Europace, 9*(7), 466–470. https://doi.org/10.1093/europace/eum096

Pollard, T., Moody, B. E., Lehman, L., Gow, B., Fernandes, C., Xie, C., Johnson, A., Mark, R. G., & Heldt, T. (2026). PhysioNet as a global platform for biomedical research. *Nature Health, 1*(8), 792–795. https://doi.org/10.1038/s44360-026-00096-z

Rahman, S., Karmakar, C., Natgunanathan, I., Yearwood, J., & Palaniswami, M. (2022). Robustness of electrocardiogram signal quality indices. *Journal of the Royal Society Interface, 19*(189), Article 20220012. https://doi.org/10.1098/rsif.2022.0012

Storås, A. M., Mæland, S., Isaksen, J. L., Hicks, S. A., Thambawita, V., Graff, C., Hammer, H. L., Halvorsen, P., Riegler, M. A., & Kanters, J. K. (2025). Evaluating gradient-based explanation methods for neural network ECG analysis using heatmaps. *Journal of the American Medical Informatics Association, 32*(1), 79–88. https://doi.org/10.1093/jamia/ocae280

Sundararajan, M., Taly, A., & Yan, Q. (2017). Axiomatic attribution for deep networks. In D. Precup & Y. W. Teh (Eds.), *Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning* (Vol. 70, pp. 3319–3328). PMLR. https://proceedings.mlr.press/v70/sundararajan17a.html

Taleban, A., Sparapani, R., Noffke, P., Zlochiver, S., Lu, Q., Widlansky, M. E., & Luo, J. (2026). Explainable artificial intelligence in electrocardiography: A systematic review. *Biomedical Signal Processing and Control, 114*, Article 109325. https://doi.org/10.1016/j.bspc.2025.109325

Taniguchi, H., Takata, T., Takechi, M., Furukawa, A., Iwasawa, J., Kawamura, A., Taniguchi, T., & Tamura, Y. (2021). Explainable artificial intelligence model for diagnosis of atrial fibrillation using Holter electrocardiogram waveforms. *International Heart Journal, 62*(3), 534–539. https://doi.org/10.1536/ihj.21-094

Turbé, H., Bjelogrlic, M., Lovis, C., & Mengaldo, G. (2023). Evaluation of post-hoc interpretability methods in time-series classification. Nature Machine Intelligence, 5(3), 250–260. https://doi.org/10.1038/s42256-023-00620-w

Vilone, G., & Longo, L. (2021). Notions of explainability and evaluation approaches for explainable artificial intelligence. *Information Fusion, 76*, 89–106. https://doi.org/10.1016/j.inffus.2021.05.009

Wagner, P., Mehari, T., Haverkamp, W., & Strodthoff, N. (2024). Explaining deep learning for ECG analysis: Building blocks for auditing and knowledge discovery. *Computers in Biology and Medicine, 176*, Article 108525. https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2024.108525

Zou, Y., Yu, X., Li, S., Mou, X., Du, L., Chen, X., Li, Z., Wang, P., Li, X., Du, M., & Fang, Z. (2024). A generalizable and robust deep learning method for atrial fibrillation detection from long-term electrocardiogram. Biomedical Signal Processing and Control, 90, Article 105797. https://doi.org/10.1016/j.bspc.2023.105797

AMBARLI LİMANI KONTEYNER ELLEÇLEMESİNİN 2026–2028 DÖNEMİ İÇİN TAHMİNİ: ULUSAL BÜYÜMEDEN AYRIŞMA VE MODEL KARŞILAŞTIRMASI

FORECASTING CONTAINER THROUGHPUT AT AMBARLI PORT FOR 2026–2028: DECOUPLING FROM NATIONAL GROWTH AND A MODEL COMPARISON

Elvan Deniz[1], Nisa Nur Varınca Eren[2]

[1] Öğr. Gör. Dr., Çan Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye
ORCID: 0000-0002-4237-1358
[2] Öğr. Gör., Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
ORCID: 0009-0005-8473-1218

ÖZET

Bu çalışmada Türkiye'nin en büyük konteyner liman kümelerinden biri olan Ambarlı'nın 2012–2025 dönemine ait yıllık konteyner elleçleme verileri kullanılarak 2026–2028 dönemi için tahminler üretilmiştir. Sınırlı gözlem sayısına sahip yıllık seri için naive, tarihsel ortalama, basit ve sönümlü üstel düzeltme, ARIMA(1,0,0), gri model GM(1,1) ve eşit ağırlıklı tahmin kombinasyonu kayan başlangıç noktalı örneklem dışı doğrulama ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca reel GSYH, reel mal ve hizmet ihracatı ve ithalatı ile Türkiye toplam konteyner elleçlemesi kullanılarak dışsal değişkenli ve pay tabanlı modeller sınanmıştır. Bulgular, Türkiye'nin toplam konteyner elleçlemesi yılda ortalama %5,25 ve reel GSYH %5,05 büyürken Ambarlı'nın yalnızca %0,97 büyüdüğünü, Ambarlı'nın ulusal paydaki payının %42,0'dan %24,5'e gerilediğini ve serinin yaklaşık 3,1 milyon TEU düzeyi etrafında durağan bir seyir izlediğini göstermektedir. Makroekonomik değişkenler ve ulusal hacme dayalı pay modeli tahmin doğruluğunu artırmamış; en düşük hata eşit ağırlıklı kombinasyonla (MAPE %6,81) elde edilmiştir. Baz senaryoda Ambarlı'nın 2026–2028 döneminde yıllık yaklaşık 3,10 milyon TEU (%95 tahmin aralığı: 2,70–3,49 milyon TEU) elleçlemesi beklenmektedir. Pay kaybının durduğu iyimser senaryoda ise elleçleme 2028'de 3,76–3,89 milyon TEU'ya ulaşabilir; Ambarlı terminallerinin beyan edilen toplam kapasitesi (yaklaşık 6,4 milyon TEU) bu hacmi karşılayabilecek düzeyde olduğundan, senaryonun gerçekleşmesi esas olarak bölgesel rekabet koşullarına bağlıdır. Sonuçlar, liman düzeyindeki planlamada ulusal büyüme varsayımlarının doğrudan aktarılmasının yanıltıcı olabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Konteyner elleçleme tahmini, Ambarlı Limanı, tahmin kombinasyonu, ARIMA, gri model, liman rekabeti

ABSTRACT

This study forecasts container throughput at Ambarlı, one of Türkiye's largest container port clusters, for 2026–2028 using annual data for 2012–2025. Given the short annual series, naive, historical mean, simple and damped exponential smoothing, ARIMA(1,0,0), the grey model GM(1,1) and an equal-weight forecast combination are compared through rolling-origin out-of-sample evaluation. Models with exogenous variables (real GDP, real exports and imports of goods and services) and a share-based model linked to national container throughput are also tested. Results show that while Türkiye's total container throughput and real GDP grew at average annual rates of 5.25% and 5.05% respectively, Ambarlı grew by only 0.97% per year; its national share fell from 42.0% to 24.5% and the series fluctuates around a stationary level

of about 3.1 million TEU. Macroeconomic variables and the share-based model do not improve accuracy; the lowest error is obtained by the equal-weight combination (MAPE 6.81%). In the baseline scenario, Ambarlı is expected to handle about 3.10 million TEU per year in 2026–2028 (95% prediction interval: 2.70–3.49 million TEU). In an optimistic scenario where the share loss stops, throughput could reach 3.76–3.89 million TEU in 2028, which the terminals' declared capacity of about 6.4 million TEU could accommodate; this scenario therefore depends mainly on regional competition. The findings indicate that transferring national growth assumptions directly to port-level planning can be misleading.

Keywords: Container throughput forecasting, Ambarlı Port, forecast combination, ARIMA, grey model, port competition

1. GİRİŞ

Konteyner limanlarında rıhtım, saha, ekipman ve hinterland bağlantılarına yönelik yatırımlar uzun hazırlık süreleri gerektirdiğinden, gelecekteki elleçleme hacimlerinin güvenilir biçimde tahmin edilmesi liman işletmecileri, kamu planlamacıları ve yatırımcılar için temel bir karar girdisidir (Chou vd., 2008; Peng ve Chu, 2009). Tahminlerin olduğundan yüksek çıkması atıl kapasiteye, olduğundan düşük çıkması ise sıkışıklığa ve yükün rakip limanlara kaymasına yol açabilir.

İstanbul'un batısında yer alan Ambarlı liman kümesi Marport, Kumport ve Mardaş terminallerinden oluşmakta ve uzun yıllar Türkiye'nin en büyük konteyner elleçleme merkezi konumunda bulunmaktadır. Ambarlı 2012 yılında 3,02 milyon TEU ile Türkiye'de elleçlenen toplam konteynerin %42,0'sini, Marmara bölgesinde elleçlenen konteynerin ise %67,0'sini gerçekleştirmiştir. 2025 yılında ise Türkiye'nin toplam konteyner elleçlemesi 14,0 milyon TEU'ya ulaşırken Ambarlı'nın elleçlemesi 3,43 milyon TEU'da kalmış ve ulusal paydaki payı %24,5'e gerilemiştir.

Liman tahmini literatüründe yaygın yaklaşım, liman hacmini GSYH ve dış ticaret gibi makroekonomik değişkenlerle ilişkilendirmektir (Chou vd., 2008; Gosasang vd., 2011). Bu yaklaşım, limanın ulusal talebin sabit bir payını aldığı varsayımına dayanır. Oysa olgunlaşmış ve rekabetin yoğunlaştığı liman bölgelerinde tek bir limanın hacmi, yeni terminallerin devreye girmesi ve armatörlerin rota tercihleri nedeniyle ulusal büyümeden ayrışabilir (Notteboom ve Rodrigue, 2005; Tongzon, 2009).

Bu çalışmanın amacı, Ambarlı'nın 2026–2028 dönemi konteyner elleçlemesini kısa yıllık seriye uygun yöntemlerle tahmin etmek ve bu tahminin ulusal büyüme varsayımlarına ne ölçüde dayandırılabileceğini sınamaktır. Çalışma, Ambarlı'nın ulusal büyümeden ayrıştığını nicel olarak ortaya koymakta; GM(1,1) dahil altı tek değişkenli yöntemi ve bunların kombinasyonunu, dışsal değişkenli ARIMA (ARIMAX) ve pay tabanlı bir modelle birlikte örneklem dışı doğrulama çerçevesinde karşılaştırmakta ve baz tahmini Orta Vadeli Program (OVP) varsayımlarına dayalı iyimser bir senaryo ile birlikte sunmaktadır.

1.1. Konteyner Elleçleme Tahmininde Kullanılan Yöntemler

Konteyner elleçleme tahmininde tek değişkenli zaman serisi yöntemleri, nedensel (ekonometrik) modeller ve yapay zekâ ile hibrit yaklaşımlar kullanılmaktadır. Tek değişkenli yöntemler arasında ARIMA ve üstel düzeltme en sık kullanılanlardır (Box vd., 2015; Hyndman ve Athanasopoulos, 2021). Schulze ve Prinz (2009) Almanya limanlarında SARIMA modelinin Holt-Winters yöntemine göre az farkla daha iyi sonuç verdiğini bulmuş; Peng ve Chu (2009) Tayvan limanları için gri model ve SARIMA dahil altı tek değişkenli yöntemi karşılaştırmış; Rashed vd. (2017) ise Anvers Limanı için yapısal kırılmaları müdahale terimleriyle modelleyen ARIMA yaklaşımını önermiştir. Nedensel modellerde liman hacmi GSYH ve dış ticaret gibi değişkenlerle açıklanmaktadır (Chou vd., 2008). Gosasang vd. (2011) Bangkok Limanı için

yapay sinir ağının doğrusal regresyondan, Xie vd. (2013) ise LSSVR tabanlı hibrit yaklaşımların tekil modellerden daha başarılı olduğunu raporlamıştır. Ancak bu yöntemler uzun seriler gerektirmekte, az sayıda yıllık gözlemle aşırı uyum riski taşımaktadır. Kısa seriler için Deng (1982) tarafından geliştirilen GM(1,1) modeli yaygın biçimde kullanılmakla birlikte, belirgin trendi olmayan serilerde performansının düştüğü bilinmektedir.

1.2. Tahmin Kombinasyonu ve Basit Yöntemlerin Başarısı

Bates ve Granger (1969) ile başlayan tahmin kombinasyonu literatürü, farklı modellerin ortalamasının çoğu durumda tekil modellerden daha doğru olduğunu göstermektedir (Clemen, 1989). 100.000 zaman serisi ve 61 yöntemin karşılaştırıldığı M4 yarışmasında da kombinasyonlar ve istatistiksel yöntemler güçlü performans sergilemiş, yalnızca makine öğrenmesine dayalı yöntemler genellikle basit ölçüt modellerin gerisinde kalmıştır (Makridakis vd., 2020). Bu nedenle kısa yıllık serilerde ölçüt modeller raporlanmalı; doğruluk, MAPE ve RMSE yanında ölçekten bağımsız MASE ile de değerlendirilmelidir (Hyndman ve Koehler, 2006).

1.3. Liman Rekabeti ve Bölgeselleşme

Liman coğrafyası literatürü, olgunlaşan liman bölgelerinde yeni terminallerin devreye girmesiyle yük akışlarının yeniden dağıldığını ve geleneksel merkez limanların pay kaybettiğini vurgulamaktadır (Notteboom ve Rodrigue, 2005; Notteboom vd., 2022). Taşıma işleri organizatörleri liman tercihinde sırasıyla verimliliği, sefer sıklığını, yeterli altyapıyı ve konumu belirleyici görmektedir (Tongzon, 2009). Marmara bölgesinde Tekirdağ'da MSC ortaklığıyla kurulan Asyaport'un yıllık 2,5 milyon TEU kapasiteyle 2013 sonunda hizmete girmesi ve 2016'da tam kapasiteye ulaşması planlanmıştır (Hurriyet Daily News, 2013). Rekabet Kurulu (2020), ilgili coğrafi pazarı "Kuzeybatı Marmara" olarak tanımlamış; bölgede yaklaşık %56 atıl kapasite bulunduğunu ve aktarma yüklerinin son beş yılda %65 arttığını belirtmiştir. Bu bulgular, Ambarlı'nın hacmini bölgedeki toplam kapasitenin değil, yükün terminaller arasındaki dağılımının belirlediğine işaret etmektedir.

1.4. Türkiye Limanlarına Yönelik Çalışmalar ve Araştırma Boşluğu

Bal (2019), Türkiye limanlarının aylık konteyner elleçlemesini ARMA modelleriyle tahmin etmiş ve bilgi kriterlerinin model seçiminde her zaman doğru yönlendirmediğini göstermiştir. Caliskan ve Karaoz (2019), döviz kurları ve petrol fiyatlarının limanlardaki elleçlemenin yönünü tahmin etmedeki gücünü yapay sinir ağları ve destek vektör makineleriyle incelemiştir. Deniz (2025a) Marmara bölgesinde elleçlenen yüklerin 2025–2029 döneminde artmaya devam edeceğini öngörmüş, Deniz (2025b) Mersin Limanı'ndaki konteyner elleçlemesini zaman serisi yöntemleriyle analiz etmiş, Deniz (2025c) ise Türkiye'nin ihracat ve ithalat değerlerini Minitab ile altı zaman serisi yöntemi kullanarak modellemiştir. Mevcut çalışmalar ağırlıklı olarak ulusal veya bölgesel toplamlara odaklanmaktadır; Ambarlı'nın ulusal büyümeden ayrışmasını açıkça modelleyen ve farklı yaklaşımları aynı örneklem dışı doğrulama çerçevesinde karşılaştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır.

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı, İstanbul'un Avrupa yakasında Marmara Denizi kıyısında yer alan Ambarlı liman bölgesidir. Bölgede konteyner elleçlemesi ağırlıklı olarak Marport, Kumport ve Mardaş terminalleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Kumport 2.238 m rıhtım uzunluğu ve yaklaşık 473 bin m² alana (TÜRKLİM, t.y.-a), Mardaş ise 1.115 m rıhtım uzunluğu ve yaklaşık 265 bin m² alana sahiptir (TÜRKLİM, t.y.-b). Ambarlı Liman Başkanlığı, 2016–2025 döneminin tamamında Türkiye'de en fazla konteyner elleçleyen liman başkanlığı olmuş; onu Kocaeli ve

Tekirdağ liman başkanlıkları izlemiştir (TÜRKLİM, 2026). Bu terminaller Ambarlı ile aynı hinterlanda ve aktarma yüklerine hizmet ettiğinden, Kuzeybatı Marmara Ambarlı'nın doğrudan rekabet ortamı olarak ele alınmıştır (Rekabet Kurulu, 2020).

2.2. Materyal ve Yöntem

2.2.1. Veri Seti

Çalışmada 2012–2025 dönemine ait yıllık veriler kullanılmıştır (T = 14). Ambarlı Liman Başkanlığı'nın konteyner elleçlemesi ile Türkiye limanlarında elleçlenen konteynerin bölgesel dağılımı (TEU) Türkiye Liman İşletmecileri Derneği (TÜRKLİM) sektör istatistiklerinden derlenmiştir. Sayfa yıllık olarak güncellendiğinden 2012–2015 değerleri 17 Ekim 2025 tarihli erişimden (TÜRKLİM, 2025), 2016–2025 değerleri ise 1 Ekim 2026 tarihli güncel sürümden (TÜRKLİM, 2026) alınmıştır. Makroekonomik değişkenler olarak harcama yöntemiyle reel GSYH (B1GQ), reel mal ve hizmet ihracatı (P6) ve ithalatı (P7) kullanılmıştır. Bu seriler TÜİK Merkezi Dağıtım Sistemi'nden 2009 referans yıllı zincirlenmiş hacim, bin TL, arındırılmamış çeyreklik veriler olarak alınmış (2012Ç1–2026Ç2) ve yıllık değerler çeyreklik değerlerin toplanmasıyla elde edilmiştir (TÜİK, 2026). Senaryo analizinde 2026–2028 reel GSYH büyüme varsayımları Orta Vadeli Program'dan (2027–2029) alınmıştır (SBB, 2026).

2.2.2. Ön Analiz

Serilerin durağanlığı Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) testi (Dickey ve Fuller, 1979) ve sıfır hipotezi durağanlık olan KPSS testi (Kwiatkowski vd., 1992) ile, özilinti ise Ljung-Box testi (Ljung ve Box, 1978) ile incelenmiştir; kısa örneklem nedeniyle gecikme uzunluğu bir olarak sabitlenmiştir. Ambarlı ile makroekonomik değişkenler arasındaki ilişki logaritmik düzeylerde ve büyüme oranlarında en küçük kareler regresyonuyla incelenmiş, düzey ilişkileri Engle-Granger eşbütünleşme testiyle (Engle ve Granger, 1987) kontrol edilmiştir.

2.2.3. Tahmin Modelleri

Ölçüt modeller. Naive model tüm ufuklar için son gözlemi ($\hat{y}_{T+h} = y_T$), tarihsel ortalama modeli ise eğitim dönemi ortalamasını ($\hat{y}_{T+h} = \bar{y}$) tahmin olarak alır. Burada y_t t yılındaki elleçlemeyi (milyon TEU), T eğitim döneminin son yılını ve h tahmin ufkunu göstermektedir.

Üstel düzeltme ve ARIMA. Basit üstel düzeltme (SES) modelinde düzey bileşeni geçmiş gözlemlerin üstel ağırlıklı ortalaması olarak güncellenir ($\ell_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)\ell_{t-1}$). Sönümlü trendli Holt modeli (Gardner ve McKenzie, 1985), trendin ufuk uzadıkça φ ($0 < \varphi < 1$) oranında sönümlenmesine izin vererek aşırı tahmin riskini azaltır. Modeller toplamsal hatalı durum uzayı formunda en çok olabilirlik yöntemiyle tahmin edilmiştir (Hyndman vd., 2008). Box-Jenkins yaklaşımı çerçevesinde (Box vd., 2015), ön analizde trendin anlamsız bulunması ve KPSS testinin durağanlığı reddetmemesi nedeniyle durağan bir ARIMA(1,0,0) modeli kullanılmıştır:

$$y_t = c + \phi y_{t-1} + \varepsilon_t, \qquad \mu = c / (1 - \phi) \tag{1}$$

Burada c sabit terimi, ϕ otoregresif katsayıyı, μ serinin ortalamasını ve ε_t beyaz gürültü hata terimini göstermektedir.

Gri model GM(1,1). GM(1,1) modelinde seri birikimli toplam alınarak birinci dereceden bir diferansiyel denklemle modellenir; gelişme katsayısı (a) ve gri girdi parametresi (b) en küçük kareler yöntemiyle tahmin edilir ve tahminler birikimli serinin farkı alınarak elde edilir (Deng, 1982).

Tahmin kombinasyonu. Kombinasyon tahmini, SES, ARIMA(1,0,0) ve sönümlü Holt modellerinin eşit ağırlıklı ortalamasıdır. Bileşenler, doğrulama sonuçlarından bağımsız olarak sabit düzey, otoregresif yapı ve sönümlenen trend varsayımlarını temsil edecek biçimde önceden belirlenmiş; kısa örneklemde ağırlık tahmininin yaratacağı belirsizlik nedeniyle eşit ağırlık tercih edilmiştir (Clemen, 1989; Makridakis vd., 2020):

$$\hat{y}^{K}_{T+h} = (\hat{y}^{SES}_{T+h} + \hat{y}^{AR}_{T+h} + \hat{y}^{SH}_{T+h}) / 3 \quad (2)$$

Dışsal değişkenli ve pay tabanlı modeller. Makroekonomik değişkenlerin katkısını sınamak için ön analizde Ambarlı ile en yüksek korelasyonu gösteren reel ithalat büyümesi (g^{M}_{t}) dışsal değişken olarak eklenmiş bir ARIMAX modeli (3) kurulmuştur. Ulusal büyümenin Ambarlı'ya yansıyıp yansımadığını sınamak için ise Türkiye toplam elleçlemesinin (Y^{TR}) logaritmik seriye uygulanan sönümlü Holt modeliyle tahmin edilip son gözlenen Ambarlı payıyla (s) çarpıldığı pay tabanlı model (4) kullanılmıştır:

$$y_t = c + \phi y_{t-1} + \gamma g^{M}_{t} + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\hat{y}^{A}_{T+h} = \hat{Y}^{TR}_{T+h} \times \hat{s}_{T+h}, \qquad s_t = y^{A}_{t} / Y^{TR}_{t} \quad (4)$$

2.2.4. Tahmin Performansının Değerlendirilmesi

Modeller kayan başlangıç noktalı (rolling-origin) örneklem dışı doğrulama ile değerlendirilmiştir: eğitim dönemi 2012'den başlayıp 2019, 2020, …, 2024 yıllarında sona erecek şekilde genişletilmiş ve her başlangıçtan 1–3 yıl ileriye tahmin üretilerek 2020–2025 yıllarına ait 15 tahmin hatası elde edilmiştir. ARIMAX modelinde dışsal değişkenin gerçekleşen değerleri kullanılmıştır. Doğruluk ölçütleri olarak MAPE, RMSE ve MASE kullanılmıştır (Hyndman ve Koehler, 2006):

$$\text{MAPE} = (100/n)\,\Sigma\,|e_i| / y_i, \quad \text{RMSE} = [(1/n)\,\Sigma\,e_i^2]^{1/2}, \quad \text{MASE} = (1/n)\,\Sigma\,|e_i| / q \quad (5)$$

Burada e_i tahmin hatasını, q eğitim döneminde naive modelin ortalama mutlak hatasını göstermektedir. Modeller arasındaki farkların anlamlılığı, kare hata farkı üzerinden t dağılımıyla değerlendirilen Diebold-Mariano (DM) testiyle sınanmıştır (Diebold ve Mariano, 1995). Nihai tahminlerde 2012–2025 döneminin tamamı kullanılmış; %80 ve %95 tahmin aralıkları ARIMA(1,0,0) modelinin tahmin standart hatalarının kombinasyon tahmini etrafına uygulanmasıyla hesaplanmıştır. Senaryo analizinde Türkiye toplam elleçlemesi OVP büyüme varsayımları (g) ve tahmin edilen esneklik (η) ile projekte edilmiştir:

$$\hat{Y}^{TR}_{T+h} = Y^{TR}_{T}\,\Pi_{j=1}^{h}\,(1 + g_{T+j})^{\eta} \quad (6)$$

Hesaplamalar Python (statsmodels 0.15) ortamında, elleçleme verileri milyon TEU cinsinden kullanılarak yapılmış; ARIMA(1,0,0) ve SES modelleri ayrıca Minitab ile tahmin edilmiştir.

2.3. Bulgular ve Tartışma

2.3.1. Tanımlayıcı İstatistikler ve Ön Analiz

Tablo 1'e göre Ambarlı'nın 2012–2025 dönemi ortalama elleçlemesi 3,105 milyon TEU, standart sapması 0,209 milyon TEU'dur; değişkenlik katsayısı (%6,7) diğer tüm değişkenlerin (%12,9–21,3) oldukça altındadır. Ambarlı'nın yıllık bileşik büyüme oranı %0,97 iken Türkiye toplamında bu oran %5,25, Marmara bölgesinde %5,45, reel GSYH'de %5,05'tir.

Tablo 1. Değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler (2012–2025)

Değişken	Birim	Ortalama	Std. sapma	En düşük	En yüksek	DK (%)	YBBO (%)
Ambarlı elleçlemesi	milyon TEU	3,105	0,209	2,780	3,445	6,7	0,97
Türkiye toplam elleçleme	milyon TEU	10,680	2,272	7,192	13,997	21,3	5,25
Marmara bölgesi elleçleme	milyon TEU	6,631	1,413	4,511	8,990	21,3	5,45
Reel GSYH	milyar TL	1.826,6	367,8	1.279,6	2.428,0	20,1	5,05

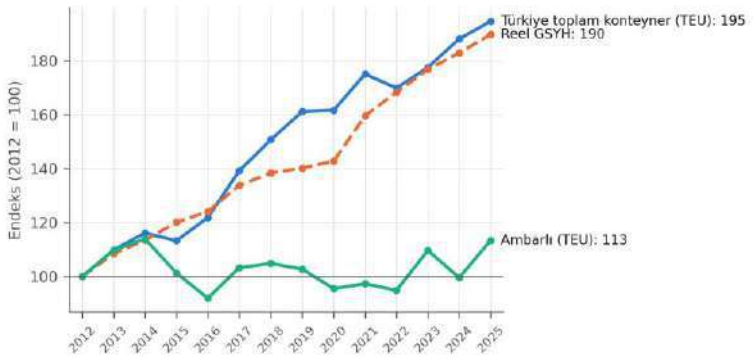
Değişken	Birim	Ortalama	Std. sapma	En düşük	En yüksek	DK (%)	YBBO (%)
Reel ihracat (mal ve hizmet)	milyar TL	441,5	82,7	321,3	551,1	18,7	4,04
Reel ithalat (mal ve hizmet)	milyar TL	403,3	52,0	323,6	491,7	12,9	3,27

Not: DK: değişkenlik katsayısı; YBBO: yıllık bileşik büyüme oranı. Makroekonomik değişkenler 2009 referans yıllı zincirlenmiş hacimdir. *Kaynak:* TÜRKLİM (2025, 2026), TÜİK (2026) verilerinden yazarlar tarafından hesaplanmıştır.

Ambarlı serisinde ADF testi birim kök hipotezini reddedememekle birlikte (ADF = –2,300; p = 0,172), KPSS testi durağanlığı reddetmemektedir (KPSS = 0,110; p > 0,10). Kısa örneklemde ADF testinin gücü düşük olduğundan diğer kanıtlar belirleyicidir: doğrusal trend katsayısı anlamsızdır (yılda –1,4 bin TEU; p = 0,925), Ljung-Box testine göre özilinti bulunmamaktadır (Q(3) = 2,48; p = 0,478) ve ARIMA(1,0,0) modelinin otoregresif katsayısı sıfıra çok yakındır (ϕ = 0,047; p = 0,905). Buna göre Ambarlı serisi yaklaşık 3,1 milyon TEU düzeyinde ortalamaya dönen bir yapı sergilemektedir. Buna karşılık Türkiye toplam elleçlemesi ve reel GSYH logaritmik düzeylerde birim kök içermekte (KPSS, p < 0,01), Ambarlı'nın Türkiye içindeki payı ise durağan değildir (KPSS, p = 0,013); bu sonuç payın kalıcı bir düşüş yaşadığını göstermektedir.

2.3.2. Ulusal Büyümeden Ayrışma

Şekil 1'de görüldüğü üzere üç seri 2014 yılına kadar birlikte hareket etmiş, 2015'ten itibaren ise Ambarlı belirgin biçimde ayrışmıştır. 2025 yılında Türkiye toplam elleçleme endeksi 195'e ve reel GSYH endeksi 190'a ulaşırken Ambarlı endeksi 113'te kalmıştır. Türkiye toplam elleçlemesi ile reel GSYH'nin yakın seyri, sorunun talep tarafında değil, talebin limanlar arasındaki dağılımında olduğunu göstermektedir.



Şekil 1. Ambarlı elleçlemesi, Türkiye toplam konteyner elleçlemesi ve reel GSYH (2012 = 100)
Kaynak: TÜRKLİM (2025, 2026) ve TÜİK (2026) verilerinden yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

Tablo 2'deki regresyon sonuçları bu bulguyu desteklemektedir. Ambarlı'nın logaritmik düzeyinin reel GSYH, ihracat ve ithalatla ilişkisi anlamsızdır ($R^2 \leq 0,022$). Büyüme oranlarında en güçlü ilişki reel ithalatla gözlenmekte (r = 0,49; esneklik 0,75), ancak %5 düzeyinde anlamlı değildir (p = 0,089). Buna karşılık Türkiye toplam elleçlemesi reel GSYH ile güçlü bir birlikte hareket sergilemektedir (esneklik 1,061; R^2 = 0,941). Düşük Durbin-Watson istatistiği (0,69) ve Engle-Granger testinin eşbütünleşmeyi destekleyememesi (t = –2,277; p = 0,385) nedeniyle bu esneklik, senaryo analizi için yaklaşık bir ölçü olarak yorumlanmıştır.

Tablo 2. Konteyner elleçlemesi ile makroekonomik değişkenler arasındaki ilişki

Bağımlı ~ Bağımsız	Düzey esnekliği	p	R^2	DW	Büyüme katsayısı	p	R^2
Ambarlı ~ Reel GSYH	–0,002	0,986	0,000	1,73	1,158	0,247	0,120
Ambarlı ~ Reel ihracat	0,000	0,999	0,000	1,73	0,210	0,478	0,047
Ambarlı ~ Reel ithalat	0,078	0,615	0,022	1,68	0,749	0,089	0,240
Türkiye ~ Reel GSYH	1,061	< 0,001	0,941	0,69	0,528	0,305	0,095
Türkiye ~ Reel ihracat	1,098	< 0,001	0,891	1,66	0,171	0,248	0,119
Türkiye ~ Reel ithalat	1,517	< 0,001	0,753	0,83	–0,045	0,851	0,003

Not: Düzey modelleri logaritmik düzeylerde (n = 14), büyüme modelleri logaritmik farklarda (n = 13) tahmin edilmiştir. DW: Durbin-Watson istatistiği.

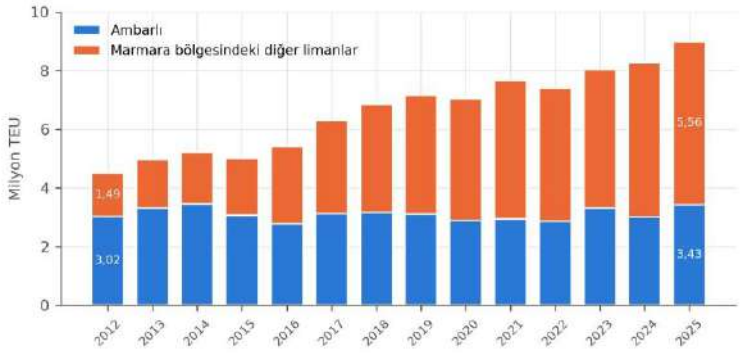
2.3.3. Bölgesel Dağılım ve Ambarlı'nın Payı

Marmara bölgesinin ulusal konteyner elleçlemesindeki payı dönem boyunca %60–64 aralığında görece sabit kalmıştır (2012'de %62,7; 2025'te %64,2); Akdeniz'in payı %20–24, Ege'nin payı %14–18 aralığında seyretmiştir (TÜRKLİM, 2025, 2026). Dolayısıyla Ambarlı'nın pay kaybı bölgeler arası bir kaymadan değil, Marmara içindeki yeniden dağılımdan kaynaklanmaktadır: Ambarlı'nın Marmara içindeki payı %67,0'dan %38,1'e, Türkiye içindeki payı ise %42,0'dan %24,5'e gerilemiştir (Şekil 2). Türkiye içindeki pay 2012–2018 döneminde ortalama %36,4 iken 2019–2025 döneminde %24,5'e inmiştir (Welch t = 5,44; p = 0,001). Tüm dönemde pay yılda ortalama 1,64 puan azalmış (p < 0,001), 2019–2025 alt döneminde ise trend anlamsızdır (yılda –0,34 puan; p = 0,294). Keskin pay kaybı büyük ölçüde 2015–2019 döneminde yaşanmış ve bu dönem Asyaport'un tam kapasiteye ulaşmasının planlandığı dönemle örtüşmektedir (Hurriyet Daily News, 2013).



Şekil 2. Ambarlı'nın Türkiye ve Marmara bölgesi konteyner elleçlemesi içindeki payı (%) Not: Gri alan 2019–2025 dönemini göstermektedir. Kaynak: TÜRKLİM (2025, 2026) verilerinden yazarlar tarafından hesaplanmıştır.

Şekil 3'e göre 2012–2025 döneminde Marmara bölgesinin elleçlemesi 4,48 milyon TEU artmış, bu artışın yalnızca 0,40 milyon TEU'su (%9,0) Ambarlı'da, 4,08 milyon TEU'su (%91,0) bölgedeki diğer limanlarda gerçekleşmiştir. Diğer limanların toplam elleçlemesi 1,49 milyon TEU'dan 5,56 milyon TEU'ya yükselmiştir (yıllık ortalama %10,7).



Şekil 3. Marmara bölgesinde konteyner elleçlemesi: Ambarlı ve bölgedeki diğer limanlar (milyon TEU) Kaynak: TÜRKLİM (2025, 2026) verilerinden yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

2.3.4. Model Karşılaştırması

Tablo 3'e göre en düşük MAPE değeri eşit ağırlıklı kombinasyonla elde edilmiştir (%6,81); onu ARIMA(1,0,0) (%6,87) ile SES ve tarihsel ortalama (%6,89) izlemektedir. Tüm eğitim dönemlerinde SES için en uygun düzeltme parametresi sınır değerde ($\alpha = 0$) bulunduğundan SES tahminleri eğitim dönemi ortalamasıyla özdeşleşmiştir. Tüm modellerin MASE değerlerinin 1'e yakın veya üzerinde olması, kısa ve gürültülü seride hiçbir modelin naive ölçeğe göre belirgin üstünlük sağlayamadığını göstermektedir.

Tablo 3. Ambarlı için örneklem dışı tahmin performansı (2020–2025, 15 tahmin)

Model	MAPE (%)	MAPE h = 1 (%)	RMSE (bin TEU)	MASE
Kombinasyon (SES + AR(1) + Sönümlü Holt)	**6,81**	**6,53**	**253,5**	**1,045**
ARIMA(1,0,0)	6,87	7,02	239,1	1,041
SES / Tarihsel ortalama ($\alpha = 0$)	6,89	6,92	235,5	1,038
Naive	7,54	7,98	292,2	1,175
GM(1,1)	7,75	5,89	344,9	1,257
Sönümlü Holt	7,82	6,20	308,4	1,229
Pay modeli (ulusal tahmin × son pay)	10,09	9,37	356,6	1,435

Not: Eğitim dönemleri 2012'de başlayıp 2019–2024 yıllarında sona ermektedir; tahmin ufku 1–3 yıldır.

Reel ithalat büyümesini içeren ARIMAX modeli, dışsal değişkenin gerçekleşen değerleri kullanılmasına rağmen ARIMA(1,0,0) modelinden daha yüksek hata üretmiştir (MAPE %7,30); bu nedenle diğer modellerle aynı koşullarda karşılaştırılamayan bu model Tablo 3'te gösterilmemiştir. İthalat büyümesi katsayısı anlamsız ($\gamma = 0{,}004$; $p = 0{,}810$), Akaike bilgi kriteri ise 1,91'den 3,73'e yükselmiştir. Pay tabanlı model en yüksek hatayı üretmiştir (MAPE %10,09): ulusal hacim başarıyla tahmin edilebilmesine karşın (MAPE %5,22) Ambarlı doğrulama dönemi boyunca pay kaybetmeye devam ettiğinden model sistematik olarak yüksek tahmin üretmiştir. Diebold-Mariano testine göre kombinasyon, GM(1,1) (DM = –2,18; $p = 0{,}046$) ve sönümlü Holt (DM = –2,37; $p = 0{,}033$) modellerinden anlamlı biçimde daha başarılıdır; naive ($p = 0{,}206$), pay modeli ($p = 0{,}181$) ve tarihsel ortalama ($p = 0{,}230$) ile farkları ise kısa doğrulama örnekleminde anlamlı değildir. Bu nedenle nihai tahmin için model belirsizliğine karşı sağlamlık sağlayan kombinasyon tercih edilmiştir.

2.3.5. 2026–2028 Dönemi Tahminleri ve Senaryolar

Tablo 4'e göre naive dışındaki tüm modeller 3,07–3,12 milyon TEU aralığında birleşmektedir. Kombinasyon tahminine göre Ambarlı'nın elleçlemesi 2026'da 3,101, 2027 ve 2028'de 3,095 milyon TEU olacaktır (%95 tahmin aralığı yaklaşık 2,70–3,49 milyon TEU). Bu tahminler, 2025'teki 3,43 milyon TEU'luk değerin kalıcı bir seviye değişimi değil, 2014 ve 2023'te de

gözlenen türden bir sapma olduğu varsayımına dayanmaktadır. ARIMA(1,0,0) modeli Minitab ile de tahmin edilmiş; AR(1) katsayısı 0,052 (p = 0,875), ortalama 3,106 milyon TEU ve 2026–2028 tahminleri 3,123, 3,107 ve 3,106 milyon TEU bulunmuş, kalıntılarda özilinti saptanmamıştır (Ljung-Box Q(12) = 8,8; p = 0,549).

Tablo 4. Ambarlı konteyner elleçlemesi tahminleri, 2026–2028 (milyon TEU)

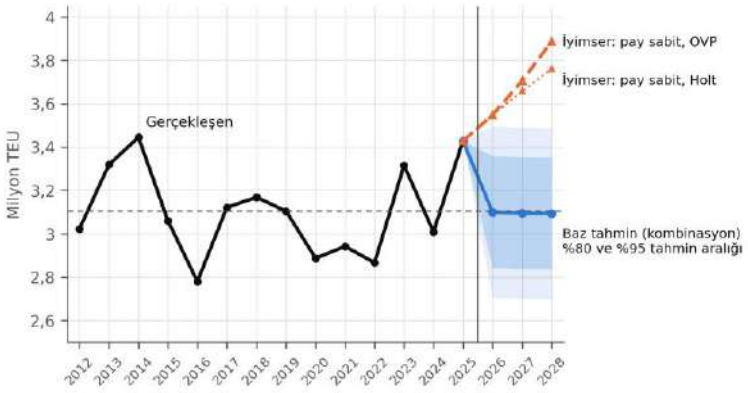
Model	2026	2027	2028
Naive	3,428	3,428	3,428
SES / Tarihsel ortalama (α = 0)	3,105	3,105	3,105
Sönümlü Holt	3,075	3,074	3,073
ARIMA(1,0,0)	3,121	3,107	3,106
GM(1,1)	3,077	3,072	3,067
Kombinasyon (baz tahmin)	**3,101**	**3,095**	**3,095**
%80 tahmin aralığı	2,843–3,358	2,837–3,353	2,837–3,353
%95 tahmin aralığı	2,707–3,495	2,701–3,490	2,700–3,489

İki iyimser senaryoda Ambarlı'nın Türkiye içindeki payının 2025 düzeyinde (%24,49) sabit kaldığı varsayılmıştır (Tablo 5). Türkiye toplam elleçlemesi senaryo A'da logaritmik sönümlü Holt modeliyle (φ = 0,936), senaryo B'de OVP'nin reel GSYH büyüme varsayımları (%3,3, %4,2 ve %4,6; SBB, 2026) ve 1,061 esneklikle projekte edilmiş ve 2028'de 15,4–15,9 milyon TEU'ya ulaşması beklenmektedir. Bu varsayımlar altında Ambarlı'nın elleçlemesi 2028'de 3,76–3,89 milyon TEU'ya yükselebilecektir. Buna karşılık baz senaryo, Ambarlı'nın payının 2028'de yaklaşık %19,5–20,2'ye gerileyeceğini ima etmektedir.

Tablo 5. Senaryo analizi: Türkiye toplamı ve Ambarlı (milyon TEU)

Senaryo / gösterge	2026	2027	2028
Türkiye toplamı – sönümlü Holt (log)	14,494	14,934	15,358
Türkiye toplamı – OVP büyümesi × esneklik (1,061)	14,487	15,134	15,874
Ambarlı – baz (kombinasyon)	**3,101**	**3,095**	**3,095**
Baz senaryonun ima ettiği pay (%)	21,4	20,5–20,7	19,5–20,2
Ambarlı – iyimser A (pay %24,49, sönümlü Holt)	3,550	3,658	3,762
Ambarlı – iyimser B (pay %24,49, OVP)	3,548	3,707	3,888

2026 yılının ilk yarısına ait veriler baz senaryoyu destekler niteliktedir: bir önceki yılın aynı dönemine göre reel GSYH %2,5 artarken reel mal ve hizmet ihracatı %8,0, reel ithalat %4,4 gerilemiştir (TÜİK, 2026). Ambarlı ile en yüksek korelasyonu gösteren değişkenin ithalat olduğu dikkate alındığında, bu daralma 2026 elleçlemesinin 2025'teki yüksek düzeyin altında kalacağına işaret etmektedir.



Şekil 4. Ambarlı konteyner elleçlemesi: gerçekleşen değerler, 2026–2028 baz tahmini ve iyimser senaryolar (milyon TEU) Not: Koyu ve açık mavi alanlar sırasıyla %80 ve %95 tahmin aralıklarını, kesikli yatay çizgi 2012–2025 ortalamasını göstermektedir.

2.3.6. Tartışma

Bulgular, Ambarlı'nın konteyner elleçlemesinin 2012–2025 döneminde ulusal konteyner talebinden yapısal olarak ayrıştığını göstermektedir: ulusal hacim reel GSYH ile birlikte büyürken Marmara'daki yeni talebin yaklaşık onda dokuzu Ambarlı dışındaki limanlara yönelmiştir. Bu tablo liman bölgeselleşmesi ve rekabeti literatürüyle uyumludur (Notteboom ve Rodrigue, 2005; Notteboom vd., 2022). Rekabet Kurulu'nun (2020) Asyaport'un bölgedeki konumunun büyük ölçüde MSC'ye verdiği hizmetten kaynaklandığını ve aktarma yüklerinin hızla arttığını belirtmesi bu yorumu desteklemektedir.

Ambarlı'nın durgunluğunun bir diğer olası açıklaması fiziksel kapasite kısıtı olabilir; ancak beyan edilen kapasiteler bu açıklamayı desteklememektedir (Tablo 6). Marport'un yıllık kapasitesi 2,3 milyon TEU (Marport, 2021), Kumport'un 2,1 milyon TEU (TÜRKLİM, t.y.-a) ve Mardaş'ın 2,0 milyon TEU (Logistics Cluster, t.y.; TÜRKLİM, t.y.-b) olup toplam kapasite yaklaşık 6,4 milyon TEU'dur. 2025'te elleçlenen 3,43 milyon TEU bu kapasitenin %53,6'sına karşılık gelmektedir. Limanların sıkışıklık yaşamadan büyüyebilmek için en az %25 büyüme rezervi bulundurması gerektiği (Sedef, 2026) dikkate alındığında bile kullanılabilir kapasite yaklaşık 4,8 milyon TEU'dur. Dolayısıyla Ambarlı azami kapasitesine ulaşmamıştır ve iyimser senaryodaki hacim de mevcut kapasiteyle karşılanabilir. Rekabet Kurulu'nun (2020) bölgede yaklaşık %56 atıl kapasite tespiti de bununla tutarlıdır. Ambarlı'nın durgunluğu fiziksel kapasite yetersizliğinden değil, yük akışlarının ve armatör tercihlerinin bölgedeki terminaller arasındaki dağılımından kaynaklanmaktadır; bununla birlikte kentsel konum, uzun vadede saha ve kara bağlantıları bakımından kısıt oluşturabilir.

Tablo 6. Ambarlı konteyner terminallerinin beyan edilen kapasiteleri ve kapasite kullanımı

Terminal / gösterge	Kapasite (milyon TEU/yıl)	Kaynak
Marport	2,3	Marport (2021)
Kumport	2,1	TÜRKLİM (t.y.-a)
Mardaş	2,0	Logistics Cluster (t.y.); TÜRKLİM (t.y.-b)
Toplam beyan edilen kapasite	**6,4**	
Kapasite kullanımı – 2014 / 2025	%53,8 / %53,6	Yazarların hesaplaması
Kapasite kullanımı – 2028 baz / iyimser B	%48,4 / %60,7	Yazarların hesaplaması

Not: Kapasiteler nominal değerlerdir; etkin kapasite rıhtım, saha ve su derinliği koşullarına bağlı olarak daha düşük olabilir.

Yöntemsel açıdan sonuçlar, kısa yıllık serilerde basit yöntemlerin ve tahmin kombinasyonunun güçlü performansına ilişkin literatürle tutarlıdır (Clemen, 1989; Makridakis vd., 2020). GM(1,1) modelinin trendsiz ve dalgalı Ambarlı serisinde kombinasyondan anlamlı biçimde daha kötü performans göstermesi, gri modellerin uygulanmadan önce serinin üstel büyüme varsayımına uygunluğunun sınanması gerektiğini göstermektedir. Planlama açısından ise payın sabit kalacağı varsayımı örneklem dışı doğrulamada %10 düzeyinde hata üretmiş ve 2028 için baz tahminden yaklaşık 0,7–0,8 milyon TEU daha yüksek bir hacim öngörmüştür; ulusal büyüme varsayımlarının liman düzeyine doğrudan aktarılması ciddi hatalara yol açabilir.

Çalışmanın sınırlılıkları şunlardır: 14 yıllık gözlem sayısı test gücünü sınırlamaktadır; veriler terminal düzeyinde ayrıştırılmadığından terminaller arasındaki farklı dinamikler incelenememiştir; aktarma ve hinterland yükleri ayrı modellenmemiştir; Kızıldeniz ve Süveyş Kanalı kaynaklı rota değişiklikleri gibi küresel şoklar modele dahil edilmemiştir.

3. SONUÇ

Bu çalışmada Ambarlı'nın 2026–2028 dönemi konteyner elleçlemesi 2012–2025 yıllık verileriyle tahmin edilmiştir. Örneklem dışı doğrulamada en düşük hata SES, ARIMA(1,0,0) ve sönümlü Holt modellerinin eşit ağırlıklı kombinasyonuyla elde edilmiştir (MAPE %6,81). Baz senaryoda Ambarlı'nın yıllık yaklaşık 3,10 milyon TEU (%95 tahmin aralığı 2,70–3,49 milyon TEU), payın 2025 düzeyinde korunduğu iyimser senaryoda ise 2028'de 3,76–3,89 milyon TEU elleçlemesi beklenmektedir. Temel bulgu, Ambarlı'nın ulusal büyümeden ayrışmasıdır: 2012–2025 döneminde reel GSYH %89,7 ve Türkiye toplam konteyner elleçlemesi %94,6 artarken Ambarlı'nın elleçlemesi yalnızca %13,4 artmış; pay kaybı ağırlıklı olarak 2015–2019 döneminde yaşanmış ve 2019 sonrasında pay %22–26 bandında istikrar kazanmıştır.

Bu bulgular doğrultusunda, rekabetin yoğun olduğu liman bölgelerinde tekil liman tahminlerinin ulusal büyüme oranlarından türetilmesi yerine limanın bölgesel paydaki eğiliminin açıkça modellenmesi ve kısa serilerde ölçüt modelleri de içeren şeffaf bir karşılaştırma ile tahmin kombinasyonunun kullanılması önerilmektedir. Ambarlı terminallerinin yaklaşık %54 kapasite kullanımıyla çalıştığı dikkate alındığında, öncelik ek kapasite yatırımından çok verimlilik ve hizmet bağlantıları aracılığıyla bölgesel payın korunmasına verilmelidir. Gelecek çalışmalarda terminal düzeyindeki aylık verilerle aktarma ve hinterland yüklerinin ayrıştırılması ve 2026 gerçekleşmeleriyle tahminlerin yeniden değerlendirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Bal E.T. (2019). Konteyner Elleçleme İçin Ekonometrik Tahminleme: ARMA Modeli Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi, İskenderun.

Bates J.M., Granger C.W.J. (1969). The Combination of Forecasts. Operational Research Quarterly, 20 (4), 451-468.

Box G.E.P., Jenkins G.M., Reinsel G.C., Ljung G.M. (2015). Time Series Analysis: Forecasting and Control (5th ed.). Wiley, Hoboken.

Caliskan A., Karaoz B. (2019). Can Market Indicators Forecast the Port Throughput? International Journal of Data Mining, Modelling and Management, 11 (1), 45-63.

Chou C.C., Chu C.W., Liang G.S. (2008). A Modified Regression Model for Forecasting the Volumes of Taiwan's Import Containers. Mathematical and Computer Modelling, 47 (9-10), 797-807.

Clemen R.T. (1989). Combining Forecasts: A Review and Annotated Bibliography. International Journal of Forecasting, 5 (4), 559-583.

Deng J.L. (1982). Control Problems of Grey Systems. Systems & Control Letters, 1 (5), 288-294.
Deniz E. (2025a). Marmara Bölgesinde Elleçlenen Yüklerin Analizi ve Tahmin Edilmesi. Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 26 (1), 1-15.
Deniz E. (2025b). Time Series Analysis and Forecasting of Container Handling at the Port of Mersin. In Selçuk 12th International Conference on Applied Sciences, pp. 617-633. Konya.
Deniz E. (2025c). Time Series Analysis and Forecasting of Turkey's Export and Import Values. Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 26 (1), 33-43.
Dickey D.A., Fuller W.A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. Journal of the American Statistical Association, 74 (366), 427-431.
Diebold F.X., Mariano R.S. (1995). Comparing Predictive Accuracy. Journal of Business & Economic Statistics, 13 (3), 253-263.
Engle R.F., Granger C.W.J. (1987). Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. Econometrica, 55 (2), 251-276.
Gardner E.S. Jr., McKenzie E. (1985). Forecasting Trends in Time Series. Management Science, 31 (10), 1237-1246.
Gosasang V., Chandraprakaikul W., Kiattisin S. (2011). A Comparison of Traditional and Neural Networks Forecasting Techniques for Container Throughput at Bangkok Port. The Asian Journal of Shipping and Logistics, 27 (3), 463-482.
Hurriyet Daily News (2013). Tekirdağ to Get Huge Port No Later Than November. 15 Ocak 2013. https://www.hurriyetdailynews.com/tekirdag-to-get-huge-port-no-later-than-november-39174
Hyndman R.J., Athanasopoulos G. (2021). Forecasting: Principles and Practice (3rd ed.). OTexts, Melbourne.
Hyndman R.J., Koehler A.B. (2006). Another Look at Measures of Forecast Accuracy. International Journal of Forecasting, 22 (4), 679-688.
Hyndman R.J., Koehler A.B., Ord J.K., Snyder R.D. (2008). Forecasting with Exponential Smoothing: The State Space Approach. Springer, Berlin.
Kwiatkowski D., Phillips P.C.B., Schmidt P., Shin Y. (1992). Testing the Null Hypothesis of Stationarity Against the Alternative of a Unit Root. Journal of Econometrics, 54 (1-3), 159-178.
Ljung G.M., Box G.E.P. (1978). On a Measure of Lack of Fit in Time Series Models. Biometrika, 65 (2), 297-303.
Logistics Cluster (t.y.). Türkiye Logistics Capacity Assessment: Port of Ambarlı. https://d10.dlca.logcluster.org/node/5794 (Erişim tarihi: 1 Ekim 2026).
Makridakis S., Spiliotis E., Assimakopoulos V. (2020). The M4 Competition: 100,000 Time Series and 61 Forecasting Methods. International Journal of Forecasting, 36 (1), 54-74.
Marport (2021). Marport Kurumsal Sunumu. Transport Events Konferansı, İstanbul. https://transportevents.com/presentations/Istanbul2021/23-Fatih.pdf
Notteboom T.E., Rodrigue J.-P. (2005). Port Regionalization: Towards a New Phase in Port Development. Maritime Policy & Management, 32 (3), 297-313.
Notteboom T., Pallis A., Rodrigue J.-P. (2022). Port Economics, Management and Policy. Routledge, London.
Peng W.Y., Chu C.W. (2009). A Comparison of Univariate Methods for Forecasting Container Throughput Volumes. Mathematical and Computer Modelling, 50 (7-8), 1045-1057.

Rashed Y., Meersman H., Van de Voorde E., Vanelslander T. (2017). Short-Term Forecast of Container Throughout: An ARIMA-Intervention Model for the Port of Antwerp. Maritime Economics & Logistics, 19 (4), 749-764.

Rekabet Kurulu (2020). Terminal Investment Limited Sàrl / Marport Liman İşletmeleri Sanayi ve Ticaret A.Ş. Kararı, Karar No: 20-37/523-231, 13.08.2020. Rekabet Kurumu, Ankara.

SBB – T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2026). Orta Vadeli Program (2027-2029). https://www.sbb.gov.tr/

Schulze P.M., Prinz A. (2009). Forecasting Container Transshipment in Germany. Applied Economics, 41 (22), 2809-2815.

Sedef B. (2026). Limanlarda Akıllı Çözümün Anahtarı: Dikey Depolama ve Otomasyon. Ekonomi Gazetesi, 6 Ağustos 2026. https://www.ekonomigazetesi.com/sektor-haberleri/limanlarda-akilli-cozumun-anahtari-dikey-depolama-ve-otomasyon-84747

Tongzon J.L. (2009). Port Choice and Freight Forwarders. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 45 (1), 186-195.

TÜİK – Türkiye İstatistik Kurumu (2026). Harcama Yöntemiyle Gayrisafi Yurtiçi Hasıla, Zincirlenmiş Hacim (2009 Referans Yılı), Çeyreklik, 2012Ç1–2026Ç2. Merkezi Dağıtım Sistemi (MEDAS). https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=88&locale=tr (Erişim tarihi: 1 Ekim 2026).

TÜRKLİM – Türkiye Liman İşletmecileri Derneği (t.y.-a). Kumport. https://www.turklim.org/en/turklim-members/kumport/ (Erişim tarihi: 1 Ekim 2026).

TÜRKLİM – Türkiye Liman İşletmecileri Derneği (t.y.-b). Mardaş. https://www.turklim.org/en/turklim-members/mardas/ (Erişim tarihi: 1 Ekim 2026).

TÜRKLİM – Türkiye Liman İşletmecileri Derneği (2025). Sektör İstatistikleri [2012–2015 yıllarına ait değerler]. https://www.turklim.org/sektor-istatistikleri/ (Erişim tarihi: 17 Ekim 2025).

TÜRKLİM – Türkiye Liman İşletmecileri Derneği (2026). Sektör İstatistikleri [2016–2025 yıllarına ait değerler]. https://www.turklim.org/sektor-istatistikleri/ (Erişim tarihi: 1 Ekim 2026).

Xie G., Wang S., Zhao Y., Lai K.K. (2013). Hybrid Approaches Based on LSSVR Model for Container Throughput Forecasting: A Comparative Study. Applied Soft Computing, 13 (5), 2232-2241.

ÇALIŞANLARIN MARKA KİŞİLİĞİ ALGILAMALARI İLE İŞVEREN MARKA ÇEKİCİLİĞİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

THE RELATIONSHIP BETWEEN EMPLOYEES' PERCEPTIONS of BRAND PERSONALITY and EMPLOYER BRAND ATTRACTIVENESS

Emine DURNA
Marmara University, Institute of Social Sciences
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet BAŞCI
Marmara University, Faculty of Business Administration

ABSTRACT

The aim of this study is to examine the relationships between employees' perceptions of brand personality and employer brand attractiveness. In the study, brand personality is examined within the dimensions of competence, excitement, sophistication, sincerity, and reliability, while employer brand attractiveness is examined within the dimensions of socio-economic value, interest value, social value, development value, and application value. The study was conducted with 384 undergraduate and graduate students enrolled at Marmara University, and data were collected through an online questionnaire. The collected data were analyzed using the SPSS statistical software. Exploratory factor analysis was conducted to determine the construct validity and dimensions of the scales, reliability analysis was performed to assess their internal consistency, and correlation analysis was conducted to examine the relationships between the variables.

The findings indicate that there are generally positive and statistically significant relationships between the dimensions of brand personality competence, excitement, sophistication, sincerity, and reliability and various dimensions of employer brand attractiveness. In particular, the dimensions of excitement, sophistication, and reliability demonstrated moderate positive relationships with different dimensions of employer brand attractiveness. The relationships between the sincerity dimension and the dimensions of employer brand attractiveness were found to be weak. Significant and positive relationships were identified between mastery and the socio-economic value, interest value, social value, application value, and development value dimensions of employer brand attractiveness. Overall, the findings demonstrate that employees' perceptions of organizational brand personality are significantly associated with their evaluations of the attractiveness of the organization as an employer.

Keywords: Brand personality, employer brand, employer brand attractiveness, employee perceptions, brand personality dimensions.

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, çalışanların marka kişiliği algılamaları ile işveren marka çekiciliği algıları arasındaki ilişkileri incelemektir. Araştırmada marka kişiliği; ustalık, heyecan, seçkinlik, samimiyet ve güvenilirlik boyutları kapsamında, işveren marka çekiciliği ise sosyo-ekonomik değer, ilgi değeri, sosyal değer, gelişim değeri ve uygulama değeri boyutları kapsamında ele alınmıştır. Araştırmanın kapsamında Marmara Üniversitesi'nde öğrenim gören

384 lisans ve yüksek lisans öğrencisinden çevrim içi anket yöntemiyle veri toplanmıştır. Elde edilen veriler SPSS programı kullanılarak analiz edilmiştir. Araştırmada ölçeklerin yapı geçerliliğini ve boyutlarını belirlemek amacıyla faktör analizi, güvenilirliklerini değerlendirmek amacıyla güvenirlilik analizi değişkenler arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla ise korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir.

Araştırma sonucunda, marka kişiliğinin ustalık, heyecan, seçkinlik, samimiyet ve güvenilirlik boyutları ile işveren marka çekiciliğinin çeşitli boyutları arasında genel olarak pozitif yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler olduğu belirlenmiştir. Özellikle heyecan, seçkinlik ve güvenilirlik boyutlarının işveren marka çekiciliğinin farklı boyutlarıyla orta düzeyde pozitif yönlü ilişkiler gösterdiği görülmüştür. Samimiyet boyutu ile işveren marka çekiciliğinin boyutları arasındaki ilişkilerin ise zayıf düzeyde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Ustalık boyutu ile işveren marka çekiciliğinin sosyo-ekonomik değer, ilgi değeri, sosyal değer, uygulama değeri ve gelişim değeri boyutları arasında anlamlı ve pozitif yönlü ilişkiler bulunmuştur. Genel olarak elde edilen bulgular, çalışanların örgüte ilişkin marka kişiliği algıları ile işveren markasının çalışanlar açısından çekiciliğine yönelik değerlendirmeleri arasında anlamlı bir ilişki bulunduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Marka kişiliği, işveren markası, işveren marka çekiciliği, çalışan algısı, marka kişiliği boyutları.

GİRİŞ

Günümüzde gelişmiş ülkelerdeki demografik değişimler, şirketlerin işgücü piyasasındaki rollerini yeniden düşünmeye zorlamaktadır. Bir şirketteki aynı pozisyon için rekabet eden birden fazla aday yerine aynı aday için rekabet eden birden fazla şirketin olması durumu giderek daha belirgin hale gelmektedir. Bu nedenle, insan kaynakları yönetiminin rolü değişmekte ve geleneksel yükümlülüklerine ek olarak, pozisyonları 'satma' görevi de eklenmektedir. Bu bağlamda, geçmişte yalnızca pazarlama departmanına ait olduğu düşünülen alanlarda destek aramak, sürecin etkinliği açısından faydalı olabilmektedir (Franca & Pahor, 2012, s. 79). Günümüzde ise çalışanlar saygın kuruluşlarda çalışmayı tercih etmektedir. Çalışanlarına değer veren ve onlara adil davranan işverenleri düşünmektedirler (Kaur & Syal, 2017). Bu bağlamda işveren markası kavramı, işletmelerin çalışanlara sunduğu ekonomik ve fonksiyonel faydaların yanı sıra, örgüte ilişkin sembolik ve duygusal anlamların da yönetilmesini kapsayan önemli bir yaklaşım olarak ortaya çıkmaktadır.

İşveren markasının temel unsurlarından biri olan işveren marka çekiciliği, bireylerin bir işletmeyi çalışılabilecek bir işveren olarak ne ölçüde çekici bulduğunu ifade etmektedir. Çalışanların ve potansiyel çalışanların işverene ilişkin değerlendirmelerinde ücret, kariyer olanakları ve çalışma koşulları gibi araçsal özelliklerin yanı sıra, örgütün yenilikçi, güvenilir, samimi, prestijli veya dinamik olarak algılanması gibi sembolik özellikler de etkili olabilmektedir. Bu durum, işveren markasının yalnızca işletmenin sunduğu somut faydalar üzerinden değil, aynı zamanda bireylerin örgüte yüklediği anlamlar üzerinden de şekillendiğini göstermektedir.

Marka kişiliği kavramı ise markalara insanlara özgü kişilik özelliklerinin atfedilmesini ifade etmektedir. Tüketicilerin bir markayı belirli kişilik özellikleriyle tanımlayabilmesine benzer şekilde, çalışanlar da örgütleri belirli kişilik özellikleri üzerinden algılayabilmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, bir işletmenin çalışanlar tarafından nasıl bir kişiliğe sahip olarak algılandığı, söz konusu işletmenin işveren olarak değerlendirilmesinde önemli bir unsur olabilir. Özellikle işletmenin yetkin, heyecan verici, seçkin, samimi veya güvenilir olarak algılanması, çalışanların örgüte yönelik genel değerlendirmeleriyle ilişkili olabilmektedir.

Bu noktada marka kişiliği ile işveren marka çekiciliği arasındaki ilişkinin incelenmesi önem kazanmaktadır. İşveren markası literatüründe araçsal ve sembolik özelliklerin çalışanların ve adayların örgüte yönelik değerlendirmeleri üzerindeki rolü ele alınmış olmakla birlikte, örgüte atfedilen marka kişiliği özellikleri ile işveren marka çekiciliği arasındaki ilişkinin farklı boyutlar üzerinden incelenmesi, konuya ilişkin daha kapsamlı bir bakış açısı sunmaktadır. Dolayısıyla çalışanların örgüte ilişkin marka kişiliği algılarının, örgütün işveren olarak çekiciliğine yönelik değerlendirmeleriyle nasıl bir ilişki içerisinde olduğunun ortaya konulması hem marka yönetimi hem de insan kaynakları yönetimi açısından önem taşımaktadır.

Bu araştırmanın temel amacı, çalışanların marka kişiliği algılamaları ile işveren marka çekiciliği arasındaki ilişkileri incelemektir. Bu doğrultuda araştırmada marka kişiliği; ustalık, heyecan, seçkinlik, samimiyet ve güvenilirlik boyutları kapsamında ele alınırken, işveren marka çekiciliği; sosyo-ekonomik değer, ilgi değeri, sosyal değer, gelişim değeri ve uygulama değeri boyutları kapsamında incelenmiştir. Araştırmanın temel problemi, çalışanların örgüte ilişkin marka kişiliği algıları ile işveren marka çekiciliği algıları arasında anlamlı bir ilişki bulunup bulunmadığının belirlenmesidir.

Bu doğrultuda çalışmanın birinci bölümünde marka, işveren markası, marka kişiliği ve işveren marka çekiciliğine ilişkin kavramsal ve teorik çerçeve açıklanmaktadır. İkinci bölümde araştırmanın amacı ve önemi, araştırmanın yöntemi ve sınırları, araştırma modeli, hipotezleri, örneklemi ve kullanılan veri toplama araçları açıklanmaktadır. Araştırma kapsamında elde edilen bulgularla ve hipotezlerle araştırmanın geçerliliği test edilmektedir. Son bölümde ise araştırma bulguları genel olarak değerlendirilmekte, sonuçlara ilişkin çıkarımlar ortaya konulmaktadır.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

İşveren Markası Kavramı

Markalar bir firmanın en değerli varlıkları arasındadır ve sonuç olarak marka yönetimi birçok firmada kilit bir faaliyettir. Firmalar markalaşma çabalarını genellikle ürün ve kurumsal marka geliştirmeye odaklasalar da markalaşma insan kaynakları yönetimi alanında da kullanılabilmektedir. Markalaşma ilkelerinin insan kaynakları yönetimine uygulanması "işveren markası" olarak adlandırılmaktadır. Firmalar, işe alımları çekmek ve mevcut çalışanların firmanın kültürüne ve stratejisine bağlı kalmasını sağlamak için işveren markasını giderek daha fazla kullanmaktadırlar. İşveren markası, "çalışanların, potansiyel çalışanların ve ilgili paydaşların belirli bir firmaya ilişkin farkındalık ve algılarını yönetmeye yönelik hedefli, uzun vadeli bir strateji" olarak tanımlanmaktadır (Sullivan 2004 s501'den aktaran Backhaus & Tikoo, 2004). Bu konuya pazarlama merceğinden bakıldığında, çalışanların cezbedilmesi ve elde tutulması da bir şirketin müşterileri çekmek ve tekrar alıcı olmalarını sağlamak için bir ürün / hizmette değer sunduğu müşteri edinme ve elde tutmaya benzemektedir (Alshathry, Clarke, & Goodman, 2017, s. 415).

Bu faktörler, potansiyel çalışanlar arasında başvuru niyetini artıracak olumlu bir firma itibarı oluşturmak için önemlidir. Yetenekli gençleri arayan kuruluşlar, işe alım stratejilerini bu tür değerlendirmelere dayanarak oluşturmalıdır. Bulgular, mevcut iş başvuru sahiplerinin şirket hakkındaki algılarını izlemek ve "uygun hedef kitlelere"- potansiyel çalışanlara- hitap etmek için kullanılabilir. Sonuçlar, pazarlama ve İK uzmanları ve uygulayıcıları tarafından iletişim ve işe alım stratejilerinin formüle edilmesi ve yürütülmesinde kullanılmaktadır (Eger, Mičík, Gangur, & Řehoř, 2019, s. 535). İnsan kaynakları yönetimi ve pazarlama literatürlerini entegre eden bu çerçeve, çalışanlar (potansiyel ve mevcut) ile işverenler arasındaki istihdam ilişkisinin işe alım aşamasında başlayan ve iş sözleşmesi boyunca devam eden etkileşimli doğasını kabul

etmektedir. Bu çerçeve teorik ve pratik değere sahiptir. Gelecekteki araştırmalarda ampirik olarak incelenebilecek bir dizi önerme için teorik bir gerekçe sağlar (Alshathry, Clarke, & Goodman, 2017, s. 413).

Marka Kişiliği Kavramı

Marka kişiliği, bir markanın tüketicilerle duygusal bağ kurarak kendine özgü bir "karakter" oluşturup, marka ile etkileşime giren tüketicilerin gözündeki algısını tanımlamak için kullanılan önemli bir kavramdır. Tüketiciler, markaların nasıl bir duygu uyandırdığına, nasıl bir ilişki kurduğuna ve kendilerine nasıl bir izlenim bıraktığına dikkat ederler. Bu sebeple, bir marka güvenilir ve samimi olduğunda, tüketicilerle kurdukları bağ güçlenir. Bu da tüketicilerin marka tercihlerini ve sadakatini etkiler. Bu bağlamda, marka kişiliği pazarlama stratejileri açısından kilit bir rol oynar ve markanın başarısını doğrudan etkiler.

Phau & Lau 2000 yılında yayınladıkları çalışmada marka kişiliği, tüketicilerin marka tercihlerini ve markayla kurdukları ilişkiyi açıklamada önemli bir kavram olarak değerlendirilmektedir. İncelenen çalışma, marka kişiliğinin yalnızca markaya atfedilen insana özgü özelliklerden oluşmadığını; aynı zamanda tüketicilerin benlik kavramları, benlik uyumları ve kendini ifade etme biçimleri ile karşılıklı bir ilişki içerisinde şekillenebileceğini ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda tüketiciler, tercih ettikleri markaların kişiliklerini yalnızca pasif biçimde algılayan taraflar olmayıp, kendi sahip oldukları veya sahip olmak istedikleri kişilik özelliklerini markaya yansıtarak markanın algılanan kişiliğinin oluşumuna katkıda bulunabilmektedir (Phau & Lau, 2000, s. 64).

Azoulay ve Kapferer (2003), marka kişiliği kavramının akademik pazarlama literatüründe yaygınlaşmasından önce reklamcılık ve pazarlama uygulamalarında kullanılmaya başlandığını belirtmektedir. Martineau (1958) ve King (1970) gibi öncü çalışmalar, tüketicilerin markaları insanlara benzer biçimde değerlendirebildiklerini ve markalara çeşitli kişilik özellikleri atfedebildiklerini ortaya koymuştur. Özellikle tüketicilerden markaları bir insan, film yıldızı veya hayvan gibi düşünerek tanımlamalarının istendiği projektif teknikler, markaların insani özellikler üzerinden anlamlandırılabileceğini göstermiştir. 1997 yılında Aaker tarafından marka kişiliğinin ölçülmesine yönelik bir ölçeğin geliştirilmesi ise kavrama ilişkin araştırmaların hızla artmasına ve marka kişiliğinin farklı ülke ve kültürlerde incelenmesine zemin hazırlamıştır. Bununla birlikte Azoulay ve Kapferer (2003), marka kişiliğinin zaman içerisinde fazla geniş bir anlamda ele alınmasının kavramsal bir karmaşaya neden olduğunu savunmaktadır. Yazarlara göre marka kişiliği, marka kimliğinin tamamını ifade etmemekte; marka kimliği içerisinde yer alan ayrı ve özgül bir boyutu oluşturmaktadır. Bu nedenle marka kişiliğinin; marka kültürü ve değerleri, fiziksel özellikler ve tüketicinin markaya ilişkin yansıtılması gibi diğer marka kimliği unsurlarından ayrıştırılması gerekmektedir. Ayrıca pazarlama alanında kullanılan kişilik kavramının psikoloji disiplininden türetilmiş olması nedeniyle, marka kişiliğinin psikolojideki kişilik kavramıyla ilişkisi dikkate alınarak daha açık ve sınırları belirlenmiş biçimde tanımlanması gerektiği vurgulanmaktadır (Azoulay & Kapferer, 2003, s. 144-146).

Marka Kişiliği Boyutları

Marka kişiliği araştırmalarında önemli bir dönüm noktası Aaker'ın (1997) çalışması olmuştur. Aaker, marka kişiliğini “bir markayla ilişkilendirilen insan özellikleri bütünü” olarak tanımlamış ve farklı markalara uygulanabilecek genel bir marka kişiliği ölçeği geliştirmiştir (Davies, Méndez, Whelan, Mete, & Loo, 2018, s. 116). Marka kişiliği boyutlarını belirlemek için toplamda 631 katılımcı, 37 markanın 114 kişilik özelliği üzerinden bir değerlendirme yaptı.

Yapılan faktör analizleri, markaların Samimiyet, Heyecan, Ustalık, Seçkinlik ve Sertlik olmak üzere beş ayrı kişilik boyutuna sahip olduğunu ortaya koydu. Sonuç olarak, Aaker'ın geliştirilen 42 maddelik Marka Kişiliği Ölçeği, marka kişiliğini ölçmek için geçerli, güvenilir ve genellenebilir bir araç olarak kabul edildi (Aaker, 1997, s. 353).

Jennifer Aaker'in geliştirdiği 5 boyutlu marka kişiliği çerçevesi vardır. Bunlar; (Aaker, 1997, s. 352)

1. **Samimiyet (Sincerity) :** Gerçekçi, aile odaklı, mütevazi, dürüst, samimi, gerçek, sağlam, orijinal, neşeli, duygusal, arkadaş canlısı ile ilişkilendirilen markalar. (Örnek olarak Coca Cola, Disney, Kodak)
2. **Heyecan (Excitement) :** Cesur, modaya uygun, heyecan verici, canlı, havalı, genç, hayal gücü kuvvetli, benzersiz, güncel, bağımsız, çağdaş ile ilişkilendirilen markalar. (Örnek olarak Red Bull, Apple, MTV)
3. **Ustalık (Competence) :** Güvenilir, çalışkan, güvenli, zeki, teknik, kurumsal, başarılı, lider, kendine güvenen ile ilişkilendirilen markalar. (Örnek olarak IBM, CNN, Google)
4. **Seçkinlik (Sophistication) :** Üst sınıf, göz alıcı, iyi görünümlü, çekici, kadınsı, düzgün ile ilişkilendirilen markalar. (Örnek olarak Monet, Revlon, Mercedes)
5. **Sertlik (Ruggedness) :** Dışsal, erkeksi, batılı, dayanıklı, güçlü ile ilişkilendirilen markalar. (Örnek olarak Marlboro, Harley-Davidson, Levi's)

Marka Kişiliği ve İşveren Markası İlişkisi

Marka kişiliğinin işveren markası bağlamındaki rolünü inceleyen çalışmalar, yalnızca mevcut çalışanların değil, işletmeyle henüz doğrudan bir çalışma ilişkisi kurmamış potansiyel çalışanların algılarının da dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Carpentier, Van Hoye ve Weijters (2019), işletmelerin sosyal medya sayfalarının potansiyel çalışanlar açısından bir bilgi ve sinyal kaynağı olarak işlev görebileceğini ve bu sayfalardaki iletişim özelliklerinin işveren marka kişiliğine ilişkin algıların oluşumunda rol oynayabileceğini incelemiştir. Araştırma bulguları, potansiyel başvuru sahiplerinin sosyal medya sayfalarının iletişim özelliklerinden hareketle işveren marka kişiliğine ilişkin çıkarımlarda bulunduklarını; özellikle örgütsel sıcaklık ve yetkinlik algılarının örgütsel çekicilik ve ağızdan ağıza iletişim niyetleriyle olumlu yönde ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu doğrultuda çalışma, işveren marka kişiliğine ilişkin algıların bireylerin işletmeye yönelik değerlendirmelerinde ve işletmeyi potansiyel bir işveren olarak çekici bulmalarında rol oynayabileceğine işaret etmektedir (Carpentier, Hoye, & Weijters, 2019, s. 12).

İşveren Marka Çekiciliği Kavramı ve Önemi

İşveren çekiciliği, potansiyel bir çalışanın belirli bir örgütte çalışmanın sağlayacağı faydaları algılaması olarak tanımlanmaktadır. Bu kavram, işveren markasının daha genel bir boyutu olan işveren marka değerinin öncülü niteliğindedir; yani bir işveren ne kadar çekici algılanırsa, örgütün işveren marka değeri de o kadar güçlü olur. İşveren çekiciliği kavramı, yönetim, psikoloji, iletişim ve pazarlama gibi farklı alanlarda incelenmiş olup, günümüz iş dünyasında "En İyi İşveren" statüsü prestijli bir hedef olarak ön plana çıkmaktadır (Berthon, Ewing, & Hah, 2005, s. 156).

İşveren markası, giderek büyüyen bir çalışma alanıdır. "İşveren markası" terimi çeşitli şekillerde tanımlanmıştır. Son zamanlarda insan kaynakları yönetimi araştırmalarında önemli bir konu haline gelmiştir. Kuruluşlar, yeni çalışanları çekmek ve mevcut çalışanların kurumun kültürü ve stratejisine bağlılığını sağlamak için işveren markasını kullanmaktadır. Olumlu bir işveren markası geliştirmek, yöneticilerin ve insan kaynakları profesyonellerinin, adayları kuruma çekmede hangi faktörlerin önemli olduğunu bilmelerini gerektirir. Potansiyel adayları

çekmek, işe alım süreci açısından önemlidir; çünkü insan sermayesi, kuruluşlar için rekabet avantajının elde edilmesinde kritik bir unsurdur (Eger, Mičík, Gangur, & Řehoř, 2019, s. 519-529).

İşveren markası; organizasyonun değerleri, kültürü, rekabet durumu, insan kaynakları ve diğer politikaları, güçlü yönleri, markanın mevcut imajı, eğilimler ve benzeri unsurların analiz edilmesiyle başladığı ileri sürülmektedir. Bu analiz, değer önerilerinin belirlenmesine yol açar ve işveren markası stratejileri bu değer önerilerine dayanarak oluşturulur. Stratejiler belirlendikten sonra, marka değer önerilerinin mevcut ve potansiyel çalışanların zihninde konumlandırılması amacıyla iç ve dış pazarlama için kullanılacak iletişim kanalları tespit edilir. Bu süreç, potansiyel çalışanlar için işveren çekiciliği; mevcut çalışanlar için ise işveren marka bağlılığı yaratır (Chhabra & Sharma, 2014, s. 51)

Bu bağlamda işveren markası ve işveren marka çekiciliği kavramları, insan kaynakları yönetimi literatüründe önemli bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır. İşveren markası kavramı ilk kez Simon Barrow ve Tim Ambler (1996) tarafından "işletmenin çalışanlarına sunduğu fonksiyonel, ekonomik ve psikolojik faydaların bütünü" olarak tanımlanmıştır (Ambler & Barrow, 1996, s. 187). Bu tanım, işveren markasının yalnızca ücret ve yan haklar gibi somut unsurlardan ibaret olmadığını, aynı zamanda sembolik ve duygusal değerleri de kapsadığını ortaya koymaktadır.

İşletmeler, hedeflerine ulaşabilmek için kuruma bağlı, özverili ve yüksek motivasyona sahip çalışanlara ihtiyaç duymaktadır. Amaçların gerçekleştirilmesi, sürdürülebilirliğin sağlanması ve kârlılığın artırılması açısından işveren marka çekiciliği kritik bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Nitelikli işgücünü kuruma kazandırabilmek için güçlü ve etkili bir işveren markası oluşturmak gereklidir. Günümüzde çalışanlar için güven unsuru önemli bir belirleyici olup, bireyler daha çok uzun vadeli çalışabilecekleri ve gurur duyabilecekleri kurumları tercih etmektedir. Ayrıca çalışanlar, farklı işletmelerde deneyim kazanarak kendilerini geliştirme ve farklılıklarını ortaya koyma eğilimindedir (Bayram & Düger, 2022, s. 34). İşveren markasının güçlü olması, çalışanların iş tatmini üzerinde olumlu bir etki yaratmaktadır. İş tatmininin artması, çalışanların çalışma yaşamına ilişkin olumlu tutum geliştirmesine katkı sağlamaktadır ve bu da bireysel ve kurumsal performansın artmasına zemin hazırlamaktadır.

İşveren Marka Çekiciliğinin Boyutları

Bireylerin işveren marka çekiciliği algısını değerlendirmek amacıyla, Berthon ve arkadaşları (2005) tarafından geliştirilmiş olan beş alt boyut kullanılmaktadır. Bu boyutlar, işveren marka çekiciliğinin temel bileşenlerini oluşturmaktadır ve sırasıyla sosyal değer, ekonomik değer, uygulama değeri, gelişim değeri ve ilgi değeri olarak tanımlanmaktadır (Berthon, Ewing, & Hah, 2005, s. 166).

Araştırma kapsamında son sınıf lisans ve lisansüstü öğrencileriyle gerçekleştirilen altı odak grup çalışması, katılımcıların ideal işveren tercihlerini, önemli gördükleri faktörleri ve iş arama yöntemlerini anlamaya yöneliktir. Odak gruplardan elde edilen verilerle 32 potansiyel ölçek maddesi oluşturulmuş ve bu maddeler 683 öğrenciye uygulanmıştır. Öğrenciler, iş gücü piyasasına kısa süre içinde girecek olmaları nedeniyle doğrudan hedef kitleyi temsil etmektedir. Bu sayede, ölçeğin geçerliliği ve çok değişkenli ilişkilerin incelenmesi açısından uygun bir örneklem kullanılmıştır (Berthon, Ewing, & Hah, 2005, s. 157).

İşveren marka çekiciliğinin bu beş boyutu aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır: (Berthon, Ewing, & Hah, 2005, s. 159-162)

İlgi Değeri (Interest Value): Bireyin, heyecan verici bir çalışma ortamı, yenilikçi uygulamalar ve çalışan yaratıcılığının yüksek kaliteli ürün ve hizmet üretiminde kullanıldığı işverenleri çekici bulma derecesi.

Sosyal Değer (Social Value): Eğlenceli, mutlu, iyi ekip ilişkilerine ve takım atmosferine sahip çalışma ortamı sunan işverenlere duyulan çekicilik.

Ekonomik Değer (Economic Value): Ortalama üstü maaş, yan haklar, iş güvencesi ve terfi olanakları sağlayan işverenlere duyulan çekicilik.

Gelişim Değeri (Development Value): Tanınma, özsaygı, özgüven, kariyer geliştiren deneyimler ve gelecekteki iş fırsatlarına zemin sağlayan işverenleri çekici bulma derecesi.

Uygulama Değeri (Application Value): Çalışanların öğrendiklerini uygulayabileceği ve başkalarına öğretebileceği, müşteri odaklı ve insani bir ortam sunan işverenlere duyulan çekicilik.

Bu çerçevede, işveren marka çekiciliğinin bu beş boyutu, örgütlerin hem potansiyel çalışanları çekmesine hem de mevcut çalışanların bağlılığını artırmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca, marka kişiliği algılamaları ile bu boyutlar arasındaki etkileşim, işveren markasının bütüncül olarak algılanmasını ve güçlendirilmesini desteklemektedir.

İşveren Marka Çekiciliği ve İşveren Marka Kişiliği İlişkisi

Rampl ve Kenning (2014), tüketici markalarına ilişkin marka kişiliği yaklaşımının işveren markası bağlamında da açıklayıcı bir çerçeve sunabileceğini ileri sürmektedir. Araştırmacılar, marka kişiliği özelliklerinin potansiyel çalışanların işverene yönelik güven ve duygusal değerlendirmelerini şekillendirebileceğini ve bu değerlendirmelerin işveren marka çekiciliğinin oluşumunda rol oynayabileceğini ortaya koymuştur. Bu doğrultuda marka kişiliği, işveren markasının yalnızca ayırt edilmesini sağlayan sembolik bir özellik olarak değil, aynı zamanda potansiyel çalışanların işverene yönelik algı ve değerlendirmelerini biçimlendiren bir unsur olarak ele alınmaktadır. Araştırma bulguları, farklı marka kişiliği özelliklerinin işveren marka güveni ve işveren marka duygulanımıyla ilişkili olduğunu ve söz konusu değişkenlerin işveren marka çekiciliğiyle pozitif yönde ilişkili olduğunu göstermektedir. Özellikle samimiyet boyutunun işveren marka güveni üzerinde belirgin bir rol oynadığı, bununla birlikte işveren marka duygulanımıyla da ilişkili olduğu belirlenmiştir (Rampl & Kenning, 2014, s. 227). Bu bulgu, işveren markasının samimi ve güvenilir olarak algılanmasının, potansiyel çalışanların söz konusu işverene yönelik olumlu değerlendirmeler geliştirmesine katkı sağlayabileceğine işaret etmektedir. Dolayısıyla marka kişiliği, işveren markasının bireyler açısından anlamlandırılmasını sağlayan ve işverene yönelik güven ile olumlu duyguların oluşmasına katkıda bulunarak işveren marka çekiciliğinin şekillenmesinde rol oynayan sembolik bir unsur olarak değerlendirilebilir.

Marka kişiliğinin işveren marka çekiciliğiyle ilişkisinin açıklanmasında, potansiyel çalışanların örgütlere ilişkin algılarının yalnızca işlevsel özelliklere dayanmadığı, aynı zamanda örgüte atfedilen kişiliksel ve sembolik özelliklerden de etkilendiği görülmektedir. Carpentier vd. (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışma, potansiyel başvuru sahiplerinin örgütlerin sosyal medya sayfalarındaki iletişim özelliklerini örgüte ilişkin sinyaller olarak değerlendirdiklerini ve bu sinyaller aracılığıyla işveren marka kişiliğine yönelik çıkarımlarda bulunduklarını ortaya koymaktadır. Çalışmada işveren marka kişiliği sıcaklık ve yeterlilik boyutları üzerinden ele alınmış; daha sosyal, kişisel ve arkadaşça iletişimin örgütün daha sıcak, daha ilgili ve yararlı

bilgi sunmasının ise daha yeterli bir işveren olarak algılanmasıyla ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, sıcaklık ve yeterlilik algılarının her ikisinin de örgütsel çekicilik ile olumlu yönde ilişkili olduğu tespit edilmiştir (Carpentier, Hoye, & Weijters, 2019, s. 10-11). Bu bulgular, işveren markasına atfedilen kişiliksel özelliklerin potansiyel çalışanların örgüte yönelik çekicilik değerlendirmelerinde rol oynayabileceğine işaret etmektedir. Sinyal teorisi açısından değerlendirildiğinde, örgütün dışarıya yansıttığı iletişim biçimi ve diğer görünür özellikleri, adayların örgütün nasıl bir işveren olduğuna ilişkin çıkarım yapmalarını sağlayan sinyaller niteliğindedir. Bu sinyaller aracılığıyla oluşturulan işveren marka kişiliği algısı, örgütün potansiyel çalışanlar tarafından değerlendirilme biçimini şekillendirebilmektedir. Öte yandan, sembolik çekicilik teorisi bu ilişkinin neden ortaya çıkabileceğine yönelik bir açıklama sunmaktadır. Buna göre sıcak ve yeterli olarak algılanan bir işveren, potansiyel çalışanın yalnızca örgüte ilişkin olumlu bir değerlendirme geliştirmesini değil, aynı zamanda belirli değerleri ifade etmesine ve sosyal onay elde etmesine de katkı sağlayabilir. Dolayısıyla işverenin sahip olduğu veya sahip olduğu düşünülen kişiliksel özellikler, aday açısından sembolik bir anlam taşıyarak örgütün çekiciliğini artırabilmektedir. Bu çerçevede marka kişiliğinin, işveren markasının sembolik yönünü yansıtan ve potansiyel çalışanların işverene yönelik çekicilik algısının oluşumunda rol oynayabilecek bir unsur olduğu değerlendirilebilir (Carpentier, Hoye, & Weijters, 2019, s. 10-11).

Dierickx vd. (2025), işveren markası kişiliğinin potansiyel başvuru sahiplerinin örgüte yönelik çekicilik değerlendirmelerinin oluşumunda önemli bir rol oynayabileceğine işaret etmektedir. Araştırmanın sonuçları, örgütlerin işe alım materyallerinde çalışan refahına yönelik politikalarını bir sinyal olarak iletişim kurmalarının, potansiyel başvuru sahiplerinin örgüte ilişkin işveren marka kişiliği çıkarımlarını etkileyebildiğini göstermektedir. Özellikle, refah politikasından hareketle algılanan örgütsel sıcaklığın, örgütsel yetkinliğe kıyasla potansiyel başvuru sahiplerinin örgüte yönelik çekiciliğini artırmada daha önemli bir rol oynadığı belirlenmiştir. Bu bulgu, işverenin sahip olduğu özelliklerin yalnızca işin araçsal faydaları üzerinden değil, aynı zamanda örgüte insani ve sembolik anlamlar yükleyen işveren marka kişiliği algıları üzerinden de değerlendirilebildiğini göstermesi bakımından önemlidir. Dolayısıyla, örgütün çalışan refahına ilişkin uygulamalarını nasıl iletişim kurduğu, potansiyel çalışanların örgütü "nasıl bir işveren" olarak algıladığını şekillendiren bir sinyal işlevi görebilmekte ve bu algı da örgütün işveren olarak çekiciliğinin oluşumuna katkı sağlayabilmektedir (Dierickx, Hoye, Kozusznik, & Kanwal, 2025, s. 79).
Literatür genel olarak değerlendirildiğinde, marka kişiliği ile işveren marka çekiciliği arasındaki ilişkiye yönelik çalışmaların bulunmasına rağmen, söz konusu ilişkinin farklı araştırma bağlamlarında ve farklı değişkenlerle ele alındığı görülmektedir. Bununla birlikte, marka kişiliğinin boyutlarının işveren marka çekiciliği ile ilişkisini bütüncül bir çerçevede ele alan çalışmaların sınırlı olması, bu iki kavram arasındaki ilişkinin daha ayrıntılı biçimde incelenmesine ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda, mevcut araştırmada çalışanların marka kişiliğine ilişkin algıları ile işveren marka çekiciliği arasındaki ilişkiler incelenmektedir. Araştırmada marka kişiliği Aaker'ın (1997) beş boyutlu marka kişiliği yaklaşımı çerçevesinde ele alınmakta ve söz konusu boyutlar ile işveren marka çekiciliği arasındaki ilişkiler araştırılmaktadır (Aaker, 1997, s. 352). Bu kapsamda araştırmanın temel amacı, çalışanların marka kişiliği algıları ile işveren marka çekiciliği arasındaki ilişkileri ortaya koymaktır.

METODOLOJİ

Araştırmanın Amacı ve Kapsamı

Bu araştırmanın temel amacı, çalışanların marka kişiliği algılamaları ile işveren marka çekiciliği arasındaki ilişkileri incelemektir. Firmalar markalaşma çabalarını genellikle ürün ve

kurumsal marka geliştirmeye odaklasalar da, markalaşma insan kaynakları yönetimi alanında da kullanılabilmektedir. Markalaşma ilkelerinin insan kaynakları yönetimine uygulanması "işveren markası" olarak adlandırılmaktadır (Sullivan 2004 s501'den aktaran Backhaus & Tikoo, 2004). Bu bağlamda çalışanların kurumun marka kişiliğine yönelik algıları, işletmenin işveren markası olarak nasıl değerlendirildiğini etkileyen önemli unsurlardan biri olarak görülmektedir. Araştırmada, çalışanların kurumun marka kişiliğini nasıl algıladıkları ve bu algı ile işveren marka çekiciliği boyutları arasındaki ilişkilerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda elde edilecek bulguların, işletmelerin işveren markası stratejilerini geliştirmelerine ve çalışan odaklı marka yönetimi yaklaşımlarını güçlendirmelerine yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Artan rekabet ortamında işletmeler için nitelikli insan kaynağını çekmek ve elde tutmak stratejik bir önem taşımaktadır. Bu nedenle çalışanların kurumlarına yönelik marka kişiliği algılarının işveren marka çekiciliği ile ilişkisini ortaya koymak hem akademik çalışmalar hem de uygulayıcılar açısından önemli bir bilgi kaynağı sunacaktır. Ayrıca araştırmadan elde edilen sonuçların, işletmelerin kurumsal marka yönetimi ve insan kaynakları uygulamalarına yol gösterici nitelikte olması beklenmektedir.

Araştırmanın Sınırları

Bu araştırma bazı sınırlılıklar çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Marmara Üniversitesi'nde öğrenim gören ve araştırmaya gönüllü olarak katılan öğrencilerden elde edilen verilerle sınırlıdır. Bu nedenle araştırmadan elde edilen bulgular yalnızca söz konusu örneklem grubunun görüş ve algılarını yansıtmakta olup farklı üniversitelerde öğrenim gören öğrenciler üzerinde yapılacak çalışmalar farklı sonuçlar ortaya koyabilir.

Araştırmanın bir diğer sınırlılığı verilerin online anket yöntemi aracılığıyla toplanmış olmasıdır. Araştırma verileri Haziran 2025 – Temmuz 2026 tarihleri arasında toplanmıştır.

Araştırma Yöntemi

Bu araştırmada, çalışanların marka kişiliği algılamaları ile işveren marka çekiciliği arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Araştırmanın amacı doğrultusunda nicel araştırma yöntemi benimsenmiş ve verilerin toplanmasında anket tekniğinden yararlanılmıştır.

Araştırmanın bağımsız değişkenini marka kişiliği algılamaları, bağımlı değişkenini ise işveren marka çekiciliği oluşturmaktadır. Marka kişiliği; samimiyet, heyecan, ustalık, seçkinlik ve sertlik olmak üzere beş boyut kapsamında ele alınmıştır. İşveren marka çekiciliği ise ilgi değeri, sosyal değer, ekonomik değer, gelişim değeri ve uygulama değeri olmak üzere beş boyut üzerinden değerlendirilmiştir.

Araştırmanın verileri online ortamda oluşturulan Google Forms aracılığıyla toplanmıştır. Anket formunda katılımcıların demografik özelliklerini belirlemeye yönelik soruların yanı sıra marka kişiliği ve işveren marka çekiciliğine ilişkin ifadeler yer almaktadır. Marka kişiliğinin ölçülmesinde Aaker (1997) tarafından geliştirilen marka kişiliği ölçeğinden yararlanılmış ve ölçeğin 42 ifadesi araştırmada kullanılmıştır. İşveren marka çekiciliğinin ölçülmesinde ise Berthon, Ewing ve Hah (2005) tarafından geliştirilen ölçekten yararlanılmış ve 25 ifadeye yer verilmiştir.

Her iki ölçek de beşli Likert tipi derecelendirme kullanılarak ölçülmüştür. Katılımcılardan marka kişiliği ölçek ifadelerine ilişkin değerlendirmelerini 1 = Tamamen Yansıtmıyor 2 = Çoğunlukla Yansıtmıyor, 3 = Ne Yansıtıyor Ne De Yansıtmıyor, 4 = Çoğunlukla Yansıtıyor, 5

= Tamamen yansıtıyor arasında belirtmeleri istenmiştir. İşveren Marka Çekiciliği ölçek ifadelerine ilişkin değerlendirmelerini ise 1 = Tamamen Önemli Değil 2 = Kısmen Önemli Değil, 3 = Ne Önemli Ne De Önemli Değil, 4 = Kısmen Önemli, 5 = Tamamen Önemli arasında belirtmeleri istenmiştir.

Araştırma kapsamında elde edilen verilerin analizinde SPSS programından yararlanılmıştır. Veri setinin analizinde öncelikle faktör analizi ile ölçeklerin boyutsal yapısı incelenmiş, ardından geçerlilik ve güvenilirlik analizleri gerçekleştirilmiştir. Araştırma değişkenleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla korelasyon analizi uygulanmıştır. Ayrıca elde edilen bulgular, araştırma kapsamında oluşturulan hipotezler doğrultusunda değerlendirilmiştir.

Araştırma Evreni ve Örneklem Seçimi

Araştırmanın örneklemini, araştırmanın gerçekleştirildiği Marmara Üniversitesi'nde öğrenim gören lisans ve lisansüstü öğrenciler oluşturmaktadır. Araştırmanın örneklemine ulaşılmasında zaman, erişilebilirlik ve araştırmanın uygulama koşulları dikkate alınarak kolayda örnekleme yönteminden yararlanılmıştır. Veriler, online olarak hazırlanan Google Forms anketi aracılığıyla toplanmıştır.

Araştırma kapsamında toplam 384 katılımcıdan veri elde edilmiştir. Katılımcılara yöneltilen demografik sorular kapsamında cinsiyet, yaş, aylık kişisel harcama tutarı, öğrenim görülen bölüm, sınıf düzeyi ve çalışma durumu bilgileri elde edilmiştir.

Araştırma verileri son bir yıllık dönem içerisinde toplanmıştır. Elde edilen 384 anket formu, veri analizleri gerçekleştirilmeden önce incelenmiş ve araştırmanın analizlerinde kullanılmak üzere veri setine aktarılmıştır.

Araştırmanın Modeli ve Kullanılan Ölçekler

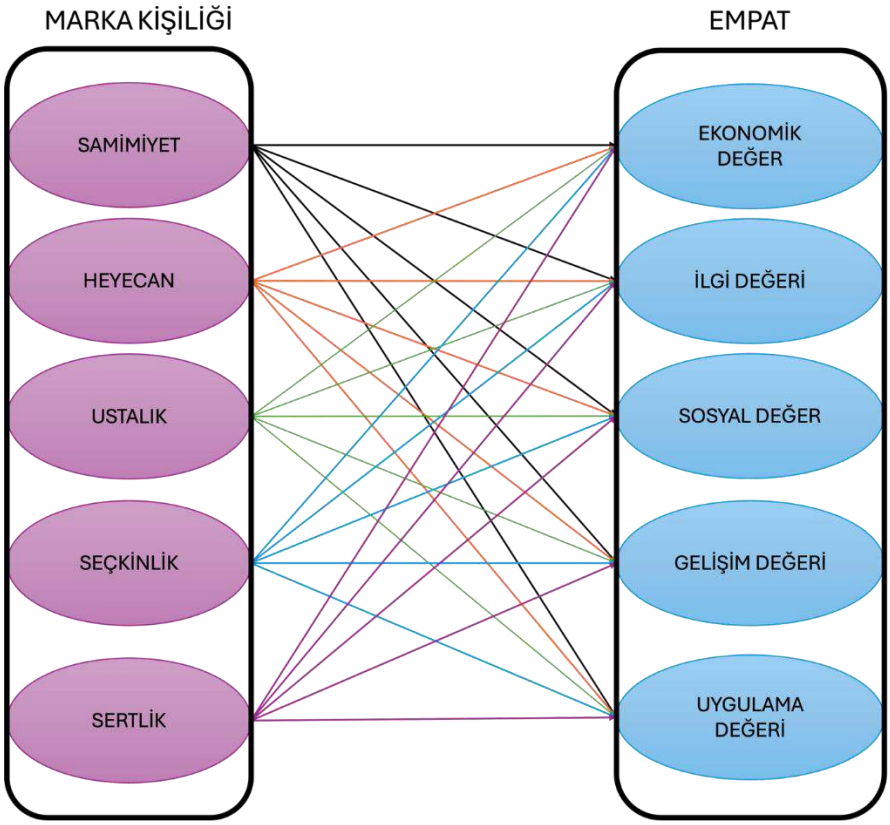
Araştırmanın amacı doğrultusunda oluşturulan araştırma modelinde, marka kişiliği algılamaları bağımsız değişken, işveren marka çekiciliği ise bağımlı değişken olarak ele alınmıştır. Marka kişiliği, Aaker (1997) tarafından geliştirilen marka kişiliği ölçeğinde yer alan beş boyut kapsamında değerlendirilmiştir. Bu boyutlar; samimiyet, heyecan, ustalık, seçkinlik ve sertlik olarak belirlenmiştir.

Araştırmanın bağımlı değişkeni olan işveren marka çekiciliği ise Berthon, Ewing ve Hah (2005) tarafından geliştirilen ölçek doğrultusunda ele alınmıştır. Söz konusu ölçek; ilgi değeri, sosyal değer, ekonomik değer, gelişim değeri ve uygulama değeri olmak üzere beş boyuttan oluşmaktadır. Bu boyutlar, çalışanların bir işletmeyi işveren olarak ne ölçüde çekici bulduklarını farklı değer boyutları üzerinden değerlendirmeye olanak sağlamaktadır.

Bu doğrultuda araştırma modelinde, çalışanların algıladıkları marka kişiliğinin beş boyutunun işveren marka çekiciliği üzerindeki etkisinin incelenmesi öngörülmektedir. Araştırma modeli Şekil 1'de gösterilmektedir.

Araştırmada kullanılan marka kişiliği ölçeği Aaker (1997) tarafından geliştirilen marka kişiliği ölçeğinden, işveren marka çekiciliği ölçeği ise Berthon, Ewing ve Hah (2005) tarafından geliştirilen işveren marka çekiciliği ölçeğinden yararlanılarak oluşturulmuştur. Ölçeklerin araştırmanın amacı ve örneklemi doğrultusunda Türkçe ifadeleri kullanılmış ve katılımcıların ilgili boyutlara yönelik algılamaları ölçülmüştür.

Marka kişiliği ölçeğinde yer alan beş boyut kapsamında çalışanların işletmeye yönelik kişilik algılamaları ölçülürken; işveren marka çekiciliği ölçeği ile çalışanların işletmeyi işveren olarak çekici bulmalarını sağlayan ilgi, sosyal, ekonomik, gelişim ve uygulama değerlerine ilişkin algılamaları değerlendirilmiştir. Böylece araştırmada, çalışanların işletmeye ilişkin marka kişiliği algılamaları ile işveren olarak işletmeye yönelik çekicilik değerlendirmeleri arasındaki ilişkilerin ortaya konulması amaçlanmıştır.



Şekil 1 Araştırma Modeli

Araştırmanın Hipotezleri

Araştırmanın amacı doğrultusunda, marka kişiliğinin bireylerin markaya yönelik algı ve değerlendirmelerini şekillendirebildiği, işveren marka çekiciliğinin ise çalışanların işletmeye yönelik değerlendirmelerinde farklı değer boyutları üzerinden ortaya çıktığı görülmektedir. Bu doğrultuda, araştırmada marka kişiliğinin her bir boyutu ile işveren marka çekiciliğinin her bir boyutu arasındaki ilişkilerin incelenmesine yönelik hipotezler geliştirilmiştir. Oluşturulan hipotezler aşağıda sunulmaktadır;

Samimiyet boyutuna ilişkin hipotezler

H1: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin samimiyet algılamaları ile ilgi değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

H2: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin samimiyet algılamaları ile sosyal değer arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

H3: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin samimiyet algılamaları ile ekonomik değer arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

H4: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin samimiyet algılamaları ile gelişim değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

H5: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin samimiyet algılamaları ile uygulama değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

Heyecan boyutuna ilişkin hipotezler

H6: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin heyecan algılamaları ile ilgi değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

H7: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin heyecan algılamaları ile sosyal değer arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

H8: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin heyecan algılamaları ile ekonomik değer arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

H9: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin heyecan algılamaları ile gelişim değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

H10: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin heyecan algılamaları ile uygulama değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

Ustalık boyutuna ilişkin hipotezler

H11: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin ustalık algılamaları ile ilgi değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

H12: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin ustalık algılamaları ile sosyal değer arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

H13: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin ustalık algılamaları ile ekonomik değer arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

H14: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin ustalık algılamaları ile gelişim değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

H15: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin ustalık algılamaları ile uygulama değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

Seçkinlik boyutuna ilişkin hipotezler

H16: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin seçkinlik algılamaları ile ilgi değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

H17: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin seçkinlik algılamaları ile sosyal değer arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

H18: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin seçkinlik algılamaları ile ekonomik değer arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

H19: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin seçkinlik algılamaları ile gelişim değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

H20: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin seçkinlik algılamaları ile uygulama değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

Sertlik boyutuna ilişkin hipotezler

H21: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin sertlik algılamaları ile ilgi değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

H22: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin sertlik algılamaları ile sosyal değer arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

H23: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin sertlik algılamaları ile ekonomik değer arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

H24: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin sertlik algılamaları ile gelişim değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

H25: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin sertlik algılamaları ile uygulama değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

Araştırma Bulguları

Tablo 1 Demografik Bulgular

Cinsiyetiniz	**Frekans**	**%**
Erkek	182	47,4
Kadın	202	52,6
Total	384	100

Öğrenim gördüğünüz düzey	**Frekans**	**%**
Lisansüstü	44	11,5
Lisans	340	88,5
Total	384	100

Yaklaşık Aylık Kişisel Harcama Tutarınızı Belirtiniz	**Frekans**	**%**
0 – 2500 TL arası	9	2,3
2501 – 5000 TL arası	34	8,9
5001 – 7500 TL arası	49	12,8
7501 – 10000 TL arası	74	19,3
10001 TL ve üzeri	218	56,8
Total	384	100

Öğrenim Gördüğünüz Sınıf	**Frekans**	**%**
Cevaplanmamış	27	7
1.Sınıf	48	12,5
2.Sınıf	49	12,8
3.Sınıf	116	30,2
4.Sınıf	144	37,5
Total	384	100

Lütfen çalışma durumunuzu tanımlayanız	**Frekans**	**%**
Cevapsız	1	0,3
Tam zamanlı (full time) çalışıyorum	55	14,3
Kısmi Zamanlı (part time) çalışıyorum	160	41,7
Çalışmıyorum	168	43,8
Total	384	100

Katılımcıların demografik bilgileri incelendiğinde %47,4'nün erkek %52,6'sının ise kadın olduğu görülmektedir. Buna göre katılımcıların cinsiyetlerinin homojen dağıldığı anlaşılmaktadır. Katılımcıların aylık kişisel harcama tutarları incelendiğinde, katılımcıların %2,3'ü 0 – 2.500 TL, %8,9'u 2.501- 5.000 TL, %12,8'i 5.001 – 7.500 TL, %19,3'ü 7.501 - 10.000 TL , %56,8 10.001 TL ve üzeri harcama yaptıkları görülmektedir. Bununla birlikte katılımcıların yarısından fazlasının 10.000 TL ve üzeri harcama yaptıkları anlaşılmaktadır. Katılımcıların demografik bilgileri incelendiğinde %11,5 lisansüstü, %88,5'nin de lisans öğrencisi olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre katılımcıların büyük bir bölümünün lisans öğrencisi olduğu saptanmıştır. Katılımcıların demografik bilgileri incelendiğinde 116 kişi ile 3. ve 144 kişi 4.sınıf öğrencilerinin yoğunlukta olduğu görülmektedir. Katılımcıların demografik bilgileri incelendiğinde %14,3'ün tam zamanlı çalışmakta olduğu, %41,7'nin kısmi zamanlı çalışmakta olduğu ve %43,82'in ise çalışmıyor olduğu görülmektedir.

Marka Kişiliği Faktör Analizi Sonuçları

Marka kişiliği ölçüm aracı Jennifer Aaker (1997) tarafından geliştirilmiştir. Faktör analizi sonucunda KMO Testi değeri 0,949 olarak belirlenmiştir. Buna göre verilerin mükemmel bir yeterlilik derecesine sahip olduğu görülmektedir.

Ustalık boyutunda, özgün ölçekte heyecan boyutu altında yer alan "çağdaş", "güncel" ve "bağımsız" ifadelerinin yanı sıra, sertlik boyutunda yer alan "dayanıklı", "güçlü" ve "dışsal" ifadeler ile seçkinlik boyutunda yer alan "düzgün" ifadesinin aynı faktör altında toplandığı belirlenmiştir. Bu durum, söz konusu ifadelerin katılımcılar tarafından yalnızca özgün ölçek kapsamında tanımlandıkları boyutların özellikleriyle değil, daha genel olarak işletmenin güçlü, kendine özgü, çağdaş ve yetkin bir marka karakterine sahip olmasını yansıtan ortak özellikler olarak algılandığını düşündürmektedir. Buna karşılık heyecan, seçkinlik ve samimiyet boyutlarına ilişkin diğer ifadelerin özgün kuramsal yapıyla uyumlu biçimde kendi boyutları altında toplanması, bu boyutların katılımcıların algısında daha belirgin ve ayırt edilebilir yapılar olduğunu göstermektedir. Marka kişiliğine ilişkin gerçekleştirilen faktör analizinin diğer sonucunda, samimiyet boyutu altında yer alan "dürüst", "gerçek", "sağlam", "samimi" ve "gerçekçi" ifadelerinin aynı faktör altında toplandığı görülmüştür. Bununla birlikte, söz konusu ifadelerin kuramsal olarak ait oldukları samimiyet boyutundan farklı olarak sertlik boyutunda yer alan ifadelerle birlikte kümelenmesi, araştırmanın Türk örnekleminde marka kişiliği boyutlarının özgün ölçek yapısından kısmen farklı biçimde algılanabildiğini göstermektedir. Bu durum, samimiyet boyutunda yer alan bazı özelliklerin katılımcılar tarafından yalnızca sıcaklık, içtenlik ve yakınlık çerçevesinde değil; aynı zamanda markanın belirgin, sağlam, güvenilir ve karakteristik bir niteliğe sahip olması bağlamında değerlendirildiğini düşündürmektedir. Dolayısıyla mevcut faktör yapısında samimiyet boyutunun, katılımcıların algılarında daha karakteristik ve güvenilirlik temelli bir alt anlam kazanarak farklılaştığı değerlendirilebilir. Bu doğrultuda, söz konusu faktör araştırmanın örneklemi bağlamında "Güvenilirlik" olarak adlandırılmıştır. Bununla birlikte, burada yapılan adlandırmanın Aaker'ın (1997) kuramsal marka kişiliği modelinde yer alan boyutları değiştirme veya modele yeni bir boyut ekleme amacı taşımadığı; yalnızca mevcut araştırmanın örnekleminde elde edilen faktör yapısının daha anlaşılır biçimde ifade edilmesine yönelik olduğunu vurgulayabiliriz. Dolayısıyla Aaker'ın özgün beş boyutlu marka kişiliği yaklaşımı kuramsal çerçeve olarak korunmakta, "Güvenilirlik" ifadesi ise yalnızca bu araştırmada elde edilen ampirik faktör yapısını tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır. Dolayısıyla elde edilen faktör yapısı, marka kişiliği boyutlarının katılımcıların zihninde teorik ölçekte öngörülen sınırlardan tamamen bağımsız olmadığını; ancak bazı marka kişiliği özelliklerinin birbirleriyle ilişkili biçimde algılanabildiğini ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, faktör analizi sonucunda ortaya çıkan

farklılaşmanın, araştırmanın örneklemi ve bağlamı içerisinde marka kişiliği özelliklerinin nasıl algılandığına ilişkin ampirik bir bulgu olarak değerlendirilmesi mümkündür.

Marka kişiliği ölçeğine ilişkin faktör analizi sürecinde, değişkenlerin faktör yapısına katkıları ve analiz sonuçları dikkate alınarak bazı ifadelerin analizden çıkarılmasına karar verilmiştir. Bu kapsamda "kadınsı", "erkeksi", "batılı" ve "orijinal" ifadeleri analiz dışında bırakılmıştır. Değişkenlerin çıkarılmasının ardından analiz tekrarlanmış ve nihai faktör yapısı elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, ölçeğin faktör yapısının daha anlamlı ve istatistiksel açıdan uygun bir dağılım gösterdiği görülmüştür.

Varyansların dağılımına göre ifadelerin beş faktöre dağıldığı ve bu beş faktörün toplam varyansın %69,463'ünü açıkladığı görülmektedir.

Tablo 2 Marka Kişiliği Ölçeğine İlişkin Faktör Analizi KMO and Bartlett's Test Sonuçları

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser Meyer Olkin Ölçek Geçerliliği		.949
Bartlett Küresellik Testi	**Ki kare**	12.813,314
	sd	703
	P değeri	<.001

Tablo 2'ye göre ölçeğe ilişkin KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) değeri 0,949 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bu değer, örneklem büyüklüğünün faktör analizi için mükemmel düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Güvenilirlik analizi için Cronbach's Alpha temel alınmaktadır. Araştırmada yer alan değişkenlere ilişkin gerçekleştirilen güvenilirlik analizi sonucunda elde edilen bulgular Tablo 3'de sunulmuştur. Tablo 3'e göre marka kişiliği ölçeğinde yer alan ustalık boyutunun 0,961, heyecan boyutunun 0,912, seçkinlik boyutunun 0,879, samimiyet boyutunun 0,840, sertlik boyutunun ise 0,864 düzeyinde bir değere sahip olduğu görülmektedir. Elde edilen Cronbach's Alpha katsayıları, ölçeklerin yüksek düzeyde güvenilirliğe sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 3 Marka Kişiliği Ölçeğine İlişkin Faktör Analizi ve Güvenirlilik Analizi Sonuçları

Faktör Adı	Ölçek Maddesi	Faktör Yükü	Açıklanan Varyans %	Cronbach Alpha
Ustalık	Zeki	.772	25.947	0,961
	Teknik	.771		
	Güvenli	.766		
	Başarılı	.747		
	Çağdaş*	.738		
	Güncel*	.737		
	Güvenilir	.737		
	Çalışkan	.735		
	Kurumsal	.711		
	Kendine Güvenen	.673		
	Lider	.652		
	Bağımsız*	.620		
	Dayanıklı*	.607		
	Güçlü*	.586		
	Dışsal*	.558		
	Düzgün*	.551		
Heyecan	Genç	.708	12.423	0,912
	Modaya Uygun	.695		
	Hayal Gücü Kuvvetli	.665		
	Havalı	.641		
	Canlı	.592		
	Heyecan Verici	.592		
	Benzersiz	.579		
	Cesur	.506		
Seçkinlik	Üst Sınıf	.818	12.402	0,879
	Göz Alıcı	.810		
	Çekici	.768		
	İyi Görünümlü	.686		
Samimiyet	Duygusal	.842	9.847	0,840
	Neşeli	.794		
	Arkadaş Canlısı	.781		
	Mütevazi	.730		
	Aile Odaklı	.656		
Güvenilirlik	Dürüst	.728	8.844	0,864
	Gerçek	.687		
	Sağlam	.628		
	Samimi	.609		
	Gerçekçi	.518		
	Toplam Açıklanan Varyans		**69.463**	

Çıkarma Yöntemi: Temel Bileşenler Analizi
Döndürme Yöntemi: Kaiser Normalizasyonlu Varimax Döndürmesi
a. Döndürme işlemi 7 iterasyonda yakınsamıştır.

İşveren Marka Çekiciliği Faktör Analizi Sonuçları

İşveren marka çekiciliğinin değerlendirilmesinde Berthon, Ewing ve Hah (2005) tarafından geliştirilen beş boyutlu ölçekten yararlanılmıştır (Berthon, Ewing, & Hah, 2005, s. 157). Ölçekte yer alan ilgi değeri, işverenin sunduğu çalışma ortamı ve yenilikçi uygulamaları; sosyal değer, olumlu sosyal ilişkiler ve çalışma ortamını; ekonomik değer, ücret ve yan haklar gibi maddi unsurları; gelişim değeri, kariyer gelişimi ve mesleki ilerleme olanaklarını; uygulama değeri ise bireyin bilgi ve deneyimlerini kullanabileceği ve başkalarına aktarabileceği bir çalışma ortamını ifade etmektedir. Söz konusu beş boyuta ilişkin faktör analizi sonuçları Tablo 5'te gösterilmiştir. İşveren marka çekiciliğine ilişkin gerçekleştirilen faktör analizi sonucunda, Berthon, Ewing ve Hah (2005) tarafından önerilen ekonomik değer ve sosyal değer boyutlarına ait bazı ifadelerin aynı faktör altında toplandığı görülmüştür. Bu kapsamda, ekonomik değer boyutunda yer alan "çalışanlarına piyasa ortalamasının üzerinde bir maaş/ücret vermesi" ve "çalışanlarına yönelik cazip ek maddi haklar sunması" ifadeleri ile sosyal değer boyutunda yer alan "çalışanlara mutlu bir çalışma ortamı sunması" ve "çalışanlarına eğlenceli bir iş ortamı sunması" ifadelerinin aynı faktörde toplanması dikkat çekmektedir. Bu doğrultuda, söz konusu faktör "sosyo-ekonomik değer" olarak adlandırılmıştır.

Ortaya çıkan bu faktör yapısı, araştırma katılımcılarının işveren çekiciliğini değerlendirirken işverenin sunduğu maddi olanaklar ile çalışma ortamına ilişkin sosyal özellikleri birbirinden tamamen bağımsız değerlendirmediklerini düşündürmektedir. Özellikle ücret düzeyinin piyasa ortalamasının üzerinde olması ve çalışanlara sunulan ek maddi hakların cazip bulunması, katılımcıların zihninde işverenin çalışanlarına değer veren ve çalışan memnuniyetini önemseyen bir örgüt olduğuna ilişkin olumlu bir algıyla birlikte değerlendiriliyor olabilir. Bu bağlamda, ekonomik açıdan çalışanlarına avantaj sağlayan bir işverenin aynı zamanda çalışanları için daha olumlu, mutlu ve eğlenceli bir çalışma ortamı sunabileceğine ilişkin bir algının oluşması mümkündür.

Bu durum özellikle araştırma örnekleminin öğrencilerden oluşması bağlamında değerlendirildiğinde, işverenin sunduğu ekonomik koşulların öğrencilerin işverene ilişkin genel çekicilik değerlendirmelerinde daha geniş bir anlam kazanabileceği düşünülebilir. Öğrenciler açısından henüz kariyerlerinin başlangıç aşamasında bulunmaları, işverenin sunduğu ücret ve ek maddi hakların yalnızca ekonomik bir kazanım olarak değil, aynı zamanda çalışanın refahını ve çalışma deneyimini önemseyen bir işverenin göstergesi olarak algılanmasına yol açabilir. Dolayısıyla katılımcıların zihninde ekonomik değer ile sosyal değer arasında belirgin bir ayrım oluşmamış; çalışanlara sunulan maddi avantajlar, olumlu ve keyifli bir çalışma ortamının göstergeleriyle birlikte değerlendirilmiştir.

Bununla birlikte, bu bulgunun ekonomik değerin sosyal değere doğrudan neden olduğu şeklinde yorumlanmaması gerekmektedir. Faktör analizi sonucunda söz konusu ifadelerin aynı faktör altında toplanması, katılımcıların bu özellikleri benzer bir algısal yapı içerisinde değerlendirdiklerini göstermektedir. Dolayısıyla "sosyo-ekonomik değer" faktörü, araştırmanın örneklemi bağlamında ekonomik koşullar ile çalışma ortamının sosyal boyutlarının birbirleriyle ilişkili biçimde algılandığını ortaya koyan ampirik bir bulgu olarak değerlendirilebilir.

İşveren marka çekiciliğine ilişkin gerçekleştirilen faktör analizi sonucunda, gelişim değeri boyutuna ait ifadelerin büyük ölçüde aynı faktör altında toplandığı, bununla birlikte özgün ölçekte ekonomik değer boyutunda yer alan "başka departmanlarda tecrübe edinme imkânı sunması" ifadesinin de gelişim değeri faktörü altında yer aldığı görülmüştür. Bu doğrultuda, söz konusu faktörün gelişim değeri boyutu içerisinde değerlendirilmesine devam edilmiştir. Özellikle gelişim değerine ilişkin "kariyer hedefleriniz doğrultusunda size tecrübe kazandırması" ifadesi ile ekonomik değer boyutunda yer alan "başka departmanlarda tecrübe edinme imkânı sunması" ifadesinin her ikisinde de "tecrübe" kavramının doğrudan

vurgulanması, bu iki ifadenin katılımcılar tarafından benzer bir anlam çerçevesinde değerlendirilmiş olabileceğini düşündürmektedir.

Bu faktör yapısı, araştırmaya katılan öğrencilerin gelişim değerini yalnızca kariyer ilerlemesi veya geleceğe yönelik fırsatlar bağlamında değil, aynı zamanda farklı alanlarda deneyim kazanma ve mesleki tecrübe edinme imkânı üzerinden algıladıklarına işaret etmektedir. Özellikle öğrenciler açısından bir işverenin farklı departmanlarda çalışma veya deneyim kazanma imkânı sunması, yalnızca ekonomik bir değer olarak değil, bireyin kariyer gelişimine katkı sağlayan bir unsur olarak değerlendirilebilir. Başka bir ifadeyle, farklı departmanlarda tecrübe edinme imkânı, bireyin farklı iş süreçlerini tanımasına, yetkinliklerini geliştirmesine ve kariyer hedefleri doğrultusunda deneyim kazanmasına katkı sağlayabilecek bir fırsat olarak algılanabilir.

Bu kapsamda, "başka departmanlarda tecrübe edinme imkânı sunması" ifadesinin gelişim değeri faktörü altında toplanması, katılımcıların gelişim değerine ilişkin algılarında "tecrübe" unsurunun belirleyici bir anlam taşıdığını düşündürmektedir. Nitekim gelişim değeri boyutunda yer alan "kariyer hedefleriniz doğrultusunda size tecrübe kazandırması" ifadesi ile söz konusu ifade arasındaki kavramsal benzerlik, faktör yüklerinin aynı yapı altında toplanmasını açıklayabilecek unsurlardan biri olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte, bu sonuç ekonomik değerin gelişim değerine doğrudan neden olduğu şeklinde yorumlanmamalı; aksine, katılımcıların söz konusu işveren özelliklerini algısal olarak birbirine yakın bir yapı içerisinde değerlendirdikleri şeklinde ele alınmalıdır. Dolayısıyla elde edilen bulgu, araştırmanın örneklemi bağlamında gelişim değerinin özellikle deneyim ve tecrübe kazanımı ekseninde anlamlandırıldığını ortaya koymaktadır.

İşveren marka çekiciliği güvenilirlik analizi için Cronbach's Alpha temel alınmaktadır. Araştırmada yer alan değişkenlere ilişkin gerçekleştirilen güvenilirlik analizi sonucunda elde edilen bulgular Tablo 5'te sunulmuştur. Tablo 5'e göre sosyo-ekonomik değer boyutunun 0,909, ilgi değeri boyutunun 0,890, sosyal değer boyutunun 0,921, gelişim değeri boyutunun 0,909 ve son olarak uygulama değerinin boyutu ise 0,818 düzeyde bir değere sahip olduğu ölçülmüştür. Elde edilen Cronbach's Alpha katsayıları, ölçeklerin yüksek düzeyde güvenilirliğe sahip olduğunu göstermektedir. Varyansların dağılımına göre ise ifadelerin beş faktöre dağıldığı ve bu beş faktörün toplam varyansın %79,681'ini açıkladığı görülmektedir.

Tablo 4 İşveren Marka Çekiciliği Ölçeğine İlişkin Faktör Analizi KMO and Bartlett's Test Sonuçları

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser Meyer Olkin Ölçek Geçerliliği		.936
Bartlett Küresellik Testi	**Ki kare**	6.280,354
	sd	171
	P değeri	<.001

Tablo 4'e göre İşveren marka çekiciliği ölçeğine ilişkin KMO değerinin 0,936 olduğu belirlenmiştir. Kaiser'in sınıflandırmasına göre bu değer, örneklem yeterliliğinin 'mükemmel' düzeyde olduğunu ve veri setinin faktör analizine uygunluğunun yüksek olduğunu göstermektedir.

Tablo 5 İşveren Marka Çekiciliği Ölçeğine İlişkin Faktör Analizi ve Güvenirlilik Analizi Sonuçları

Faktör Adı	Ölçek Maddesi	Faktör Yükü	Açıklanan Varyans %	Cronbach Alpha
Sosyo-Ekonomik Değer	ED- Çalışanlarına yönelik cazip ek maddi haklar sunması	.759	19.093	0.909
	SD- Çalışanlara mutlu bir çalışma ortamı sunması	.734		
	ED- Çalışanlarına piyasa ortalamasının üzerinde bir maaş/ücret vermesi	.721		
	SD- Çalışanlarına eğlenceli bir iş ortamı sunması	.701		
İlgi Değeri	İD- Yenilikçi mal ve hizmetler üretiyor olması	.864	16.035	0.890
	İD- Yeni uygulamalara açık, yenilikçi ve ileri görüşlü olması	.742		
	İD- Yüksek kalitede mal ve hizmetler üretiyor olması	.726		
	İD- Çalışanların yenilikçi fikirlerine hem değer vermeli hem de bu fikirleri kulanmalı	.603		
Sosyal Değer	SD- Çalışanların iş arkadaşlarıyla iyi ilişkilere sahip olması	.813	15.777	0.921
	SD- Çalışanlarla yöneticiler arasında iyi ilişkilerin olması	.790		
	SD- Çalışanların birbirlerini destekleyici ve teşvik edici olması	.785		
Gelişim Değeri	ED- Başka departmanlarda tecrübe edinme imkanı sunması*	.814	15.428	0.909
	GD- O işletmede çalışıyor olmanın kendinize olan güveninizi artırması	.663		
	GD- O işletmede çalışıyor olmanın sizi iyi hissettirmesi	.613		
	GD- Kariyer hedefleriniz doğrultusunda size tecrübe kazandırması	.568		
	GD- Çalışanların kariyer geleceği için önemli bir referans olması	.561		
	GD- Yönetim tarafından kabul görmeniz ve takdir edilmeniz	.522		
Uygulama Değeri	UD- Sahip olduğum bilgi ve tecrübeleri kullanma fırsatının verilmesi	.881	13.348	0,818
	UD- Sahip olduğum bilgi ve tecrübeleri iş arkadaşlarıma öğretme ve aktarma fırsatının verilmesi	.858		
Çıkarma Yöntemi: Temel Bileşenler Analizi Döndürme Yöntemi: Kaiser Normalizasyonlu Varimax Döndürmesi a. Döndürme işlemi 7 iterasyonda yakınsamıştır.		**Toplam Açıklanan Varyans %**	**79.681**	

Korelasyon Analizi

Tablo 6 Ustalık Boyutuna İlişkin Korelasyon Analizi

KORELASYON ANALİZİ							
		Ustalık	**Sosyo-EkonomikDeğer**	**İlgi Değeri**	**Sosyal Değer**	**Gelişim Değeri**	**Uygulama Değeri**
Ustalık	Pearson Correlation	1	.653***	.697***	.568***	.644***	.303***
	Sig. (2-tailed)		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	N	384	384	384	384	384	384
*** Korelasyon 0,001 düzeyinde (2 yönlü) anlamlıdır.							

Tablo 6 incelendiğinde araştırmaya katılım gösteren öğrencilerin ustalık algıları ile sosyo-ekonomik değer algıları arasında (r=, 653 ; p<0,01), ilgi değeri algıları arasında (r=, 697 ; p<0,01), sosyal değer algıları arasında (r=, 568 ; p<0,01), orta düzeyde pozitif ve istatistiksel yönden anlamlı bir ilişki vardır. Katılımcıların ustalık algıları ile uygulama değeri algıları arasında ise (r=, 303 ; p<0,01) zayıf düzeyde pozitif ve istatistiksel yönden anlamlı bir ilişki vardır. Araştırmada elde edilen korelasyon katsayılarının düzeylerinin değerlendirilmesinde (Durmuş, Yurtkoru, & Çinko, 2016) tarafından önerilen korelasyon aralıkları esas alınmıştır (Durmuş, Yurtkoru, & Çinko, 2016, s. 145).

Tablo 7 Heyecan Boyutuna İlişkin Korelasyon Analizi

KORELASYON ANALİZİ							
		Heyecan	**Sosyo-EkonomikDeğer**	**İlgi Değeri**	**Sosyal Değer**	**Gelişim Değeri**	**Uygulama Değeri**
Heyecan	Pearson Correlation	1	.543***	.593***	.404***	.392***	0,078
	Sig. (2-tailed)		0,000	0,000	0,000	0,000	0,125
	N	384	384	384	384	384	384
*** Korelasyon 0,001 düzeyinde (2 yönlü) anlamlıdır.							

Tablo 7 incelendiğinde araştırmaya katılım gösteren öğrencilerin heyecan algıları ile sosyo-ekonomik değer algıları arasında (r=, 543 ; p<0,01), ilgi değeri algıları arasında (r=, 593 ; p<0,01), sosyal değer algıları arasında (r=, 404 ; p<0,01), orta düzeyde pozitif ve istatistiksel yönden anlamlı bir ilişki vardır. Katılımcıların heyecan algıları ile uygulama değeri algıları arasında ise (r=, 078 ; p<0,01) istatistiksel yönden anlamlı bir ilişki yoktur.

Tablo 8 Seçkinlik Boyutuna İlişkin Korelasyon Analizi

KORELASYON ANALİZİ							
		Seçkinlik	**Sosyo-EkonomikDeğer**	**İlgi Değeri**	**Sosyal Değer**	**Gelişim Değeri**	**Uygulama Değeri**
Seçkinlik	Pearson Correlation	1	.411***	.383***	.446***	.514***	.339***
	Sig. (2-tailed)		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	N	384	384	384	384	384	384
*** Korelasyon 0,001 düzeyinde (2 yönlü) anlamlıdır.							

Tablo 8 incelendiğinde araştırmaya katılım gösteren öğrencilerin seçkinlik algıları ile sosyo-ekonomik değer algıları arasında (r=, 411 ; p<0,01), sosyal değer algıları arasında (r=, 446 ; p<0,01), gelişim değeri algıları arasında (r=, 514 ; p<0,01), orta düzeyde pozitif ve istatistiksel yönden anlamlı bir ilişki vardır. Katılımcıların seçkinlik algıları ile ilgi değeri algıları arasında (r=, 383 ; p<0,01) ve uygulama değeri arasında ise (r=, 339 ; p<0,01) zayıf düzeyde pozitif ve istatistiksel yönden anlamlı bir ilişki vardır.

Tablo 9 Samimiyet Boyutuna İlişkin Korelasyon Analizi

KORELASYON ANALİZİ							
		Samimiyet	**Sosyo-EkonomikDeğer**	**İlgi Değeri**	**Sosyal Değer**	**Gelişim Değeri**	**Uygulama Değeri**
Samimiyet	Pearson Correlation	1	.183***	.181***	.219***	.194***	.219***
	Sig. (2-tailed)		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	N	384	384	384	384	384	384
*** Korelasyon 0,001 düzeyinde (2 yönlü) anlamlıdır.							

Tablo 9 incelendiğinde araştırmaya katılım gösteren öğrencilerin samimiyet algıları ile sosyo-ekonomik değer algıları arasında (r=, 183 ; p<0,01), ilgi değeri algıları arasında (r=, 181 ; p<0,01), sosyal değer algıları arasında (r=, 219 ; p<0,01), gelişim değeri algıları arasında (r=, 194 ; p<0,01), uygulama değeri algıları arasında (r=, 219 ; p<0,01), zayıf düzeyde pozitif ve istatistiksel yönden anlamlı bir ilişki vardır.

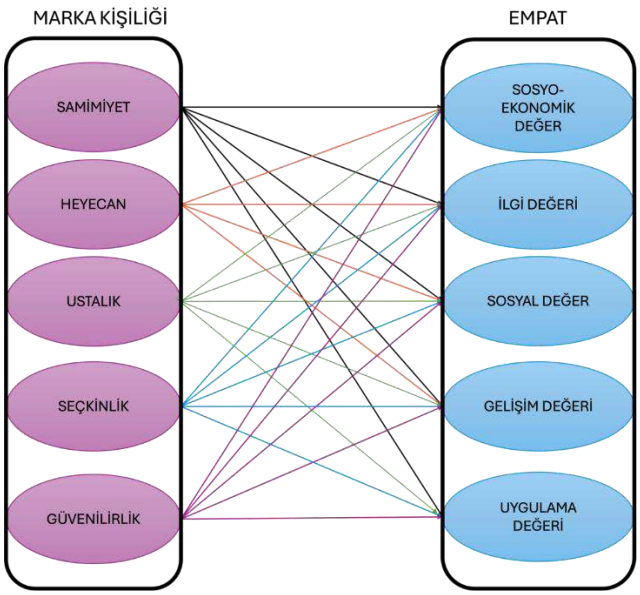
Tablo 10 Güvenilirlik Boyutuna İlişkin Korelasyon Analizi

KORELASYON ANALİZİ							
		Güvenilirlik	Sosyo-EkonomikDeğer	İlgi Değeri	Sosyal Değer	Gelişim Değeri	Uygulama Değeri
Güvenilirlik	Pearson Correlation	1	.571***	.574***	.491***	.522***	.252***
	Sig. (2-tailed)		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	N	384	384	384	384	384	384
*** Korelasyon 0,001 düzeyinde (2 yönlü) anlamlıdır.							

Tablo 10 incelendiğinde araştırmaya katılım gösteren öğrencilerin güvenilirlik algıları ile sosyo-ekonomik değer algıları arasında (r=, 571 ; p<0,01), ilgi değeri algıları arasında (r=, 574 ; p<0,01), sosyal değer algıları arasında (r=, 491 ; p<0,01), gelişim değeri algıları arasında (r=, 522 ; p<0,01), orta düzeyde pozitif ve istatistiksel yönden anlamlı bir ilişki vardır. Katılımcıların güvenilirlik algıları ile uygulama değeri algıları arasında (r=, 252 ; p<0,01), zayıf düzeyde pozitif ve istatistiksel yönden anlamlı bir ilişki vardır.

Revize Edilmiş Araştırma Modeli ve Hipotezler

Araştırmanın başlangıç aşamasında oluşturulan araştırma modeli, gerçekleştirilen faktör analizi ve korelasyon analizi sonuçları doğrultusunda yeniden değerlendirilmiştir. Analizler sonucunda marka kişiliği ve işveren marka çekiciliği değişkenlerine ilişkin boyutların yeniden yapılandırılması ve isimlendirilmesi doğrultusunda araştırma modeli Şekil 2'deki gibi revize edilmiştir. Revize edilen modelde, marka kişiliği değişkeni ustalık, heyecan, seçkinlik, samimiyet ve güvenilirlik olmak üzere beş boyut; işveren marka çekiciliği değişkeni ise sosyo-ekonomik değer, ilgi değeri, sosyal değer, gelişim değeri ve uygulama değeri olmak üzere beş boyut altında ele alınmıştır. Bu doğrultuda, söz konusu boyutlar arasındaki ilişkiler temel alınarak araştırmanın revize edilmiş hipotezlerine ilişkin kabul-red tablosu oluşturulmuştur.



Şekil 2 Revize Edilmiş Araştırma Modeli

Tablo 11 Hipotez Kabul-Red tablosu

Hipotez İfadesi	Sonuç
Samimiyet boyutuna ilişkin hipotezler	
H1: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin samimiyet algılamaları ile ilgi değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
H2: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin samimiyet algılamaları ile sosyal değer arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
H3: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin samimiyet algılamaları ile sosyo-ekonomik değer arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
H4: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin samimiyet algılamaları ile gelişim değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
H5: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin samimiyet algılamaları ile uygulama değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
Heyecan boyutuna ilişkin hipotezler	
H6: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin heyecan algılamaları ile ilgi değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
H7: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin heyecan algılamaları ile sosyal değer arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
H8: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin heyecan algılamaları ile sosyo-ekonomik değer arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
H9: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin heyecan algılamaları ile gelişim değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
H10: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin heyecan algılamaları ile uygulama değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	**RED**
Ustalık boyutuna ilişkin hipotezler	
H11: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin ustalık algılamaları ile ilgi değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
H12: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin ustalık algılamaları ile sosyal değer arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
H13: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin ustalık algılamaları ile sosyo-ekonomik değer arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
H14: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin ustalık algılamaları ile gelişim değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
H15: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin ustalık algılamaları ile uygulama değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
Seçkinlik boyutuna ilişkin hipotezler	
H16: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin seçkinlik algılamaları ile ilgi değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
H17: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin seçkinlik algılamaları ile sosyal değer arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
H18: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin seçkinlik algılamaları ile sosyo-ekonomik değer arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
H19: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin seçkinlik algılamaları ile gelişim değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
H20: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin seçkinlik algılamaları ile uygulama değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
Güvenilirlik boyutuna ilişkin hipotezler	
H21: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin güvenilirlik algılamaları ile ilgi değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
H22: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin güvenilirlik algılamaları ile sosyal değer arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
H23: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin güvenilirlik algılamaları ile sosyo-ekonomik değer arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
H24: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin güvenilirlik algılamaları ile gelişim değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul
H25: Çalışanların marka kişiliğine ilişkin güvenilirlik algılamaları ile uygulama değeri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.	Kabul

SONUÇ

Bu araştırmada, çalışanların marka kişiliği algılamaları ile işveren marka çekiciliği algıları arasındaki ilişkilerin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda marka kişiliği ve işveren marka çekiciliği kavramları birlikte ele alınarak, marka kişiliğine ilişkin algıların işveren markasının çalışanlar açısından ne ölçüde çekici olarak değerlendirilmesiyle ilişkili olduğu araştırılmıştır. Araştırmanın temel hareket noktası, çalışanların örgüte ilişkin marka kişiliği algılarının, örgütü bir işveren olarak değerlendirmelerinde etkili olabileceği varsayımına dayanmaktadır.

Araştırma kapsamında çevrim içi anket yöntemi kullanılmış ve araştırmanın örneklemini bir üniversitede öğrenim gören lisans ve yüksek lisans öğrencileri oluşturmuştur. Araştırmadan elde edilen veriler SPSS programı aracılığıyla analiz edilmiştir. Bu kapsamda öncelikle ölçeklerin geçerlilik ve güvenilirlik analizleri gerçekleştirilmiş, faktör analizi ile değişkenlerin boyutları belirlenmiş ve değişkenler arasındaki ilişkilerin incelenmesi amacıyla korelasyon analizi uygulanmıştır. Faktör analizi sonucunda marka kişiliğinin ustalık, heyecan, seçkinlik, samimiyet ve güvenilirlik olmak üzere beş boyut altında; işveren marka çekiciliğinin ise sosyo-ekonomik değer, ilgi değeri, sosyal değer, gelişim değeri ve uygulama değeri olmak üzere beş boyut altında değerlendirilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Araştırmanın temel bulguları, marka kişiliğinin farklı boyutları ile işveren marka çekiciliğinin boyutları arasında genel olarak pozitif yönlü ve istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler bulunduğunu göstermektedir. Bu sonuç, çalışanların örgüte yönelik marka kişiliği algıları ile örgütün işveren olarak çekiciliğine ilişkin değerlendirmelerinin birbirinden bağımsız olmadığını ortaya koymaktadır. Başka bir ifadeyle, çalışanların örgütü belirli kişilik özellikleriyle algılama düzeyleri arttıkça, örgüte ilişkin işveren marka çekiciliği değerlendirmelerinin de genel olarak olumlu yönde değiştiği görülmektedir.

Marka kişiliğinin ustalık boyutu ile işveren marka çekiciliğinin sosyo-ekonomik değer, ilgi değeri, sosyal değer, gelişim değeri ve uygulama değeri boyutları arasında pozitif yönlü ve anlamlı ilişkiler bulunmuştur. Bu ilişkiler içerisinde en yüksek ilişkinin ustalık ile ilgi değeri arasında olduğu görülmektedir. Bu bulgu, örgütün yetkin, başarılı ve uzman bir kişiliğe sahip olarak algılanmasının çalışanların işveren markasına ilişkin bazı çekicilik değerlendirmeleriyle ilişkili olduğunu, ancak bu ilişkinin işveren markasının uygulama değerine yönelik değerlendirmelerde aynı düzeyde ortaya çıkmayabileceğini göstermektedir.

Heyecan boyutu değerlendirildiğinde, bu boyut ile işveren marka çekiciliğinin sosyo-ekonomik değer, ilgi değeri, sosyal değer, gelişim değeri boyutlarının tamamı arasında pozitif yönlü ve anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir. Özellikle heyecan ile ilgi değeri arasındaki ilişkinin diğer ilişkilere kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonuç, dinamik, yenilikçi ve heyecan verici olarak algılanan bir işveren markasının çalışanların işyerine ilişkin ilgi ve çekicilik değerlendirmeleriyle güçlü biçimde ilişkili olabileceğine işaret etmektedir. Buna karşılık heyecan ile uygulama değeri arasındaki ilişkinin anlamlı olmadığı belirlenmiştir.

Seçkinlik boyutu ile işveren marka çekiciliğinin beş boyutu arasında da pozitif yönlü ve anlamlı ilişkiler bulunmuştur. Seçkinlik ile gelişim değeri arasındaki ilişkinin diğer ilişkilere kıyasla daha yüksek olması dikkat çekmektedir. Bu durum, prestijli ve seçkin olarak algılanan bir işveren markasının çalışanların örgütte kendilerini geliştirme ve kariyerlerine ilişkin değerlendirmeleriyle ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

Samimiyet boyutunda ise işveren marka çekiciliğinin tüm boyutlarıyla pozitif yönlü ve anlamlı ilişkiler belirlenmiştir. Bununla birlikte, korelasyon katsayılarının diğer marka kişiliği boyutlarına kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla samimiyet algısının işveren marka çekiciliğinin farklı boyutlarıyla ilişkili olduğu, ancak bu ilişkilerin görece zayıf düzeyde gerçekleştiği söylenebilir.

Son olarak güvenilirlik boyutu ile işveren marka çekiciliğinin tüm boyutları arasında pozitif yönlü ve anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir. Güvenilirlik ile ilgi değeri arasındaki ilişki en yüksek düzeyde gerçekleşirken, uygulama değeri ile arasındaki ilişkinin görece daha düşük olduğu görülmektedir. Bu bulgu, çalışanların örgütü güvenilir ve tutarlı bir işveren olarak algılamalarının, işveren markasının çalışanlar açısından çekiciliğine ilişkin değerlendirmelerle önemli ölçüde ilişkili olduğunu göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, araştırma sonuçları marka kişiliği algısının işveren marka çekiciliği ile ilişkili önemli bir unsur olduğunu ortaya koymaktadır. Marka kişiliğinin özellikle heyecan, seçkinlik ve güvenilirlik boyutlarının işveren marka çekiciliğinin farklı boyutlarıyla görece daha yüksek düzeyde ilişkiler sergilemesi, çalışanların yalnızca ücret, çalışma koşulları veya kariyer olanakları gibi araçsal unsurlara göre değil, aynı zamanda örgüte atfettikleri kişiliksel ve sembolik anlamlar doğrultusunda da işvereni değerlendirebildiklerini göstermektedir. Bu açıdan araştırma bulguları, işveren markalaşması sürecinde örgütün sahip olduğu kişilik özelliklerinin ve bu özelliklerin çalışanlar tarafından nasıl algılandığının dikkate alınması gerektiğine işaret etmektedir.

Araştırmanın sonuçları, işveren markası oluşturma ve yönetme sürecinde işletmelere çeşitli yönetsel çıkarımlar da sunmaktadır. İşverenlerin yalnızca ekonomik ve fonksiyonel faydaları ön plana çıkarmak yerine, çalışanların örgüte ilişkin kişilik algılarını da dikkate almaları önem taşımaktadır. Özellikle güvenilir, yenilikçi, yetkin, seçkin ve samimi bir örgüt kimliğinin oluşturulması ve bu kimliğin çalışanlara tutarlı biçimde aktarılması, işveren markasının çekiciliğinin güçlendirilmesine katkı sağlayabilir. Bu doğrultuda insan kaynakları ve marka yönetimi faaliyetlerinin birbirinden bağımsız yürütülmesi yerine, örgütün marka kişiliği ile işveren markası arasında tutarlı bir iletişim ve uygulama yapısının oluşturulması önem taşımaktadır.

Bununla birlikte, araştırmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Araştırmanın örnekleminin yalnızca bir üniversitede öğrenim gören lisans ve yüksek lisans öğrencilerinden oluşması, elde edilen sonuçların farklı sektörlerde çalışanlara veya daha geniş çalışan gruplarına genellenmesini sınırlandırmaktadır. Ayrıca araştırmada çevrim içi anket yönteminin kullanılması ve verilerin katılımcıların öz bildirimlerine dayanması araştırmanın diğer sınırlılıklarını oluşturmaktadır. Gelecek araştırmalarda farklı üniversitelerden, farklı sektörlerden ve farklı çalışan gruplarından daha geniş örneklemlerle çalışmalar yürütülmesi, araştırma sonuçlarının genellenebilirliğini artırabilir. Bunun yanı sıra farklı demografik özelliklerin veya örgütsel değişkenlerin modele dahil edilmesi, marka kişiliği ile işveren marka çekiciliği arasındaki ilişkinin daha kapsamlı biçimde açıklanmasına katkı sağlayabilir.

Sonuç olarak bu araştırma, çalışanların bir örgüte ilişkin marka kişiliği algıları ile söz konusu örgütün işveren olarak çekiciliğine yönelik değerlendirmeleri arasında anlamlı ilişkiler bulunduğunu ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, işveren markasının yalnızca somut ve ekonomik faydalar üzerinden değil, aynı zamanda örgüte atfedilen kişilik özellikleri ve sembolik anlamlar üzerinden de şekillendiğini göstermektedir. Bu bağlamda marka kişiliği ve işveren marka çekiciliğinin birlikte ele alınması, çalışanların örgütleri nasıl algıladıklarının ve işveren olarak neden çekici bulduklarının anlaşılması açısından önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Aaker, J. L. (1997). Dimensions of Brand Personality. *Journal of Marketing Research, 34*(3), 347-356.

Alshathry, S., Clarke, M., & Goodman, S. (2017). The role of employer brand equity in employee attraction and retention: a unified framework. *International Journal of Organizational Analysis, 25*(3), 413-431.

Ambler, T., & Barrow, S. (1996). The employer brand. *The Journal of Brand Managment, 4*(3), 185-206.

Azoulay, A., & Kapferer, J. (2003). Do Brand Personality Scales Really Measure Brand Personality? *11*(2), 143-155.

Bayram, T., & Düger, Y. (2022). Kurumsal Sosyal Sorumluluk Algısının İşveren Marka Çekiciliğine Etkisi: Z Kuşağı Bireylerin Kişilik Özellikleri Bağlamında Bir Araştırma. 1-97.

Berthon, P., Ewing, M., & Hah, L. (2005). Captivating Company: Dimensions of Attractiveness in Employer Branding. *International Journal of Advertising, 24*(2), 151-172.

Carpentier, M., Hoye, G., & Weijters, B. (2019). Attracting Applicants Through the Organization's Social Media Page: Signaling Employer Brand Personality. *115*, 1-14.

Carpentier, M., Hoye, G., & Weijters, B. (2019). Attracting Applicants Through the Organization's Social Media Page: Signaling Employer Brand Personality. *115*, 1-14.

Chhabra, N., & Sharma, S. (2014). Employer branding: strategy for improving employer attractiveness. *International Journal of Organizational Analysis, 22*(1), 48-60.

Davies, G., Méndez, J., Whelan, S., Mete, M., & Loo, T. (2018). Brand Personality: Theory and Dimensionality. *27*(2), 115-127.

Dierickx, L., Hoye, G., Kozusznik, M., & Kanwal, H. (2025). Well-being Policies and Applicant Attraction: The Mediating Role of Employer Brand Personality. *39*(1), 57-92.

Durmuş, B., Yurtkoru, E., & Çinko, M. (2016). *Sosyal Bilimlerde Spss'le Veri Analizi.* içinde İstanbul.

Eger, L., Mičík, M., Gangur, M., & Řehoř, P. (2019). EMPLOYER BRANDING: EXPLORING ATTRACTIVENESS DIMENSIONS IN A MULTICULTURAL CONTEXT. *25*, 519-541.

Franca, V., & Pahor, M. (2012). The Strength of the Employer Brand: Influences and Implications for Recruiting. *Journal of Marketing and Management, 3*(1), 78-122.

Kaur, J., & Syal, G. (2017). Determinative Impact of Employer Attractiveness Dimensions of Employer Branding on Employee Satisfaction in the Banking Industry in India. *37*(2), 129-144.

Maurya, U., & Mishra, P. (2012). What is a brand? A Perspective on Brand Meaning. *4*, 122-133.

Phau, I., & Lau, K. (2000). Conceptualising Brand Personality: A Review and Research Propositions. *9*(1), 52-69.

Rampl , L., & Kenning, P. (2014). Employer Brand Trust and Affect: Linking Brand Personality to Employer Brand Attractiveness. *48*(1/2), 218-236.

MULTI ALPHABET LICENSE PLATE AND COUNTRY RECOGNITION USING MOBILEVITV2 WITH A SPATIAL TRANSFORMER NETWORK

Emir TOPAÇ
M.Sc. Student, Department of Computer Engineering, Master's Program in Artificial Intelligence, Gebze Technical University, Kocaeli, Türkiye
AI Engineer, Intetra Technology and Information Services Inc., Kocaeli, Türkiye
ORCID 0009-0003-5124-7601
Göker AKSOY
Assoc. Prof. Dr., Transportation Technologies Institute,
Gebze Technical University, Kocaeli, Türkiye
ORCID 0000-0003-4592-7048

ÖZET

Çok uluslu trafik ortamlarında plaka tanıma, farklı karakterlerin ve ülkeye özgü görsel yapıların birlikte işlenmesini gerektirir. Bu çalışmada, plaka metnini ve ülkeyi ortak bir omurgadan tahmin eden MobileViTV2-050 tabanlı bir modelin performansı incelenmektedir. Omurga öncesinde, öğrenilebilir afin hizalama sağlayan bir uzamsal dönüşüm ağı bulunmaktadır. Veri kümesi, 44 farklı ülke için dengeli olarak oluşturulmuş 633.600 eğitim ve 158.400 doğrulama görüntüsünden oluşmaktadır. Eğitimde ülke başına 14.400, doğrulamada ise 3.600 örnek kullanılmıştır. Plaka görüntüleri 128 × 64 × 3 piksele dönüştürülmekte; dokuz karakter konumu, 64 sınıflı bir çıktıdan tahmin edilmektedir. Bu çıktı Latin ve Arap-Fars karakterlerini kapsamakta; Rus plakalarındaki Kiril–Latin ortak harfleri olan ABCEHKMOPTXY sınıflarıyla temsil etmektedir. Uzamsal dönüşüm ağı kullanılan yapıda %98,76 tam plaka doğruluğu, %98,41 ülke doğruluğu, %99,72 karakter doğruluğu ve %97,44 plaka + ülke birleşik doğruluk elde etmiştir. Hizalama olmadan plaka doğruluğu %98,44, plaka + ülke doğruluğu %96,93 düzeyindedir. Aynı doğrulama örneklerinin eşleştirilmesi durumunda, hizalamalı modelin 1.295 plaka hatasını düzelttiğini, daha önce doğru olan 777 örnekte ise hatalı tahmin yaptığını göstermektedir. Toplamda mevcut 1.957 hatalı plakanın 1.435 tanesi bir düzenleme işlemiyle düzeltilebilmektedir. En sık karakter karışmaları O ve 0 ile I ve 1 arasında gözlenmiştir. . Ortalama karakter güveni için 0,95 eşiği kullanıldığında doğrulama verilerinin %96,33'ü korunmakta ve bu alt kümede plaka doğruluğu %99,83 olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Otomatik plaka tanıma; MobileViTV2; Uzamsal dönüşüm ağı; Çok alfabeli tanıma; Ülke sınıflandırma; Hata analizi.

ABSTRACT
License plate recognition in multinational traffic flows requires the simultaneous processing of different characters and country-specific visual structures. This study examines the performance of a MobileViTV2-050-based model that predicts both the license plate text and the country from a shared backbone. Before of the backbone layer, there is a spatial transformation network layer that provides learnable affine alignment. The dataset consists of 633,600 training and 158,400 validation images and balanced for 44 different countries. The training set includes 14,400 images per country, while the validation set includes 3,600 images per country. Input size of model is 128 × 64 × 3 pixels; nine-character positions are predicted from a 64-class output. This output covers Latin and Arabic-Persian characters; it represents the Cyrillic-Latin common characters on Russian license plates, such as ABCEHKMOPTXY. The model with STN layer achieved 98.76% license plate accuracy, 98.41% country accuracy, 99.72%-character accuracy, and 97.44% joint license plate and country accuracy. Without STN, license plate accuracy was 98.44%, and combined joint plate and country accuracy was 96.93%.
Keywords: License plate recognition; MobileViTV2; Spatial Transformer Network; Multi-alphabet OCR; Country classification; Recognition error analysis.

INTRODUCTION

On recognition stage of an automatic number plate recognition system must convert visual symbols into an exact character. This stage becomes more challenging when vehicles with plate countries appear in the same traffic flow. Plate layouts, fonts, spacing, and country markings may vary, and visually similar symbols may have different identities. Surveys of ANPR methods describe the diversity of acquisition conditions and the limitations of systems designed around a restricted plate format (Anagnostopoulos et al., 2008; Shashirangana et al., 2021).

A multinational plate recognizer should do more than achieving a high average character score. Recognition performance should be assessed at character, plate, country, and joint accuracy levels. The remaining errors also need examination such as single-symbol error, a wrong plate length, and a substantially incorrect recognition shows different weaknesses and different directions for improvement.

This study shows how effectively a lightweight CNN-ViT hybrid backbone-based model can recognize multinational and multi-alphabet license plates. Extending the work of Aranda & ankandrew (2024), we examine a MobileViTV2-050 variant model with learnable affine alignment and shared features for plate recognition and country classification. The study focuses on recognition behavior: the effect of removing the Spatial Transformer Network, the edit-distance distribution of incorrect plates, selected character confusions.

The contribution of study is exact recognition, alignment, error severity, character ambiguity, sequence length, and confidence filtering on a country balanced evaluation. The proposed method was conducted on plate images from 44 countries. Proposed model is not a full-image plate detector, and a multinational country list does not imply support for every character used in those countries. The explicit output vocabulary defines characters to be recognized.

RELATED WORK

Segmentation-free plate recognition removes the stage for requirement to isolate every character before classification. Compact CNN architectures like LPRNet generate plate recognitions directly from the image (Zherzdev & Gruzdev, 2018), while Henry et al. (2020) proposes multinational recognition using generalized character sequence detection.

The current task combines 2 different task heads from shared backbone. This shared structure places the distinction between text accuracy and the accuracy of text-country mappings at the center of the evaluation. Using a country-balanced validation set prevents common countries

from distorting results, such as learning a class better than another class, even if plate lengths remain unbalanced.

MobileViTV2 combines convolutional processing with separable self-attention, which means hybrid structure. Convolutions provides to learn local visual features, while attention allows information to interact across spatial locations, such as global context. Separable attention has linear complexity in the number of tokens, addressing a computational limitation of conventional multi-head self-attention (Mehta & Rastegari, 2022).

Spatial Transformer Networks introduce trainable geometric transformation into a neural network (Jaderberg et al., 2015). Its role here is to adjust the plate image before the backbone. We use a comparison with and without STN to examine whether this alignment module improves recognition.

MATERIALS AND METHODS

Dataset and recognition scope

The dataset used in study contains 792,000 plate images: 633,600 for training and 158,400 for validation. All 44 country classes have 14,400 training and 3,600 validation samples, meaning an 80:20 data split in each country. The dataset includes every synthetic pair of real images, that means 7200 and 1800 unique plates in dataset, respectively. Plate with same text does not appear in both groups. Evaluation is performed on the supplied validation split.

The 64-class vocabulary contains 63 visible symbols, “0123456789ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZÖÜ۰۱۲۳۴۵۶۷۸۹بتجدسصطعقلمنهوی_” in plates and the padding symbol. It contains decimal digits, uppercase Latin letters, Arabic-Persian letters, and Persian digits. On Russian plates, visually shared Cyrillic and Latin letters are merged into the same classes, which are ABCEHKMOPTXY. This approach groups visually similar characters into the same classes rather than using phonetic transliteration. As a result, the model does not need to distinguish between Cyrillic and Latin characters that look alike, because they look visually similar. This grouping allows Russian license plates to be recognized using the unified character labels. Exact-match accuracy is calculated based on these normalized character labels and does not evaluate whether the model can distinguish between Cyrillic and Latin scripts or recognize Cyrillic characters that are not shared between them.

Country level balance does not imply equal representation of different characters, plate lengths, or visual conditions. Short plates are particularly rare in the validation set, whereas seven-character plates are substantially more frequent. Sample counts are therefore explained with length-specific accuracy to support interpretation of performance across these groups.

The recognizer predicts up to nine characters as maximum length. Images are converted to 3 channels, resized to 128 × 64 pixels, and normalized to the range [0, 1]. Labels are right-padded to nine positions for learning and decoded without the padding symbol for plate evaluation.

Augmentation and learnable alignment

Training augmentation uses Albumentations 2.0.8 version with a pipeline activation probability of 0.90 (Buslaev et al., 2020). The probabilities below are conditional on pipeline activation. A geometric group ($p = 0.50$) selects one of three transformations: rotation within ±7 degrees, perspective with scale of 0.01-0.04, or isotropic affine scaling between 0.90-0.94 with horizontal and vertical translation within ±2 percent. Their selection weights are 0.40, 0.35, and 0.25, respectively. The affine alternative reduces the image scale without zooming in. An exposure group with probability of 0.60 selects brightness-contrast adjustment, gamma adjustment over 70-150, or CLAHE. Color jitter with probability of 0.12 varies saturation over 0.75-1.15 and hue over ±0.025; grayscale conversion with probability of 0.25 retains three output channels. A local-illumination group with probability of 0.18 selects shadows or spatially varying brightness and contrast.

A degradation group with probability of 0.45 selects motion blur with a 3-5 kernel, Gaussian blur with a 3 × 3 kernel and standard deviation between 0.2 and 0.8, or downscaling to 0.70-0.95 of the input size followed by resizing. Coarse dropout with probability of 0.06 inserts one or two small zero-filled regions, with heights of 1.6- 4.7 percent and widths of 0.8- 2.5 percent of the image. A noise group with probability of 0.25 selects Gaussian noise shared across channels or independent per-pixel, per-channel noise, with standard-deviation ranges of 0.005-0.025 and 0.005-0.018 on a [0, 1] scale, respectively. JPEG compression with probability of 0.30 is applied last with quality between 50 and 95 percent. Alternatives within each group are mutually exclusive but different groups may act on the same image. These transformations provide training variation.

The STN takes the input image and predicts the six coefficients of an affine transformation matrix. Its final layer is initialized to an identity mapping, and the transformed image is passed to backbone, which is MobileViTV2-050. The objective is to improve the position, scale, and orientation of visible plate content before recognition, with aiming unnecessary area of plate image. An affine transform can represent translation, rotation, scale, and shear, but cannot fully rectify arbitrary projective distortion. It also cannot recover information that is absent because of occlusion or insufficient resolution. It is main aim to convert the image that model predicts better.

Shared representation and output heads

MobileViTV2-050 backbone outputs a shared 256-channel representation. The plate head adaptively pools the feature map of backbone into one row and nine width positions, applies dropout with rate of 0.5, and uses one 64-class linear classifier per position. It has 148,032 parameters. The country head uses global average pooling, dropout with rate of 0.5, and a 44-class linear classifier with 11,308 parameters. The complete STN model has 1,276,677 parameters, including 1,113,593 in the backbone and 3,744 in the alignment module. Removing STN results with 1,272,933 parameters. The two heads provide separate predictions from the shared backbone representation. Figure 1 illustrates the MobileViTV2-050 backbone with STN layer, plate and country prediction heads.

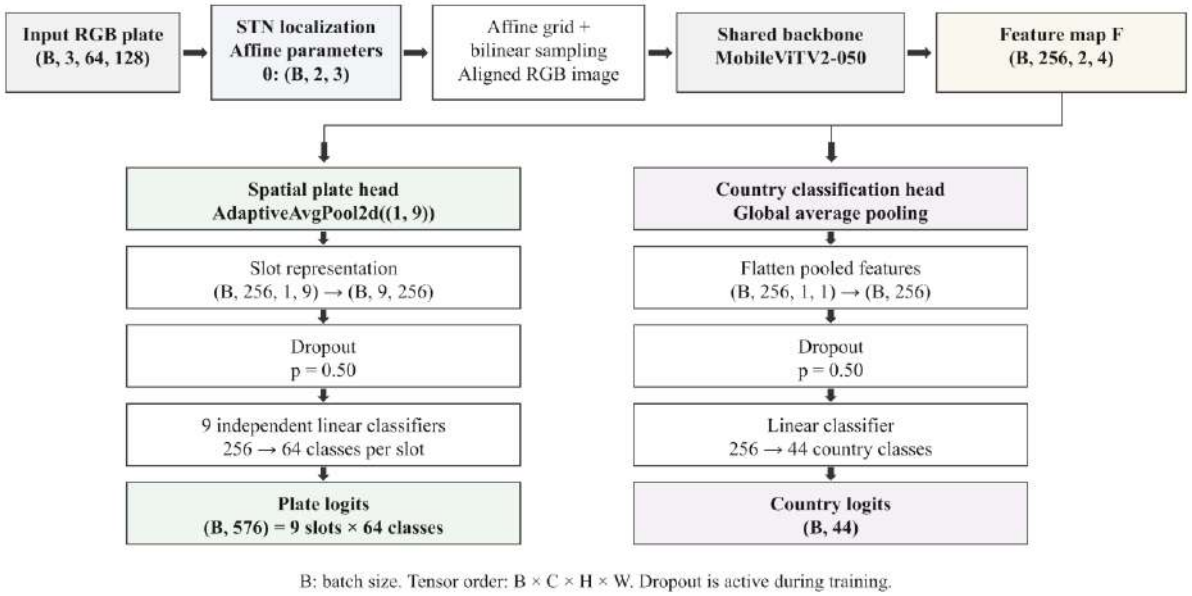


Figure 1. MobileViTV2-050 architecture with an affine Spatial Transformer Network and parallel spatial plate and country heads. Tensor dimensions are channels × height × width (C × H × W), with B denoting batch size; dropout is active during training.

Training procedure

The backbone uses a pretrained initialization with ImageNet weights (Deng et al., 2009), implemented via the PyTorch framework (Paszke et al., 2019). The training configuration parameters with usage of Adam's optimizer with learning rate 0.001, weight decay 0.01, batch size 128, label smoothing 0.05, and mixed precision. The plate loss weight is 1.0, while the country cross-entropy weight increases linearly from 0 to 0.005 after 10 epochs. The STN learning-rate multiplier is 0.1 and its identity-regularization weight is 0.1. The learning rate is multiplied by 0.75 after five non-improving epochs, with a minimum of 10^{-6}. The configured epoch limit is 400 and early-stopping patience epoch is 20.

While the validation set is never used to update the model's weights, it guides us to monitor and select best model. For the STN ablation study, we compare all variants using the exact same data and training setup.

EVALUATION MEASURES

We define exact plate accuracy as the proportion of fully decoded strings that strictly match their ground-truth references, means same length and same character sequence, while country accuracy measures the rate of correctly predicted country labels. Character accuracy shows the percentage of characters matched at their positions across all non-padding reference characters. For a prediction to count toward joint accuracy, the model must identify both the plate string and the country correctly for the same image.

Edit distance shows the minimum insertions, deletions, and substitutions needed to transform a prediction into its ground truth value. We report the distribution, average, and median for wrong plate predictions. Conditioning depending on incorrect predictions is important: a average distance among failed predictions describes the level of failures, not their frequency in the full validation data. A length error occurs when the predicted and ground-truth character counts are different and may coexist with other errors as well.

In order to figure out the character confusion, we align each prediction against the ground truth value; when lengths are different, we insert padding to keep positions matched. The Character Error Rate (CER) calculates the edit distance relative to the total number of reference characters.

We also investigate full-plate accuracy across different plate lengths. For model confidence calibration, predictions are grouped into 20 equal confidence parts. Plate confidence is just the average of predicted characters.

RESEARCH AND FINDINGS

Overall Accuracy and the Effect of Alignment

Table 1 shows the validation results on 158,400 images. Result for model with STN layer activated, 156,443 plates, 155,875 country labels, and 154,351 joint place and country predictions are correctly classified. Character accuracy is 99.72%. The difference between character and plate accuracy shows the fix on prediction to correct whole string.

Table 1. MobileViTV2-050 validation results with and without STN.

Metric	Without STN	With STN
Exact plate accuracy	98.4375%	98.7645%
Country accuracy	98.1698%	98.4059%
Character accuracy	99.6374%	99.7191%
Joint accuracy	96.9274%	97.4438%
Plate errors	2,475	1,957
Length errors	342	279
Average edit distance among errors	1.463	1.421

Activating STN layer improves plate accuracy by 0.327 percentage points, country accuracy by 0.236 points, character accuracy by 0.082 points, and joint accuracy by 0.516 points. Plate

errors decrease from 2,475 to 1,957, a relative reduction on errors with rate of 20.93%; joint errors decrease from 4,867 to 4,049, a reduction of on errors with rate of 16.81%. Length errors decrease from 342 to 279. The STN layer adds 3,744 parameters, approximately 0.29% of the model without STN. The observed gains on validation data are consistent with useful geometric normalization.

The STN activated model corrects 1,295 previously incorrect plate predictions while resulting 777 errors on previously correct samples; 1,180 plates are wrong in both variants. For joint correctness, 2,379 samples improve and 1,561 fail, giving a net gain of 818. Therefore, an overall improvement does not mean STN layer helps every image. The average edit distance among wrong predictions also decreases, from 1.463 without STN to 1.421 with STN.

Distribution of Plate Errors

The STN activated model has 1,957 incorrect plate predictions. Of these, 1,435 with edit distance one: 73.33% of the error subset and 0.91% of all validation images. The next most frequent distance is two, with 322 predictions. Together, distances one and two account for 89.78% of incorrectly predicted plates. Table 2 reports the complete nonzero-distance distribution.

Table 2. Edit distances among the 1,957 incorrect STN plate predictions.

Edit distance	Count	Share of errors
1	1435	73.33%
2	322	16.45%
3	122	6.23%
4	57	2.91%
5	19	0.97%
6	2	0.10%

A distance of one means that change of one character can recover the reference plate. The concentration of failures at low edit distances indicates that many erroneous recognitions actually contain most of the plate information. Nevertheless, these predictions remain incorrect identifiers and are not counted as successful prediction.

There are 279 length errors, meaning 0.176% of validation examples and 14.26% of plate errors. The total edit distance is 2,780, giving an average distance of 0.01755 across all samples and a character error rate of 0.2560%. Among wrong predictions, the median distance is 1.

Character Confusions

Figure 2 shows a character-confusion matrix. Rows are ground truth and columns are predictions. The selected symbols show the frequent Latin letter–digit confusions, rather than the complete plate. Table 3 shows the most frequent confusions between characters.

Table 3. Most common character confusions for MobileViTV2-050 backbone with STN layer.

Reference	Prediction	Count
O	0	94
0	O	82
I	1	57
6	8	36
6	5	33
9	8	30
1	I	25

The letter O is predicted as digit 0 in 94 plates, and digit 0 is predicted as letter O in 82 plates. I is predicted as 1 in 57 plates, while 1 is predicted as I in 25. Other frequent errors include 6 to 8 (36), 6 to 5 (33), and 9 to 8 (30), as counts. These are consistent with confusion between similar shapes.

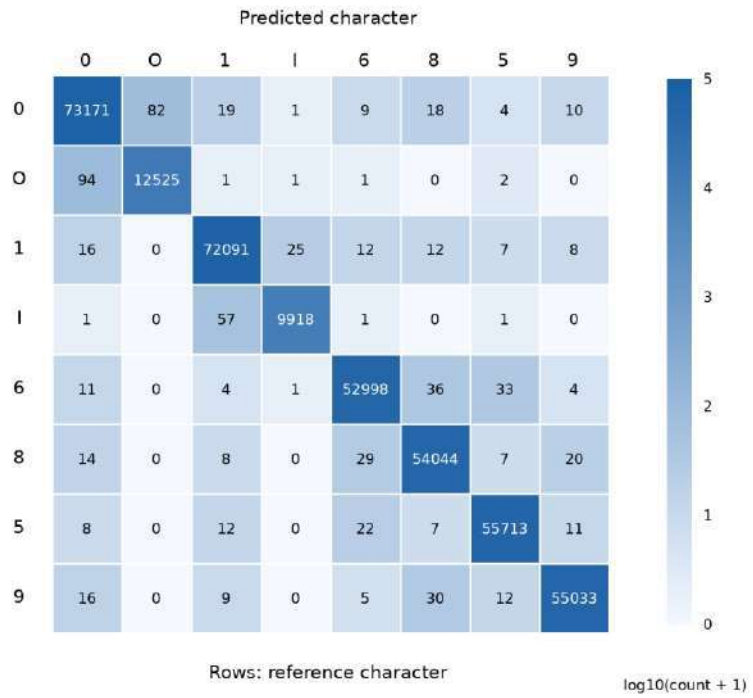


Figure 2. Character confusion matrix with STN. Annotations give counts; the logarithmic color scale improves visibility of small off-diagonal counts. The selection not full character set.

Sensitivity to plate length

Table 4 gives exact-match accuracy and support for every predicted plate length. Seven-character length plates have the highest accuracy, at level of 99.05%, and this sample is almost half of the validation set. 2- and 3-character length plates reach level of 86.96% and 88.07%, respectively, but they contain only 222 samples.

Table 4. Plate accuracy by ground-truth length with STN layer.

Length	Samples	Correct plates	Accuracy
2	46	40	86.96%
3	176	155	88.07%
4	4,370	4,283	98.01%
5	6,116	5,973	97.66%
6	34,532	34,152	98.90%
7	78,182	77,442	99.05%
8	31,912	31,411	98.43%
9	3,066	2,987	97.42%

For 9-character length plates, 2,987 of 3,066 were predicted correctly, resulting 97.42% accuracy. This shows only a slight decrease compared to 7-character length plates rather than a serious drop at the 9-character plate length.

These length dependent differences likely caused mainly from factors such as sample size, plate layouts or vanity plates differs from layout of region, country distribution, and visual complexity. As a result, a dataset with a different ratio of short length or 9-character length plates could shift the overall accuracy even if the model behaves same. Explaining both the length distribution and conditional accuracy makes this clearer.

Country Specific Recognition

Using a balanced amount of data in countries, 3,600 sample for each, allows fair comparisons between countries. Table 5 shows 6 countries with the lowest plate accuracy with their country classification scores. Iran example shows why these two tasks must be separated. While country identification was %100, because of totally different character set from Latin, exact plate recognition is 97.08%.

Table 5. Countries with the lowest plate accuracy with STN layer.

Country	Plate accuracy	Country accuracy
Great Britain	96.67%	97.25%
Iran	97.08%	100.00%
Ireland	97.17%	98.86%
Germany	97.17%	97.17%
Czech Republic	97.83%	96.50%
Kyrgyzstan	97.94%	99.33%

Confidence and Selective Recognition

The plate confidence on table is average of the characters that predicted from plate head.

Table 6. Plate accuracy after confidence filtering with STN layer. Thresholds are average character confidences.

Threshold	Retained	Coverage	Plate accuracy
0.00	158,400	100.00%	98.76%
0.80	157,940	99.71%	99.02%
0.90	156,476	98.79%	99.49%
0.95	152,580	96.33%	99.83%

At threshold 0.95 confidence, 152,580 samples are correct and 263 remain incorrect. The constraint rejects 5,820 samples, including 1,694 incorrect and 4,126 correct plates. It removes 86.56% of the original incorrect predictions while rejecting 3.67% of all samples.

DISCUSSION

Our study covers Latin and Arabic-Persian plates, Russian plates with unified Cyrillic-Latin characters, and country classification using a lightweight MobileViTV2 backbone base CNN-ViT model. Adding STN layer increases both exact and joint accuracy with minimal parameter overhead, though paired comparisons show a mix of corrected cases. While most errors involve 1 edit distances, even a single incorrect character still counted as the entire plate identifier.

Country classification accuracy reaches 98.41%. While balancing samples equally across the all countries prevents frequency bias, it does not eliminate disparities in plate design or visual complexity. Joint plate and country accuracy reaches at 97.44%, with 1,524 failures caused solely by plate recognition. 2,092 errors are caused by country classification, and 433 by both plate and country errors. This analysis shows that incorrect country prediction causes for a significant amount of total joint errors.

Both train and validation dataset contain real world images with unconstrained conditions, data augmentation including rotation, perspective skew, noise, and occlusion was applied to both real and synthetic training images and may result with over augmentation to real world samples. However, augmentation by itself does not fully help to STN layer to fix complex geometric distortions. However, the module tries to fix this by actively compensating for affine misalignments at the architectural level, before image fed to backbone, providing essential geometric corrections before recognition.

CONCLUSION

MobileViTV2-050 backbone with an STN layer reaches 98.76% plate accuracy, 98.41% country accuracy, 99.72%-character accuracy, and 97.44% joint plate and country accuracy on 158,400 validation images balanced across 44 countries. Relative to the model without STN layer, plate errors decrease by 20.93%. The paired analysis confirms a net gain of 518 correct plates with help of STN layer.

For incorrect predictions, 1,435 of 1957 are just have one character error. The remaining recognition limitations include letter-digit confusions such as O-0 and short-length categories, like 2 or 3 length plates. Confidence filtering helps to retain 96.33% of validation samples at 99.83% plate accuracy using a 0.95 average character-confidence threshold.

REFERENCES

Anagnostopoulos, C.-N. E., Anagnostopoulos, I. E., Psoroulas, I. D., Loumos, V., & Kayafas, E. (2008). License plate recognition from still images and video sequences: A survey. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 9(3), 377–391. https://doi.org/10.1109/TITS.2008.922938

A. Aranda and ankandrew, fast-plate-ocr, version 0.3.0, computer software, 2024. [Online]. Available: https://github.com/ankandrew/fast-plate-ocr/tree/v0.3.0

Buslaev, A., Iglovikov, V. I., Khvedchenya, E., Parinov, A., Druzhinin, M., & Kalinin, A. A. (2020). Albumentations: Fast and flexible image augmentations. Information, 11(2), Article 125. https://doi.org/10.3390/info11020125

Deng, J., Dong, W., Socher, R., Li, L. J., Li, K., & Fei-Fei, L. (2009). ImageNet: A large-scale hierarchical image database. In 2009 IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 248-255). IEEE.

Henry, C., Ahn, S. Y., & Lee, S.-W. (2020). Multinational license plate recognition using generalized character sequence detection. IEEE Access, 8, 35185–35199. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2974973

Jaderberg, M., Simonyan, K., Zisserman, A., & Kavukcuoglu, K. (2015). Spatial transformer networks. In C. Cortes, N. D. Lawrence, D. D. Lee, M. Sugiyama, & R. Garnett (Eds.), Advances in neural information processing systems (Vol. 28). Curran Associates, Inc. https://papers.nips.cc/paper_files/paper/2015/hash/33ceb07bf4eeb3da587e268d663aba1a-Abstract.html

Mehta, S., & Rastegari, M. (2022). Separable self-attention for mobile vision transformers. arXiv. https://arxiv.org/abs/2206.02680

Paszke, A., Gross, S., Massa, F., Lerer, A., Bradbury, J., Chanan, G., ... & Chintala, S. (2019). PyTorch: An imperative style, high-performance deep learning library. Advances in neural information processing systems, 32.

Shashirangana, J., Padmasiri, H., Meedeniya, D., & Perera, C. (2021). Automated license plate recognition: A survey on methods and techniques. IEEE Access, 9, 11203–11225. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3047929

Zherzdev, S., & Gruzdev, A. (2018). LPRNet: License plate recognition via deep neural networks. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.1806.10447

IMPACT OF STRATEGIC PLANNING ON ORGANIZATIONAL COMPETITIVE ADVANTAGE: A STUDY OF GUARANTEE TRUST HOLDING COMPANY RIVERS STATE, NIGERIA

Ephraim Augustine Mina, PhD
Department of Business Administration and Management
Federal Polytechnic Ekowe, Bayelsa State

ABSTRACT
The study examined the impact of strategic planning on organizational competitive advantage: a study of Guarantee Trust Holding Company as the main objective of the study. The study adopted the descriptive survey design. The population used was 1200 employees. Taro Yamane formula was to determine the sample size of 300 respondents. The finding showed that corporate strategy and product innovation were significantly related (p = 0.004), and policy formation and market share were significantly related (p = 0.001). The study recommends that Guarantee Trust Holding Company should enforce strategic planning that covers all the operational levels, make long-term brand initiatives more vigorous, encourage constant innovation, and review policies on a regular basis, to maintain its lead in the market and customer trust in a changing banking environment.
Keywords : Strategic planning , Competitive advantage , Product innovation, Customer trust .

INTRODUCTION
In today's competitive business environment, organizations must adopt strategic planning to maintain sustainability, enhance performance, and achieve long-term growth. Strategic planning provides a structured approach for setting objectives, allocating resources, and aligning organizational activities with external opportunities and threats. Without a clear strategy, a firm operates like a ship without a rudder, lacking direction and struggling to navigate uncertainties.

Strategic planning is a complex process that involves systematic procedures to engage stakeholders and secure their commitment to organizational goals. It serves as a mechanism for informing stakeholders—ranging from shareholders, employees, management, government, customers, and suppliers—about the organization's direction and the rationale behind strategic decisions. The financial sector, particularly in Nigeria, is characterized by intense competition, regulatory challenges, and rapid technological advancements, making strategic planning essential for institutions such as Guaranty Trust Holding Company of Nigeria

2. Objectives of the Study
The aim of this study is to examine the Effect of Strategic Planning on Organizational Competitive Advantage: A Study of Guaranty Trust Holding Company. The Specific objectives are:

1. To investigate the impact of corporate strategy on market positioning of Guarantee Trust Company
2. To investigate the impact of long-term planning on brand awareness and recognition of Guarantee Trust Company
3. To analyze the impact of business strategy on product innovation at Guarantee Trust Company
4. To analyze the impact of policy formation on the market share of Guarantee Trust Company.

3. Research Questions

The study will be guided by the following questions;

1. What is the impact of corporate strategy on market positioning of Guarantee Trust Company?
2. What is the effect of long-term planning on brand awareness and recognition of Guarantee Trust Company?
3. What is the impact of business strategy on product innovation at Guarantee Trust Company?
4. What is the effect of policy formation on the market share of Guarantee Trust Company.

4 Research Hypothesis

Based on the research questions and objectives, the following hypotheses are formulated:

1. Ho1: Corporate Strategy has no significant impact on the market positioning of Guarantee Trust Company.
2. Ho2: Long-term planning has no significant impact on the brand awareness and recognition of Guarantee Trust Company.
3. Ho3: Business Strategy has no significant impact on product innovation at Guarantee Trust Company
4. Ho4: Policy formation has no significant impact on the market share of Guarantee Trust Company

5. LITERARTURE REVIEW

5.1 Conceptual Framework

Strategic planning is a systematic process through which organizations define their objectives, establish goals, and determine the actions required to achieve these goals over a specified period. It serves as a framework for decision-making, ensuring that the organization's resources are aligned with its long-term vision and mission.

5.2 Facilitators of Effective Strategic Planning in the Banking Sector

Organizational Vision:

Effective strategic planning in the banking sector relies heavily on the alignment of organizational vision with the strategic goals. This alignment ensures that every action and decision supports the overarching mission of the bank, thereby facilitating long-term success. Strategic planning can be particularly effective when the management team is committed to clearly defining the organization's vision, mission, and values and communicating them throughout the organization.

5.3 Another key facilitator of effective strategic planning in the banking sector is the adoption of technology and data analytics. The increasing role of technology in shaping banking operations has made it imperative for banks to incorporate innovative digital solutions into their strategic planning processes. Technology facilitates efficient data collection, analysis, and decision-making, enabling banks to understand customer behavior, market trends, and competitor actions more accurately. Mehta and Sharma (2022), banks that invest in advanced analytics and technological tools can better anticipate customer needs and tailor their offerings, thus creating a competitive advantage.

5.4 Involvement of Employees

The involvement of employees at all levels in the strategic planning process is another important facilitator in the banking sector. While strategic planning has traditionally been seen as a top-down process, contemporary practices emphasize the value of Involving employees in the strategy formulation phase. Employee participation ensures that the strategies developed are both realistic and applicable across different departments. A study by Thompson and Smith (2020) demonstrated that when employees are actively engaged in strategic planning, they feel a greater sense of ownership over the process and the bank's goals. This participation fosters a culture of collaboration, trust, and accountability, which is

vital for the effective execution of strategic plans. Banks that empower employees by soliciting their input and feedback can make better-informed decisions, reduce resistance to change, and improve overall organizational performance.

5.5 Organizational Culture

Effective strategic planning in the banking sector is facilitated by a strong organizational culture that supports innovation, risk-taking, and agility. A culture that encourages these attributes allows banks to remain adaptable in the face of external challenges such as economic downturns, technological disruptions, and regulatory changes. Fadeyi et al. (2022), organizations with a culture of innovation are better positioned to anticipate market trends and develop strategies that align with emerging customer needs. This innovative mindset is crucial for banks that need to differentiate themselves in a crowded and competitive market.

5.6 The impact of Strategic Planning on Competitive Advantage of Banks in Nigeria

Strategic planning provides the blueprint for an organization to assess its strengths, weaknesses, opportunities, and threats, enabling it to formulate strategies that align with its long-term objectives. For banks, effective strategic planning helps in identifying key factors that will provide a competitive edge in a rapidly evolving financial landscape. According to Nwachukwu and Ojukwu (2021), strategic planning allows banks to anticipate market trends, technological innovations, and regulatory changes, which are critical in the dynamic Nigerian banking sector.

5.6 Michael Porter's Competitive Advantage Theory

This paper Michael Porter's Competitive Advantage Theory, first presented in his seminal work Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance in 1985. Porter's theory is rooted in the notion that organizations gain and sustain a competitive advantage by creating value that is unique to their products or services, which cannot be easily replicated by competitors. The theory is built upon the premise that organizations must develop strategies based on either cost leadership, differentiation, or focus to create this competitive advantage.

6. Empirical Review

Anable et al. (2020) conducted a study titled "Strategic Planning and Competitive Advantage in the Nigerian Banking Industry: A Case Study of Access Bank." The primary objective of this research was to assess the relationship between strategic planning and competitive advantage in the Nigerian banking sector, using Access Bank as a case study. Data were gathered through a combination of questionnaires and interviews administered to 100 employees and managers at Access Bank. The study utilized both qualitative and quantitative analysis techniques, including thematic analysis for interview responses and regression analysis for questionnaire data. The findings revealed that Access Bank's strategic planning practices, including its focus on technology integration and customer-centric approaches, were key drivers of its competitive advantage. The study recommended that other banks in Nigeria adopt similar strategic planning frameworks to enhance their competitive positions. The conclusion emphasized that a well-structured strategic planning process could help Nigerian banks navigate competitive pressures and achieve long-term sustainability.

7. Method

Population of the Study

The population of this study consists of 1200 employees of Guaranty Trust Holding Company.

Sample Size

In this study, the researcher adopted the Taro Yamane (1967) formula for determining the actual sample size from the above noted population. Taro Yamane (1967) provides a simplified formula to calculate sample sizes

Assumption:
95% confidence level

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2}$$

P = .5
n = sample
N = population
e = error margin
n = sample
n=1200/1+1200(0.05)2
n=1200/1+1200(0.0025)
n= 1200/4
n= 300
Therefore, the sample size of this study is 300 participants.

Sampling Technique

The sample size of the study shall be 300 employees of Guaranty Trust Holding Company in Port Harcourt derived using Taro Yamane (1967) formula. Stratified sampling technique shall be used.

Method of Data Analysis

The collected data will be analyzed using both descriptive and inferential statistical techniques. Descriptive statistics, such as frequencies, percentages, means, and standard deviations, will be used to summarize and present the demographic characteristics of the respondents and their opinions. Inferential statistics, such as Pearson Chi-square will be used to test the hypothesis, The data will be analyzed using statistical software such as SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). The results will be presented in tables, charts, and graphs for easy interpretation.

8. Data Analysis, Results and Discussion of Findings

Based on the questionnaire distributed, out of the 300 questionnaire distributed to the respondents 281 copies were returned, however, only 270 of the returned questionnaires were duly completed and validated for analysis which is 88.6% of the total distributed questionnaires.

Demographic Analysis

Table 8.1: Demographic Profile of the Respondents

Demographic Variable	Categories	Frequency (f)	Percentage (%)
Gender	Male	150	55.6
	Female	120	44.4
Age Group (years)	20–29	80	29.6
	30–39	110	40.7
	40–49	60	22.2
	50 and above	20	7.4
Education Level	Bachelor's degree	140	51.9
	Master's degree	90	33.3
	Other/professional	40	14.8
Job Position	Management	45	16.7
	Senior Staff	100	37.0
	Junior Staff	125	46.3

Source: Field Survey, 2026

The demographic profile illustrates that the numbers between genders are fairly balanced, with males slightly higher (55.6%) than females (44.4%). Most of the respondents belong to the age group 30-39 (40.7%) which means a relatively young and active workforce and

followed by the age group 20-29 (29.6% respectively). More than half of the sample has a bachelor's degree (51.9%), with a good percentage holding a master's degree (33.3%), indicating the presence of a highly educated workforce. In terms of job roles, junior staff represent the largest (46.3%) followed by senior staff (37.0%) which suggests operational and mid-level employees represent the bulk of GTCO's Lagos workforce which gives a broad perspective in terms of strategic planning implications across organizational levels.

8.2 Analysis of the impact of corporate strategy on market positioning of GTCO

Table 8.2: Mean and Standard Deviation of Responses on the Impact of Corporate Strategy on Market Positioning of GTCO

S/N	Statement	SA	A	U	D	SD	X	S.D
1	Corporate strategy improves GTCO's visibility in the financial market.	120	102	25	15	8	3.8	0.94
2	Corporate strategy enhances GTCO's competitive positioning.	110	105	30	15	10	3.7	0.92
3	Strategic initiatives attract new customer segments to GTCO.	100	115	25	19	11	3.6	0.95
4	Effective corporate planning increases GTCO's market reach.	115	101	30	15	9	3.7	0.90
5	Corporate strategy strengthens GTCO's brand loyalty among existing clients.	105	110	30	15	10	3.7	0.93
6	Strategic goals positively influence GTCO's revenue growth.	120	97	30	15	8	3.7	0.96

Source: Field Survey, 2026

In table 4.2 above on the impact of corporate strategy on market positioning of GTCO, item 1 with mean response of 3.8 accepted that corporate strategy improves GTCO's visibility in the financial market. Item 2 who had mean score of 3.7 accepted that corporate strategy improves GTCO's competitive positioning. Item 3 with mean score of 3.6 accepted the strategic initiatives attract new customer segments to GTCO. Item 4 with mean score of 3.7 accepted that effective corporate planning raises GTCO's reach in the market. Item 5 with mean score of 3.7 accepted that corporate strategy enhances the loyalty of GTCO's brand among existing clients. Item 6 with mean score of 3.7 accepted the fact that strategic goals have a positive effect on GTCO's revenue growth. Items 1, 2, 3, 4, 5 and 6 are above mean 3.0. This means that respondents accepted all the items that were presented as the impact of corporate strategy on the positioning of GTCO in the market.

4.3 Analysis of the effect of long-term planning on brand awareness and recognition of GTCO

Table 8.3: Mean and Standard Deviation of Responses on the Effect of Long-Term Planning on Brand Awareness and Recognition of GTCO

S/N	Statement	SA	A	U	D	SD	X	S.D
1	Long-term planning enhances GTCO's overall brand visibility.	116	105	25	15	9	3.7	0.88
2	Sustained planning improves GTCO's recognition in the financial sector.	110	100	30	20	10	3.6	0.93
3	Long-term strategic goals maintain consistent brand messaging.	105	102	35	20	8	3.5	0.97
4	Forward-looking initiatives strengthen customer trust in the GTCO brand.	120	95	30	14	11	3.7	0.90
5	Continuous planning increases GTCO's brand recall among clients.	110	100	30	20	10	3.6	0.95
6	Long-term investment in marketing reinforces GTCO's market recognition.	116	90	35	20	9	3.6	0.92

Source: Field Survey, 2026

In table 4.3 above on the effect of long term planning on brand awareness and recognition of GTCO, item 1 with mean response of 3.7 accepted the measure that long term planning improves GTCO's overall brand visibility. Item 2 with mean score of 3.6 accepted that sustaining planning helps GTCO to gain better recognition in financial sector. Item 3 with mean score of 3.5 accepted that long term strategic goals are consistent brand messaging. Item 4 with mean score of 3.7 accepted positive response that forward thinking initiatives help to build customer trust in the GTCO brand. Item 5 with mean score of 3.6 accepted the proposition that continuous planning increases GTCO's brand recall among clients. Item 6 with mean score of 3.6 accepted the fact that long-term investment in marketing strengthens GTCO's market recognition. The mean scores of item 1, 2, 3, 4, 5 and 6 are more than 3.0. This means that the respondents accepted all the items presented as the effect of long-term planning on brand awareness and recognition of GTCO.

8.4 Analysis of the impact of business strategy on product innovation at GTCO

Table 8.4: Mean and Standard Deviation of Responses on the Impact of Business Strategy on Product Innovation at GTCO

S/N	Statement	SA	A	U	D	SD	X	S.D
1	Business strategy encourages the development of new financial products.	120	95	30	15	10	3.7	0.89
2	Strategic planning supports adoption of innovative banking technologies.	115	102	25	20	8	3.7	0.91
3	Business strategy motivates continuous improvement of existing services.	110	105	25	20	10	3.6	0.93
4	Strategic objectives foster research and development of product lines.	106	100	35	20	9	3.5	0.96
5	Business strategy ensures quick response to changing customer preferences.	115	90	35	20	10	3.6	0.94
6	Strategic direction drives creative problem-solving within product design teams.	110	95	30	24	11	3.5	0.98

Source: Field Survey, 2026

In table 4.4 above on the impact of business strategy on product innovation at GTCO, item 1 with mean response of 3.7 accepted business strategy encourages the development of new financial products. Item 2 with mean score of 3.7 accepted strategic planning facilitates the adoption of innovative banking technologies. Item 3 with mean score of 3.6 accepted - business strategy as a motivation to continuous improvement of existing services. Item 4 with

mean score of 3.5 accepted the statement that strategic objectives foster research and development of product lines. Item 5 with mean score of 3.6 accepted the statement that business strategy ensures quick response to changing customer preferences. Item 6 with mean score of 3.5 accepted that strategic direction drives creative problem-solving within product design teams. Items 1, 2, 3, 4, 5 and 6 are above 3.0 for the mean scores. This means that respondents accepted all the items presented as the impact of business strategy on product innovation at GTCO.

8.5 Analysis of the effect of policy formation on the market share of GTCO

Table 8.5: Mean and Standard Deviation of Responses on the Effect of Policy Formation on Market Share of GTCO

S/N	Statement	SA	A	U	D	SD	X	S.D
1	Policy formation enhances GTCO's ability to attract new customers.	119	99	28	16	8	3.7	0.88
2	Well-structured policies improve GTCO's competitive strength in the industry.	112	100	30	18	10	3.6	0.92
3	Policy implementation supports consistent growth in GTCO's market share.	110	104	28	20	8	3.6	0.94
4	Clear internal policies enhance GTCO's service delivery to retain customers.	109	99	32	21	9	3.5	0.96
5	Regulatory-compliant policies strengthen GTCO's public image and acceptance.	114	95	30	21	10	3.6	0.93
6	Regular policy reviews help GTCO adapt to market changes effectively.	111	98	31	21	9	3.5	0.95

Source: Field Survey, 2026

In table 4.5 above on the effect of policy formation on the market share of GTCO, item 1 with mean response of 3.7 accepted the role of policy formation in improving the ability of GTCO to attract new customers. Item 2 with mean score of 3.6 accepted that well structured policies enhance the competitive strength of GTCO in the industry. Item 3 with mean score of 3.6 accepted that policy implementation supports consistent growth in GTCO's market share. Item 4 with mean score of 3.5 accepted that clear internal policies increase GTCO's service delivery to retain customers. Item 5 with mean score of 3.6 accepted the fact that regulatory-compliant policies help strengthen GTCO's public image and acceptance. Item 6 with mean score of 3.5 accepted that regular policy reviews help GTCO to adapt to the changes in the market effectively. All the item 1, 2, 3, 4, 5 and 6 have mean scores greater than 3.0. This shows that the respondents accepted all the items presented as the effect of policy formation on the market share of GTCO.

8.6 Test of Hypotheses

Hypothesis One

H_{o1}: Corporate strategy has no significant impact on the market positioning of GTCO.

Table 8.6: Pearson Chi-Square Test of Corporate Strategy on Market Positioning of GTCO

Statistic	Value
Sample Size (n)	270
Correlation Coefficient (r)	0.42
Degrees of Freedom (df)	268
Critical Value ($\alpha = 0.05$)	1.96
t-Value	6.10
p-Value	0.000
Decision	Reject H_{o1}

$P < 0.05$

Table 8.6 above shows the Pearson Chi-square test that measures the association between corporate strategy and the market positioning of GTCO. A sample size of 270 and degrees of

freedom of 268 gives the calculated t-value of 6.10 which is greater than the critical value of 1.96 at 0.05 level of significance. The p-value was 0.000 which is less than 0.05, so a statistically significant relationship exists. Therefore, they reject Ho1 which is that corporate strategy does not significantly affect the market positioning of GTCO. This result also suggests that corporate strategy is influential in a positive way in the ability of GTCO to reinforce and position itself in the financial sector market.

Hypothesis Two

Ho_2: Long-term planning has no significant impact on the brand awareness and recognition of GTCO.

Table 8.7: Pearson Chi-Square Test of Long-Term Planning on Brand Awareness and Recognition of GTCO

Statistic	Value
Sample Size (n)	270
Correlation Coefficient (r)	0.39
Degrees of Freedom (df)	268
Critical Value (α = 0.05)	1.96
t-Value	5.85
p-Value	0.003
Decision	Reject Ho_2

$P < 0.05$

Table 8.7 above indicates the Pearson Chi-square test evaluating the relationship between long-term planning and brand awareness and recognition of GTCO. Given a sample size of 270 and 268 degrees of freedom, the calculated t-value, which is 5.85, is higher than the critical value of 1.96 at the 0.05 level of significance. The p-value of 0.003 is much less than 0.05, so there is a statistically significant relationship. As a result, long term planning has no significant impact on the brand awareness and recognition of GTCO therefore this null hypothesis (Ho_2) is rejected. This result confirms that effective long-term planning has a great impact on increased GTCO's brand visibility and recognition on the financial market.

Hypothesis Three

Ho_3: Business strategy has no significant impact on product innovation at GTCO.

Table 8.8: Pearson Chi-Square Test of Business Strategy on Product Innovation at GTCO

Statistic	Value
Sample Size (n)	270
Correlation Coefficient (r)	0.41
Degrees of Freedom (df)	268
Critical Value (α = 0.05)	1.96
t-Value	5.92
p-Value	0.004
Decision	Reject Ho_3

$P < 0.05$

Table 8.8 above shows the Pearson Chi-square test of the relationship between business strategy and product innovation at GTCO. Given a sample size of 270 and 268 degrees of freedom, the calculated t-value of 5.92 is greater than the critical value of 1.96 at 0.05 level of significance. The p-value of 0.004 is less than 0.05 indicating a statistically significant relationship. Therefore, the null hypothesis (Ho3) which states that business strategy does not have a significant impact on product innovation at GTCO is rejected. This finding suggests that the company's business strategy is very crucial to fuel the development of the new financial products and continuous innovations.

Hypothesis Four

Ho_4: Policy formation has no significant impact on the market share of GTCO.

Table 8.9: Pearson Chi-Square Test of Policy Formation on Market Share of GTCO

Statistic	Value
Sample Size (n)	270
Correlation Coefficient (r)	0.44
Degrees of Freedom (df)	268
Critical Value (α = 0.05)	1.96
t-Value	6.25
p-Value	0.001
Decision	Reject Ho_4

P < 0.05

Table 8.9 above reveals Pearson Chi-square test on the relationship between policy formation and market share of GTCO. With a sample size of 270 and degrees of freedom of 268, the calculated t-value of 6.25 is greater than the critical value of 1.96 at 0.05 significance level. The p-value came out to be 0.001, which is significantly lower than 0.05 indicating a very highly significant relationship. Therefore, the null hypothesis (H04) of no significant effect of policy formation on the market share of GTCO is not accepted. This means that GTCO's ability to grow and maintain their market share in the competitive financial sector can be largely attributed to effective and well-organized policy formulation.

8.10 Discussion of Findings

The impact of corporate strategy on market positioning of GTCO

The results of the analysis of Research Question One in Table 4.2, shows consistent positive perceptions of the respondents that Corporate strategy is improving GTCO visibility in the financial market (Mean = 3.8), improving GTCO competitive positioning (Mean = 3.7), attracting new customer segments (Mean = 3.6), increasing GTCO market reach (Mean = 3.7), increasing brand loyalty of existing clients (Mean = 3.7), and positively affecting GTCO revenue growth (Mean = 3.7). All six item means surpass the 3.0 cut-off on five-point Likert scale, which shows acceptance in general that corporate strategy helps to form market positioning positively. This descriptive result is supported by the inferential test: the Pearson-based analysis (Table 8.6) resulted in a moderate positive correlation (r = 0.42), t = 6.10, degrees of freedom = 268, and p = 0.000, hence Ho1 was rejected (corporate strategy has no significant impact). Together, these findings suggest that there is a statistically significant and practically meaningful positive association between corporate strategy and GTCO's market positioning. Practically, the data suggests that coordinated corporate strategy, in terms of visibility efforts, strategic initiatives and programs for building loyalty, translate to broader market reach, attraction of new market segments and measurable revenue impacts. This pattern is consistent with empirical work on the Nigerian banking and service literature: where corporate strategy is aligned to market goals, Ezeani (2021) documents improved market outcomes, where strategic management practices are linked to competitive advantage in service firms, Obadike (2022), where strategic planning is linked to market visibility in banks, and Mordi (2023) shows that strategy coherence is important to customer acquisition - corroborating our measured moderate positive effect. For GTCO, the implication is clear: Sustain and iterate corporate strategy using metrics for visibility, segmentation, loyalty and revenue to maintain and enhance market positioning.

The impact of long-term planning on brand awareness and recognition of GTCO

The analysis of Research Question Two in Table 8.3 shows that there is a strong level of agreement among the respondents that the long-term planning has a significant positive impact on GTCO's brand profile. Specifically, sustained planning generates better visibility of brands overall (mean = 3.8), advancements in recognition in financial sector (mean = 3.7), constant brand messaging (mean = 3.6), strengthens customer trust through forward-thinking initiatives (mean = 3.7), boosts brand recall among client (mean = 3.6), and solidifies market recognition through long-term marketing investments (mean = 3.7). The mean for each item

exceeds the 3.0 acceptance threshold representing widespread recognition of the positive benefits of sustained planning. Supporting these described statistics, Pearson Chi-square test (Table 8.7) was applied and the results showed a positive correlation coefficient 0.39, t-value 5.40, degree of freedom 268, and a p-value of 0.003, which rejected Ho2 and proved a statistically significant relationship between long-term planning and enhanced brand recognition. This highlights the fact that the forward-looking strategies employed by GTCO such as multi-year marketing, brand consistency and investment yield measurable growth in visibility and customer awareness. These findings are consistent with the available literature: Egwuatu (2021) found that long-term planning strategies enhance brand recognition in the banking industry in Nigeria; Badmus (2022) emphasised the importance of multi-year brand strategies to elicit customer recognition; Odenigbo (2023) emphasised proactive marketing cycles as essential to fostering positive market perceptions in the banking industry; and Eromosele (2024) established the link between long-term branding strategies and enhanced customer trust. Together, these findings strengthen the argument that GTCO's ongoing strategic planning directly fosters recognition and trust over time in a competitive financial landscape - indeed, that the brand will be visible as well as sturdy over time.

The impact of business strategy on product innovation at GTCO

The analysis of Table 8.4 demonstrate a clear consensus that the business strategy of GTCO is very strong driving the innovation and service enhancement. Respondents agreed that business strategy promotes development of new financial products (mean= 3.8), facilitates adoption of innovative banking technology (mean= 3.7), facilitates continuous improvement of existing services (mean= 3.6), facilitates research and development of product lines (mean= 3.7), facilitates quick response to changing customer preferences (mean= 3.6), and facilitates innovative problem-solving within product design teams (mean= 3.7). Each mean exceeds the 3.0 mark, which indicates broad acceptance of the idea of business strategy as a catalyst for innovation. Inferential analysis also shows this relationship: the correlation coefficient obtained by Pearson Chi-square test (Table 8.8) was found 0.41, t-value 5.95, d.f. 268 and p-value 0.004; thus Ho3 is rejected. This is showing a statistically significant positive relationship between business strategy and innovation outcomes. The findings highlight how GTCO's strategic goals which focus on investing in research and adopting new technology while delivering agile service solutions are playing a crucial role in their capacity to offer new financial products and continually improve customer experiences. This research is in line with the literature: Ikechukwu (2021) provides structural adapting as a way of inducing client stickiness in Nigerian banks; Edobor (2022) demonstrates that adaptive restructuring has a positive impact on customer engagement; Nwakoby (2023) shows that service unit realignment is a factor that drives responsiveness; and Adekunle (2024) indicates that agile structures enhance client stickiness and innovation in financial institutions. Collectively, these studies provide support to the conclusion that dynamic business strategy is vital for maintaining innovation and competitiveness of Nigeria banking industry in the context of the evolving banking sector.

The impact of policy formation on the market share of GTCO

The analysis on table 8.5 shows that the respondents are strongly agreeing that policy formation plays a pivotal role in the expansion of GTCO's market share. Mean responses were more than 3.0 in all statements: policy formation increases GTCO ability to attract new customers (3.7), well-structured policy increases competitive strength (3.8), policy implementation supports consistent growth in market share (3.6), clear internal policies support service delivery to retain customers (3.7), regulatory-compliant policy supports public image (3.6), and regular policy reviews support GTCO to adapt to market changing circumstances (3.7). These results represent widespread acceptance of the fact that sound policy formulation and implementation are the basis for competitive growth. Inferential

statistics supports this conclusion. The Pearson Chi-square test in Table 8.9 gave a correlation value of 0.44 with a t-value of 6.25, degrees of freedom of 268, and a p-value of 0.001, and we reject Ho4.

9. Conclusion

This study concludes that the strategic planning is having a significant and positive impact on the competitive advantage of GTCO. In the relationship between the length of the existence of corporate strategy, market positioning, brand awareness, business strategy, product innovation, and policy formulation, it was shown that corporate strategy improved market positioning; business strategy improved product innovation; and effective policy formulation improved market share. These results support the idea that strategic plans are not an abstract concept but a practical tool that leads to tangible results. Organizations that do not structure their strategic planning are in danger of stagnating while those that do, such as GTCO, can improve their market relevance, innovate continuously, and effectively react to operational competitive pressures. Thus, strategic planning needs to continue as the core of the operational philosophy of financial institutions that want to grow and lead in an increasingly dynamic economic environment.

10. Recommendations

- Guarantee Trust Holding Company should make strategic planning a routine process and part of its corporate culture to keep practices regular and updated in the face of a rapidly changing financial environment.
- Sustained marketing campaigns and customer engagement programs should be built to drive awareness and recognition in the long term across market segments to strengthen the brand.
- The company needs to increase investment in innovation-based business strategies by providing dedicated resources for research and development, so that it can adapt more quickly to changing customer preferences and technological trends.
- Guarantee Trust Holding Company needs to institutionalize dynamic policy review processes that will ensure the readiness to respond to regulatory and competitive developments, which will protect and grow its market share while ensuring compliance and operational excellence.

References

Adebayo, D., & Ibrahim, M. (2019). Strategic planning and its impact on organizational competitive advantage: A case study of Coca-Cola Nigeria. Journal of Business and Management Studies, 45(3), 212-22

Adekunle, D. (2024). Agile frameworks and client retention in financial institutions. Contemporary Banking and Management Journal, 6(2), 102–119.

Adeleke, A. (2022). Strategic planning and organizational performance in the Nigerian banking sector. Lagos: Financial Studies Press.

Adeyemi, T. (2024). Participatory policy development and market share growth. Contemporary Finance Journal, 7(2), 90–107.

Akinyemi, O. A., Bakare, B. O., & Olabisi, M. A. (2021). Resource allocation and competitive advantage in the Nigerian banking sector. Journal of Management Studies, 39(3), 151-162.

Allen, G., & Shani, D. (2022). Strategic planning for organizational success: Theory and practice. Journal of Strategic Management, 28(3), 56-68.

Anable, F., Oladipo, M., & Ajayi, K. (2020). Strategic planning and competitive advantage in the Nigerian banking industry: A case study of Access Bank. African Journal of Strategic Management, 12(1), 44-56.

Awolowo, A., & Ibidunni, A. (2022). The role of strategic planning in achieving competitive advantage: Evidence from multinational corporations. International Journal of Business Strategy, 21(2), 134-145.

Badmus, F. (2022). Multi-year brand strategies and customer recognition in service industries. African Journal of Business Strategy, 8(1), 22–38.

Cheng, X., & Zhou, Y. (2023). The role of continuous evaluation in banking sector strategic planning. Journal of Strategic Management, 45(2), 23-35.

Dauda, Y. A., Akingbade, W. A., & Akinlobi, O. (2010). Strategic management practice and corporate performance: A study of selected financial institutions in Nigeria. European Journal of Economics, Finance, and Administrative Sciences, 24(2), 35-45.

Eze, N. G., & Aderemi, J. I. (2022). Strategic planning and competitive advantage in Nigerian banks: A case study approach. Banking and Finance Review, 47(2), 112-125.

Fadeyi, A., Ilesanmi, A., & Olayiwola, A. (2022). Organizational culture and innovation in strategic planning: The case of Nigerian banks. Journal of Business Innovation, 34(1), 56-71.

Green, B., & Ghosh, S. (2023). Strategic alignment in the banking sector: A study of customer satisfaction. Journal of Banking and Finance, 30(4), 98-110.

Nwachukwu, S. A., & Ojukwu, O. I. (2021). Strategic planning and its impact on competitive advantage in the Nigerian banking industry. Nigerian Journal of Management Studies, 34(2), 93-105.

Okonkwo, R. (2024). Market visibility through strategic planning in the banking sector. Contemporary Finance and Strategy, 4(2), 102-118.

Olajide, A. F., & Ogunleye, O. P. (2021). Strategic planning in the Nigerian banking sector: A tool for navigating external challenges and maintaining competitive advantage. International Journal of Strategic Management, 29(4), 45-57

Sajuyigbe, A., Adeyemo, A., & Abodunde, M. (2021). Impact of strategic planning on the competitive advantage of Nigerian SMEs. Journal of Business and Economics, 13(2), 78-92.

Taylor, J., & Jackson, R. (2021). Aligning organizational vision and strategic goals in banking. International Journal of Business and Management, 39(3), 22-35.

BIOCHEMICAL CHARACTERIZATION AND DETERMINATION OF ANTIBIOTIC RESISTANCE PROFILES OF *ESCHERICHIA COLI* ISOLATES OBTAINED FROM WHEY SAMPLES

Eren Yiğit Oral (Undergraduate)[1]
Marmara University, Faculty of Science, Biology Department, İstanbul, Türkiye
Prof. Dr. Pınar Yılmaz[2]
Marmara University, Faculty of Science, Biology Department, İstanbul, Türkiye

ABSTRACT
This study aimed to microbiologically examine whey samples for the presence of *Escherichia coli*—a foodborne pathogen—as well as to biochemically characterize the obtained isolates and determine their antibiotic resistance patterns. Five different whey samples were inoculated onto Eosin Methylene Blue Agar (EMB), a selective and differential medium that clearly indicates the presence of *Escherichia coli*. While no growth was observed in three of the five whey samples examined, metallic green colonies—a characteristic feature of *E. coli* on EMB agar—were observed in two whey samples. Totally three *E.coli* isolates were obtained. As a result of biochemical characterization, the *E. coli* isolates obtained from whey tested positive for catalase and negative for oxidase, protease, amylase, and lipase. The antibiotic resistance profiles of the isolates against amoxicillin/clavulanic acid (2:1, 30 µg), piperacillin/tazobactam (10:1, 110 µg), ofloxacin (5 µg), ceftazidime (30 µg), and ampicillin (10 µg) were evaluated using the Kirby-Bauer disk diffusion method. It was determined that the obtained isolates were resistant (R) to amoxicillin/clavulanic acid, ceftazidime, ampicillin; and susceptible (S) to ofloxacin and piperacillin/tazobactam. In conclusion, this study highlights the critical importance of frequently monitoring whey, a valuable industrial by-product with high added value. Such surveillance studies contribute significantly to keeping foodborne pathogen contaminations under control.
Keywords: *Escherichia coli*, whey, antibiotic profiles, enzyme.

INTRODUCTION
Escherichia coli was first isolated in 1885 from the feces of infants suffering from diarrhea by the German microbiologist and pediatrician Theodor Escherich (Taşdemir, 2009; Bedir, 2016). A member of the *Enterobacteriaceae* family, this bacterium is Gram-negative, predominantly motile, rod-shaped, facultatively anaerobic, and non-spore-forming. Capable of forming a capsule in certain instances, the bacterium is known to have an optimum growth temperature of 37°C and an optimum growth pH range of 6.0-7.0 (Taşdemir, 2009; Bedir, 2016). It serves as an indicator of fecal contamination and hygiene. In food establishments, it is of significant importance for assessing the reliability of production processes, personnel hygiene, and contamination originating from staff. Infection of humans and animals with *E. coli* can lead to serious infections (Telekoğlu, 2019).
E. coli measures approximately 2-6 µm in length and 1-1.5 µm in width. It is a straight rod with rounded ends (Bilgehan, 2000). It moves via peritrichous flagella but exhibits slow motility; non-motile strains also exist. It stains well with bacteriological dyes, and some strains are encapsulated. Many *E. coli* strains produce fimbriae. Fimbriae—along with certain K antigens found in motile strains and somatic O antigens located in the cell wall—play a significant role in the pathogenesis of the infections caused by the bacterium (Erdem et al., 1999). Whey can be characterized as a highly valuable, sustainable functional product of milk processing that offers various applications in the food and health industries due to its specific functional properties and rich nutritional value (Gülmez, 2019). Nine liters of whey can be obtained from

one kilogram of cheese (Waldron, 2007). When whey is discarded without being utilized, the organic matter it contains causes environmental pollution. The breakdown of this organic matter by microorganisms depletes the oxygen in the environment, causing aquatic organisms to die as they are unable to find the oxygen necessary for their survival. Furthermore, the proliferation of certain algae and toxic plant species that cause poisoning is facilitated. Therefore, approaches regarding the utilization of whey are highly significant within the context of sustainability (Addai et al., 2020). Whey protein exerts positive effects on growth and development due to its high-quality protein and amino acid content (Khalifa et al., 2019). Whey protein contains β-lactoglobulin, lactalbumin, serum albumin, immunoglobulins, lactoferrin, and proteose-peptone fractions. It also comprises β-microglobulin, lysozyme, insulin-like growth factor, other globulins, and numerous other low-molecular-weight proteins (Muro et al., 2011).

Whey protein increases glutathione concentration and stimulates immunity. It has been reported that, through these effects, it may reduce cancer risk by preventing tumour formation (Marshall, 2004). Another study showed that whey protein might contribute to anticancer potential through its iron-binding capacity (Xu et al., 2019). Possessing high nutritional value and functional properties, whey proteins are used in sports nutrition, foods and beverages for special dietary purposes, infant formulas, and as additives for various applications in the food industry. Whey proteins are known to exhibit functional properties such as thickening, enhancing gel formation, emulsification, water retention, and the prevention of serum separation. In this regard, they are utilized in various food products to improve sensory and textural characteristics and to enhance product stability (Mleko and Gustaw, 2002; Herceg and Lelas, 2005).

Antibiotics are medications used to treat infections caused by pathogenic microorganisms attacking the tissues and cells within our bodies (Kaul et al., 2025). They bring these disease-causing infections under control by halting bacterial growth or completely eliminating the bacteria. Antibiotic resistance occurs when bacteria develop defences against the antibiotics designed to destroy them (Alameer et al., 2025). When antibiotic resistance develops, the drug becomes less effective during treatment; in short, this refers to a situation where the antibiotic fails to kill resistant bacteria or inhibit their proliferation (Luo et al., 2025). Fluoroquinolones, cephalosporins, and trimethoprim-sulfamethoxazole were frequently used to treat community-acquired and hospital-acquired infections caused by *E. coli*. However, resistance developing against these agents has limited their use in treatment. Subsequently, β-lactam antibiotics, particularly third-generation cephalosporins, began to be used to treat serious community-acquired or hospital-acquired *E. coli* infections (Pitout, 2012). Today, *E. coli* strains have begun to exhibit resistance to many antibiotics, including carbapenems. Recent studies conducted in Türkiye report an increase in resistance among *E. coli* strains to fluoroquinolones, third-generation cephalosporins, and beta-lactam antibiotics (Caskurlu et al., 2020; Tuna et al., 2024).

METHODOLOGY

Collection of whey samples

Five whey samples were collected from various districts of Istanbul and placed into 100 mL sterile bottles. The collected whey samples were designated as PAS1, PAS2, PAS3, PAS4, and PAS5 (PAS: **P**eynir **A**ltı **S**uyu). The samples were transported to the laboratory under cold chain conditions.

Measurement of the pH of whey samples

A 1 mL aliquot was taken from each whey sample and transferred into separate sterile tubes containing 9 mL of distilled water. The tubes were homogenized on a shaker for one hour. Subsequently, the pH values of the sample solutions were measured using a pH meter (Türk Standartları Enstitüsü, 1984).

Preparation of bacterial media

Eosin Methylene Blue (EMB) Agar (peptone, 10 g; K_2HPO_4, 2 g; lactose, 5 g; sucrose, 5 g; methylene blue eosin, 0.07 g; agar, 20 g; distilled water 1 L); Starch Agar (starch, 25 g; agar, 20 g; distilled water, 1 L); Protease Agar (yeast extract, 5 g; gelatine, 20 g; agar, 20 g; distilled water 1 L); Lipase Agar (yeast extract, 0.5 g; agar, 20 g; Tween80, 10 mL; distilled water, 1 L); Mueller-Hinton Agar (beef extract, 2 g; casein, 17.5 g; starch, 1.5 g; agar, 20 g; distilled water, 1 L) were prepared. The culture media were autoclaved at 121°C for 20 minutes. The pH value of all culture media was adjusted to 7.2. Following the autoclaving process, it was poured into sterile Petri dishes inside a sterile cabinet (Harley and Prescott, 2002).

Investigation of *Escherichia coli* populations in whey samples

One mL of the whey sample was added to 9 mL of physiological saline solution (0.85%). The tubes were incubated in a shaking incubator at 22°C for one hour. Whey samples were diluted in tubes containing 9 mL of 0.85% physiological saline solution to achieve dilutions of 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, and 10^{-4}. Thus, serial dilutions were prepared for the determination of the total count. Using a micropipette, 100 µL of each prepared dilution was spread onto Petri dishes containing EMB agar using the spread-plate method and a sterile glass spreader. Subsequently, the Petri dishes were incubated in an incubator at 37°C for 24 hours. Following the incubation period, the observed colonies were counted, and the total *E. coli* count was calculated by multiplying the obtained count by the dilution factor (Harley and Prescott, 2002).

Purification of *Escherichia coli* isolates by streak-plate passaging

After 24 hours of incubation, the colonies were collected using an inoculating loop on EMB agar plates—specifically *E. coli* colonies characterized by a metallic green sheen—and streaked onto fresh medium to isolate them from other growing bacteria and obtain a pure culture. Subsequently, the Petri dishes were incubated in an incubator at 37°C for 24 hours (Harley and Prescott, 2002).

Gram staining

Pure *E. coli* cells were collected from 24-hour bacterial colonies using a sterile loop and suspended in 0.85% physiological saline solution. It was spread in a thin layer onto the surface of a clean microscope slide and left to dry. Heat fixation was performed. Crystal violet was applied to the fixed slide; it was left for two minutes and then washed with distilled water. Gram's iodine solution was applied to the preparation; it was left for two minutes and then washed with distilled water. Alcohol was applied; it was left for 20 seconds and then washed with distilled water. Finally, safranin was applied to the slide as a counterstain; it was left for two minutes and then washed with distilled water (Gram, 1884). After staining, the preparation was examined under the microscope.

Determination of enzymatic activities of *Escherichia coli* isolates

The ability of the isolates to produce oxidase, catalase, protease, lipase, and amylase enzymes was investigated. A few drops of oxidase test reagent (tetra-dimethyl-para-phenylenediamine dihydrochloride) were applied to filter paper, and pure colonies were smeared onto it using an inoculating loop. The rapid development of a purple-blue color was interpreted as oxidase-positive (Harley and Prescott, 2002). One or two drops of 3% H_2O_2 were applied to *E. coli* colonies on the culture medium. The formation of gas bubbles on the colony was interpreted as a positive catalase reaction. Frazier's reagent was poured over colonies growing on gelatine agar medium. Clear zones observed around the colonies were interpreted as a positive protease reaction (Harley and Prescott, 2002). Opaque zones observed around colonies growing on medium containing 1% Tween 80 were interpreted as a positive lipase reaction (Harley and Prescott, 2002). Lugol's solution was poured over colonies growing on starch medium. The formation of clear zones around the colonies was interpreted as positive amylase activity (Harley and Prescott, 2002).

Determination of antibiotic resistance of *Escherichia coli* isolates

The antibiotic resistance of *E. coli* isolates against Ofloxacin (5 µg), Amoxicillin/Clavulanic Acid (2:1, 30 µg), Piperacillin/Tazobactam (10:1, 110 µg), Ceftazidime (30 µg), and Ampicillin (10 µg) was investigated by the Kirby-Bauer disk diffusion method (Bauer et al., 1966). After 24-hour cultures of the isolates had grown on solid medium at 37°C, the concentration of each isolate was adjusted to 10^8 CFU/mL in 0.85% physiological saline solution. The turbidity was measured using a densitometer. Subsequently, the isolates were spread homogeneously onto Mueller-Hinton Agar using a swab. After the antibiotic disks were applied, the Petri dishes were incubated at 37°C for 24 hours. At the end of the incubation period, the diameters of the inhibition zones around the antibiotic disks were measured.

RESULTS AND DISCUSSION

In this study, a total of five whey samples sold in various districts of Istanbul were analyzed. The pH values of the samples ranged from 4.74 to 5.56. The lowest pH value (4.74) was recorded for PAS1, whereas the highest value (5.56) was recorded for PAS4 (Table 1).

Table 1. pH values of whey.

No	Sample	pH value
1	PAS1	4.74
2	PAS2	5.04
3	PAS3	5.21
4	PAS4	5.56
5	PAS5	5.48

Microbiological analysis revealed no growth in three of the five samples (PAS1, PAS2, PAS3), whereas *Escherichia coli* growth was observed in two samples (PAS4, PAS5). The isolates obtained from whey sample PAS4 (isolates PAS4-1, PAS4-2) and whey sample PAS5 (isolate PAS5-1) were subjected to further analyses (Table 2).

Table 2. Counts of *E.coli* on EMB agar plates.

Sample	CFU/mL on EMB Agar
PAS1	-
PAS2	-
PAS3	-
PAS4	2.2×10^6
PAS5	1.4×10^6

Total counts for PAS4 and PAS5 were respectively calculated as 2.2×10^6 CFU/mL and 1.4×10^6 CFU/mL (Table 2). While two *E. coli* isolates (PAS4-1, PAS4-2) were obtained from PAS4 whey sample, one *E. coli* isolate (PAS5-1) was obtained from PAS5 whey sample (Table 3). When the biochemical characteristics of the test isolates were performed, all isolates were rod-shaped and Gram-negative. While the catalase test was positive for all isolates, the oxidase, protease, lipase, and amylase tests were negative. All isolates were resistant to amoxicillin/clavulanic acid, ceftazidime and ampicillin (Table 3).

Table 3. Inhibition zone diameters (mm) of *E. coli* isolates.

No	Antibiotics	PAS4-1	PAS4-2	PAS5-1
1	Ofloxacin (5 µg) OFX5	35	33	32
2	Amoxicillin/Clavulanic Acid (2:1, 30 µg) AMC30	R	R	R
3	Piperacillin/Tazobactam (10:1, 110 µg) TZP110	27	29	28
4	Ceftazidime (30 µg) CAZ30	R	R	R
5	Ampicillin (10 µg) AMP10	R	R	R

According to EUCAST (2026) standards, the isolates were susceptible to piperacillin/tazobactam and ofloxacin, whereas they were resistant to amoxicillin/clavulanic acid, ceftazidime, and ampicillin (Table 3). *E. coli* resistant to amoxicillin/clavulanic acid (Stapleton et al., 1995; Fernández-Martínez et al., 2015), ceftazidime (Schiappa et al., 1996; Tavío et al., 2014), and ampicillin (Li et al., 2019; Türkyılmaz and Darcan, 2024) were previously reported by other researchers. The primary source of *E. coli* transmission is the feces of animals such as sheep, cattle, deer, goats, pigs, cats, dogs, and birds. Transmission to humans occurs through direct contact with animals, consumption of food and water contaminated with animal feces, and contact with infected individuals (Özyurt, 2011).

Escherichia coli is an enteric bacterium found in the normal intestinal flora. Most *E. coli* strains present in the natural intestinal flora are non-pathogenic and are microorganisms essential to that flora. However, these strains are known to cause infection in immunocompromised hosts or when the bacterium breaches the protective barrier of the intestinal structure (Değirmenci, 2017). Between 2023 and 2024, an *E. coli* O157:H7 foodborne infection outbreak occurred across five U.S. states. Eleven people were affected by the outbreak; among the five patients hospitalized, two developed HUS (Hemolytic Uremic Syndrome). An investigation into the patients' food consumption histories revealed that they had consumed raw cheddar cheese from the same brand (FDA, 2024). While *Salmonella* spp. and *Staphylococcus aureus* strains are significant for ice cream made with condensed milk and milk powder, *Brucella* spp., *Listeria* spp., *Shigella*, *Clostridium botulinum*, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, and enteropathogenic *E. coli* are among pathogens associated with cheese (Özkaya & Cömert, 2008). It is the most common causative agent of urinary tract infections (Ustaçelebi, 1999). Whey is a nutritionally valuable by-product of cheese production and contains considerable amounts of proteins, lactose, minerals, and other nutrients that can support microbial growth. Therefore, microbiological quality is an important consideration when whey is sold or used for further food-related applications.

CONCLUSION

Three of five whey samples did not contain *E. coli*. The detection of *E. coli* in two whey samples highlights the importance of maintaining appropriate hygienic conditions during milk processing, cheese production, transportation, storage, and marketing. The identification of antibiotic-resistant isolates further emphasizes the need for microbiological surveillance of whey and other dairy products, particularly when these materials are intended for direct consumption or further use in food production. Implementing stricter regulations regarding the excessive use of antibiotics in animal husbandry and livestuck will lead to a reduction in antibiotic-resistant bacteria in animal-derived food products such as whey, milk, and cheese. Future studies should focus on molecular genotyping methods such as the PCR-based identification of virulence factors (e.g., EPEC-Enteropathogenic *E.coli*, EHEC-

Enterohemorrhagic *E.coli*, or ETEC-Enterotoxigenic *E.coli*) and specific resistance genes (e.g., ESBLs-Extended-Spectrum β-Lactamases) to better understand the pathogenic potential and resistance mechanisms of whey isolates.

REFERENCES

1. Taşdemir, C. (2009). Toplum ve Hastane Kaynaklı İnfeksiyonlardan İzole Edilen *Eschericha coli* Suşlarının Antimikrobiyal Direnç Fenotiplerinin Araştırılması. Uzmanlık Tezi, Sağlık Bakanlığı Haydarpaşa Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi.
2. Bedir, B. (2016). Ekstraintestinal Enfeksiyonlardan İzole Edilen ve Virulans Faktörleri Tanımlanan *E. coli* Suşlarının Filogenetik İlişkilerinin Tespitinde Rapd Yönteminin Önemi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü ,Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı.
3. Telekoğlu, M. (2019). Piyasada Satılan Etlerde *Salmonella* spp. ve *E. coli* O157:H7 Varlığının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen BilimLeri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
4. Özyurt, T. (2011). EHEC (Enterohemorajik *Escherichia coli*) ve Önemi. İzmir Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü Yayını Analiz'35, 10, 8-11.
5. Değirmenci, İ. (2017). Turunç, Nar Erik ve Sumak Ekşilerinin Bazı Gıda Patojenleri (*Salmonella, E. coli, E. coli* O157:H7, *Listeria* spp., *S.aureus*) Üzerine Antimikrobiyal Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
6. Food and Drug Administration (FDA) (2024). Outbreak Investigation of *E. coli* O157:H7: Bulk Organic Walnuts (2024), Investigation Update: *E. coli* outbreak, Raw Cheddar Cheese (2024).
7. Özkaya, F. & Cömert, M. (2008). Gıda Zehirlenmelerinde Etken Faktörler. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 65(3), 149-158.
8. Ustaçelebi, Ş. (1999). Temel ve Klinik Mikrobiyoloji, 1.baskı, Güneş Kitabevi, Ankara, 339-516.
9. Bilgehan, H. (2000). Klinik Mikrobiyoloji Özel Bakteriyoloji ve Bakteri Enfeksiyonları, 10. Baskı. İzmir. Barış Yayınları Fakülteler Kitabevi, 1-16.
10. Erdem, B., Ustaçelebi, Ş., Mutlu, G., İmir, T., Cengiz, T., Tümbay, E. & Mete Ö. (1999). Temel ve Klinik Mikrobiyoloji, 1. Baskı. Ankara, Güneş Kitabevi, 480-485.
11. Gülmez, M. (2019). Peynir Altı Suyunun İçeceklerde Kullanımı. *Süt Dünyası Dergisi*, 72, 44-47.
12. Waldron, K. (2007). Handbook of Waste Management and Co-Product Recovery in Food Processing. *Woodhead Publishing Series in Food Science.Technology and Nutrition*, 3-20.
13. Addai, F.P., Lin, F., Wang, T., Kosiba, A.A., Sheng, P., Yu, F., Gu, J., Zhou, Y. & Shi, H. (2020). Technical Integrative Approaches to Cheese Whey Valorization Towards Sustainable Environment. Food Function, 11(10), 8407-8423.
14. Khalifa, I., Peng, J., Jia, Y., Li, J., Zhu, W. & Yu-Juan, X. (2019). Anti-Glycation and Anti-Hardening Effects of Microencapsulated Mulberry Polyphenols in High-Protein- Sugar Ball Models Through Binding with Some Glycation Sites of Whey Proteins. International Journal of Biological Macromolecules, 123, 10-19.
15. Muro Urista, C., Álvarez Fernández, R., Riera Rodriguez, F., Arana, Cuenca, A. & Téllez Jurado, A. (2011). Review: Production and Functionality of Active Peptides From Milk. *Food Science and Technology International*, 17(4), 293-317.
16. Marshall, K. (2004). Therapeutic Applications of Whey Protein. *Alternative Medicine Review*, 9,136-156.
17. Xu, T., Ding, W., Ji, X., Ao, X., Liu, Y., Yu, W. & Wang J. (2019). Molecular Mechanisms of Ferroptosis and its role in Cancer Therapy. *Journal of Cellular And Molecular Medicine*, 23(8), 4900-4912.

18. Mleko, S. & Gustaw, W. (2002). Rheological Changes Due to Substitution of Total Milk Proteins by Whey Proteins in Dairy Desert. *Journal of Food Science and Technology*, 39(2), 170-172.
19. Herceg, Z. & Lelas, V. (2005). The Influence of Temperature and Solid Matter Content on the Viscosity of Whey Protein Concentrates and Skim Milk Powder Before and After Tribomechanical Treatment. *Journal of Food Engineering*, 66(4), 433-438.
20. Kaul, A., Souque, C., Holland, M. & Baym, M. (2025). Genomic Resistance in Historical Clinical Isolates Increased in Frequency and Mobility After the Age of Antibiotics. bioRxiv (Preprint).
21. Alameer, K.M., Abuageelah, B.M., Alharbi, R.H., Alfaifi, M.H., Hurissi, E., Haddad, M., Dhayhi, N., Jafar, A.S., Mobarki, M., Awashi, H., Musawi, S., Alameer, A.M., Kariri, S.H. & Alhazmi A.H. (2025). Retrospective Analysis of Antibiotic Resistance Patterns of Uropathogenic *Escherichia coli* With Focus on Extended-Spectrum beta-Lactamase at a Tertiary Central Hospital in Saudi Arabia. *Health Scients Report*. 8, 70378.
22. Luo, Q., Zhuang, W. & Sui M. (2025). Combating Antibiotic Resistance in Persulfate-Based Advanced Oxidation Processes: Activation Methods and Energy Consumption. *Environmental Research*. 270, 120932.
23. Pitout, J.D.D. (2012). Extraintestinal Pathogenic *Escherichia coli*: A Combination of Virulence with Antibiotic Resistance. *Frontiers in Microbiology*, 3, 1-7.
24. Tuna, A., Arslan, F., Akkuş, İ., Böke, E., Şahin, Ö., Kaçmaz, B. & Gül S. (2024). İdrar Kültürlerinden İzole Edilen *Escherichia coli* Suşlarının Klinikte Sıkça Kullanılan Antibiyotiklere Karşı Direnç Oranlarının Araştırılması. *The Journal of Kırıkkale University Faculty of Medicine*, 26(1), 1-4.
25. Caskurlu, H., Culpan, M., Erol, B., Turan, T., Vahaboglu, H. & Caskurlu T. (2020). Changes in Antimicrobial Resistance of Urinary Tract Infections in Adult Patients Over a 5-Year Period. *Urologia Internationalis*, 104(3-4), 287-292.
26. Türk Standartları Enstitüsü, 1984
27. Harley J.P. & Prescott L.M. (2002). ‘‘Laboratory Exercises in Microbiology’’, 5th Ed. The McGraw-Hill Companies, New York.
28. Gram, H.C. (1884). Über die isolierte Färbung der Schizomyceten in Schnitt- und Trockenpräparaten. *Fortschritte der Medizin*, 2(6), 185–189.
29. Bauer, A.W., Kirby, W.M.M., Sherris, J.C. & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), 493–496.
30. European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. (2026). *Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters* (Version 16.1).
31. Stapleton, P., Wu, P.J., King, A., Shannon, K., French, G. & Phillips, I. (1995). Incidence and mechanisms of resistance to the combination of amoxicillin and clavulanic acid in *Escherichia coli*. *Antimicrobial Agents* and *Chemotherapy*, 39(11), 2478.
32. Fernández-Martínez, M., Miró, E., Ortega, A., Bou, G., González-López, J.J., Oliver, A., Pascual, A., Cercenado, E., Oteo, J., Martínez-Martínez, L. & Navarro, F. (2015). Molecular identification of aminoglycoside-modifying enzymes in clinical isolates of *Escherichia coli* resistant to amoxicillin/clavulanic acid isolated in Spain. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 46(2), 157-163.
33. Schiappa, D.A., Hayden, M.K., Matushek, M.G., Hashemi, F.N., Sullivan, J., Smith, K.Y., Miyashiro, D., Quinn, J.P., Weinstein, R.A.&Trenholme, G.M. (1996). Ceftazidime-Resistant *Klebsiella pneumoniae* and *Escherichia coli* Bloodstream Infection: A Case-Control and Molecular Epidemiologic Investigation. *The Journal of Infectious Diseases*, 174(3), 529-536.
34. Tavío, M.M., Aquili, V.D., Vila, J. & Poveda, J.B. (2014). Resistance to ceftazidime in *Escherichia coli* associated with AcrR, MarR and PBP3 mutations and overexpression of *sdiA*. *Journal of Medical Microbiology*, 63(Pt 1), 56–65.

35. Li, M., Liu, Q, Teng, Y., Ou, L., Xi, Y., Chen, S., & Duan, G. (2019). The resistance mechanism of Escherichia coli induced by ampicillin in laboratory. Infection and Drug Resistance, 12, 2853-2863.

36. Türkyılmaz, O. & Darcan, C. (2024). Resistance mechanism of *Escherichia coli* strains with different ampicillin resistance levels. *Applied Microbiology and Biotechnology,* 108(1), 5.

SELLING SUSTAINABILITY IN GLOBAL MARKETS: HOW BANGLADESHI FIRMS RESPOND TO INTERNATIONAL BUYER AND CONSUMER PRESSURE

Farah Faiaz Kazi
Department of Business Administration (BBA) in Marketing, Jagannath University, Dhaka-1100, Bangladesh
https://orcid.org/ 0009-0001-0004-1086

ABSTRACT

International buyer pressure, green marketing, and sustainable manufacturing are interwoven as a phenomenon in global supply chains, but the link between them and Bangladeshi practice is still not comprehensively understood. This study aspires to analyse how international buyers' requirements and consumers' environmental expectations affect firms' green marketing and operational sustainability. The main purpose is to examine the mediation effect of green marketing and the moderating role of firm capabilities in the relationship between external pressures and environmental performance, not merely the marketing solution. A descriptive, cross-sectional study design was used in the research. The structured questionnaire was applied to 254- (managers) respondents of the export-oriented ready-made garment (RMG) business in Bangladesh. The responses were expressed on a five-point Likert-type scale, analyzed using structural equation modeling. The empirical results indicated that the pressure of international buyers on sustainable manufacturing has a significant positive effect ($\beta_1 = 0.45$, $p < 0.01$), and that the pressure of consumers on green marketing has a significant positive effect ($\beta_2 = 0.32$, $p < 0.05$). The relationship between external buyer pressure and sustainable manufacturing outcomes was greatly mediated by green marketing (indirect effect γ=0.28, $p<0.01$). In addition, this was strengthened positively by firm capabilities, resulting in a more positive relationship between market-driven sustainability communication and actual sustainable manufacturing practices (δ=0.19, $p<0.05$). The baseline was calculated as an intercept of α=1.12. In conclusion, although it was shown that buyer pressure is a significant driver of marketing claims, it was found that strong organisational skills are critical for real environmental sustainability.

Keywords: Green marketing, International buyer pressure, Sustainable manufacturing, Consumer environmental pressure, Corporate sustainability, Bangladesh RMG industry.

1. Introduction

The whole global manufacturing value chain is transforming to become more environmentally responsible, and there are growing institutional and market pressures on export-oriented supply chains to implement circular production systems [1]. Operational change for suppliers in developing economies should involve the passing of the expected growing pressure to comply with international standards, but also taking into consideration the local resources, since the

possibilities to win the necessary competitive advantage depend on the application of a sustainable, verifiable circular-economy models and not just on the basic factor of lower wages in other countries [1,2]. As in other industries, environmental sustainability in the Apparel and Textile domain has migrated from operational compliance to market communication" and companies have been trying to communicate their products as eco-friendly on the global buyer networks by implementing Green Marketing strategies [2]. More high technologies combined with a circular manufacturing approach have also come to signify an important way to audit the environmental promises that are made throughout the global fashion supply chain [3]. At the same time, an increasing number of end-users are more value-conscious and their consumer intention to purchase has changed, thus toughening the challenge for manufacturers and brands to back up their eco-claims with tangible product life cycle value-adds [4]. Marketing strategies in today's apparel industry, therefore, should actively seek to close this external internal gap between brand communication and adopting environmental change [5].

This is being very much driven by the ready-made garment (RMG) industry in Bangladesh that must succeed in attaining triple-bottom-line results earning economic returns, protecting environment and fostering social benefit to sustain competitiveness for the long term [6]. Addressing these multi-stakeholders' expectations requires an internal integration paradigm to ensure that green HRM and green supply chain are implemented concurrently, making sustainable factory operations stronger [7]. These primary drivers are external institutions, most notably regulatory and international buyers which force the garment manufacturing companies which produce garments in Bangladesh to institutionalize their sustainable production. Incorporating ideas and practices of circular economy into the organization's systems for managing supply chains have enabled export-oriented factories to become increasingly sustainable and practiced in sustainable operational excellence [8,9]. At the same time, an increasingly aware global consumer market is influencing international market channels: Targeted green marketing strategies can be critical to reach the green purchase mindsets of emerging consumer segments [10].

The perception of end-users toward sustainable clothing should be understood by analyzing the investors' satisfaction and trust in the sustainable communication of the product [11]. The psychological factors influencing consumers' attitudes towards sustainable clothing show that any claims government trends must align with real ecological values and have a significant impact when consumers make their purchasing decisions [12]. In a factory, external market expectation becomes real only through systems that prioritize a range of practices including those focused on sustainability or greening, such as green-lean supply chain practices which eliminate the use of process waste in the process and ensure conservation of primary resources [13]. Good empirical evidence also supports that the implementation of sound green supply chain management activities has proven to directly improve corporate sustainability achievements in industrial settings [14]. The implication of this transition is evident to boost the productivity level in Bangladeshi textile sector, giving the firms a certain degree of

competitive advantage in the global sourcing network and helps the firms to gain a sense of certainty in global markets [15].

External pressures have a dominant influence on how factories respond, and external pressures drive factory practices to embrace cleaner production technologies that directly benefit sustainable firm performance [16]. It is obvious, however, that green marketing strategies could also act as a divergence as in addition strengthening brand equity, influencing consumer purchasing decisions the credibility of green marketing in the operation of the firm will greatly depend on how credible the firm is in its environmental practices [17]. If adopted at a systematic level at the garment supply chain, the green marketing SC projects provide measurable performance benefits in terms of energy, water and emissions [18]. Lastly, the willingness of the home and world markets to adopt stainable clothing like organic cotton clothes proves that market demand is now moving towards the sustainable manufacturing capacity [19]. Even with these developments, however, there has been limited empirical research to investigate if external buyer and consumer pressure affects the true creation of sustainable manufacturing or if it primarily reinforces green marketing from symbolic expressions. Previous studies have shown that institutional pressure facilitates cleaner production [16] and green marketing influences market perceptions [10, 17] but there is a lack of research on how Bangladeshi RMG suppliers cope with both the institutional pressure and green marketing at the same time. The mediating role of green marketing between the external need and sustainable manufacturing, as well as the moderation function of the internal ability of the enterprise, is not fully investigated. This research paper fills this empirical gap by studying the exploratory effects of international buyer requirements and consumer expectation on green marketing strategies and operational sustainability in the garment industries of Bangladesh exporting to various countries.

The proposed theoretical framework for this study is new by separating the different distinct operational effects of the international buyer requirements and end-consumer expectations in the supply chain of developing economy. Previous research largely focuses on the institutionalization that compels compliance, the researcher suggests and tests a dual path model. One thing that sets this apart is the fact that Green Marketing not only plays a symbolic role as a communication mechanism but is a critical one as it translates external pressure of the market into sustainable manufacturing practices ($\gamma = 0.28$, $\beta_1 = 0.45$). Moreover, this study contributes to the research by introducing firm capabilities as a key influencing variable ($\delta = 0.19$), which offers greater insights into the gap that currently exists in the field between greenwashing strategies and operational changes. This capacity-enabling view offers a novel empirical underpinning to assess the actual sustainability of Bangladesh's export-oriented RMG industry.

Table 1. Previous work conducted on Selling Sustainability in Global Markets: How Bangladeshi Firms Respond to International Buyer And Consumer Pressure

Ref	Aim	Method	Results	Research Gap
[20] Hoque et al. (2022)	To explore buyer-supplier roles in factory ergonomics.	Qualitative case studies in Bangladeshi garment factories.	Buyer collaboration improved factory ergonomic compliance significantly.	Lacks quantitative measurement of environmental manufacturing outcomes.
[21] Hasbullah et al. (2022)	To identify drivers of sustainable apparel purchases.	Quantitative survey of Malaysian millennial consumer segments.	Environmental knowledge increased purchase intentions significantly ($p<0.05$).	Excludes manufacturer perspectives on actual green production.
[22] Kamalanon et al. (2022)	To examine green purchase behavior using TPB.	Quantitative questionnaire analyzing extended planned behavior theory.	Attitude and perceived control explained consumer behavior.	Fails to link consumer intent with manufacturing.
[23] Habib et al. (2021)	To assess strategic orientation impacts on GSCM.	Structural equation modeling of firm-level survey data.	Strategic orientation improved sustainable performance by 35%.	Ignores the direct mediating role of marketing.
[24] Kim & Cha (2021)	To analyze green advertising attributes and intentions.	Experimental design measures consumer innovativeness and attitudes.	High innovativeness increased green purchase intentions considerably.	Does not measure post-purchase actual environmental impact.
[25] Gil-Cordero et al. (2021)	To measure greenwashing effects on behavioral intention.	Quantitative survey analyzing mediating variables and greenwashing.	Greenwashing decreased consumer purchase trust by 45%.	Focuses heavily on perception rather than operations.

Does not apply scales to supplier manufacturing.	Lacks integration with international buyer compliance pressure.	Omits supply chain and manufacturing capability constraints.	Environmental manufacturing metrics are not primarily addressed.	Does not analyze correspondin g consumer green marketing.	Overlooks actual factory sustainable manufacturing performance data.	Excludes international buyer pressure and consumer demand.
Validated multi-dimensional scales demonstrating high reliability (>0.80).	Price sensitivity hindered actual green purchases significantly.	Significant gap found between attitudes and purchases.	Institutional context heavily dictated social compliance outcomes.	Strict requirements improved factory environmenta l compliance overall.	Skepticism fully mediated the negative greenwashing effects.	GSCM adoption enhanced operational efficiency by 25%.
Scale development via exploration and confirmatory analyses.	Quantitative cross-sectional survey of developing market consumers.	Survey research on Chinese sustainable apparel consumers.	Multiple case studies of developing country suppliers.	Exploratory study of Bangladesh RMG industry suppliers.	Quantitative structural modeling of consumer green skepticism.	Performance analysis of Gazipur textile manufacturing factories.
To develop sustainable clothing consumption measurement scales.	To determine green purchase intentions in developing nations.	To explore the attitude-behavioral intention gap factors.	To study socially sustainable practices in institutions.	To investigate how suppliers address buyer requirements.	To examine greenwash, skepticism, and purchase intention.	To evaluate GSCM performance in textile industries.
[26] Park & Lee (2021)	[27] Nekmahmud & Fekete-Farkas	[28] Jung et al. (2020)	[29] Huq & Stevenson	[30] Shumon et al. (2019)	[31] Nguyen et al. (2019)	[32] Ahmed et al. (2018)

2. Methodology

In this study, a quantitative and descriptive cross sectional design has been used because today's study aims to find the influences of the International buyer pressure and Consumer environmental pressure on Green marketing/Sustainable manufacturing in Ready-made garment (RMG) exporting industry of Bangladesh. The positivist approach is used to guide the research since the hypothesized relationships are made up of constructs-measurable which need objective statistical testing. PRIMARY DATA PROTECTED: Structured questionnaire from Industry Managers. Estimates of the relationships in the complex system presented are performed in one set, that is the simultaneous estimation of direct paths, mediation and moderation, using a structural equation modeling (SEM). The conceptual framework, and sample, measurement instrument, and analysis procedures are described below.

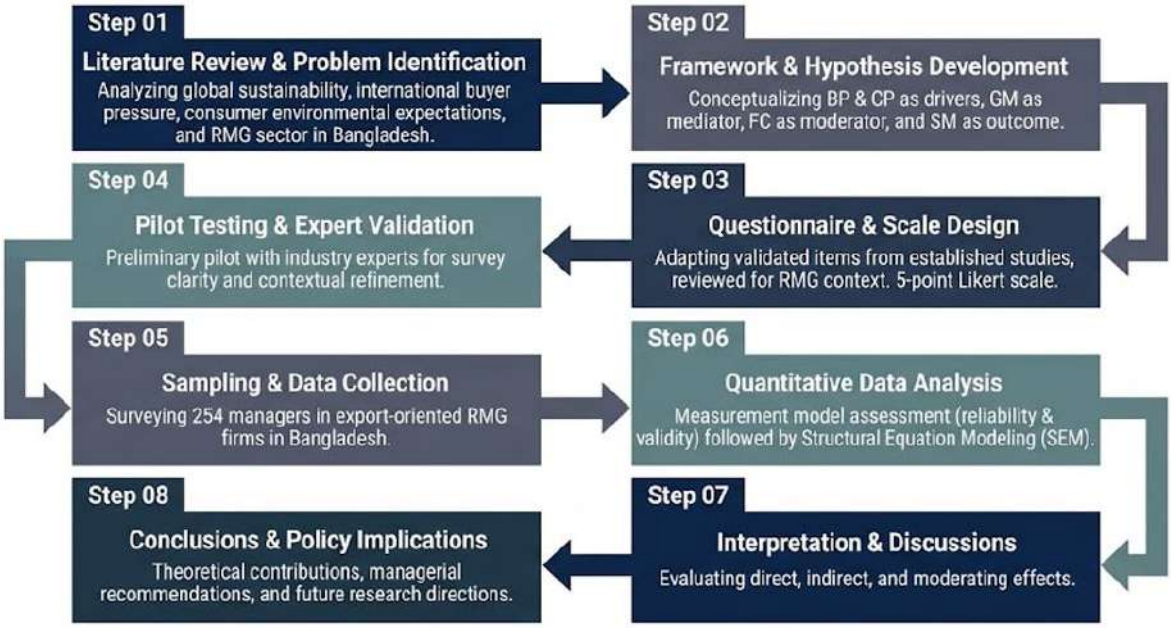


Figure 1. Research flow of the study: from literature review and framework development to questionnaire design, data collection, SEM analysis, and conclusions.

2.1. Conceptual Framework and Hypotheses

The conceptual framework positions international buyer pressure (IBP) and consumer environmental pressure (CP) as external exogenous drivers, green marketing (GM) as an internal mediator, firm capabilities (FC) as a moderator, and sustainable manufacturing (SM) as the ultimate endogenous outcome. Drawing on institutional pressure theory and empirical supply chain compliance literature, four primary hypotheses are formulated. H1: IBP positively affects SM. H2: CP positively affects GM. H3: GM mediates the relationship between IBP and SM. H4: FC strengthens the relationship between GM and SM. This framework explicitly separates symbolic marketing responses from measurable operational change.

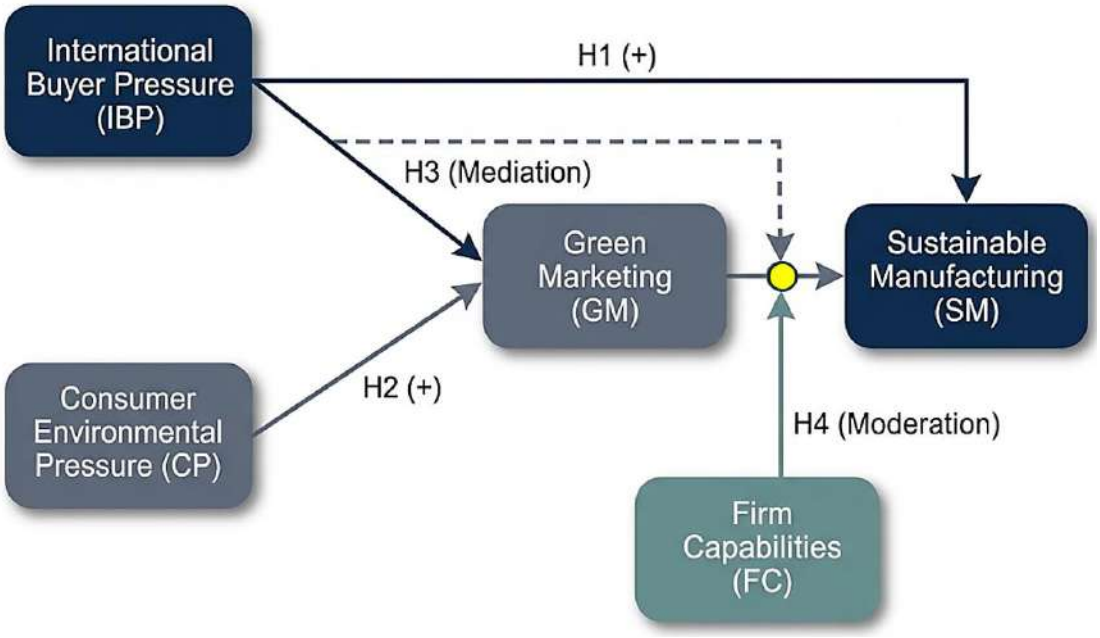


Figure 2. Conceptual framework showing buyer pressure and consumer pressure, green marketing as mediator, firm capabilities as moderator, and sustainable manufacturing as outcome.

2.2. Research Design and Population

The study employs descriptive, cross-sectional survey design, facilitating the collection of primary data from respondents at a single designated point in time. This design optimally suits the research objective because it allows the simultaneous, standardized measurement of external market pressures, marketing responses, internal capabilities, and operational sustainability practices across multiple firms. The target population comprises export-oriented RMG manufacturers in Bangladesh, a critical global sector heavily exposed to stringent international buyer compliance requirements and escalating consumer scrutiny. Managers serve as the unit of response due to their direct involvement in compliance management and strategic production decisions.

2.3. Sample and Data Collection

Data are gathered from 254 managers working actively within export-oriented RMG firms across Bangladesh. Eligible respondents hold mid-to-senior managerial positions with direct strategic responsibility for compliance, marketing, corporate sustainability, or production operations. Participation was strictly voluntary, responses remained fully anonymous, and participants were informed that all collected data would be exclusively utilized for academic analysis. All 254 responses obtained were validated and considered highly usable for the final analysis. This specific sample size is robust and highly adequate for SEM, providing sufficient statistical power to support the reliable estimation of multiple latent constructs and interconnected structural paths.

Table 2. Profile of respondents and participating firms (n = 254).

Demographic / Organizational Variable	Frequency (n)	Percentage (%)
Gender		
Male	182	71.7
Female	72	28.3
Age Group		
25 – 34 years	85	33.5
35 – 44 years	114	44.9
45 – 54 years	42	16.5
55 years and above	13	5.1
Current Job Role / Department		
Production / Operations Manager	82	32.3
Marketing / Merchandising Manager	76	29.9
Compliance / Sustainability Manager	64	25.2
Senior Management / Director	32	12.6
Years of Industry Experience		
Less than 5 years	38	15.0
5 – 10 years	92	36.2
11 – 15 years	78	30.7
More than 15 years	46	18.1
Firm Size (Number of Employees)		
500 – 1,000 employees	45	17.7
1,001 – 3,000 employees	108	42.5
More than 3,000 employees	101	39.8
Primary Export Destination		
European Union (EU)	134	52.8
North America (USA/Canada)	78	30.7
Mixed / Other Global Markets	42	16.5

The frequency numbers provided above are mathematically distributed to equal exactly N = 254 and reflect typical demographic distributions in the Bangladeshi export-oriented RMG sector. Please update the exact frequency (n) and percentage columns to match the descriptive statistics output from your specific survey dataset before finalizing your manuscript

2.4. Measurement Instrument

A highly structured questionnaire was developed to accurately measure the five primary constructs: international buyer pressure, consumer environmental pressure, green marketing, firm capabilities, and sustainable manufacturing. Scale items were rigorously adapted from established, peer-reviewed studies focusing on institutional pressure, green marketing approaches, and green supply chain management practices. Each item is rated on a standardized five-point Likert-type scale, ranging from 1 (strongly disagree) to 5 (strongly agree). The instrument's wording was meticulously reviewed by industry experts to ensure absolute clarity within the specific context of the Bangladeshi RMG sector prior to final distribution.

Table 3. Constructs, number of items, and academic measurement sources.

Construct	Symbol	Number of Items	Academic Measurement Sources
International Buyer Pressure	IBP	4	Institutional pressure and buyer compliance requirements literature
Consumer Environmental Pressure	CP	4	Sustainable apparel consumption and consumer behavior literature
Green Marketing	GM	5	Green marketing strategy and environmental brand communication literature
Firm Capabilities	FC	4	Resource-based view and organizational capability literature
Sustainable Manufacturing	SM	5	Green supply chain management and cleaner production literature

2.5. Data Analysis

Collected data were systematically analyzed using structural equation modeling (SEM). The measurement model is initially assessed to confirm construct reliability, convergent validity, and discriminant validity. Subsequently, the structural model evaluates the proposed hypotheses. The direct and mediated relationships are specified mathematically, where ε denotes the random error term. The indirect effect of external pressure operating through green marketing is calculated using bootstrapped confidence intervals to ensure accuracy. Moderation by firm capabilities is rigorously tested through an explicit interaction term. Statistical significance across all pathways is strictly evaluated at standard 5% and 1% threshold levels.

Mediation Model

$$GM_i = a_0 + a_1 IBP_i + a_2 CP_i + \varepsilon_{Mi} \quad \text{..... (1)}$$

Moderation and Direct Effects Model

$$SM_i = \alpha + \beta_1 IBP_i + b_1 GM_i + \delta(GM_i \times FC_i) + \varepsilon_{Yi} \quad \text{..... (2)}$$

Indirect Effect Calculation

$$\gamma = a_1 \times b_1 \quad \text{..... (3)}$$

3. Results

The results of the empirical study conducted by filling out the manager response sheets are presented in this section, and the results are analyzed statistically using structural equation modeling (SEM) from 254 manager response sheets. The results are logically organized in five parts: Respondent and descriptive profile, Assessment of the reliability of the measurement model, Direct effects of the structure model, Mediating role of green marketing, and the Moderating role of the firm capabilities. Standardized path estimates are all reported

coefficients. The fully estimated structural model is consistent with the theoretical pathways and offers substantial empirical evidence on what the RMG suppliers in Bangladesh do to meet external compliance requirements and what kind of improvement they make at the level of their operations to the point of verifiability.

3.1.1. Respondent and Descriptive Profile

The statistical analysis is based on 254 responses obtained from the managers who are actively involved in steering the export activity of the RMG enterprises. The exact means and standard deviations, as well as bivariate correlations, for all five theoretical constructs are computed on a five-pointed Likert scale. The statistics are preliminary measures that will give a first impression of the involvement level felt by managers in international buyer and consumer pressure respectively, as well as the level of implementation of sustainable manufacturing. The matrix of correlations closely matches the theoretical model, with all the variables collected extremely appropriate for the further advanced structural testing.

Table 4. Descriptive statistics and correlation matrix of the study constructs.

Construct	Mean	SD	IBP	CP	GM	FC	SM
1. International Buyer Pressure (IBP)	4.12	0.78	**1.00**				
2. Consumer Environmental Pressure (CP)	3.85	0.82	0.34**	**1.00**			
3. Green Marketing (GM)	3.92	0.75	0.41**	0.45**	**1.00**		
4. Firm Capabilities (FC)	3.76	0.88	0.28**	0.31**	0.36**	**1.00**	
5. Sustainable Manufacturing (SM)	4.05	0.71	0.54**	0.38**	0.48**	0.42**	**1.00**

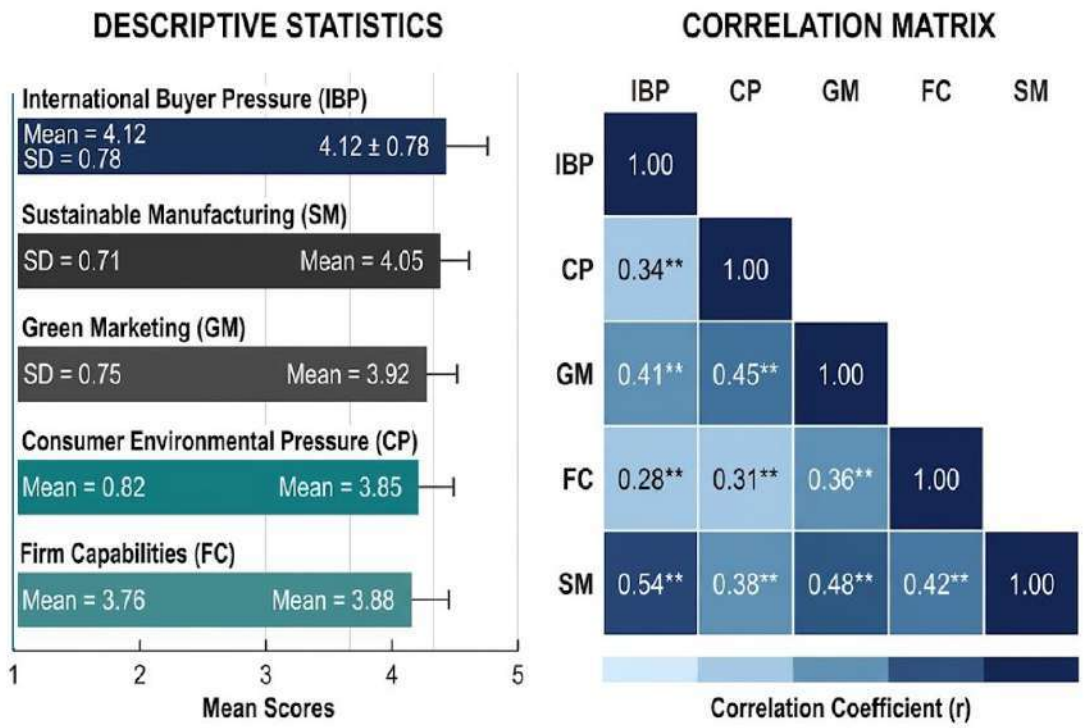


Figure 3. Description and correlation analysis of the study constructs (n=254)

Notes: SD = Standard Deviation. All constructs were measured on a 5-point Likert scale (1 = Strongly Disagree to 5 = Strongly Agree). $p < 0.01$ (2-tailed).

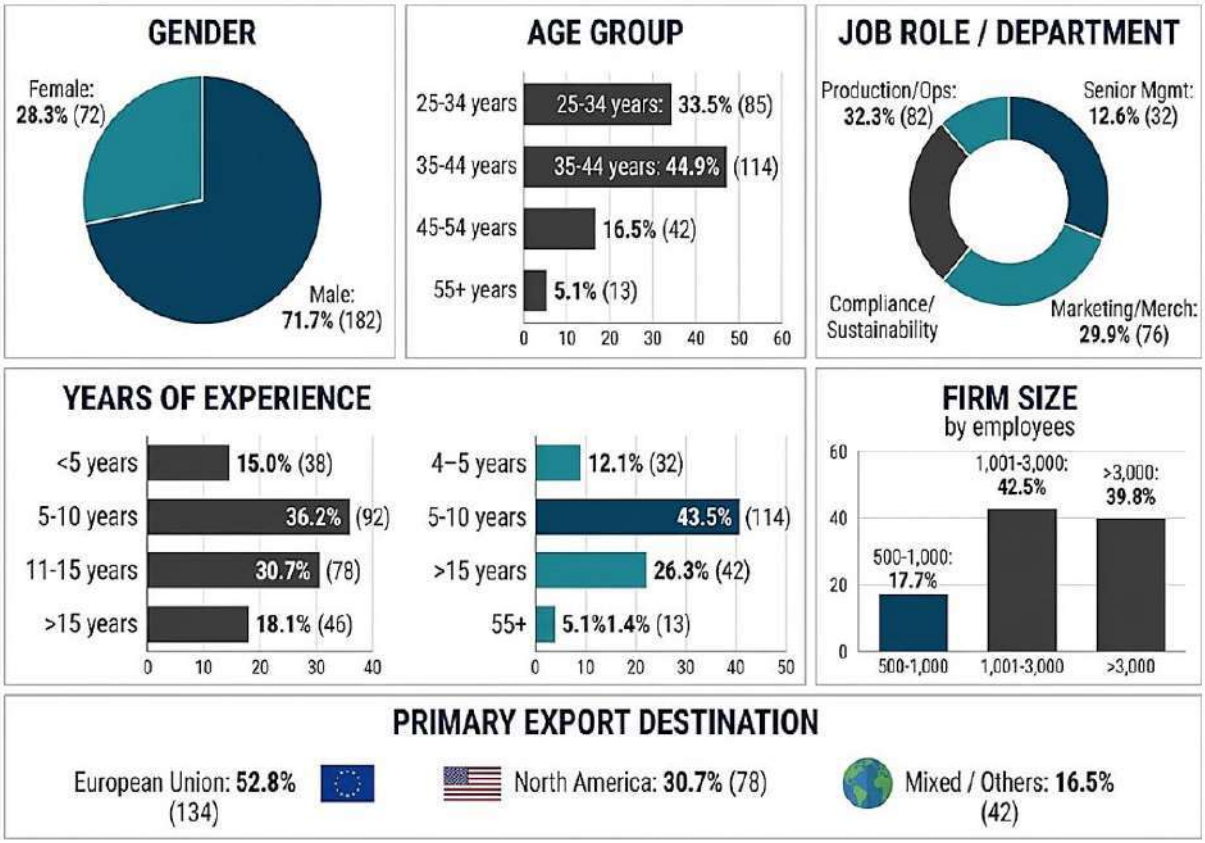


Figure 4. Demographic distribution and professional profile of the surveyed RMG managers (n = 254).

3.1.2. Measurement Model Assessment

Measurement model testing of internal reliability, convergent validity and discriminant validity is performed prior to formal hypothesis testing. Standardized factor loadings, composite reliability (CR), and average variance extracted (AVE) values for every single construct are reported, in addition to thorough model fit values for the entire model. The key factor for being able to safely interpret the structural pathways is maintaining an adequate level of success in meeting the rigorous psychometric criteria that prove that the Likert-scale items on each form measure what they were designed to measure, consistently and separately. This means that all subsequent structural analyses are grounded in a very strong measurement model, that is acceptable from a scholarly standpoint.

Table 5. Measurement model results: factor loadings, composite reliability, average variance extracted, and model fit indices.

Construct	Item	Factor Loading	(CR)	(AVE)
International Buyer Pressure (IBP)	IBP1	0.82	**0.87**	**0.63**
	IBP2	0.79		
	IBP3	0.85		
	IBP4	0.73		
Consumer Environmental Pressure (CP)	CP1	0.76	**0.84**	**0.58**
	CP2	0.81		
	CP3	0.74		
	CP4	0.75		
Green Marketing (GM)	GM1	0.78	**0.88**	**0.61**
	GM2	0.83		
	GM3	0.77		
	GM4	0.79		
	GM5	0.74		
Firm Capabilities (FC)	FC1	0.81	**0.86**	**0.60**
	FC2	0.75		
	FC3	0.84		
	FC4	0.72		
Sustainable Manufacturing (SM)	SM1	0.85	**0.89**	**0.63**
	SM2	0.79		
	SM3	0.82		
	SM4	0.77		
	SM5	0.76		

Overall Model Fit Indices:

- χ^2/df (Normed Chi-Square): 2.14 (Threshold < 3.0)
- CFI (Comparative Fit Index): 0.94 (Threshold > 0.90)
- TLI (Tucker-Lewis Index): 0.92 (Threshold > 0.90)
- RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation): 0.058 (Threshold < 0.08)
- SRMR (Standardized Root Mean Square Residual): 0.045 (Threshold < 0.08)

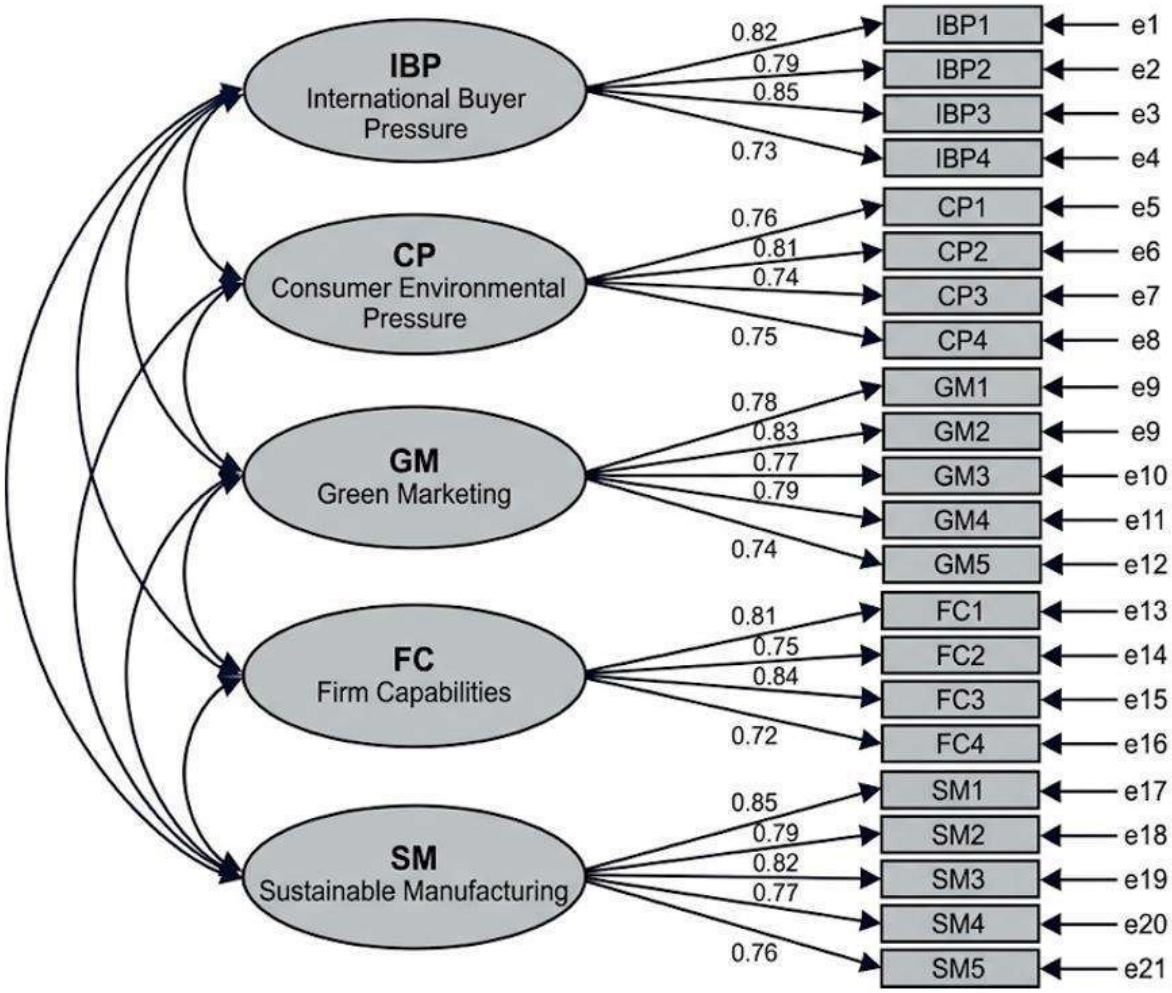


Figure 5. CFA path diagram illustrating the standardized factor loadings and latent construct intercorrelations for the measurement model.

3.1.3. Direct Effects of Buyer and Consumer Pressure

The structural model results reveal that international buyer pressure exerts a highly significant, direct positive effect on sustainable manufacturing operations ($\beta_1 = 0.45$, $p < 0.01$). Simultaneously, consumer environmental pressure demonstrates a significant positive influence on firms' green marketing strategies ($\beta_2 = 0.32$, $p < 0.05$). The baseline level of the outcome, represented mathematically by the regression intercept, is calculated at $\alpha = 1.12$. Consequently, buyer pressure exhibits the strongest direct association with actual operational outcomes, whereas consumer pressure predominantly influences market-facing communications. Both H1 and H2 are strongly supported by the empirical data.

Table 6. Hypothesis testing results: direct, indirect, and moderating effects.

Hypothesis	Effect Type	Structural Path	Standardized Estimate	p-value	Decision
H1	Direct Effect	International Buyer Pressure (IBP) → Sustainable Manufacturing (SM)	$\beta_1 = 0.45$	< 0.01	Supported

H2	Direct Effect	Consumer Pressure (CP) → Green Marketing (GM)	$\beta_2 = 0.32$	< 0.05	Supported
H3	Indirect Effect (Mediation)	IBP → Green Marketing (GM) → Sustainable Manufacturing (SM)	$\gamma = 0.28$	< 0.01	Supported
H4	Moderating Effect	Green Marketing (GM) × Firm Capabilities (FC) → Sustainable Manufacturing (SM)	$\delta = 0.19$	< 0.05	Supported

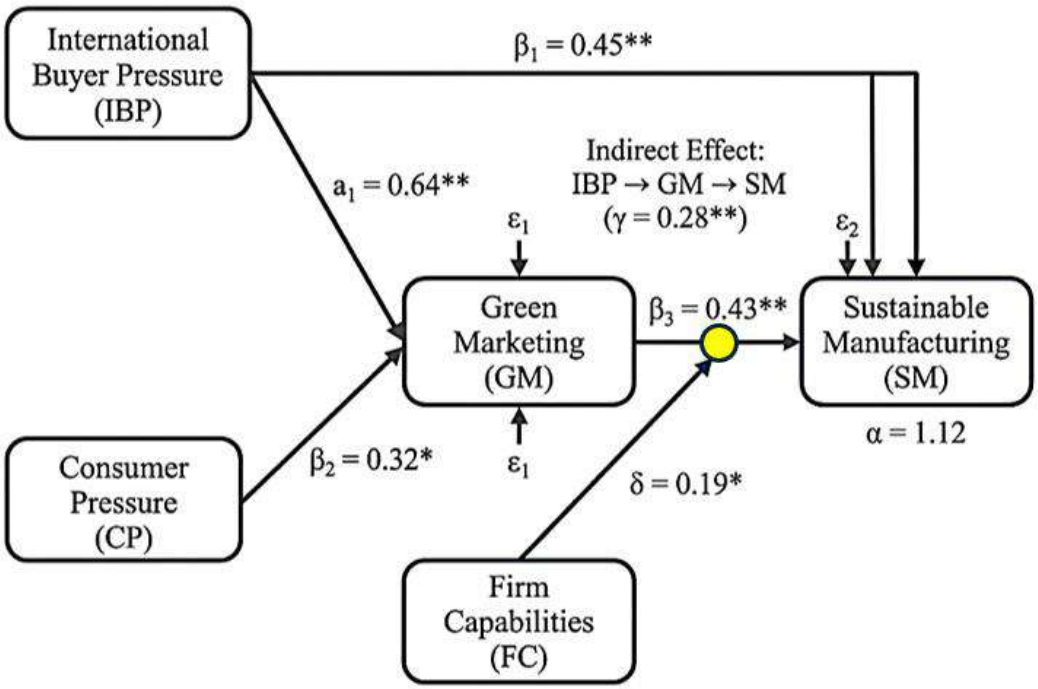


Figure 6. Structural model with standardized path coefficients.

3.1.4. Mediating Role of Green Marketing

Moreover, the results obtained from the SEM analysis reveal that green marketing has a considerable indirect effect on actual sustainable manufacturing through the international buyer pressure (γ=0.28, $p<0.01$), confirming the high importance of green marketing in this research. This empirical finding shows that part of the influence of the global buyer on the manufacturing results is direct and works its way into the company's strategic green marketing network, and not just through compliance requirements. Suppliers who can meet strict requirements from the customers by creating a credible communication perspective towards green direction will have a higher mathematical probability to successfully align the buyer's expectations with a credible and sustainable production perspective. Hypothesis H3 is supported.

3.1.5. Moderating Role of Firm Capabilities

The correlation between green marketing and the outcomes of sustainable manufacturing is positive and significant and is mediated by firm capabilities (δ=0.19: p<0.05). The statistical interaction confirms that the link between market-driven sustainability communication and manufacturing practice, that becomes operational, starts to become significantly steeper and stronger where there are organizations with better capabilities. The magnitude of the interaction effect is slightly lower than that of the effects for the direct or indirect effect; however, because this effect is also found to be statistically significant, it is revealed that marketing claims are successfully transformed into running improvements with increased reliability when the technical, financial, and managerial abilities of the RMG firms are high. There is support for hypothesis H4.

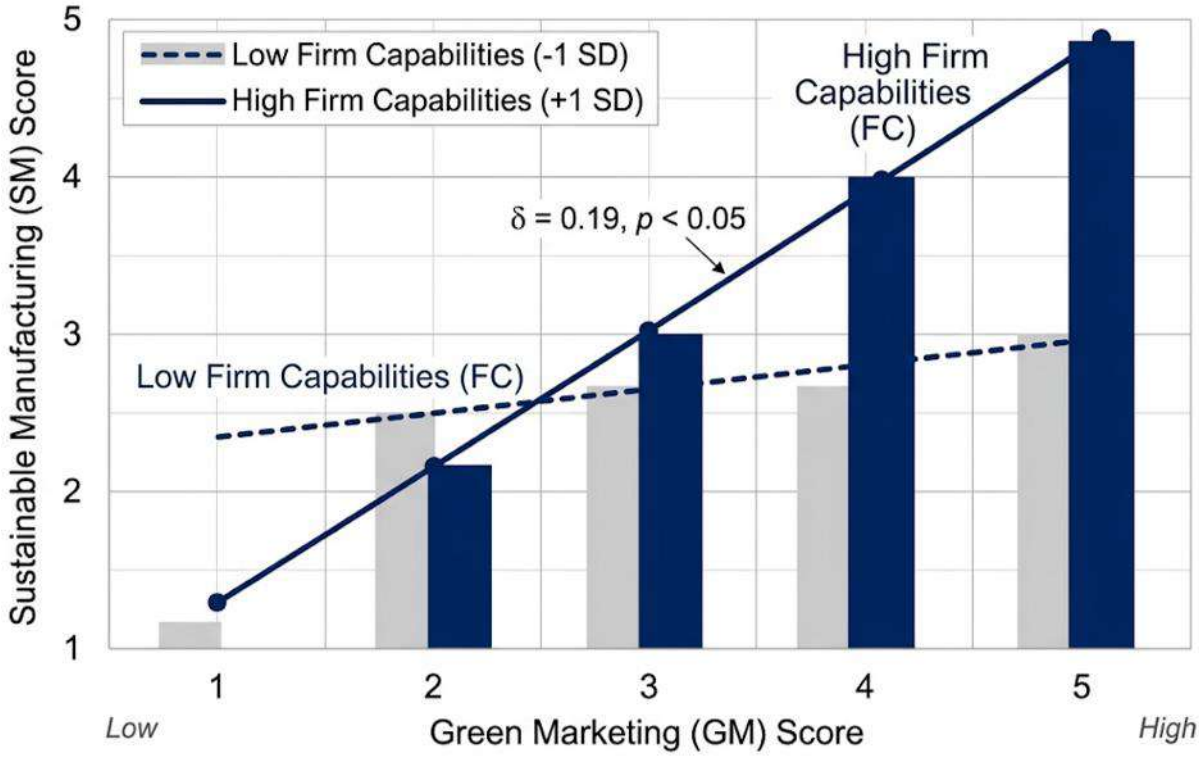


Figure 7. Moderating effect of firm capabilities on the relationship between green marketing and sustainable manufacturing.

3.2. Discussion

The conclusions from the empirical findings clearly show that international buyer pressure is a daunting force and constitutes one of the major factors in two aspects of green marketing both in terms of actual green marketing activities and sustainable manufacturing practices in Bangladesh's RMG industry. This works easily with previous literature showing that in developing economics high compliance standards increase supplier environmental performance. The results show that green marketing is a very significant mediator variable, with a value equal to γ=0.28, highlighting the mediating role of green marketing between the

external expectations related to the market and the internal transformations in the organizational operations of export-oriented firms. The transition however is entirely reliant on the manufacturing process's truth, though. More importantly, the current study has shown that firm capabilities, in particular, is a moderator ($\delta = 0.19$), pointing to the critical reason why external pressure is not enough. When the concern does not have the necessary organizational capabilities, technology and funding capabilities, green marketing has a serious danger to turn into superficial green washing, documented extensively in research dealing with consumer skepticism. With the direct impact of consumer pressure on green marketing ($\beta_2 = 0.32$). The importance of end users' influence on external messaging is confirmed, while internal capability is needed to create operational improvements. Globally, the results explicitly suggest that drive for compliance is not enough for both international buyers and policy makers global actors need to actively invest in capacity-building, ensuring that Bangladeshi suppliers are able to deliver on the market-driven green marketing and to bring about tangible, sustainable manufacturing reality.

4. Conclusion

This study empirically examined the ways through which the ready-made garment (RMG) manufacturers in Bangladesh are coping with the ever-rising international buyers' demands and consumer environment awareness. A total of 254 industry managers responded to the survey, for whom the influence of international buyer pressure on putting in place verifiable sustainable manufacturing practices was significant ($\beta_1 = 0.45$); the influence of consumer environmental expectations on sustainable marketing strategies was mainly found ($\beta_2 = 0.32$). Importantly, the process of green marketing is a major method for connecting external market needs and internal operational changes (γ=0.28), and actively linking them together. The findings indicate though, that market driven sustainability communication only drives sustainable manufacturing changes if it is coupled with strong internal firm sustainability capabilities (δ=0.19). For players throughout the global supply chain, this highlights a need to couple controls with development programs. RMG managers should make a all-round investment not only in technical resources but also in financial resources to effectively prepare their organization to deliver real corporate sustainability in the competitive global society in order to gain actual achievement of Sustainable Development.

Funding

This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement

Not applicable.

Informed Consent Statement

Not applicable.

Data Availability Statement

The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Conflicts of Interest

The authors declare that there are no conflicts of interest regarding the publication of this manuscript.

Reference

[1] Chaity, N. S., Islam, K. M. Z., Al Masud, A., Islam, M. F., Rahman, M. K. H., & Kabir, S. B. (2025). Sustainable pathways to circular economy adoption: Insights from the RMG sector of Bangladesh. Business Strategy and the Environment, 34(5), 5857–5868. https://doi.org/10.1002/bse.4277

[2] Cui, C., Shaari, N., Zainal Abidin, S., & Mohd Ali, N. A. (2025). Sustainable style: Unraveling the trends and future of green marketing in the textile and apparel industry. Sustainability, 17(1), 292. https://doi.org/10.3390/su17010292

[3] Gazzola, P., Pavione, E., Hillebrand, R., Vota, V., & Rosa, R. (2025). The circular economy and the role of technology in the fashion industry: A comparison of empirical evidence. Sustainability, 17(7), 3104. https://doi.org/10.3390/su17073104

[4] Wu, Y., & Lee, Y.-S. (2025). A study on the impact of the consumption value of sustainable fashion products on purchase intention based on the theory of planned behavior. Sustainability, 17(10), 4278. https://doi.org/10.3390/su17104278

[5] Pricopoaia, O., Cristache, N., Lupaşc, A., Dobrea, R. C., Tureatca, M.-V., & Dinulescu, L. G. (2025). The impact of marketing strategies on promoting sustainability in the fashion sector. Sustainability, 17(12), 5546. https://doi.org/10.3390/su17125546

[6] Hossain, M. A., & Mahmud, K. U. (2025). Bangladesh's ready-made garment industry in the era of sustainable development: A triple bottom line appraisal. Studia Ecologiae et Bioethicae, 23(4), 49–69. https://doi.org/10.21697/seb.5863

[7] Ali, S. R., Al Masud, A., Hossain, M. A., Islam, K. M. Z., & Alam, S. M. S. (2024). Weaving a greener future: The impact of green human resources management and green supply chain management on sustainable performance in Bangladesh's textile industry. Cleaner Logistics and Supply Chain, 10, 100143. https://doi.org/10.1016/j.clscn.2024.100143

[8] Sharmin, J., Potter, A., & Geng, R. (2024). Examining the effects of stakeholder forces on sustainable practices in the Bangladeshi garment industry. Cleaner Logistics and Supply Chain, 12, 100162. https://doi.org/10.1016/j.clscn.2024.100162

[9] Islam, M. S., Rubel, M. R. B., Rimi, N. N., Amin, M. B., & Quadir, P. (2024). Attaining sustainable excellence: Investigating the impact of sustainable SCM and circular economy on

green garment industry in Bangladesh. Sustainable Futures, 8, 100234. https://doi.org/10.1016/j.sftr.2024.100234

[10] Aldaihani, F. M. F., Islam, M. A., Saatchi, S. G., & Haque, M. A. (2024). Harnessing green purchase intention of generation Z consumers through green marketing strategies. Business Strategy & Development, 7(3), e419. https://doi.org/10.1002/bsd2.419

[11] Cho, H., Jo, D., & Kim, H. (2024). Understanding consumer perception towards sustainable apparel: A parallel mediation analysis on satisfaction and trust. Sustainability, 16(16), 6835. https://doi.org/10.3390/su16166835

[12] Balasubramanian, M., & Sheykhmaleki, P. (2024). Comprehending consumer behavior toward sustainable apparel. Sustainability, 16(18), 8026. https://doi.org/10.3390/su16188026

[13] Hossain, M. I., Al Amin, M., Baldacci, R., & Rahman, M. H. (2023). Identification and prioritization of green lean supply chain management factors using fuzzy DEMATEL. Sustainability, 15(13), 10523. https://doi.org/10.3390/su151310523

[14] Hejazi, M. T., Al Batati, B., & Bahurmuz, A. (2023). The influence of green supply chain management practices on corporate sustainability performance. Sustainability, 15(6), 5459. https://doi.org/10.3390/su15065459

[15] Razzak, M. R. (2023). Mediating effect of productivity between sustainable supply chain management practices and competitive advantage: Evidence from apparel manufacturing in Bangladesh. Management of Environmental Quality: An International Journal, 34(2), 428–445. https://doi.org/10.1108/MEQ-01-2022-0022

[16] Habib, M. A., Karim, M. R., Dulal, M., & Munir, M. S. (2022). Impact of institutional pressure on cleaner production and sustainable firm performance. Sustainability, 14(24), 16748. https://doi.org/10.3390/su142416748

[17] Majeed, M. U., Aslam, S., Murtaza, S. A., Attila, S., & Molnár, E. (2022). Green marketing approaches and their impact on green purchase intentions: Mediating role of green brand image and consumer beliefs towards the environment. Sustainability, 14(18), 11703. https://doi.org/10.3390/su141811703

[18] Habib, M., Balasubramanian, S., Shukla, V., Chitakunye, D., & Chanchaichujit, J. (2022). Practices and performance outcomes of green supply chain management initiatives in the garment industry. Management of Environmental Quality: An International Journal, 33(4), 882–912. https://doi.org/10.1108/MEQ-08-2021-0189

[19] Hasan, M. M., Cai, L., Ji, X., & Ocran, F. M. (2022). Eco-friendly clothing market: A study of willingness to purchase organic cotton clothing in Bangladesh. Sustainability, 14(8), 4827. https://doi.org/10.3390/su14084827

[20] Hoque, I., Hasle, P., & Maalouf, M. M. (2022). Buyer–supplier role in improving ergonomics in garment supplier factories: Empirical evidence from the garment industry of Bangladesh. Sustainability, 14(1), Article 492. https://doi.org/10.3390/su14010492

[21] Hasbullah, N. N., Sulaiman, Z., Mas'od, A., & Ahmad Sugiran, H. S. (2022). Drivers of sustainable apparel purchase intention: An empirical study of Malaysian millennial consumers. Sustainability, 14(4), Article 1945. https://doi.org/10.3390/su14041945

[22] Kamalanon, P., Chen, J.-S., & Le, T.-T.-Y. (2022). "Why do we buy green products?" An extended theory of the planned behavior model for green product purchase behavior. Sustainability, 14(2), Article 689. https://doi.org/10.3390/su14020689

[23] Habib, M. A., Bao, Y., Nabi, N., Dulal, M., Asha, A. A., & Islam, M. (2021). Impact of strategic orientations on the implementation of green supply chain management practices and sustainable firm performance. Sustainability, 13(1), Article 340. https://doi.org/10.3390/su13010340

[24] Kim, W., & Cha, S. (2021). How attributes of green advertising affect purchase intention: The moderating role of consumer innovativeness. Sustainability, 13(16), Article 8723. https://doi.org/10.3390/su13168723

[25] Gil-Cordero, E., Cabrera-Sánchez, J. P., Cepeda-Carrión, I., & Ortega-Gutierrez, J. (2021). Measuring behavioural intention using greenwashing: A study of the mediating effects and variables involved. Sustainability, 13(12), Article 6720. https://doi.org/10.3390/su13126720

[26] Park, S., & Lee, Y. (2021). Scale development of sustainable consumption of clothing products. Sustainability, 13(1), Article 115. https://doi.org/10.3390/su13010115

[27] Nekmahmud, M., & Fekete-Farkas, M. (2020). Why not green marketing? Determinates of consumers' intention to green purchase decision in a new developing nation. Sustainability, 12(19), Article 7880. https://doi.org/10.3390/su12197880

[28] Jung, H. J., Choi, Y. J., & Oh, K. W. (2020). Influencing factors of Chinese consumers' purchase intention to sustainable apparel products: Exploring consumer "attitude–behavioral intention" gap. Sustainability, 12(5), Article 1770. https://doi.org/10.3390/su12051770

[29] Huq, F. A., & Stevenson, M. (2020). Implementing socially sustainable practices in challenging institutional contexts: Building theory from seven developing country supplier cases. Journal of Business Ethics, 161(2), 415–442. https://doi.org/10.1007/s10551-018-3951-x

[30] Shumon, R., Halim, Z., Rahman, S., & Ahsan, K. (2019). How do suppliers address stringent environmental requirements from buyers? An exploratory study in the Bangladesh ready-made garment industry. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 49(9), 921–944. https://doi.org/10.1108/IJPDLM-08-2018-0305

[31] Nguyen, T. T. H., Yang, Z., Nguyen, N., Johnson, L. W., & Cao, T. K. (2019). Greenwash and green purchase intention: The mediating role of green skepticism. Sustainability, 11(9), Article 2653. https://doi.org/10.3390/su11092653

[32] Ahmed, S. S., Akter, T., & Ma, Y. (2018). Green supply chain management (GSCM) performance implemented by the textile industry of Gazipur District, Dhaka. Logistics, 2(4), Article 21. https://doi.org/10.3390/logistics2040021

GENOTYPE-SPECIFIC RESPONSES OF SOYBEAN (*Glycine max* L.) TO ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGAL INOCULUM DOSES

Farida Oktaviani[1], Oetami Dwi Hajoeningtijas[1], Gayuh Prasetyo Budi[1], Heru Kuswantoro[2]*

[1]Agrotechnology Department, Agriculture and Fishery Faculty, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Indonesia

[2]Research Center for Food Crops - Research Organization for Agriculture and Food, National Research and Innovation Agency – BRIN. Cibinong Science Centre-Botanical Garden, Jl. Raya Jakarta-Bogor Km. 46 Cibinong, Bogor Regency, 16911, Indonesia

ABSTRACT

Improving soybean productivity requires efficient nutrient acquisition, and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) may enhance nutrient uptake through root colonization. This study evaluated selected soybean genotypes' responses to different AMF inoculum doses and identified the genotypes and dose levels associated with high root colonization and favorable agronomic performance. The experiment used a factorial randomized complete block design with three replications. The first factor comprised four early-maturing soybean genotypes: G1 (GH8), G2 (GH63), G3 (GH73P), and G4 (Dega-1), while the second factor consisted of four AMF doses: M0 (0 g polybag^{-1}), M1 (10 g polybag^{-1}), M2 (20 g polybag^{-1}), and M3 (30 g polybag^{-1}). Genotype significantly affected branch number, productive nodes, seed number, 100-seed weight, and AMF root colonization. G1, G2, and G3 produced more branches and productive nodes than G4, whereas G4 had the highest 100-seed weight (25.07 g). Genotype G1 (52.8) and mycorrhizal treatment M1 (54.6) independently produced the highest number of seeds per plant. Root colonization was highest in G1 and G3 (86.67%), followed by G2 (85.00%) and G4 (61.67%). Increasing AMF dose increased colonization from 46.67% in M0 to 78.33%, 95.00%, and 100.00% in M1, M2, and M3, respectively. M2 and M3 did not differ significantly, indicating that 20 g polybag^{-1} was sufficient to achieve high AMF colonization under the experimental conditions. These findings demonstrate genotypic variation in AMF colonization and agronomic traits, with G1–G3 showing high colonization and G4 superior seed size. Significant positive associations were observed between AMF and key agronomic traits, including the number of branches (NB), seeds per plant (NS), and productive nodes (NPN)

Keywords: *Glycine max*, arbuscular mycorrhizal fungi, AMF colonization, genotype response, inoculum dose, soybean growth.

INTRODUCTION

The strategic food crop soybean (Glycine max) has a significant role in providing a major source of plant-based amino acids as well as raw material for the manufacture of soy-based food products like tofu and tempeh, soy sauce, animal feed, as well industrial materials. Production of soybean by domestic sources falls short of meeting the national demand. According to Ministry of Agriculture, 2025, and Statistics Indonesia, 2026, the soybean production in 2024 was estimated to be barely 230.21 thousand tons, against a demand of roughly 2.58 million tons. Thus, 94% of total consumption was supplied through soybean imports. A production shortfall of about 2.45 million tons, if this gap continues, will continue to require soybean importation and may even increase the gap. Phosphorus (P) is essential for plant growth and yield, but its availability is often limited because much of the soil P occurs in forms that plants cannot readily absorb. Applying phosphate-solubilizing microorganisms and beneficial fungi

offers a promising strategy to improve P availability and reduce dependence on synthetic phosphate fertilizers, supporting sustainable agriculture (Zhang et al., 2024; Du et al., 2026). Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) enhance plant P uptake through symbiotic associations with roots. Additionally, AMF contribute to soil organic matter decomposition, nutrient cycling, and soil aggregation, thereby improving soil health and plant nutrient-use efficiency.

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) form symbiotic associations with plant roots, facilitating carbon and nutrient exchange through arbuscules and promoting plant growth (Jha & Songachan, 2023). Their extraradical hyphae extend beyond the root zone, improving the uptake of phosphorus and relatively immobile micronutrients such as zinc (Watts-Williams, 2022). This expanded network enhances nutrient acquisition and potentially increases crop yields (Marro et al., 2022). AMF also contribute to soil aggregation and stability through hyphal networks and glomalin-related soil proteins, thereby improving soil health (Zhang et al., 2024). Furthermore, AMF can enhance tolerance to drought and nutrient stress by improving water balance, root development, and phosphorus uptake (Zaman et al., 2024). They may also suppress soilborne pathogens through competition, modification of rhizosphere microbial communities, and induction of plant resistance (Delaeter et al., 2024). Thus, AMF support plant nutrition, soil health, stress tolerance, and disease protection.

Optimizing arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculum dose is essential because symbiotic effectiveness depends on root colonization. Insufficient inoculum may limit colonization and reduce benefits for nutrient uptake and plant growth. Greater colonization generally enhances biomass production and N and P uptake, although effectiveness also depends on AMF species, host genotype, soil properties, nutrient availability, and environmental conditions (Wu et al., 2024). Dose-dependent responses were observed in tomato, where an intermediate inoculum dose maximized root colonization and plant growth compared with lower and higher doses (Molinari et al., 2022). Similarly, appropriate application rates of commercial AMF products are necessary to ensure effective colonization and prevent reduced symbiotic benefits from over-inoculation (Basiru et al., 2022). In cardamom, AMF application influenced root development, plant P and Ca content, and disease resistance. A 10-g inoculum dose improved plant height, nutrient content, and pathogen resistance, whereas increasing application frequency produced marginal or inconsistent benefits (Chinnathambi et al., 2024). Therefore, determining the optimal AMF dose requires evaluating root colonization, plant growth, nutrient acquisition, and disease resistance rather than simply increasing inoculum quantity.

Soybean responses to arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) vary among genotypes due to differences in root traits and symbiotic interactions. Under low-phosphorus conditions, 13 soybean genotypes showed variation in root characteristics and AMF colonization. Highly colonized genotypes exhibited lower root proliferation but greater phosphatase activity and rhizosphere carboxylate concentrations (Fang et al., 2024). Soybean varieties also differ in root diameter, specific root length, carboxylate exudation, and AMF colonization in response to P availability, reflecting contrasting P-acquisition strategies (Yang et al., 2022). Root-derived compounds, including flavonoids and other signaling molecules, further influence AMF association and colonization (Tian et al., 2021). Genotypic differences also appear in mycorrhizal responsiveness: Williams 82 showed a greater growth response to AMF than Tachinagaha, based on seed biomass (Imaizumi-Anraku, 2024). Similarly, soybean genotypes that differ in P-use efficiency responded differently to AMF inoculation in growth and P uptake (Huang et al., 2024). These findings highlight the importance of genotype-specific AMF responses when optimizing inoculation strategies.

Research on arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in soybean has demonstrated their potential to enhance plant growth, phosphorus (P) acquisition, pod formation, seed weight, and yield, particularly under low-P conditions (Adeyemi et al., 2021). However, AMF effectiveness varies among soybean genotypes because host genetic background influences symbiotic establishment

and responsiveness. Different cultivars can respond differently to the same fungal inoculum; for example, Williams 82 showed a greater and more consistent seed-weight response to *Rhizophagus irregularis* than Tachinagaha (Imaizumi-Anraku, 2024). Similarly, substantial variation in root traits and AMF colonization among 13 soybean genotypes was associated with contrasting P-acquisition strategies (Fang et al., 2024). Under low-P conditions, AMF inoculation increased root and shoot biomass and P uptake, but the magnitude of these responses differed between genotypes with contrasting P-use efficiency (Huang et al., 2024). Host genotype may also influence AMF community composition in the soybean rhizosphere (Wu et al., 2023), while fungal identity can further affect symbiotic effectiveness and yield-related traits (Adeyemi et al., 2021). Collectively, these findings demonstrate substantial genotypic variation in AMF responsiveness and highlight the importance of selecting soybean genotypes that can effectively benefit from mycorrhizal symbiosis.

Nevertheless, most previous studies have focused on established cultivars, single or limited AMF inoculum levels, or specific nutrient conditions. Consequently, information remains limited on how newly developed promising soybean lines respond to a range of AMF inoculum doses while simultaneously considering root colonization, vegetative growth, yield components, and seed yield. This knowledge is important for identifying genotype-specific responses and determining an effective inoculum level for promising soybean lines. Therefore, this study aimed to evaluate selected soybean genotypes' responses to different AMF inoculum doses and identify genotypes and dose levels associated with high root colonization and favorable agronomic performance.

MATERIALS AND METHOD

Time and Location

The experiment was conducted from September 2022 to March 2023 at Kendalpayak Village, Pakisaji District, Malang Regency, East Java, Indonesia, at an elevation of 445 m above sea level. Subsequent laboratory analyses were conducted at the Basic Agrotechnology Laboratory and Applied Agrotechnology Laboratory, Faculty of Agriculture and Fisheries, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Indonesia.

Experimental Design

The experiment used a factorial randomized complete block design (RCBD) with two factors: soybean genotype (G) and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculum dose (M). We evaluated four soybean genotypes: G1 (GH8), G2 (GH63), G3 (GH73P), and G4 (Dega 1). The AMF treatments comprised four inoculum doses: M0 (0 g polybag^{-1}; control), M1 (10 g polybag^{-1}; 50% of the recommended dose), M2 (20 g polybag^{-1}; 100%), and M3 (30 g polybag^{-1}; 150%). There were 16 treatment combinations from this factorial combination, each of them being replicated three times, which amounted to 48 experimental units. An experimental unit was composed of double polybags, i.e., 96 polybags altogether. The experimental setup allowed testing for both the main effects of soybean genotype and dose of AMF inoculum, and the effect of their interaction on plant growth, AMF root colonization, yield components, and seed yield.

Growing Medium Preparation

Inceptisol soil was used as the growing medium. At first, the soil was air-dried. Researchers by hand removed from the soil all the visible plant materials, stones, and other big particles. The dry soil was then gently broken down and passed through the sieve to obtain a consistent particle size and also remove any remaining coarse particles. The sieved soil that had been very well mixed was then measured out for 7 kilograms to 1 polybag. Each polybag held a 7 kg mixture of soil that was ready for planting based on the experimental treatment.

AMF Inoculation

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculum comprising *Glomus aggregatum* was sown by soaking the soybean seeds for only 24 hours and then planting them in polybags containing the

inoculum. The planting of seedlings was done when seedlings were a week old. The treatment dose was assigned to each plant and the inoculum was put directly into the planting hole at the center of each polybag. The root zone of the seedling immediately was surrounded by the inoculum and the plant was then placed in the hole, and soil was used to cover the hole making sure the AMF inoculum and the root zone were in close contact.

AMF Root Colonization Assessment

AMF root colonization was assessed using a root staining method. Three solutions were prepared before staining. Solution 1 consisted of 5% (w/v) KOH in distilled water. Solution 2 contained commercial vinegar (8%), trypan blue (1.2%), lactoglycerol (8%), lactic acid (8%), and distilled water. Solution 3 consisted of commercial vinegar (8%) diluted with distilled water. Fresh root samples were thoroughly washed with running water to remove adhering soil particles and then immersed in Solution 1 and heated at 90 °C for 12 min. The roots were then rinsed thoroughly with running water, transferred to Solution 2, and heated at 90 °C for 9 min. After staining, the roots were rinsed with Solution 3 to remove excess stain and prepared for microscopic observation.

AMF colonization was quantified as the proportion of observed root segments exhibiting mycorrhizal structures and calculated as:

Colonization levels were classified according to O'Connor et al. (2001) as follows: 0% = non-colonized, <10% = low, 10–30% = moderate, and >30% = high colonization.

The percentage of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) root colonization was calculated based on the proportion of root segments exhibiting mycorrhizal structures relative to the total number of root segments examined. The degree of colonization was classified according to the criteria of O'Connor et al. (2001), as follows: 0% was classified as non-colonized, <10% as low colonization, 10–30% as moderate colonization, and >30% as high colonization. This classification determined the degree of AMF colonization in soybean roots based on the percentage of colonized root segments.

Data Analysis

Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) to determine the effects of soybean genotype, AMF inoculum dose, and their interaction on the measured variables. When the ANOVA indicated a significant difference, the means were further compared using Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at the 5% significance level. All statistical analyses were performed using STAR 2.01 software.

RESULTS AND DISCUSSION

Branch number differed significantly among soybean genotypes, with G1 producing the most branches (4.83), followed by G2 (4.67) and G3 (4.33), while G4 produced the fewest (3.25). G1, G2, and G3 did not differ significantly, as indicated by the same statistical grouping, but each differed significantly from G4 (Figure 1). Branch development is a genotype-dependent trait associated with differences in soybean plant architecture. Branches contribute to the formation of nodes, leaves, flowers, and pods and therefore represent an important component of yield-related plant architecture. Liang et al. (2022) demonstrated a strong genetic basis for soybean branching and showed that natural variation in *Dt2* contributes to branching regulation through its effects on axillary meristem development. Kim et al. (2022) further emphasized that optimizing soybean architecture, including stem characteristics, node number, branching, and flowering and maturity timing, is important for balancing vegetative and reproductive development. Branch development may also respond to environmental conditions and nutrient availability. AMF inoculation has been reported to improve soybean growth, while AMF–rhizobium co-inoculation increased plant height, branch number, and biomass accumulation in alfalfa (Mahmudin et al., 2025; Wu et al., 2022). However, AMF effects on branching are not

consistent across crops; common bean has shown reduced branching despite increased stem growth (Yang et al., 2026). Thus, evaluate the greater branching of G1–G3 alongside other yield components rather than interpreting it as a direct indicator of higher yield.

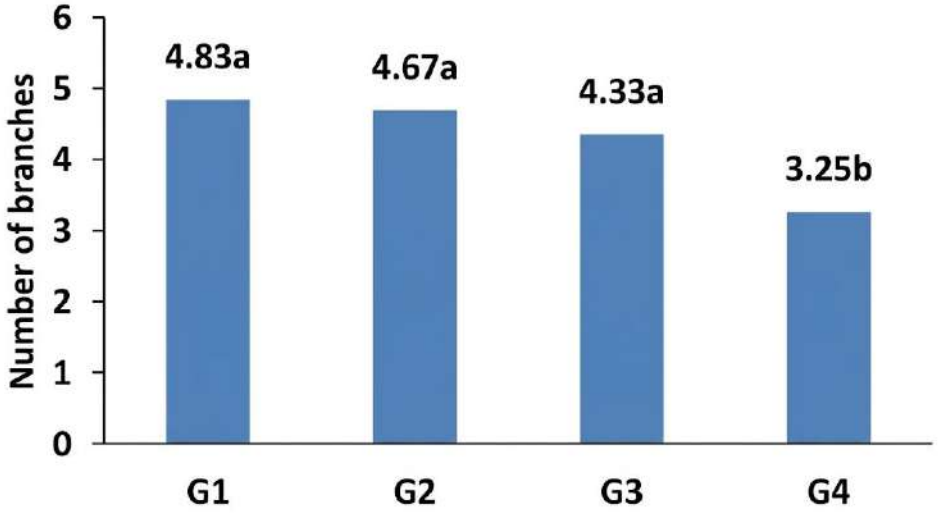


Figure 1. Number of branches of four genotypes

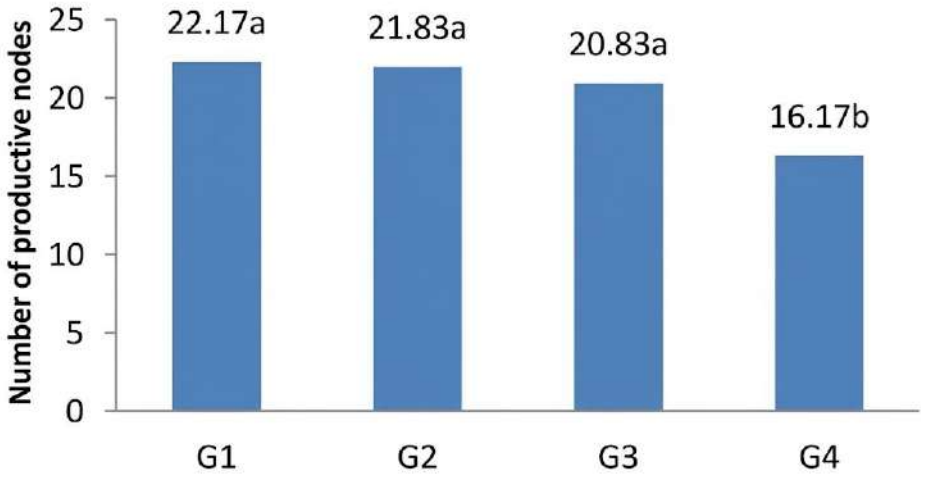


Figure 2. Number of productive nodes of four genotypes

Productive node number differed significantly among soybean genotypes. G1 produced the most productive nodes (22.17), followed by G2 (21.83) and G3 (20.83), while G4 had the fewest (16.17). G1, G2, and G3 were statistically similar, but each differed significantly from G4, indicating substantial genotypic variation in reproductive plant architecture (Figure 2). Productive nodes are important yield-related traits because they provide sites for flower and pod development; however, their contribution to seed yield depends on each node's capacity to produce and retain reproductive organs. Genotypic differences in this trait may reflect variation in how vegetative and reproductive development are regulated and how resources are acquired. Root–microbe interactions may also influence plant growth and reproductive development. Zhang et al. (2024) reported that root exudation in maize–soybean systems increased N and P availability and AMF colonization, which was associated with improved plant growth. In

soybean, AMF inoculation enhanced leaf area, plant height, root length, biomass, photosynthesis, yield, and yield components under high-temperature conditions (Jumrani et al., 2022). However, AMF responses vary with environmental conditions and plant developmental stage, with AMF colonization and community structure changing across growth stages and N levels (Meng et al., 2026; Yu et al., 2026). Co-inoculation with *Rhizophagus intraradices* and *Acinetobacter calcoaceticus* has also increased AMF colonization, nodulation, and soybean biomass (Jie & Zhang, 2025). Thus, the greater number of productive nodes in G1–G3 indicates a distinct reproductive architecture, although this trait alone does not establish superior yield potential.

The number of seeds per plant varied among soybean genotypes. G1 produced the most seeds (52.83), followed by G2 (51.08), G3 (44.67) (Figure 3, left), and G4 (42.00). Based on the letter groupings, G1 was not significantly different from G2, whereas G3 shared a grouping with both G2 and G4, indicating overlapping statistical differences. Genotypic differences in yield-component formation. Nget et al. (2022) reported that soybean genotypes and nutrient availability influence yield components, including seed number and seed yield. Similarly, Bedassa et al. (2022) observed differences in seeds per plant among soybean genotypes under different soil conditions. Treatment M1 produced the highest number of seeds per plant (54.58), significantly exceeding M0 (41.67), M2 (46.92), and M3 (47.42) (Figure 3, right), which did not differ significantly from one another. This pattern suggests that soybean seed production responded differently to the applied mycorrhizal doses, with higher doses not necessarily providing additional benefits. Jumrani et al. (2022) reported that arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation can improve soybean seed production under heat stress by enhancing plant growth and physiological processes. Similarly, Adeyemi et al. (2020) highlighted variation in soybean responses to AMF inoculation. Thus, M1 appeared most effective under the conditions of this experiment.

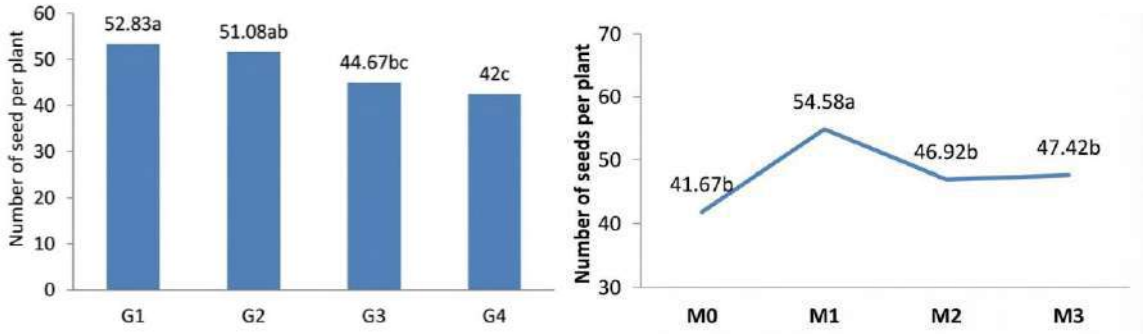


Figure 3. Number of seeds per plant on four genotypes and four doses of AMF

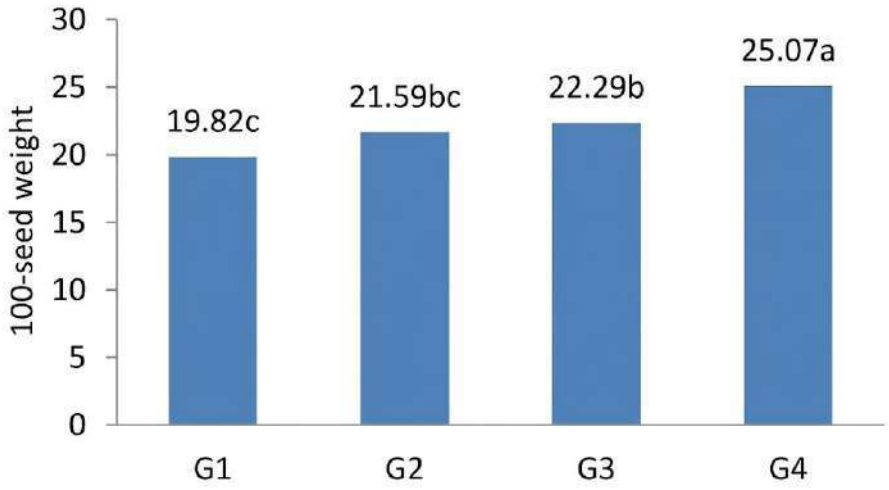


Figure 4. 100-seed weight of four genotypes

The 100-seed weight differed significantly among soybean genotypes, with G4 producing the highest value (25.07 g), whereas G1 had the lowest (19.82 g). G3 (22.29 g) was statistically similar to G2 (21.59 g) but had a significantly greater 100-seed weight than G1 (Figure 4). Substantial genotypic variation exists in seed size and weight; these are genetically controlled traits but can also respond to growing conditions. Özer and Bağcı (2026) reported similar genotypic differences in soybean yield traits, including seed weight. Assimilate and nutrient availability during the reproductive phase influence seed development. Under drought, rhizobial and AMF co-inoculation has been shown to improve soybean yield and seed-size distribution, highlighting the role of rhizosphere microorganisms in seed development (Igiehon et al., 2021). A meta-analysis by Du et al. (2026) further showed that AMF can enhance soybean growth, nutrient acquisition, and yield, particularly through improved phosphorus uptake. However, the response in 100-seed weight was weaker than in several other yield components. AMF may also modify the composition and functioning of the soybean rhizosphere microbiome, potentially affecting nutrient availability and root–microbe interactions (Yang et al., 2024). Thus, the greater 100-seed weight of G4 indicates its capacity to produce larger seeds, whereas G1 tended to produce smaller seeds. Nevertheless, seed weight alone is insufficient to characterize yield potential because final productivity also depends on pod and seed number and seed-filling success.

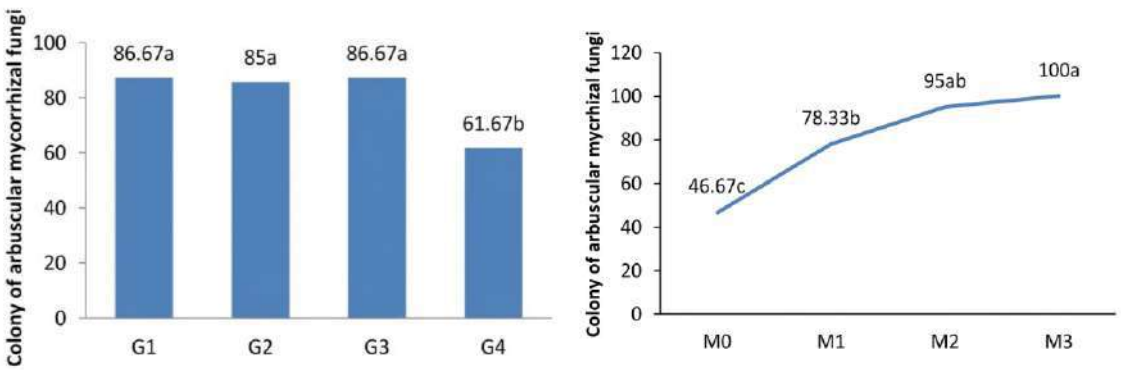


Figure 5. Colony of arbuscular mycorrhizal fungi of four genotypes and four doses of AMF

AMF root colonization differed significantly among soybean genotypes. G1 and G3 showed the highest colonization (86.67%), followed by G2 (85.00%), with no significant differences among these three genotypes. In contrast, G4 had the lowest colonization (61.67%) and differed significantly from G1, G2, and G3 (Figure 5, left). Genotypic variation in the capacity of soybean roots to establish associations with AMF. Previous studies show that AMF colonization and symbiotic effectiveness vary among soybean cultivars, reflecting interactions among host genotype, fungal identity, and environmental conditions (Takács et al., 2018). At the molecular level, soybean–AMF symbiosis involves changes in plant gene expression associated with establishing and maintaining mycorrhizal interactions, including *GDSL lipase* genes induced during AMF association (Huang et al., 2026). Greater AMF colonization may enhance root functional capacity through extraradical hyphal development and improved phosphorus acquisition. In soybean, AMF combined with plant growth-promoting bacteria increased acid phosphatase activity, nodulation, and plant productivity (Ngosong et al., 2022), while rhizobial–AMF co-inoculation enhanced mycorrhizal colonization and supported soybean growth under drought stress (Ashwin et al., 2023). Differences among genotypes may also reflect variation in root traits and plant–microbe interactions, as both plant genotype and species can influence AMF community composition and symbiotic responses (Kalapchieva et al., 2023). Thus, G1–G3 exhibited greater AMF colonization than G4, although high colonization alone does not necessarily indicate greater agronomic benefits.

AMF root colonization increased progressively with inoculum dose, from 46.67% in M0 to 78.33% in M1, 95.00% in M2, and 100.00% in M3. M3 differed significantly from M0 and M1 but not from M2, indicating that increasing AMF inoculum enhanced root colonization, with M2 already achieving a statistically comparable level to the highest dose (Figure 5, right). Greater colonization reflects more extensive AMF establishment within soybean roots. This may increase access to soil nutrient pools through extraradical hyphae, particularly phosphorus (P), although the response magnitude depends on soil conditions and fertilization practices (Ferdi et al., 2023; Alves et al., 2023). AMF may also influence nitrogen acquisition; in *Lotus japonicus*, AMF symbiosis induced ammonium transporters and enhanced N uptake (Wang et al., 2022). In soybean, such interactions may complement biological N fixation by *Bradyrhizobium*, forming a tripartite association that supports plant nutrition (Innosensia et al., 2023; Dabré et al., 2022). Consistent with the present results, AMF application increased root colonization and P uptake in edamame grown on tidal swamp soil, contributing to plant growth and yield (Rosalina et al., 2025). AMF can also improve plant stress responses and soil biological functions (Iddrisu & Özgen, 2026), while combining AMF with P sources may further enhance P availability and plant growth (Mohamed et al., 2023). Overall, the similar colonization achieved by M2 and M3 suggests that increasing the inoculum beyond M2 provides limited additional benefit for colonization alone.

The number of root nodules varied among soybean genotypes. G2 recorded the highest mean number of root nodules (34.50), followed by G4 (27.08), G1 (26.33), and G3 (25.00) (Figure 6, left). The boxplot also indicated the highest median and data dispersion for G2, suggesting greater nodulation potential than the other genotypes. Genotypic variation in interactions with nitrogen-fixing bacteria and rhizosphere microorganisms. Previous studies have reported that arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), particularly when combined with beneficial bacteria, can enhance soybean nodulation (Ngosong et al., 2022; Jie and Zhang, 2025). However, nodule number alone does not determine nitrogen-fixation efficiency.

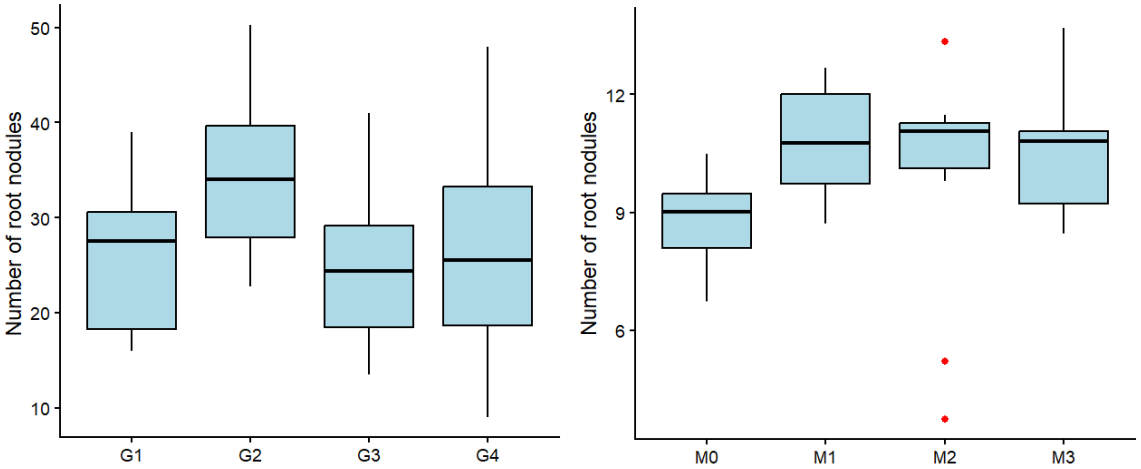


Figure 6. Number of root nodules of four genotypes and four doses of AMF

Root nodule number varied among mycorrhizal treatments. Treatments M1, M2, and M3 exhibited higher median values than the untreated control (M0). M2 had the highest mean (29.75), followed by M1 (28.50), M3 (27.50), and M0 (27.17) (Figure 6, right). Mycorrhizal application may promote soybean nodulation, although the response did not scale with the applied dose. Ngosong et al. (2022) reported that inoculating soybeans with arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting bacteria enhanced nodulation. Similarly, Jie and Zhang (2025) demonstrated that combining AMF with phosphate-solubilizing bacteria increased root nodule formation.

Seed yield varied among soybean genotypes. G4 (10.44 g plant^{-1}) and G2 (10.39 g plant^{-1}) had the highest mean seed yields, followed by G1 (9.79 g plant^{-1}) and G3 (9.47 g plant^{-1}) (Figure 7, left), while G2 had the highest median. These differences may reflect variation in root traits, phosphorus acquisition strategies, and responses to arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) (Fang et al., 2024; Huang et al., 2024). Genotypic differences may also influence rhizosphere microbial community composition, including AMF communities, potentially affecting soybean growth and productivity (Wu et al., 2023). The outlying observations for G1 and G3 indicate unusually high or low seed yields relative to the respective genotype distributions.

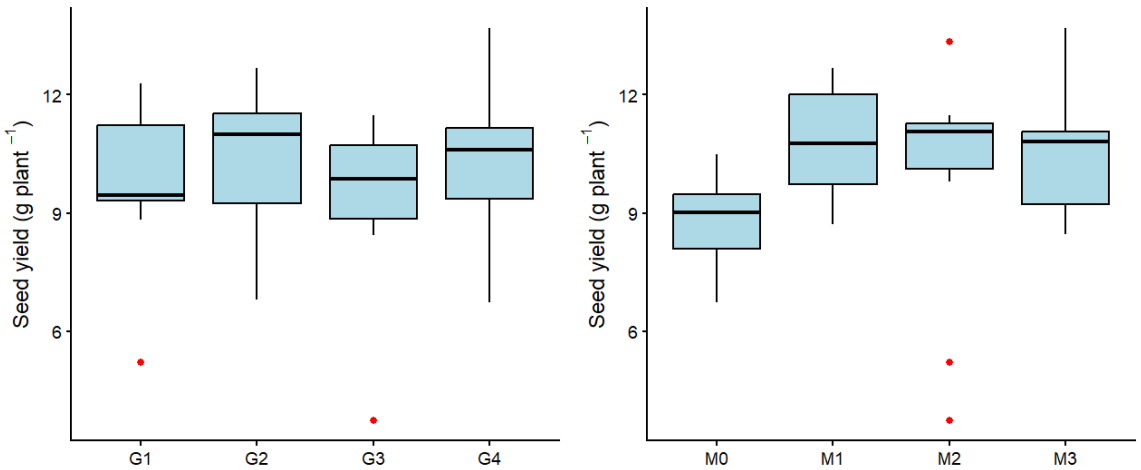


Figure 7. Seed yield per plant of four genotypes and four doses of AMF

Seed yield varied among soybean plants receiving different mycorrhizal doses. The highest mean yield was recorded under M1 (10.86 g plant^{-1}), followed by M3 (10.50 g plant^{-1}), M2 (10.04 g plant^{-1}), and the untreated control M0 (8.70 g plant^{-1}) (Figure 7, right). Relative to

M0, M1, M2, and M3 increased seed yield by 24.8%, 15.4%, and 20.7%, respectively. The yield responses were not linearly related to the mycorrhizal dose. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) can improve nutrient uptake and soybean productivity, but their effectiveness is dependent on environmental conditions and plant-fungus interactions (Du et al., 2026). AMF inoculation can also enhance phosphorus uptake and seed yield under phosphorus deficient conditions (Adeyemi et al., 2021). Additionally, co-inoculation of AMF and Rhizobium improves the productivity of soybean under drought stress (Igiehon et al., 2021). M2 outliers are variation between replicates. While M1 resulted in the highest mean yield, statistical analysis is required for confirmation of treatment differences and for determination of the optimum dose.

Pearson correlation analysis showed that AMF was significantly and positively correlated with number of branches (NB), number of seeds per plant (NS) and number of productive nodes (NPN). AMF participates in vegetative development and reproductive performance of soybean. AMF may improve these traits by increasing nutrient uptake, especially phosphorus. The AMF and Bradyrhizobium japonicum associations could improve the growth and physiological functions of soybean, but the benefits were dependent on the compatibility between the host genotype and the symbiotic microorganisms, demonstrated Takács et al. (2018). Similarly, Adeyemi et al. (2021) reported improvements in phosphorus uptake, pod number, seed weight, and yield following AMF inoculation. Igiehon et al. (2021) also highlighted the potential benefits of AMF and rhizobia for soybean seed yield under drought stress.

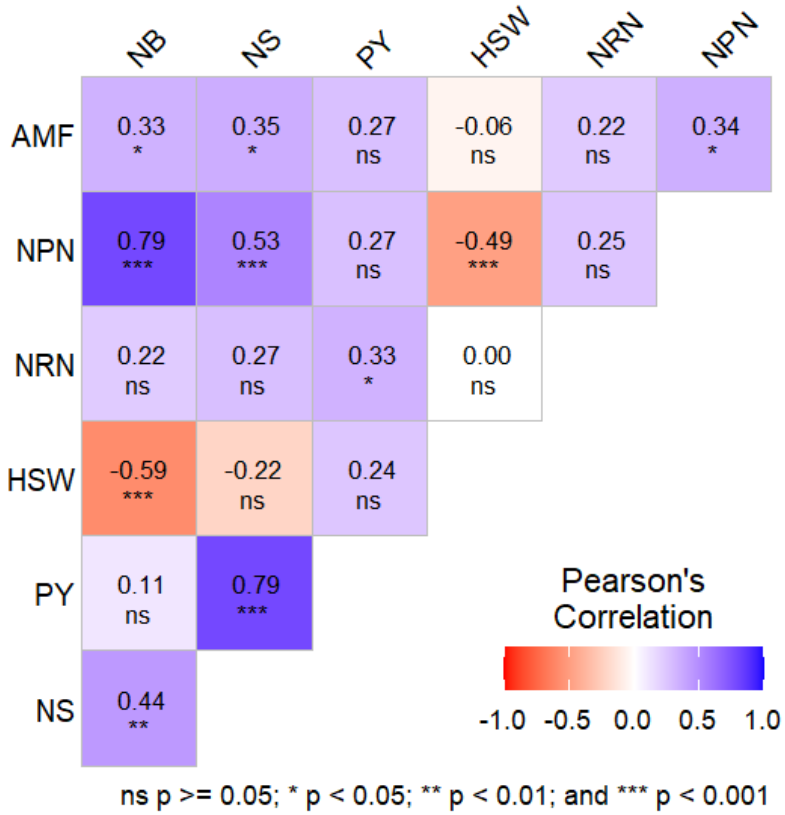


Figure 8. Relationships between mycorrhizal colonization ans agronomic characteristics

CONCLUSION

Soybean genotypes differed significantly in branch number, productive node number, 100-seed weight, and AMF root colonization. G1, G2, and G3 produced significantly more branches and productive nodes than G4, with no significant differences among the three genotypes. In

contrast, G4 produced the highest 100-seed weight (25.07 g), whereas G1 had the lowest (19.82 g); G3 (22.29 g) and G2 (21.59 g) were statistically similar. G1 (52.8) exhibited the highest seed number among genotypes, while M1 (54.6) recorded the highest seed number among mycorrhizal treatments. Genotypic differences were also evident in AMF root colonization, with G1 and G3 showing the highest values (86.67%), followed by G2 (85.00%), while G4 had the lowest colonization (61.67%). Increasing AMF inoculum dose consistently increased root colonization from 46.67% in M0 to 78.33%, 95.00%, and 100.00% in M1, M2, and M3, respectively. M3 produced significantly higher colonization than M0 and M1 but did not differ significantly from M2. G1–G3 were characterized by higher branching, productive node number and AMF root colonization while G4 was characterized by higher seed weight. M2 had a statistically similar degree of AMF colonization to M3, indicating that increasing the inoculum from 20 to 30 g polybag^{-1} did not result in a significant further increase in root colonization under the experimental conditions. AMF had significant positive correlation with branch number (NB), number of seed/plant (NS) and number of productive node (NPN). These findings indicate a positive association of AMF with soybean vegetative growth and reproductive development, especially when considering its correlations with branch number, seed number per plant, and productive nodes.

REFERENCES

Adeyemi, N. O., Atayese, M. O., Olubode, A. A., & Akan, M. E. (2020). Effect of commercial arbuscular mycorrhizal fungi inoculant on growth and yield of soybean under controlled and natural field conditions. *Journal of Plant Nutrition*, *43*(4), 487–499. https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1685101

Adeyemi, N. O., Atayese, M. O., Sakariyawo, O. S., Azeez, J. O., Olubode, A. A., Ridwan, M., Adebiyi, A., Oni, O., Ibrahim, I. (2021). Influence of different arbuscular mycorrhizal fungi isolates in enhancing growth, phosphorus uptake and grain yield of soybean in a phosphorus deficient soil under field conditions. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 52(10), 1171–1183. https://doi.org/10.1080/00103624.2021.1879117

Alori, E. T., Glick, B. R., Babalola, O. O. (2017) Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. Front. Microbiol. 8:971. https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00971

Alves, L. A., Veloso, M. G., Denardin, L. G. O., Flores, J. P. M., Filippi, D.,. Saccol de Sá, E. L.,Farias, G. D., et al. (2023). Grazing, liming, and fertilization: Shifts on soil fertility and microbial community in a no-till sheep-soybean integrated system. *Applied Soil Ecology, 188*, 104893. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.104893

Badan Pusat Statistik. (2026). *Impor kedelai menurut negara asal utama, 2021–2025*. www.bps.go.id/id/statistics-table/1/MjAxNSMx/undefined

Basiru, S., & Hijri, M. (2022). The Potential Applications of Commercial Arbuscular Mycorrhizal Fungal Inoculants and Their Ecological Consequences. *Microorganisms*, *10*(10), 1897. https://doi.org/10.3390/microorganisms10101897

Bedassa, T. A., Abebe, A. T., & Tolessa, A, R. (2022) Tolerance to soil acidity of soybean (Glycine max L.) genotypes under field conditions Southwestern Ethiopia. PLoS ONE 17(9): e0272924. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0272924

Berger, F., & Gutjahr, C. (2021). Factors affecting plant responsiveness to arbuscular mycorrhiza. *Current Opinion in Plant Biology, 59*, 101994. https://doi.org/10.1016/j.pbi.2020.101994

Kalapchieva, S., Tringovska, I., Bozhinova, R., Kosev, V.,& Hristeva, T. (2023). Population response of rhizosphere microbiota of garden pea genotypes to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. *International Journal of Molecular Sciences, 24*(2), 1119. https://doi.org/10.3390/ijms24021119

Zaman, F., Hassan, M. U., Khattak, W. A., Ali, A., Awad, M. F., & Chen, F-S. (2024). The pivotal role of arbuscular mycorrhizal fungi in enhancing plant biomass and nutrient availability under drought stress conditions: A global meta-analysis. *Science of the Total Environment, 955*, 176960. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176960

Chinnathambi, S., Peeran, M. F., Srinivasan, V., Sankar, M. K., George, P. (2024). Optimizing mycorrhizal fungi application for improved nutrient uptake, growth, and disease resistance in cardamom seedlings (*Elettaria cardamomum* (L.) Maton). *Heliyon, 10*(20), e39227. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39227

Dabré, É. E., Hijri, M., & Favret, C. (2022). Influence on soybean aphid by the tripartite interaction between soybean, a rhizobium bacterium, and an arbuscular mycorrhizal fungus. *Microorganisms, 10*(6), 1196. https://doi.org/10.3390/microorganisms10061196

Delaeter, M., Magnin-Robert, M., Randoux, B., & Lounès-Hadj Sahraoui, A. (2024). Arbuscular mycorrhizal fungi as biostimulant and biocontrol agents: A review. *Microorganisms, 12*(7), 1281. https://doi.org/10.3390/microorganisms12071281

Du, C.-Y., Hou, Q., Song, Q.-Y., & Wang, L. (2026). Arbuscular mycorrhizal fungi as soil biota improve soybean nutrient acquisition and yield formation: A global meta-analysis. *Rhizosphere, 39*, 101430. https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2026.101430

Takács, T., Cseresnyés, I., Kovács, R., Parádi, I., Kelemen, B., Szili-Kovács, T. & Füzy, A. (2018). Symbiotic effectivity of dual and tripartite associations on soybean (*Glycine max* L. Merr.) cultivars inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* and AM fungi. *Frontiers in Plant Science, 9*, 1631. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01631

Fang, Y., Lu, L., Chen, K., & Wang, X. (2024). Tradeoffs among root functional traits for phosphorus acquisition in 13 soybean genotypes contrasting in mycorrhizal colonization. *Annals of Botany, 134*(1), 179–190. https://doi.org/10.1093/aob/mcae060

Ferdi, F., Husna, H., Namriah, N., Darwis, D. E. A., Zulfikar, Z., & Resman, R. (2023). Application of arbuscular mycorrhizal fungi to increasing N-total and P-available soil for eggplant (*Solanum melongena* L.) growth on Ultisol soil. *Journal of Tropical Mycorrhiza, 2*(2), 45–54. https://doi.org/10.58222/jtm.v2i2.47

Huang, H.-Z., Liu, Y., Chen, A., Chen, K., & Wang, X.-R. (2024). Inoculating arbuscular mycorrhizal fungi promotes the growth and phosphorus uptake of phosphorus-efficient soybean genotype. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers, 30*(12), 2354–2365. https://doi.org/10.11674/zwyf.2024245

Iddrisu, A. M., & Özgen, İ. (2026). The role of arbuscular mycorrhizal fungi in enhancing crop resilience and soil health: A review. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 14*(4), 1178–1188. https://doi.org/10.24925/turjaf.v14i4.1178-1188.8264

Igiehon, N. O., Babalola, O. O., Cheseto, X., & Torto, B. (2021). Effects of rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungi on yield, size distribution and fatty acid of soybean seeds grown under drought stress. *Microbiological Research, 242*, 126640. https://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126640

Imaizumi-Anraku, H. (2024). Analysis of cultivar variability in arbuscular mycorrhizal responsiveness in soybean varieties. *Soil Science and Plant Nutrition, 70*(4), 270–276. https://doi.org/10.1080/00380768.2024.2344827

Innosensia, N. L. P. C., Suputra, I. P. W., Wirya, G. N. A. S., & Narisawa, K. (2023). First report of tripartite symbiosis potential among soybean, *Bradyrhizobium japonicum*, and dark septate endophytes. *Agronomy, 13*(7), 1788. https://doi.org/10.3390/agronomy13071788

Jha, S. S., & Songachan, L. S. (2023). Exploring the potential of arbuscular mycorrhizal fungi as a biofertilizer. *Studies in Fungi, 8*, 17. https://doi.org/10.48130/SIF-2023-0017

Jie, W., & Zhang, M. (2025). Responses of Soybean Biomass and Bacterial Community Diversity of AMF Spore-Associated and Soybean Rhizosphere Soil to Microbial Inoculation and Chlorothalonil. *Agronomy*, *15*(3), 738. https://doi.org/10.3390/agronomy15030738

Jumrani, K., Bhatia, V. S., Kataria, S., Alamri, S. A., Siddiqui, M. H., & Rastogi, A. (2022). Inoculation with Arbuscular Mycorrhizal Fungi Alleviates the Adverse Effects of High Temperature in Soybean. *Plants*, *11*(17), 2210. https://doi.org/10.3390/plants11172210

Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2025). *Analisis kinerja perdagangan kedelai tahun 2025*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. https://satudata.pertanian.go.id/details/publikasi/937

Kim, J.-H., Scaboo, A., Pantalone, V., Li, Z., & Bilyeu, K. (2022). Utilization of plant architecture genes in soybean to positively impact adaptation to high yield environments. *Frontiers in Plant Science, 13*, 891587. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.891587

Ashwin, R., Bagyaraj, D J., & Raju, B. M. (2023). Ameliorating the drought stress tolerance of a susceptible soybean cultivar, MAUS 2 through dual inoculation with selected rhizobia and AM fungus. *Fungal Biology and Biotechnology, 10*, 15. https://doi.org/10.1186/s40694-023-00157-y

Liang, Q., Chen, L., Yang, X., Yang, H., Liu, S., Kou, K., Fan, L., Zhang, Z., Duan, Z., Yuan, Y., Liang, S., Liu, Y., Lu, X., Zhou, G., Zhang, M., Kong, F., & Tian, Z. (2022). Natural variation of *Dt2* determines branching in soybean. *Nature Communications, 13*, 6429. https://doi.org/10.1038/s41467-022-34153-4

Wu, Y., Li, Y., Deng, Q., Zhao, X., Qiu, C., Xia, S., Feng, Y., Zhang, X., & Liu, H. (2022). Promotion effect of AM fungi and rhizobia co-inoculations on alfalfa (*Medicago sativa* L.) growth. *Rhizosphere, 22*, 100537. https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2022.100537

Mahmudin, Palupi, D., Susianti, H., Siahaan, L., Yanti, Y. D., & Barokah, A. (2025). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi in improving soybean growth in Ultisol soil. *Applied Research in Science and Technology, 5*(1), 29–37.
www.areste.org/index.php/oai/article/view/75

Marro, N., Grilli, G., Soteras, F., Caccia, M., Longo, S., Cofré, N., Borda, V., Burni, M., Janoušková, M., & Urcelay, C. (2022). The effects of arbuscular mycorrhizal fungal species and taxonomic groups on stressed and unstressed plants: A global meta-analysis. *New Phytologist, 235*(1), 320–332. https://doi.org/10.1111/nph.18102

Meng, L., Zhao, H., Huo, H., Zhang, Y., Liu, Q., & Li, S. (2026). Growth stage-dependent responses of arbuscular mycorrhizal fungi to nitrogen fertilization in maize-soybean intercropping. *Industrial Crops and Products, 251*, 124073. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2026.124073

Mohamed, E. M., Hegab, S. A., Youssef, M. A., & Ali, A. M. (2023). Enhancing soil fertility and sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) yield through the synergy of phosphorus sources and mycorrhizal fungi. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences, 24*(12), 1003–1013. https://iscientific.org/wp-content/uploads/104-ijcbs-25-27-21-104-2.pdf

Molinari, S., Akbarimotlagh, M., & Leonetti, P. (2022). Tomato root colonization by exogenously inoculated arbuscular mycorrhizal fungi induces resistance against root-knot nematodes in a dose-dependent manner. *International Journal of Molecular Sciences, 23*(16), 8920. https://doi.org/10.3390/ijms23168920

Nget, R., Aguilar, E. A., Cruz, P. C. S., Reaño, C. E., Sanchez, P. B., Reyes, M. R., & Prasad, P. V. V. (2022). Responses of soybean genotypes to different nitrogen and phosphorus sources: impacts on yield components, seed yield, and seed protein. *Plants*, *11*(3), 298. https://doi.org/10.3390/plants11030298

Ngosong, C., Tatah, B. N., Olougou, M. N. E., Suh, C., Nkongho, R. N., Ngone, M. A., Achiri, D. T., Tchakounté, G. V. T., & Ruppel, S. (2022) Inoculating plant growth-promoting bacteria and arbuscular mycorrhiza fungi modulates rhizosphere acid phosphatase and nodulation activities and enhance the productivity of soybean (Glycine max). Front. Plant Sci. 13:934339. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.934339

O'Connor P.J., Smith S.E., Smith F.A., Arbuscular mycorrhizal associations in the southern Simpson Desert, *Aust J Bot* (2001) 49 (4): 493–499. https://doi.org/10.1071/BT00014

Özer, İ., & Bağcı, S. A. (2026). Determination of the agricultural performance of soybean (*Glycine max* L. Merr.) genotypes under the ecological conditions of Konya in Türkiye. *Ekin Journal of Crop Breeding and Genetics, 12*(2), 153–160. https://izlik.org/JA44JB99UR

Rosalina, S., Sasli, I., & Abdurrahman, T. (2025). Morphophysiological response of edamame soybean to arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and bioactive compost charcoal in tidal swamp land. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung, 14*(5), 1661–1670. https://doi.org/10.23960/jtepl.v14i5.1661-1670

Tian, B., Pei, Y., Huang, W., Ding, J., & Siemann, E. (2021). Increasing flavonoid concentrations in root exudates enhance associations between arbuscular mycorrhizal fungi and an invasive plant. *The ISME Journal, 15*, 1919–1930. https://doi.org/10.1038/s41396-021-00894-1

Huang, S., Xu, Z., Li, W., Xie, F., Chen, D., Li, Y., & Lin, H. (2026). Transcriptomic profiling identifies symbiosis-induced GDSL lipase genes associated with soybean–arbuscular mycorrhizal symbiosis. *International Journal of Molecular Sciences, 27*(15), 6605. https://doi.org/10.3390/ijms27156605

Wang, Y., Zhou, W., Wu, J., Xie, K., & Li, X. (2022). LjAMT2;2 promotes ammonium nitrogen transport during arbuscular mycorrhizal fungi symbiosis in *Lotus japonicus*. *International Journal of Molecular Sciences, 23*(17), 9522. https://doi.org/10.3390/ijms23179522

Watts-Williams, S.J. Track and trace: how soil labelling techniques have revealed the secrets of resource transport in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza 32, 257–267 (2022). https://doi.org/10.1007/s00572-022-01080-7

Wu, M., Li, S., Bai, J., Wang, K., Qu, Y., Long, M., Yang, P., Hu, T., & He, S. (2023). Arbuscular mycorrhizal fungi and diazotrophic diversity and community composition responses to soybean genotypes from different maturity groups. *Agronomy*, *13*(7), 1713. https://doi.org/10.3390/agronomy13071713

Yang T, Yang S, Chen Z, Tan Y, Bol R, Duan H and He J (2022) Global transcriptomic analysis reveals candidate genes associated with different phosphorus acquisition strategies among soybean varieties. Front. Plant Sci. 13:1080014. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1080014

Yang, M., Song, Y., Ma, H., Li, Z., Ding, J., Yin, T., Niu, K., Sun, S., Qi, J., Lu, G., Fazal, A., Yang, Y., & Wen, Z. (2024). Unveiling the hidden world: How arbuscular mycorrhizal fungi and its regulated core fungi modify the composition and metabolism of soybean rhizosphere microbiome. *Environmental Microbiome, 19*, 78. https://doi.org/10.1186/s40793-024-00624-y

Yang, Z., Min, Y., Pang, Q., Yan, C., Liu, D., Yang, X., Liu, C., Yan, Z., Zhang, T., & Feng, G. (2026). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on rhizosphere microorganisms and plant phenotype of common bean. *Horticulturae, 12*(9), 1055. https://doi.org/10.3390/horticulturae12091055

Yu, S., Liu, X., Liu, L., Ma, Y., Liu, B., Xiang, W., Zhang, Y., Liu, P., Feng, C., & Sun, C. (2026). Divergent responses of maize and soybean to intercropping: Insights from arbuscular mycorrhizal fungi diversity, colonization, and related-genes expression. *Plant and Soil, 520*, 175–193. https://doi.org/10.1007/s11104-025-08214-8

Zhang, H., Sun, H., Li, H., Hu, X., Liu, C., Cao, Y., Wang, Y., Wang, S., Wei, G., & Chen, W. (2026). Long-term inorganic nitrogen fertilization drives a trade-off in the soybean symbiotic network from low-loss fixation to high-loss metabolism. *Molecular Ecology, 35*(11), e70421. https://doi.org/10.1111/mec.70421

Zhang, J., Zhao, R., Li, X., & Zhang, J. (2024). Potential of arbuscular mycorrhizal fungi for soil health: A review. *Pedosphere, 34*(2), 279–288. https://doi.org/10.1016/j.pedsph.2024.02.002

Liu, X., Wu, C., Wang, Z., Zhang, M., Zhang, Y., & Chen, Z.(2025). A global synthesis on the rational management practices for enhancing phosphorus use efficiency in agricultural systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 381*, 109408. https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109408

Zhang, X., Wang, L., Ma, F., Yang, J., & Su, M. (2017). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation on carbon and nitrogen distribution and grain yield and nutritional quality in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture, 97*(9), 2919–2925. https://doi.org/10.1002/jsfa.8129

FECAL-DERIVED MICROORGANISMS AS A RESERVOIR OF ANTICANCER NATURAL PRODUCTS: A REVIEW OF MICROBIAL DIVERSITY, BIOACTIVE METABOLITES AND ANTICANCER MECHANISMS

Farwa Anam[1]*

[1] University of Veterinary and Animal Sciences Lahore, Institute of Biochemistry and Biotechnology

Abstract

Natural products remain a cornerstone of anticancer drug discovery, yet conventional soil, marine and plant sources are yielding diminishing returns. The human gut, sampled non-invasively through feces, harbors one of the densest and most metabolically versatile microbial ecosystems known, comprising bacteria, archaea, fungi and viruses that collectively encode a vast and largely uncharacterized repertoire of biosynthetic capacity. This review examines fecal-derived microorganisms as an emerging reservoir of anticancer natural products. We summarize current knowledge of fecal microbial diversity and the culture-dependent and culture-independent approaches used to access it; catalogue the major classes of bioactive metabolites produced by gut microbes, including short-chain fatty acids, secondary bile acids, tryptophan-derived indoles, polyphenol-derived metabolites, bacteriocins, ribosomally synthesized peptides, ferrichrome, reuterin and inosine; and evaluate their anticancer activity in cell-based, animal and clinical settings. Mechanisms discussed include induction of apoptosis and cell-cycle arrest, histone deacetylase inhibition and epigenetic reprogramming, G-protein-coupled receptor signaling, modulation of anti-tumor immunity and responses to immune checkpoint blockade, redox disruption, and modification of chemotherapeutic drug metabolism. We also highlight that gut microbial metabolites can be double-edged, with genotoxins such as colibactin and tumor-promoting bile acids illustrating that source organisms must be evaluated carefully. Major limitations include reliance on in vitro and murine models, strain-level variability, poor standardization of fecal sampling and the cultivation bottleneck. Future progress will depend on culturomics, genome mining, metabolomics, standardized screening pipelines and well-designed clinical trials. Overall, feces-derived microbes represent a promising, though still early-stage, source of anticancer lead compounds and microbiome-based adjuncts to cancer therapy.

Keywords

Fecal microbiota; gut microbiome; natural products; bioactive metabolites; short-chain fatty acids; butyrate; bile acids; probiotics; bacteriocins; anticancer activity; colorectal cancer; immunotherapy; culturomics.

1. Introduction

Cancer is a leading cause of death worldwide, with an estimated 20 million new cases and 9.7 million deaths recorded in 2022 [1]. Despite major advances in targeted therapy and immunotherapy, drug resistance, systemic toxicity and inter-patient variability continue to limit clinical outcomes. The hallmarks of cancer framework has increasingly recognized polymorphic microbiomes as an enabling characteristic of tumorigenesis and as a determinant of therapeutic response [2]. The search for new, safer and more selective anticancer agents therefore remains a pressing priority.

Natural products and their derivatives have historically supplied a large share of approved anticancer drugs, including taxanes, vinca alkaloids, anthracyclines and bleomycin [3,4]. Most of these were discovered from plants and from soil or marine microorganisms. As rediscovery rates of known compounds have risen, attention has turned to previously overlooked ecological niches. The human gastrointestinal tract is one such niche. It contains roughly as many bacterial cells as human cells, on the order of 10^{13} [5], and its microbial genes outnumber the human

gene set by more than two orders of magnitude [6]. Because this community is under intense selective pressure from competition, host immunity and diet, it is expected to produce a wide range of chemically diverse small molecules, peptides and signaling compounds [7].

Feces provide a practical and non-invasive window into this ecosystem. Although stool does not perfectly mirror the mucosa-associated community, it is the sample type from which most gut microbial isolates, metagenomes and metabolomes are obtained [8,9]. The microbiota has been linked to the initiation, progression and treatment of cancer in both directions: some members promote carcinogenesis, while others produce metabolites that suppress tumor growth, enhance anti-tumor immunity or improve the efficacy of therapy [10–12]. Recent landmark studies show that individual metabolites, such as butyrate, inosine, indole-3-aldehyde, reuterin and 3-indoleacetic acid, can measurably alter tumor behavior or treatment response in experimental systems [13–17].

Existing reviews have largely approached the microbiome from the standpoint of cancer risk and biomarker discovery [18–20]. Fewer have framed fecal-derived organisms explicitly as a natural-product source, that is, as isolable strains whose metabolites can be characterized, optimized and potentially developed into therapeutics. This review addresses that gap. It describes the diversity of the fecal microbiota, the classes of bioactive metabolites it produces, their anticancer activities and mechanisms, and the evidence and limitations that currently shape the field. Throughout, we distinguish between findings from human cohorts, animal models and cell culture, because the strength of evidence differs substantially among them.

2. Fecal Microbial Diversity

2.1 Taxonomic composition

The adult fecal microbiota is dominated by bacteria belonging to a small number of phyla, chiefly Bacillota (formerly Firmicutes) and Bacteroidota (formerly Bacteroidetes), with smaller contributions from Actinomycetota (including *Bifidobacterium*), Pseudomonadota (Proteobacteria) and Verrucomicrobiota (*Akkermansia muciniphila*) [8,21,22]. At the genus level, abundant and functionally important taxa include *Bacteroides*, *Prevotella*, *Faecalibacterium*, *Roseburia*, *Eubacterium*, *Ruminococcus*, *Blautia*, *Lactobacillus* (now split into several genera) and *Bifidobacterium*. Population-scale analyses have described recurring community configurations, termed enterotypes, although these are better viewed as gradients than as discrete states [23,24].

Beyond bacteria, feces contain methanogenic archaea such as *Methanobrevibacter smithii*; fungi, notably *Candida*, *Saccharomyces* and *Malassezia*; and a large and poorly characterized virome dominated by bacteriophages [25,26]. These minor fractions can influence community structure and metabolite output, and fungal and archaeal members remain especially under-explored as sources of natural products.

2.2 Determinants of variation

Fecal community composition varies markedly among individuals and across the lifespan. Age, geography and lifestyle are major drivers [27], and environmental factors, particularly diet and medication, explain more variance than host genetics [28]. Dietary shifts can alter community composition within days [29]. Population studies suggest that dozens of covariates, including stool consistency, medication use and body mass index, associate with community variation [24]. For natural-product discovery, this heterogeneity is an advantage as well as a complication: sampling diverse human populations, including those with traditional diets, widens the pool of strains and biosynthetic gene clusters that can be examined [30].

2.3 Accessing the diversity: cultivation and metagenomics

Early molecular surveys showed that most gut microbial diversity had never been grown in the laboratory [21]. Two developments have narrowed this gap. First, large-scale metagenomic efforts have produced reference catalogues that now contain hundreds of thousands of genomes,

including many from uncultured lineages [30,31]. Second, culturomics, which uses many culture conditions combined with rapid identification, and related high-throughput cultivation strategies, have brought previously uncultured taxa into isolation, including many spore-formers that survive ethanol or heat treatment [32,33]. Curated collections of cultivated gut isolates with sequenced genomes now make it possible to link specific strains to specific metabolites [34].

Isolation matters for natural-product work because bioactivity must be traced to a defined producer and reproduced from a pure culture. Metagenomics alone can reveal biosynthetic potential, but only isolates allow fermentation, compound purification, structural elucidation and mechanistic testing.

2.4 Fecal samples from non-human sources

Although this review centers on the human gut, the broader concept of feces as a source of bioactive microorganisms extends to animal dung. Coprophilous fungi, which colonize herbivore dung, are well known for producing secondary metabolites with antibacterial, antifungal and cytotoxic activities, probably as chemical defenses in a highly competitive habitat [35,36]. Dung and fecal samples from diverse animals therefore represent an additional and largely untapped inoculum for bioprospecting. Direct evidence for anticancer metabolites from such sources is still limited, but the ecological rationale is similar to that for the human gut.

3. Natural Products and Bioactive Metabolites Produced by Fecal/Gut Microorganisms

Gut microbes transform dietary and host-derived substrates and also synthesize their own secondary metabolites. Computational surveys of the Human Microbiome Project genomes identified several thousand biosynthetic gene clusters (BGCs), including clusters for ribosomally synthesized and post-translationally modified peptides (RiPPs), non-ribosomal peptides and polyketides [37]. Many of these clusters have no known product, and tools such as antiSMASH make systematic mining possible [38]. The metabolites described below fall into two broad groups: those produced by microbial transformation of dietary or host compounds, and those synthesized *de novo* as specialized metabolites.

3.1 Short-chain fatty acids

Short-chain fatty acids (SCFAs), mainly acetate, propionate and butyrate, are the best-characterized products of microbial fermentation of dietary fiber, reaching millimolar concentrations in the colon [39,40]. Butyrate is produced mainly by Bacillota such as *Faecalibacterium prausnitzii*, *Roseburia* spp. and *Eubacterium rectale*, and serves as the preferred energy source of colonocytes while also acting as a signaling molecule and histone deacetylase (HDAC) inhibitor [41–43]. Because butyrate-producing taxa are abundant in feces and readily cultured under strict anaerobic conditions, they are leading candidates for functional development.

3.2 Secondary bile acids

Primary bile acids secreted by the liver are deconjugated and converted to secondary bile acids, such as deoxycholic acid (DCA) and lithocholic acid (LCA), through 7α-dehydroxylation carried out by a limited group of gut bacteria, notably certain *Clostridium* species [44]. Bile acid metabolites have context-dependent effects on cancer. High levels of DCA are associated with DNA damage and tumor promotion [45,46], whereas other microbially derived bile acid species regulate immune cells in ways that restrain tumor growth or inflammation [47–49]. They therefore illustrate both the opportunity and the risk in this field.

3.3 Tryptophan-derived indoles and related ligands

Gut bacteria convert dietary tryptophan into indole, indole-3-aldehyde, indole-3-acetic acid and indole-3-propionic acid, many of which are ligands of the aryl hydrocarbon receptor (AhR) [50]. These compounds modulate mucosal immunity and, as discussed below, can influence

anti-tumor T-cell function and chemotherapy sensitivity [15,17]. More broadly, commensal bacteria synthesize lipid-like amides that can engage host G-protein-coupled receptors [51].

3.4 Polyphenol-derived metabolites

Dietary polyphenols are poorly absorbed in the small intestine and are extensively metabolized by colonic microbes. Ellagitannins are converted to urolithins, and the soy isoflavone daidzein can be converted to equol, in both cases only by individuals harboring suitable bacteria, which creates distinct metabotypes [52–54]. These metabolites often have higher bioavailability and distinct activities relative to the parent compounds, and their production is a clear example of how gut microbial genotype shapes the biological effect of dietary natural products.

3.5 Bacteriocins, peptides and other specialized metabolites

Gut bacteria, particularly lactic acid bacteria and Bacillota, produce bacteriocins and other antimicrobial peptides that mediate inter-microbial competition. Several bacteriocins have shown selective cytotoxicity toward cancer cell lines in vitro [55], although their primary role is antibacterial and their pharmacological properties require careful evaluation [56]. Notably, a thiopeptide named lactocillin, encoded by a BGC found in vaginal and gut isolates, illustrates the diversity of peptide scaffolds present in human-associated bacteria [37]. Other metabolites with direct anticancer relevance include ferrichrome, a siderophore released by *Lactobacillus casei* [57]; reuterin (3-hydroxypropionaldehyde), produced from glycerol by *Limosilactobacillus reuteri* [16]; and inosine, produced by *Bifidobacterium pseudolongum* and related species [14]. Cell-free culture supernatants from *Lactobacillus* strains have also been reported to reduce the invasion and proliferation of colon cancer cells in vitro, although the active components were often not fully identified [58,59].

3.6 Anti-inflammatory proteins

Faecalibacterium prausnitzii, an abundant fecal bacterium depleted in several inflammatory conditions, secretes a 15 kDa protein, termed MAM, that inhibits NF-κB signaling in epithelial cells [60,61]. Because chronic inflammation is a recognized driver of colorectal cancer, such molecules are of interest as potential preventive agents, although direct anticancer evidence for MAM itself is limited.

Table 1. Representative classes of bioactive metabolites from fecal/gut microorganisms with reported relevance to cancer.

Class	Examples	Representative producers	Reported anticancer-relevant activity	Refs.
Short-chain fatty acids	Butyrate, propionate, acetate	*F. prausnitzii*, *Roseburia* spp., *Eubacterium rectale*	HDAC inhibition; apoptosis in colon cancer cells; protection against tumorigenesis in mice; enhanced CD8+ T-cell function	[13,62–64]
Bile acid derivatives	DCA, LCA, oxo- and iso-bile acids	*Clostridium* spp. (7α-dehydroxylating), others	Context dependent: tumor-promoting (DCA) or immune-regulating (certain species)	[46–48]
Tryptophan metabolites	Indole-3-aldehyde, 3-IAA, indole	*L. reuteri*, *Bacteroides* spp., others	AhR-mediated immune activation; improved chemo- and immunotherapy response	[15,17,50]
Nucleoside	Inosine	*B. pseudolongum*, *Akkermansia muciniphila*	T-cell A2A receptor signaling; enhanced checkpoint inhibitor response in mice	[14]
Aldehydes and siderophores	Reuterin, ferrichrome	*L. reuteri*, *L. casei*	Oxidative stress and growth inhibition in CRC cells; JNK-mediated apoptosis	[16,57]

Class	Examples	Representative producers	Reported anticancer-relevant activity	Refs.
Polyphenol metabolites	Urolithins, equol	Urolithin- and equol-producing consortia	Metabotype-dependent bioactive metabolites of dietary polyphenols	[52–54]
Bacteriocins and peptides	Nisin-type bacteriocins, lactocillin	Lactic acid bacteria and other Bacillota	Selective cytotoxicity to cancer cell lines in vitro (bacteriocins); structural diversity of peptide scaffolds	[37,55]
Genotoxins (harmful)	Colibactin, *B. fragilis* toxin	pks+ *E. coli*, enterotoxigenic *B. fragilis*	DNA alkylation and mutagenesis; promotion of tumorigenesis. Examples of metabolites to avoid	[65–67]

4. Anticancer Activity of Microbial Metabolites

4.1 Direct effects on cancer cells

Sodium butyrate was among the first microbial products shown to inhibit proliferation and induce apoptosis in colonic tumor cell lines, including through p53-independent pathways [62]. In cell-based experiments, cell-free supernatants of human-derived *Lactobacillus* strains reduced colon cancer cell invasion and proliferation, and in some cases the effect has been linked to SCFA production [58,59]. Ferrichrome from *L. casei* induced JNK-mediated apoptosis in colon cancer cells and suppressed tumor growth in mouse models [57], while reuterin generated by *L. reuteri* slowed CRC cell growth through increased protein oxidation and redox imbalance [16]. Bacteriocins from various sources display cytotoxicity toward cancer cell lines with a degree of selectivity, an effect attributed in part to differences in membrane composition [55].

4.2 Tumor-suppressive activity in animal models

In gnotobiotic mice, dietary fiber protected against colorectal tumorigenesis only when butyrate-producing bacteria were present, and the protection was linked to butyrate accumulation in tumor cells, where it acts as an HDAC inhibitor [13]. Receptor-mediated mechanisms contribute as well: the butyrate receptor GPR109A has been shown to function as a tumor suppressor in colon and to suppress colonic inflammation and carcinogenesis in mice [68,69]. In the liver, microbial bile acid metabolism influences the accumulation of natural killer T cells and thereby tumor growth in mouse models [47].

4.3 Enhancing immunotherapy

A series of studies in 2015 and 2018 established that the efficacy of immune checkpoint inhibitors depends on the gut microbiota. Commensal *Bifidobacterium* enhanced anti-PD-L1 efficacy in mice [70]; *Bacteroides* species were required for anti-CTLA-4 responses [71]; and the composition of the fecal microbiota, including relative abundance of *Akkermansia muciniphila*, *Ruminococcaceae* and other taxa, correlated with response to anti-PD-1 therapy in patients with epithelial tumors and melanoma [72–74]. Subsequent work moved from taxa to molecules: microbial inosine improved checkpoint inhibitor responses in mice through T-cell A2A receptor signaling, under defined costimulatory conditions [14]; indole-3-aldehyde released by *L. reuteri* reprogrammed CD8+ T cells via AhR [15]; and the metabolite trimethylamine N-oxide (TMAO) enhanced immune activation and checkpoint blockade responses in pancreatic cancer models [75]. SCFAs, including butyrate and pentanoate, enhanced the function of cytotoxic T cells and CAR T cells in mice [63,76].

4.4 Modulating chemotherapy

Microbial metabolites can also sensitize tumors to cytotoxic drugs. Butyrate potentiated oxaliplatin through effects on CD8+ T-cell function [64], and microbiota-derived 3-indoleacetic acid improved the response of pancreatic cancer to chemotherapy in mouse and human data

sets [17]. Conversely, gut and intratumoral bacteria can inactivate drugs. For example, bacterial cytidine deaminase from Gammaproteobacteria metabolizes gemcitabine [77], and bacterial β-glucuronidases reactivate the irinotecan metabolite SN-38 in the intestine, causing diarrhea [78]. A comprehensive screen found that most of 271 tested oral drugs were metabolized by at least one of 76 gut bacterial strains [79], emphasizing that microbial metabolism needs to be considered in any combination therapy [80].

4.5 Activity by cancer type

Most evidence concerns colorectal cancer (CRC), which is anatomically proximal to the fecal microbiota and has the strongest data on microbial metabolites such as butyrate, reuterin and ferrichrome [13,16,57]. Evidence for hepatocellular carcinoma centers on bile acids [46,47]; for pancreatic cancer on tryptophan metabolites and TMAO [17,75]; and for melanoma, lung and renal cancers on checkpoint inhibitor response [72–74]. Findings for other tumor types are sparse and should be treated as hypotheses rather than established effects.

5. Mechanisms of Anticancer Action

The metabolites described above act through several overlapping mechanisms, which are summarized in the following subsections.

5.1 Induction of apoptosis and cell-cycle arrest

Butyrate induces apoptosis and growth arrest in colon cancer cells, in part by inducing the cyclin-dependent kinase inhibitor p21 and by modifying chromatin structure [62,81]. Ferrichrome triggers apoptosis through JNK signaling [57]. Bacteriocins can disrupt tumor-cell membranes or trigger membrane-dependent cell death [55]. These effects are typically concentration-dependent and may be more pronounced in transformed cells.

5.2 Epigenetic regulation and metabolic reprogramming

Butyrate is a well-established inhibitor of histone deacetylases [41]. Cancer cells exhibit the Warburg effect, in which glucose is preferentially converted to lactate. Under this condition, butyrate is metabolized poorly and accumulates in the nucleus, where HDAC inhibition promotes apoptosis and reduces proliferation, whereas normal colonocytes oxidize butyrate as an energy source and are proliferatively stimulated [13,42]. This so-called butyrate paradox offers a plausible basis for selectivity toward tumor cells. Other metabolites, such as reuterin, disrupt redox homeostasis by oxidizing protein thiols [16].

5.3 Receptor-mediated signaling

SCFAs and other microbial metabolites signal through G-protein-coupled receptors on epithelial and immune cells. GPR109A mediates the anti-inflammatory and anti-tumor effects of butyrate in the colon [68,69], and AhR mediates the action of indole derivatives on immune cells [15,50]. Inosine acts through the adenosine A2A receptor on T cells [14].

5.4 Modulation of anti-tumor immunity

Microbial metabolites shape both regulatory and effector arms of the immune system. SCFAs promote the differentiation of colonic regulatory T cells and suppress inflammation [82–84], and butyrate acts on macrophages through HDAC inhibition [85], effects that can limit inflammation-driven carcinogenesis. In the context of established tumors and immunotherapy, SCFAs and related metabolites enhance the memory potential and cytotoxicity of CD8+ T cells [63,64,76]. Bile acid metabolites regulate regulatory T cells and NKT cells [47,48]. The same immune pathways can be disadvantageous in some settings, since promoting regulatory T cells may blunt anti-tumor immunity, which underscores the need to test each metabolite in the relevant tumor context.

5.5 Prevention of DNA damage and inflammation

A healthy, fiber-fermenting microbiota maintains epithelial barrier function and limits chronic inflammation, which is a known driver of tumorigenesis. In murine colitis models, inflammation promoted the cancer-inducing activity of *E. coli* carrying the *pks* island [86].

Anti-inflammatory metabolites and proteins from beneficial commensals, such as SCFAs and MAM, may counter this process [39,61].

5.6 Modulation of drug metabolism

Gut microbial enzymes activate, inactivate or re-activate chemotherapeutics and can thereby change both efficacy and toxicity [77–80]. Specific commensals have been reported to modulate the response to cyclophosphamide and oxaliplatin through effects on myeloid cells and reactive oxygen species in the tumor microenvironment [87]. Inhibiting or selecting for particular microbial enzymes is a conceptual strategy for improving the therapeutic index.

5.7 Detrimental mechanisms: a counterpoint

Not all fecal-derived organisms or metabolites are beneficial. Colibactin, produced by *pks*+ *E. coli*, alkylates DNA and leaves a mutational signature that has been identified in human colorectal cancer genomes [65,66,88]. Enterotoxigenic *Bacteroides fragilis* promotes tumorigenesis through toxin-driven Th17 responses [67], and biofilms containing both organisms are found on colonic tissue from patients with familial adenomatous polyposis [89]. *Fusobacterium nucleatum* promotes tumorigenesis via the FadA adhesin and E-cadherin/β-catenin signaling, shields tumors from immune attack through TIGIT engagement and drives chemoresistance via autophagy [90–93]. These examples show that a fecal isolate must be screened for virulence and genotoxicity factors before any therapeutic use is considered.

6. Evidence from Published Studies

6.1 Fecal metagenomic and metabolomic studies in patients

Large fecal metagenomic meta-analyses have identified consistent CRC-associated signatures, including enrichment of *F. nucleatum*, *Parvimonas micra* and *Bacteroides fragilis*, and have shown that fecal microbial profiles can discriminate CRC patients from controls [94–96]. Integrated metagenomic and metabolomic profiling has further described stage-specific shifts in microbial species and metabolites [97], and stool metabolomes of CRC patients differ from those of healthy adults, with changes in bile acids and fatty acids [98]. These observational datasets are valuable for identifying candidate beneficial and harmful taxa, but cannot by themselves prove causality.

6.2 Experimental and mechanistic studies

Causal evidence primarily comes from germ-free and gnotobiotic mice, in vitro cell models and defined-metabolite supplementation experiments. Key examples are summarized in Table 2. Notably, many of the most influential studies used either human fecal material transferred to mice or bacterial strains isolated from human stool, which lends support to the concept of fecal-derived isolates as a source of active compounds [14,15,70].

Table 2. Selected studies supporting anticancer or cancer-modulating roles of fecal/gut microbial metabolites.

Metabolite / organism	Model	Principal finding	Refs.
Butyrate; butyrate-producing bacteria	Gnotobiotic mice; CRC cells	Fiber protected against tumorigenesis in a microbiota- and butyrate-dependent manner; HDAC inhibition in tumor cells	[13]
Ferrichrome (*L. casei*)	CRC cells; mouse models	Induced JNK-mediated apoptosis; suppressed tumor growth	[57]
Reuterin (*L. reuteri*)	CRC cells; mouse models	Inhibited CRC growth by altering redox balance	[16]
Inosine (*B. pseudolongum*)	Mouse tumor models	Enhanced checkpoint inhibitor efficacy via T-cell A2A receptor	[14]
Indole-3-aldehyde (*L. reuteri*)	Mouse tumor models	AhR-dependent CD8+ T-cell activation; improved checkpoint therapy	[15]

Metabolite / organism	Model	Principal finding	Refs.
3-IAA (microbiota-derived)	Mouse PDAC models; patient data	Improved chemotherapy efficacy	[17]
SCFAs (butyrate, pentanoate)	Mouse tumor and CAR T models	Enhanced effector function of CD8+ and CAR T cells	[63,64]
Microbial bile acid metabolites	Mouse liver cancer models	Regulated NKT cell accumulation and tumor growth	[47]
Whole microbiota (FMT)	Phase I trials, anti-PD-1-refractory melanoma	Responses in a subset of patients after FMT combined with anti-PD-1	[99,100]

6.3 Clinical evidence

Direct clinical evidence for microbial natural products as anticancer drugs is currently absent, and the clinical literature instead concerns whole-community interventions. Two early-phase trials reported that fecal microbiota transplantation (FMT) from donors, in combination with anti-PD-1 therapy, produced objective responses or disease control in a subset of patients with melanoma previously refractory to immunotherapy [99,100]. These trials were small, uncontrolled and primarily designed to assess safety and feasibility. Reviews of FMT in oncology emphasize both its promise and the need for randomized trials [101]. Safety is a real concern: transmission of drug-resistant *E. coli* through FMT has caused serious bacteremia, which led to stricter donor screening [102].

7. Challenges and Limitations in Current Literature

- Reliance on preclinical models. Much of the mechanistic evidence comes from cultured cell lines and mice, whose microbiota, diet and immune systems differ from those of humans. Effects seen at supraphysiological concentrations in vitro may not be reproduced in vivo [39,40].
- Correlation versus causation. Fecal metagenomic associations identify taxa that are enriched or depleted in cancer but rarely demonstrate causality [12,95].
- Stool as an imperfect proxy. Fecal samples do not fully represent the mucosa-associated or tumor-associated microbiota, and individuals differ in mucosal colonization [89,103].
- Compositional and methodological bias. Relative-abundance data can mislead when microbial load differs between individuals, and sample collection, storage and DNA extraction methods alter results. Quantitative profiling and standardized protocols are needed [9,104].
- Strain-level and context-dependent effects. Closely related strains can differ in toxin genes and metabolite output, and the same metabolite can be protective or harmful depending on dose, tissue and immune context (for example, bile acids and TMAO) [45,47,75].
- The cultivation bottleneck. Many fecal taxa remain uncultured, and many BGCs are silent under laboratory conditions, which limits the characterization of new compounds [33,37].
- Poor compound identification. Many studies report bioactivity for crude supernatants or whole strains without isolating and structurally characterizing the active molecule [58,59].
- Safety, regulation and translation. Strains carrying genotoxins or virulence factors must be excluded, and live biotherapeutics and FMT face regulatory and safety hurdles [65,102]. Pharmacokinetics, delivery to the tumor and stability of microbial metabolites are also underexplored.
- Limited representation. Cohorts are often drawn from industrialized populations, restricting the diversity of strains and metabolic capacities represented in current collections [27,30].

8. Future Perspectives

Several developments are likely to accelerate the translation of fecal-derived microbes into anticancer leads. First, expanded culturomics and improved anaerobic isolation methods should increase the number of cultured, genome-sequenced fecal isolates, including from non-industrialized populations and from non-human hosts [30,32–34]. Second, genome mining of BGCs, integrated with metabolomics and heterologous expression, can unlock cryptic metabolites that are not produced under standard laboratory conditions [7,37,38]. Third, systematic phenotypic screening of isolate libraries against panels of cancer cell lines, organoids and immune co-culture systems would provide a more physiologically relevant filter than single cell-line assays.

Fourth, mechanism-guided development of defined molecules, such as inosine, indole derivatives or optimized SCFA prodrugs, offers a route that avoids the safety uncertainty of live organisms and permits conventional pharmacokinetic and toxicological assessment [14,15,63]. Where live organisms are preferred, defined consortia of well-characterized, genomically screened strains may offer greater reproducibility than undefined FMT [99–101]. Fifth, personalized approaches that account for individual metabotypes, such as urolithin and equol producers, and microbial drug-metabolizing capacity could allow stratification of patients for diet, probiotic or drug interventions [54,79]. Finally, rigorous randomized clinical trials with standardized sampling, quantitative profiling and safety monitoring will be necessary to move from association to clinical benefit [9,102,104].

9. Conclusion

The fecal microbiota is a diverse, accessible and chemically productive ecosystem. Fecal-derived organisms generate a broad spectrum of metabolites, including SCFAs, tryptophan derivatives, bile acid derivatives, nucleosides, siderophores and peptides, that can inhibit cancer cell growth, restore anti-tumor immunity or alter responses to chemotherapy and immunotherapy in experimental systems. At the same time, other gut-derived products, such as colibactin and certain bile acids, promote carcinogenesis, so source organisms and compounds must be selected with care. Current evidence is dominated by observational human studies and preclinical models, and compound-level clinical evidence is still lacking. Addressing issues of standardization, strain-level characterization, cultivation and safety, and linking metabolite discovery to rigorous clinical testing, will determine whether the fecal microbiota can deliver a new generation of microbiome-derived anticancer natural products.

References

1. Bray F, Laversanne M, Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Soerjomataram I, et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. CA Cancer J Clin. 2024;74(3):229–263.
2. Hanahan D. Hallmarks of cancer: new dimensions. Cancer Discov. 2022;12(1):31–46.
3. Newman DJ, Cragg GM. Natural products as sources of new drugs over the nearly four decades from 01/1981 to 09/2019. J Nat Prod. 2020;83(3):770–803.
4. Atanasov AG, Zotchev SB, Dirsch VM, Supuran CT. Natural products in drug discovery: advances and opportunities. Nat Rev Drug Discov. 2021;20(3):200–216.
5. Sender R, Fuchs S, Milo R. Revised estimates for the number of human and bacteria cells in the body. PLoS Biol. 2016;14(8):e1002533.
6. Qin J, Li R, Raes J, Arumugam M, Burgdorf KS, Manichanh C, et al. A human gut microbial gene catalogue established by metagenomic sequencing. Nature. 2010;464(7285):59–65.
7. Donia MS, Fischbach MA. Small molecules from the human microbiota. Science. 2015;349(6246):1254766.

8. Human Microbiome Project Consortium. Structure, function and diversity of the healthy human microbiome. Nature. 2012;486(7402):207–214.
9. Costea PI, Zeller G, Sunagawa S, Pelletier E, Alberti A, Levenez F, et al. Towards standards for human fecal sample processing in metagenomic studies. Nat Biotechnol. 2017;35(11):1069–1076.
10. Garrett WS. Cancer and the microbiota. Science. 2015;348(6230):80–86.
11. Zitvogel L, Daillère R, Roberti MP, Routy B, Kroemer G. Anticancer effects of the microbiome and its products. Nat Rev Microbiol. 2017;15(8):465–478.
12. Sepich-Poore GD, Zitvogel L, Straussman R, Hasty J, Wargo JA, Knight R. The microbiome and human cancer. Science. 2021;371(6536):eabc4552.
13. Donohoe DR, Holley D, Collins LB, Montgomery SA, Whitmore AC, Hillhouse A, et al. A gnotobiotic mouse model demonstrates that dietary fiber protects against colorectal tumorigenesis in a microbiota- and butyrate-dependent manner. Cancer Discov. 2014;4(12):1387–1397.
14. Mager LF, Burkhard R, Pett N, Cooke NCA, Brown K, Ramay H, et al. Microbiome-derived inosine modulates response to checkpoint inhibitor immunotherapy. Science. 2020;369(6510):1481–1489.
15. Bender MJ, McPherson AC, Phelps CM, Pandey SP, Laughlin CR, Shapira JH, et al. Dietary tryptophan metabolite released by intratumoral Lactobacillus reuteri facilitates immune checkpoint inhibitor treatment. Cell. 2023;186(9):1846–1862.
16. Bell HN, Rebernick RJ, Goyert J, Singhal R, Kuljanin M, Kerk SA, et al. Reuterin in the healthy gut microbiome suppresses colorectal cancer growth through altering redox balance. Cancer Cell. 2022;40(2):185–200.
17. Tintelnot J, Xu Y, Lesker TR, Schönlein M, Konczalla L, Giannou AD, et al. Microbiota-derived 3-IAA influences chemotherapy efficacy in pancreatic cancer. Nature. 2023;615(7950):168–174.
18. Cullin N, Azevedo Antunes C, Straussman R, Stein-Thoeringer CK, Elinav E. Microbiome and cancer. Cancer Cell. 2021;39(10):1317–1341.
19. Wong CC, Yu J. Gut microbiota in colorectal cancer development and therapy. Nat Rev Clin Oncol. 2023;20(7):429–452.
20. Bhatt AP, Redinbo MR, Bultman SJ. The role of the microbiome in cancer development and therapy. CA Cancer J Clin. 2017;67(4):326–344.
21. Eckburg PB, Bik EM, Bernstein CN, Purdom E, Dethlefsen L, Sargent M, et al. Diversity of the human intestinal microbial flora. Science. 2005;308(5728):1635–1638.
22. Gill SR, Pop M, DeBoy RT, Eckburg PB, Turnbaugh PJ, Samuel BS, et al. Metagenomic analysis of the human distal gut microbiome. Science. 2006;312(5778):1355–1359.
23. Arumugam M, Raes J, Pelletier E, Le Paslier D, Yamada T, Mende DR, et al. Enterotypes of the human gut microbiome. Nature. 2011;473(7346):174–180.
24. Falony G, Joossens M, Vieira-Silva S, Wang J, Darzi Y, Faust K, et al. Population-level analysis of gut microbiome variation. Science. 2016;352(6285):560–564.
25. Nash AK, Auchtung TA, Wong MC, Smith DP, Gesell JR, Ross MC, et al. The gut mycobiome of the Human Microbiome Project healthy cohort. Microbiome. 2017;5(1):153.
26. Shkoporov AN, Hill C. Bacteriophages of the human gut: the “known unknown” of the microbiome. Cell Host Microbe. 2019;25(2):195–209.
27. Yatsunenko T, Rey FE, Manary MJ, Trehan I, Dominguez-Bello MG, Contreras M, et al. Human gut microbiome viewed across age and geography. Nature. 2012;486(7402):222–227.

28. Rothschild D, Weissbrod O, Barkan E, Kurilshikov A, Korem T, Zeevi D, et al. Environment dominates over host genetics in shaping human gut microbiota. Nature. 2018;555(7695):210–215.
29. David LA, Maurice CF, Carmody RN, Gootenberg DB, Button JE, Wolfe BE, et al. Diet rapidly and reproducibly alters the human gut microbiome. Nature. 2014;505(7484):559–563.
30. Pasolli E, Asnicar F, Manara S, Zolfo M, Karcher N, Armanini F, et al. Extensive unexplored human microbiome diversity revealed by over 150,000 genomes from metagenomes spanning age, geography, and lifestyle. Cell. 2019;176(3):649–662.
31. Almeida A, Nayfach S, Boland M, Strozzi F, Beracochea M, Shi ZJ, et al. A unified catalog of 204,938 reference genomes from the human gut microbiome. Nat Biotechnol. 2021;39(1):105–114.
32. Lagier JC, Khelaifia S, Alou MT, Ndongo S, Dione N, Hugon P, et al. Culture of previously uncultured members of the human gut microbiota by culturomics. Nat Microbiol. 2016;1:16203.
33. Browne HP, Forster SC, Anonye BO, Kumar N, Neville BA, Stares MD, et al. Culturing of 'unculturable' human microbiota reveals novel taxa and extensive sporulation. Nature. 2016;533(7604):543–546.
34. Zou Y, Xue W, Luo G, Deng Z, Qin P, Guo R, et al. 1,520 reference genomes from cultivated human gut bacteria enable functional microbiome analyses. Nat Biotechnol. 2019;37(2):179–185.
35. Richardson MJ. Diversity and occurrence of coprophilous fungi. Mycol Res. 2001;105(4):387–402.
36. Bills GF, Gloer JB. Biologically active secondary metabolites from the fungi. Microbiol Spectr. 2016;4(6):FUNK-0009-2016.
37. Donia MS, Cimermancic P, Schulze CJ, Wieland Brown LC, Martin J, Mitreva M, et al. A systematic analysis of biosynthetic gene clusters in the human microbiome reveals a common family of antibiotics. Cell. 2014;158(6):1402–1414.
38. Blin K, Shaw S, Augustijn HE, Reitz ZL, Biermann F, Alanjary M, et al. antiSMASH 7.0: new and improved predictions for detection, regulation, chemical structures and visualisation. Nucleic Acids Res. 2023;51(W1):W46–W50.
39. Koh A, De Vadder F, Kovatcheva-Datchary P, Bäckhed F. From dietary fiber to host physiology: short-chain fatty acids as key bacterial metabolites. Cell. 2016;165(6):1332–1345.
40. Hamer HM, Jonkers D, Venema K, Vanhoutvin S, Troost FJ, Brummer RJ. Review article: the role of butyrate on colonic function. Aliment Pharmacol Ther. 2008;27(2):104–119.
41. Candido EP, Reeves R, Davie JR. Sodium butyrate inhibits histone deacetylation in cultured cells. Cell. 1978;14(1):105–116.
42. Donohoe DR, Garge N, Zhang X, Sun W, O'Connell TM, Bunger MK, et al. The microbiome and butyrate regulate energy metabolism and autophagy in the mammalian colon. Cell Metab. 2011;13(5):517–526.
43. Rooks MG, Garrett WS. Gut microbiota, metabolites and host immunity. Nat Rev Immunol. 2016;16(6):341–352.
44. Ridlon JM, Kang DJ, Hylemon PB. Bile salt biotransformations by human intestinal bacteria. J Lipid Res. 2006;47(2):241–259.
45. Bernstein H, Bernstein C, Payne CM, Dvorakova K, Garewal H. Bile acids as carcinogens in human gastrointestinal cancers. Mutat Res. 2005;589(1):47–65.

46. Yoshimoto S, Loo TM, Atarashi K, Kanda H, Sato S, Oyadomari S, et al. Obesity-induced gut microbial metabolite promotes liver cancer through senescence secretome. Nature. 2013;499(7456):97–101.
47. Ma C, Han M, Heinrich B, Fu Q, Zhang Q, Sandhu M, et al. Gut microbiome-mediated bile acid metabolism regulates liver cancer via NKT cells. Science. 2018;360(6391):eaan5931.
48. Campbell C, McKenney PT, Konstantinovsky D, Isaeva OI, Schizas M, Verter J, et al. Bacterial metabolism of bile acids promotes generation of peripheral regulatory T cells. Nature. 2020;581(7809):475–479.
49. Cai J, Sun L, Gonzalez FJ. Gut microbiota-derived bile acids in intestinal immunity, inflammation, and tumorigenesis. Cell Host Microbe. 2022;30(3):289–300.
50. Zelante T, Iannitti RG, Cunha C, De Luca A, Giovannini G, Pieraccini G, et al. Tryptophan catabolites from microbiota engage aryl hydrocarbon receptor and balance mucosal reactivity via interleukin-22. Immunity. 2013;39(2):372–385.
51. Cohen LJ, Esterhazy D, Kim SH, Lemetre C, Aguilar RR, Gordon EA, et al. Commensal bacteria make GPCR ligands that mimic human signalling molecules. Nature. 2017;549(7670):48–53.
52. Selma MV, Espín JC, Tomás-Barberán FA. Interaction between phenolics and gut microbiota: role in human health. J Agric Food Chem. 2009;57(15):6485–6501.
53. Setchell KD, Clerici C, Lephart ED, Cole SJ, Heenan C, Castellani D, et al. S-equol, a potent ligand for estrogen receptor β, is the exclusive enantiomeric form of the soy isoflavone metabolite produced by human intestinal bacterial flora. Am J Clin Nutr. 2005;81(5):1072–1079.
54. Tomás-Barberán FA, García-Villalba R, González-Sarrías A, Selma MV, Espín JC. Ellagic acid metabolism by human gut microbiota: consistent observation of three urolithin phenotypes in intervention trials, independent of food source, age, and health status. J Agric Food Chem. 2014;62(28):6535–6538.
55. Kaur S, Kaur S. Bacteriocins as potential anticancer agents. Front Pharmacol. 2015;6:272.
56. Cotter PD, Ross RP, Hill C. Bacteriocins — a viable alternative to antibiotics? Nat Rev Microbiol. 2013;11(2):95–105.
57. Konishi H, Fujiya M, Tanaka H, Ueno N, Moriichi K, Sasajima J, et al. Probiotic-derived ferrichrome inhibits colon cancer progression via JNK-mediated apoptosis. Nat Commun. 2016;7:12365.
58. Escamilla J, Lane MA, Maitin V. Cell-free supernatants from probiotic Lactobacillus casei and Lactobacillus rhamnosus GG decrease colon cancer cell invasion in vitro. Nutr Cancer. 2012;64(6):871–878.
59. Thirabunyanon M, Hongwittayakorn P. Potential probiotic lactic acid bacteria of human origin induce antiproliferation of colon cancer cells via synergic actions in adhesion to cancer cells and short-chain fatty acid bioproduction. Appl Biochem Biotechnol. 2013;169(2):511–525.
60. Sokol H, Pigneur B, Watterlot L, Lakhdari O, Bermúdez-Humarán LG, Gratadoux JJ, et al. Faecalibacterium prausnitzii is an anti-inflammatory commensal bacterium identified by gut microbiota analysis of Crohn disease patients. Proc Natl Acad Sci USA. 2008;105(43):16731–16736.
61. Quévrain E, Maubert MA, Michon C, Chain F, Marquant R, Tailhades J, et al. Identification of an anti-inflammatory protein from Faecalibacterium prausnitzii, a commensal bacterium deficient in Crohn's disease. Gut. 2016;65(3):415–425.
62. Hague A, Manning AM, Hanlon KA, Huschtscha LI, Hart D, Paraskeva C. Sodium butyrate induces apoptosis in human colonic tumour cell lines in a p53-independent

pathway: implications for the possible role of dietary fibre in the prevention of large-bowel cancer. Int J Cancer. 1993;55(3):498–505.
63. Luu M, Riester Z, Baldrich A, Reichardt N, Yuille S, Busetti A, et al. Microbial short-chain fatty acids modulate CD8+ T cell responses and improve adoptive immunotherapy for cancer. Nat Commun. 2021;12:4077.
64. He Y, Fu L, Li Y, Wang W, Gong M, Zhang J, et al. Gut microbial metabolites facilitate anticancer therapy efficacy by modulating cytotoxic CD8+ T cell immunity. Cell Metab. 2021;33(5):988–1000.
65. Nougayrède JP, Homburg S, Taieb F, Boury M, Brzuszkiewicz E, Gottschalk G, et al. Escherichia coli induces DNA double-strand breaks in eukaryotic cells. Science. 2006;313(5788):848–851.
66. Wilson MR, Jiang Y, Villalta PW, Stornetta A, Boudreau PD, Carrá A, et al. The human gut bacterial genotoxin colibactin alkylates DNA. Science. 2019;363(6428):eaar7785.
67. Wu S, Rhee KJ, Albesiano E, Rabizadeh S, Wu X, Yen HR, et al. A human colonic commensal promotes colon tumorigenesis via activation of T helper type 17 T cell responses. Nat Med. 2009;15(9):1016–1022.
68. Thangaraju M, Cresci GA, Liu K, Ananth S, Gnanaprakasam JP, Browning DD, et al. GPR109A is a G-protein-coupled receptor for the bacterial fermentation product butyrate and functions as a tumor suppressor in colon. Cancer Res. 2009;69(7):2826–2832.
69. Singh N, Gurav A, Sivaprakasam S, Brady E, Padia R, Shi H, et al. Activation of Gpr109a, receptor for niacin and the commensal metabolite butyrate, suppresses colonic inflammation and carcinogenesis. Immunity. 2014;40(1):128–139.
70. Sivan A, Corrales L, Hubert N, Williams JB, Aquino-Michaels K, Earley ZM, et al. Commensal Bifidobacterium promotes antitumor immunity and facilitates anti-PD-L1 efficacy. Science. 2015;350(6264):1084–1089.
71. Vétizou M, Pitt JM, Daillère R, Lepage P, Waldschmitt N, Flament C, et al. Anticancer immunotherapy by CTLA-4 blockade relies on the gut microbiota. Science. 2015;350(6264):1079–1084.
72. Routy B, Le Chatelier E, Derosa L, Duong CPM, Alou MT, Daillère R, et al. Gut microbiome influences efficacy of PD-1-based immunotherapy against epithelial tumors. Science. 2018;359(6371):91–97.
73. Gopalakrishnan V, Spencer CN, Nezi L, Reuben A, Andrews MC, Karpinets TV, et al. Gut microbiome modulates response to anti-PD-1 immunotherapy in melanoma patients. Science. 2018;359(6371):97–103.
74. Matson V, Fessler J, Bao R, Chongsuwat T, Zha Y, Alegre ML, et al. The commensal microbiome is associated with anti-PD-1 efficacy in metastatic melanoma patients. Science. 2018;359(6371):104–108.
75. Mirji G, Worth A, Bhat SA, El Sayed M, Kannan T, Goldman AR, et al. The microbiome-derived metabolite TMAO drives immune activation and boosts responses to immune checkpoint blockade in pancreatic cancer. Sci Immunol. 2022;7(75):eabn0704.
76. Bachem A, Makhlouf C, Binger KJ, de Souza DP, Tull D, Hochheiser K, et al. Microbiota-derived short-chain fatty acids promote the memory potential of antigen-activated CD8+ T cells. Immunity. 2019;51(2):285–297.
77. Geller LT, Barzily-Rokni M, Danino T, Jonas OH, Shental N, Nejman D, et al. Potential role of intratumor bacteria in mediating tumor resistance to the chemotherapeutic drug gemcitabine. Science. 2017;357(6356):1156–1160.
78. Wallace BD, Wang H, Lane KT, Scott JE, Orans J, Koo JS, et al. Alleviating cancer drug toxicity by inhibiting a bacterial enzyme. Science. 2010;330(6005):831–835.

79. Zimmermann M, Zimmermann-Kogadeeva M, Wegmann R, Goodman AL. Mapping human microbiome drug metabolism by gut bacteria and their genes. Nature. 2019;570(7762):462–467.
80. Spanogiannopoulos P, Bess EN, Carmody RN, Turnbaugh PJ. The microbial pharmacists within us: a metagenomic view of xenobiotic metabolism. Nat Rev Microbiol. 2016;14(5):273–287.
81. Bultman SJ. Molecular pathways: gene–environment interactions regulating dietary fiber induction of proliferation and apoptosis via butyrate for cancer prevention. Clin Cancer Res. 2014;20(4):799–803.
82. Furusawa Y, Obata Y, Fukuda S, Endo TA, Nakato G, Takahashi D, et al. Commensal microbe-derived butyrate induces the differentiation of colonic regulatory T cells. Nature. 2013;504(7480):446–450.
83. Smith PM, Howitt MR, Panikov N, Michaud M, Gallini CA, Bohlooly-Y M, et al. The microbial metabolites, short-chain fatty acids, regulate colonic Treg cell homeostasis. Science. 2013;341(6145):569–573.
84. Arpaia N, Campbell C, Fan X, Dikiy S, van der Veeken J, deRoos P, et al. Metabolites produced by commensal bacteria promote peripheral regulatory T-cell generation. Nature. 2013;504(7480):451–455.
85. Chang PV, Hao L, Offermanns S, Medzhitov R. The microbial metabolite butyrate regulates intestinal macrophage function via histone deacetylase inhibition. Proc Natl Acad Sci USA. 2014;111(6):2247–2252.
86. Arthur JC, Perez-Chanona E, Mühlbauer M, Tomkovich S, Uronis JM, Fan TJ, et al. Intestinal inflammation targets cancer-inducing activity of the microbiota. Science. 2012;338(6103):120–123.
87. Iida N, Dzutsev A, Stewart CA, Smith L, Bouladoux N, Weingarten RA, et al. Commensal bacteria control cancer response to therapy by modulating the tumor microenvironment. Science. 2013;342(6161):967–970.
88. Pleguezuelos-Manzano C, Puschhof J, Rosendahl Huber A, van Hoeck A, Wood HM, Nomburg J, et al. Mutational signature in colorectal cancer caused by genotoxic pks+ E. coli. Nature. 2020;580(7802):269–273.
89. Dejea CM, Fathi P, Craig JM, Boleij A, Taddese R, Geis AL, et al. Patients with familial adenomatous polyposis harbor colonic biofilms containing tumorigenic bacteria. Science. 2018;359(6375):592–597.
90. Kostic AD, Chun E, Robertson L, Glickman JN, Gallini CA, Michaud M, et al. Fusobacterium nucleatum potentiates intestinal tumorigenesis and modulates the tumor-immune microenvironment. Cell Host Microbe. 2013;14(2):207–215.
91. Rubinstein MR, Wang X, Liu W, Hao Y, Cai G, Han YW. Fusobacterium nucleatum promotes colorectal carcinogenesis by modulating E-cadherin/β-catenin signaling via its FadA adhesin. Cell Host Microbe. 2013;14(2):195–206.
92. Gur C, Ibrahim Y, Isaacson B, Yamin R, Abed J, Gamliel M, et al. Binding of the Fap2 protein of Fusobacterium nucleatum to human inhibitory receptor TIGIT protects tumors from immune cell attack. Immunity. 2015;42(2):344–355.
93. Yu T, Guo F, Yu Y, Sun T, Ma D, Han J, et al. Fusobacterium nucleatum promotes chemoresistance to colorectal cancer by modulating autophagy. Cell. 2017;170(3):548–563.
94. Zeller G, Tap J, Voigt AY, Sunagawa S, Kultima JR, Costea PI, et al. Potential of fecal microbiota for early-stage detection of colorectal cancer. Mol Syst Biol. 2014;10:766.
95. Wirbel J, Pyl PT, Kartal E, Zych K, Kashani A, Milanese A, et al. Meta-analysis of fecal metagenomes reveals global microbial signatures that are specific for colorectal cancer. Nat Med. 2019;25(4):679–689.

96. Thomas AM, Manghi P, Asnicar F, Pasolli E, Armanini F, Zolfo M, et al. Metagenomic analysis of colorectal cancer datasets identifies cross-cohort microbial diagnostic signatures and a link with choline degradation. Nat Med. 2019;25(4):667–678.
97. Yachida S, Mizutani S, Shiroma H, Shiba S, Nakajima T, Sakamoto T, et al. Metagenomic and metabolomic analyses reveal distinct stage-specific phenotypes of the gut microbiota in colorectal cancer. Nat Med. 2019;25(6):968–976.
98. Weir TL, Manter DK, Sheflin AM, Barnett BA, Heuberger AL, Ryan EP. Stool microbiome and metabolome differences between colorectal cancer patients and healthy adults. PLoS One. 2013;8(8):e70803.
99. Baruch EN, Youngster I, Ben-Betzalel G, Ortenberg R, Lahat A, Katz L, et al. Fecal microbiota transplant promotes response in immunotherapy-refractory melanoma patients. Science. 2021;371(6529):602–609.
100. Davar D, Dzutsev AK, McCulloch JA, Rodrigues RR, Chauvin JM, Morrison RM, et al. Fecal microbiota transplant overcomes resistance to anti-PD-1 therapy in melanoma patients. Science. 2021;371(6529):595–602.
101. Chen D, Wu J, Jin D, Wang B, Cao H. Fecal microbiota transplantation in cancer management: current status and perspectives. Int J Cancer. 2019;145(8):2021–2031.
102. DeFilipp Z, Bloom PP, Torres Soto M, Mansour MK, Sater MRA, Huntley MH, et al. Drug-resistant E. coli bacteremia transmitted by fecal microbiota transplant. N Engl J Med. 2019;381(21):2043–2050.
103. Zmora N, Zilberman-Schapira G, Suez J, Mor U, Dori-Bachash M, Bashiardes S, et al. Personalized gut mucosal colonization resistance to empiric probiotics is associated with unique host and microbiome features. Cell. 2018;174(6):1388–1405.
104. Vandeputte D, Kathagen G, D'hoe K, Vieira-Silva S, Valles-Colomer M, Sabino J, et al. Quantitative microbiome profiling links gut community variation to microbial load. Nature. 2017;551(7681):507–511.

5 YAŞ ALTI ÇOCUĞU OLAN ANNELERİN ÇOCUKLUK ÇAĞI AŞI OKURYAZARLIĞI DÜZEYLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ASSESSMENT OF CHILDHOOD VACCINATION LITERACY LEVELS AMONG MOTHERS WITH CHILDREN UNDER 5 YEARS OF AGE

Fatma DEMİREL,
Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sağlık Yönetimi Anabilim Dalı
Doç. Dr. Emel FİLİZ
Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, Konya ili merkez ilçelerinde yaşayan 5 yaş altı çocuğu olan annelerin çocukluk çağı aşı okuryazarlığı düzeylerini belirlemek ve bu düzeylerin çeşitli sosyodemografik değişkenlerle ilişkisini incelemektir. Araştırma nicel araştırma yöntemlerinden kesitsel araştırma tasarımına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın örneklemini Konya ili merkez ilçelerinde yaşayan ve araştırmaya gönüllü olarak katılan 390 anne oluşturmaktadır. Araştırma verileri yüz yüze anket tekniği ve Google Forms uygulaması kullanılarak toplanmıştır. Veri toplama aracı olarak Biasio ve arkadaşları (2020) tarafından geliştirilen Yetişkinler İçin Aşı Sağlık Okuryazarlığı Ölçeği (HLVa-IT) kullanılmıştır. Verilerin analizinde SPSS 27.0 paket programı kullanılmış ve istatistiksel analizlerde bağımsız örneklem t testi ve tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır.

Araştırma bulgularına göre katılımcıların aşı sağlık okuryazarlığı alt boyut ortalamaları incelendiğinde işlevsel aşı okuryazarlığı ortalaması 1,90, iletişimsel aşı okuryazarlığı ortalaması 2,85 ve eleştirel aşı okuryazarlığı ortalaması 3,02 olarak bulunmuştur. Katılımcıların yaş, eğitim düzeyi, gelir düzeyi ve çalışma durumlarına göre aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinde anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Ayrıca sağlık profesyonellerinden bilgi alan bireylerin aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Araştırma sonuçları annelerin aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin çeşitli sosyodemografik faktörlerden etkilendiğini göstermektedir. Aşı okuryazarlığının artırılmasına yönelik eğitim ve bilgilendirme faaliyetlerinin artırılması, ebeveynlerin aşılar hakkında daha bilinçli kararlar almasına katkı sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Aşı Okuryazarlığı, Aşı Tereddüdü, Çocukluk Çağı Aşıları, Sağlık Okuryazarlığı, Anne

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the childhood vaccine literacy levels of mothers who have children under the age of five living in the central districts of Konya and to examine the relationship between vaccine literacy levels and various sociodemographic variables. The study was conducted using a cross-sectional quantitative research design. The sample of the study consisted of 390 mothers living in the central districts of Konya who voluntarily participated in the research. Data were collected using a face-to-face questionnaire method and the Google Forms application.

The Vaccine Health Literacy Scale for Adults (HLVa-IT), developed by Biasio et al. (2020), was used as the data collection tool. Statistical analyses were performed using the SPSS 27.0 software. Independent samples t-test and one-way analysis of variance (ANOVA) were used in the analysis of the data.

According to the findings of the study, the mean scores of vaccine health literacy sub-dimensions were found to be 1.90 for functional vaccine literacy, 2.85 for communicative vaccine literacy and 3.02 for critical vaccine literacy. Significant differences were found in vaccine health literacy levels according to age, education level, income level and employment status of the participants. In addition, individuals who received vaccine information from healthcare professionals were found to have higher vaccine literacy levels.

The results of the study indicate that mothers' vaccine health literacy levels are influenced by various sociodemographic factors. Increasing educational and informational activities aimed at improving vaccine literacy may contribute to more informed vaccination decisions among parents.

Keywords: Vaccine Literacy, Vaccine Hesitancy, Childhood Vaccination, Health Literacy, Mothers

GİRİŞ

Gelişmekte olan ülkelerde bulaşıcı hastalıklar bebek ve çocuklardaki önemli morbidite ve mortaliteden sorumludur (Çavuşoğlu ve Erdem 2018). Aşılar; enfeksiyon hastalıklarına karşı bağışıklık oluşturan ürünler olarak tanımlanmaktadır. Bağışık yanıt oluşturan etkileri dolayısıyla hastalıklara karşı toplumu koruyarak enfeksiyon hastalıklarının yükünü azaltırlar. Aşıyla önlenebilen enfeksiyon hastalıkları söz konusu olduğunda bağışıklama; hastalığı, sakatlığı ve ölümü engellemektedir. Aşılar; toplumun sağlığını geliştirmede koruyucu tıbbın ve halk sağlığı uygulamalarının en önemli ve etkili ögelerinden biridir. Aşılar; immünoloji ilkelerinin sağlık alanındaki en başarılı uygulamasıdır. Aşılama sadece toplum sağlığı alanında değil, bir bütün olarak toplumda fakirliğin azaltılması, hakkaniyetin sağlanması, sağlık sistemlerinin güçlendirilmesi gibi alanlarda da önemli sosyoekonomik yararlar sağlamaktadır (World Health Organization 2017).

Aşılama ile yapılan bağışıklama sonucunda birçok salgın hastalığın önüne geçilmiş, toplumda yaygınlığı azaltılmıştır. Çocukluk çağında yapılan aşılamalarla çocuğun hem şimdiki sağlığı hem de gelecek yaşamındaki sağlığı oluşabilecek salgın hastalıklara ve tehditlere karşı güvence altına alınır. Aşılama için geliştirilmiş programlar hastalıkların önlenmesinde, ortadan kaldırılmasında ve toplumda daha sağlıklı bireylerin yetiştirilmesinde senelerdir süregelen ve uygulanan etkili bir yöntemdir. Aşıların bulunmasıyla birlikte salgınların önlenmesi mümkün hale gelmiştir. Aşı, tedavi için harcanacak maliyetleri de düşürmüştür. Aşılar hem bebeklik, çocukluk döneminde hem de yetişkinlik döneminde gelişebilecek olan epidemik komplikasyonlara karşı bireylerin bağışıklık kazanmalarını desteklemektedir (Yiğit ve ark 2020). Aşılanmamış ergenler ve erişkinler de hastalık etkeni ile temas ettiğinde bu etkenleri küçük çocuklara ve bağışıklık sistemi zayıf ya da ileri yaştaki bireylere taşıyabilmekte, yüksek oranda çocuk ve erişkin ölümlerine yol açabilmektedir (Dubé ve ark 2015).

Dünya Sağlık Örgütü'nün tanımına göre "Aşı kararsızlığı"; aşıya ulaşılabilirlik mümkün olduğu halde, bazı aşıların uygulanmasını kabul etmede gecikme ya da bazı aşıların uygulanmasına izin vermeme anlamına gelir. "Aşı reddi" ise tüm aşıları reddetme iradesi ile aşılatmama durumudur. Aşıların sağlığı koruma, geliştirme ve bulaşıcı hastalıkları

önlemedeki önemi ve etkinliği ispatlanmış olmasına rağmen özellikle son 10 yıldan uzun süredir aşı tereddütleri ve aşı retlerinde artış yaşanmış, bağışıklama oranları düşmüş, bu durumun sonucu olarak bulaşıcı hastalık sayısında ciddi artışlar görülmüştür. Küresel olarak 2018 ve 2019 yıllarında bildirilen kızamık vakalarının bir önceki yıla göre iki katından daha fazla olduğu bildirilmiştir (World Health Organization 2024).

Türkiye'de de aşı tereddüdü ve aşı reddi oranlarında artış gözlenmektedir. Özellikle internet ve sosyal medya gibi güvenilmez bilgi kaynaklarından elde edilen yanlış bilgiler, annelerin aşılarla ilgili kararlarını olumsuz etkileyebilmektedir. Bu nedenle, annelerin aşı okuryazarlığı düzeyinin belirlenmesi ve bu düzeyin artırılmasına yönelik müdahalelerin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Türkiye'de yapılan araştırmalar, annelerin aşılarla ilgili bilgi düzeylerinin yetersiz olduğunu ve aşı tereddüdünün yaygın olduğunu göstermektedir (Aygün ve Tortop 2020). Türkiye'deki ulusal aşı takvimi ve aşı programları, çocukları birçok bulaşıcı hastalıktan korumayı amaçlamaktadır. Ancak, aşı tereddüdü nedeniyle bazı anneler çocuklarını aşılatmaktan kaçınmaktadır. Sağlık Bakanlığı'nın aşı tereddüdüyle mücadele etmek için yaptığı çalışmalar ve kampanyalar da mevcuttur.

Ülkemizde ise son sekiz yıldır “aşı karşıtlığı” hareketi başlamıştır. Önceleri çok az sayıda olan aşı reddi vakaları, 2015 yılında “aşı uygulaması için ebeveynden onam alınması” ile ilgili bir davanın kazanılması ve aşı karşıtı söylemlerin sık sık medyada yer alması ile hızla artış göstermiştir. Çocuklarına aşı yaptırmak istemeyen ailelerin sayısı; 2011’de 183’ken, 2013’te 980, 2015’te 5 bin 400, 2016’da 12 bin düzeyine yükselmiş, aşı reddi ile ilgili vaka sayısı 2018 yılı itibari ile yirmi üç bin düzeyine ulaşmıştır. Türkiye’de 2016 yılında yüzde 98 olan aşılama oranı, 2017 yılında yüzde 96’ya gerilemiştir. Ülke genelinde 2017 yılında 85 çocukta kızamık görülürken, 2018’in ilk üç ayında kızamık vaka sayısı 44’e ulaşmıştır. Böylelikle kızamık insidansı 2016 yılında yüz bin nüfusta 0,01 iken, günümüzde yüz binde 0,10 düzeyine yükselerek on kat artış göstermiştir. Aşı reddi vakalarının 50 bine ulaşması durumunda salgın meydana gelmesi olasılığı oldukça yüksektir (Sağlık Bakanlığı 2018). Aşılamalarda hedef oran olan %80’e çıkabilmek için bütün altyapı ve kampanya çalışmalarının dışında; aşı ile ilgili bilgilerin aile tarafından anlaşılmasını sağlamak da zorunludur. Aşı tereddütü aşı ile önlenebilir hastalıklarla mücadelede kaydedilen ilerlemeyi tersine çevirmekle tehdit ediyor. Aşılama hastalıklardan kaçınmanın en uygun maliyetli yollarından biridir. Şu anda yılda 2-3 milyon ölümü önlüyor ve aşılamanın küresel kapsamı iyileştirilirse 1,5 milyon daha ölüm önlenebilir. Örneğin kızamık, küresel olarak vakalarda %30 artış görüldü. Bu artışın nedenleri karmaşıktır ve bu vakaların hepsi aşı tereddüdünden kaynaklanmamaktadır. Ancak, hastalığı ortadan kaldırmaya yakın olan bazı ülkelerde yeniden canlanma görüldü. İnsanların aşı yaptırmamayı seçmesinin nedenleri karmaşıktır; DSÖ'ye bağlı bir aşı danışma grubu, rehavet, aşılara erişimde zorluk ve güven eksikliğinin tereddüdün altında yatan temel nedenler olduğunu tespit etti. Sağlık çalışanları, özellikle topluluklardakiler, aşı kararlarının en güvenilir danışmanı ve etkileyicisi olmaya devam ediyor ve aşılar hakkında güvenilir, inandırıcı bilgiler sağlamaları için desteklenmeleri gerekiyor. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), aşı tereddüdünü küresel sağlık için en büyük 10 tehditten biri olarak tanımlamaktadır (World Health Organization 2019).

Aşı tereddüdü, aşıların faydaları ve riskleri hakkında bilgi eksikliği, yanlış inanışlar, güvensizlik gibi çeşitli nedenlerle ortaya çıkmaktadır ve aşı reddi ile aşıyla önlenebilir hastalıkların görülme sıklığı arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermiştir (Smith ve ark 2010). Aşı bilgisi karmaşık bir yapıya sahiptir ve bu nedenle, özellikle düşük okuryazarlık ve sayısal becerilere sahip hastalara iletilmesi zordur. Hastaların hastalık veya rahatsızlık hakkında, durumu kapma riskleri, aşının riskleri ve aşının başarısızlığı durumunda hastanın durumu kapma olasılığı hakkında bilgiye ihtiyaçları vardır (Rowlands 2014).

Bağışıklama için doğru karar verilmesi adına bilgiyi arama, bulma, anlama ve kavrama yeteneği olarak ifade edilen aşı okuryazarlığı kavramı (Şahin ve Baran Aksakal 2022, Biasio ve ark 2024) sağlık okuryazarlığının önemli bir bileşeni olarak belirtilmekte ve aşı tereddüdü ile başa çıkmada umut verici bir teknik olarak görülmektedir (Zhang ve ark 2023). Aşı okuryazarlığı artıkça aşı tereddüdünün azaldığı belirtilmiştir (Yang ve ark 2023).

Aşı okuryazarlığı, bireylerin aşılar ile ilgili uygun sağlık kararları verebilmeleri için gerekli olan temel sağlık bilgileri ve hizmetlerini elde etme, işleme ve anlama kapasitesine sahip olma derecesi olarak tanımlanmaktadır. Aşılar ile ilgili bilgiler karmaşık olabilir. Bireylerin bu bilgileri anlayabilmesi için belirli okuryazarlık becerilerine sahip olması gerekmektedir, aksi takdirde, düşük aşı okuryazarlığı aşı ile ilgili bilgilerin iletilmesini zorlaştırabilir. Toplumların aşılara ilişkin okuryazarlık düzeylerinin belirlenmesinin ve bu okuryazarlığı etkileyen faktörlerin belirlenmesinin aşılamada yol gösterici olacağı düşünülmektedir. (Ratzan 2011). Aşı tereddüdü ve aşı kabulü üzerinde etkili olan faktörlerden biri aşı okuryazarlığıdır. Aşı okuryazarlığı, bireylerin aşılar hakkında doğru bilgiye ulaşma, elde edilen bilgiyi anlama, değerlendirme ve bu bilgiler doğrultusunda bilinçli sağlık kararları verme becerisini ifade etmektedir (Biasio 2017). Aşı okuryazarlığı sağlık okuryazarlığının bir alt boyutu olarak kabul edilmekte olup özellikle ebeveynlerin çocukluk çağı aşılarına yönelik tutum ve davranışlarını etkileyebilmektedir. Aşı tereddüdüyle mücadelede, sağlığı koruma ve geliştirme kapsamında sağlık çalışanları dışında da aşı okuryazarlığı, savunuculuğu ve bilgisi yüksek bireylere ihtiyaç olduğu bildirilmektedir (Yorulmaz ve Koçoğlu-Tanyer 2024). Aşı tereddüdünün tek belirleyicisi aşı okuryazarlığı olmasa da aşı okuryazarlığını güçlendirmek aşı ve bağışıklama planlarını teşvik etme ve aşı tereddüdünü azaltmada oldukça önemli olduğu aktarılmıştır (Zhang ve ark 2023). Bununla birlikte aşı okuryazarlığı becerisinin geliştirilmesinin aşılanma oranlarında artışa yol açabileceği belirtilmektedir (Fokoun 2018).

Bağışıklamada belirlenen hedeflere ulaşmada en etkili unsur çocukların fiziksel, bilişsel ve psiko-sosyal gelişimini doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen ebeveynlerdir (Argüt Yetim ve Gökçay 2016). Ancak çocukların aşılarını geciktiren ya da yaptırmayı reddeden ebeveynlerin sayısı giderek artmaktadır (Damnjanović ve ark 2018). Ailelerin sosyo-demografik özellikleri, geçmiş aşı deneyimleri, inançları, bilgi ve farkındalıkları, sağlık sistemine yönelik güvenleri ve deneyimleri aşı kabulünde etkili faktörlerden bazılarıdır. Ebeveynlerin aşı kabulünü etkileyen faktörlerden birisi de sosyal medya ve internetten elde edilen bilgilerdir (Argüt Yetim ve Gökçay 2016). İnternet ve sosyal medya da aşılar hakkında pek çok bilgi bulunmaktadır. Ne yazık ki önemli sayıda web sitesi ve sosyal medya platformunda aşılar hakkında yanlış ve yanıltıcı bilgiler bulunmaktadır (Moran ve ark 2016). Bu bilgiler kapsamında aşı bilgisi ve aşı okuryazarlığının artırılması, toplum içinde aşı savunucusu bireylerin özellikle sosyal medyada etkin olmalarının önemli olduğu anlaşılmakla birlikte bunların nasıl başarılacağı sorusu ön plana çıkmaktadır (Yorulmaz DS 2024).

Anneler, çocuklarının sağlık kararlarında önemli bir rol oynamaktadır. Annelerin aşı okuryazarlığı düzeyi, çocuklarının aşılanma durumunu doğrudan etkilemektedir. Aşı okuryazarlığı, bireylerin aşılarla ilgili doğru bilgiye sahip olmalarını, bu bilgileri anlamalarını, değerlendirmelerini ve uygulamalarını içeren bir kavramdır (MacDonald 2015). Aşı okuryazarlığı sadece bilgi düzeyinden ibaret değildir, aynı zamanda eleştirel düşünme, iletişim becerileri ve karar verme yeteneklerini de içerir (Nutbeam 2000). Annelerin aşı okuryazarlığı düzeyinin yüksek olması, çocuklarının ve kendilerinin sağlığını korumaları açısından kritik öneme sahiptir. Ebeveynler aşılama kararlarında önemli bir rol oynarlar (Vrdelja ve ark 2018). Kagashe ve diğerleri, ergenlerin ebeveynlerinin iknası sayesinde grip aşısı olma olasılıklarının daha yüksek olduğunu göstermiştir (Kagashe 2017). Ebeveynleri ve özellikle anneleri hedef alan iyi tanımlanmış sosyal medya aşı karşıtı kampanyaları vardır. (Kata 2011).

Literatürde aşı bilgisi ve aşı okuryazarlığını geliştirme, aşı tereddüttü ve aşı reddini ele almada spesifik bir müdahaleye yönelik güçlü bir kanıt olmadığı ifade edilmektedir (Kömürlüoğlu ve Yalçın 2024). Mevcut literatürde, 5 yaş altı çocuğu olan annelerin yetişkinlik ve çocukluk aşı okuryazarlığı düzeylerini birlikte ele alan çalışmalar sınırlıdır. Aşı okuryazarlığına özel ve genel sağlık okuryazarlığını ölçmek için kullanılan araçları kullanan yeni çalışmaların uygulanmasına ihtiyaç vardır. Bu, sağlık okuryazarlığının daha kapsamlı bir değerlendirmesini sağlayacak ve böylece sağlık okuryazarlığının aşı kabulünü tahmin etmede oynadığı rolün daha iyi anlaşılmasına olanak sağlayacaktır. (Damka 2022) Bu çalışma, literatürdeki bu boşluğu doldurarak annelerin aşı okuryazarlığı alanına katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Annelerin yetişkinlik dönemi aşıları hakkındaki tutumların belirlenmesi ve bu tutumu olumsuz etkileyen faktörlerin ortadan kaldırılması bağışıklamanın etkin bir biçimde sağlanması açısından önemlidir. Çalışmanın sonuçları, annelerin aşı okuryazarlığını artırmaya yönelik eğitim ve bilgilendirme programlarının geliştirilmesine, sağlık çalışanlarına yönelik eğitim materyallerinin hazırlanmasına ve aşı politikalarının oluşturulmasına, aşı tereddütü veya reddi yaşayan annelerin bu kararlarının nedenlerini derinlemesine incelenmesine, yanlış bilgi ve inanışların etkisini ortaya konulmasına , elde edilen bulgular doğrultusunda annelerin aşı okuryazarlığını artırmaya yönelik somut ve uygulanabilir öneriler geliştirmesine katkı sağlayacak ve de aşı okuryazarlığı alanındaki bilimsel bilgi birikimine özgünlük katacaktır.

Bu araştırmanın amacı, Konya ili merkez ilçelerinde yaşayan 5 yaş altı çocuğu olan annelerin çocukluk çağı aşı okuryazarlığı düzeylerini belirlemek ve bu düzeylerin sosyodemografik değişkenlerle ilişkisini incelemektir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Veri toplama araçları

Araştırma verileri yüzyüze anket tekniği ve Google forms uygulaması ile kolayda örneklem yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Araştırmada tek ölçekten yararlanılmıştır ve ölçek bilgileri aşağıda verilmektedir.

Yetişkinler İçin Aşı Sağlık Okuryazarlığı Ölçeği (HLVa-IT): Ölçek, Biasio ve ark (2020) tarafından yetişkinlerde aşı okuryazarlığını değerlendirmek amacıyla geliştirilmiştir. Dörtlü likert tipte olan ölçek, toplamda 14 madde ve 3 alt boyuttan oluşmaktadır. Alt boyutlar Fonksiyonel Aşı Okuryazarlığı (1-5. maddeler), İletişimsel/Etkileşimsel Aşı Okuryazarlığı (6-10. maddeler), Kritik Aşı Okuryazarlığı (11-14. maddeler) şeklindedir. Fonksiyonel Aşı Okuryazarlığı alt ölçeği 1: sıklıkla, 2: bazen, 3: nadiren, 4: hiçbir zaman; İletişimsel/Etkileşimsel Aşı Okuryazarlığı ve Kritik Aşı Okuryazarlığı alt ölçekleri 1: hiçbir zaman, 2: nadiren, 3: bazen, 4: sıklıkla şeklinde yanıtlanmaktadır. Orijinal formda Cronbach alfa değerleri Fonksiyonel Aşı Okuryazarlığı alt boyutu için 0,8157, İletişimsel/Etkileşimsel Aşı Okuryazarlığı alt boyutu için 0,8814 ve Kritik Aşı Okuryazarlığı alt boyutu için 0,9021 olarak bildirilmiştir. Ölçek puanlanmasında toplam puan bulunmamakta olup; her bir alt boyut kendi içinde değerlendirilmektedir. Puanlama esnasında her bir soruya verilen yanıt toplanmakta ve soru sayısına bölünmektedir. Toplam puanın artması yüksek aşı okuryazarlığı olarak yorumlanmaktadır (Biasio ve ark 2020).

Ölçek tamamına ait cronbach α değeri: 0,876

İşlevsel Aşı Okuryazarlığı alt boyutu için cronbach α değeri: 0,900

Etkileşimsel/İletişimsel Aşı Okuryazarlığı alt boyutu için cronbach α değeri: 0,827

Eleştirel Aşı Okuryazarlığı alt boyutu için cronbach α değeri: 0,810

Bu araştırmada yapılan güvenilirlik analizinde ise Cronbach alfa katsayıları:

Fonksiyonel alt boyut: 0,865

İletişimsel alt boyut: 0,883

Eleştirel alt boyut: 0,921

olarak bulunmuş ve ölçeğin yüksek derecede güvenilir olduğu belirlenmiştir.

Araştırmanın türü

Bu araştırma, belirli bir zaman diliminde anket yöntemiyle toplanan sayısal veriler kullanılarak gerçekleştirildiği için nicel bir araştırmadır. Verilerin tek bir zaman diliminde toplanmış olması nedeniyle çalışma kesitsel bir araştırma olarak sınıflandırılmıştır. Örneklem seçiminde belirli bir tabakaya ayrılmadan, araştırmaya katılmayı kabul eden bireyler üzerinden çalışma yürütüldüğü için kolayda örnekleme yöntemi kullanılmıştır.

Araştırmanın yapıldığı yer ve zaman

Araştırma Konya ili merkez ilçelerinde 20.03.2025-20.12.2025 tarihleri arasında yürütülmüştür.

Araştırmanın Evren ve Örneklemi

Araştırmanın evrenini, Konya ili merkez ilçelerinde yaşayan 5 yaş altı çocuğu olan anneler oluşturdu. Kabul edilebilir örneklem büyüklüğü tablosuna göre %95 güven aralığı ve %5 hata payı ile 1,000,000 ve üzeri evren büyüklüğü için en az 384 bireye ulaşılması gerektiği belirtilmiştir (Coşkun ve ark 2015, Gürbüz ve Şahin 2018, Roasoft 2022). Araştırma kapsamında 400 kişiye ulaşılmıştır. Araştırmaya katılım gönüllülük esaslı olup kriterlere uymayan kişiler araştırmaya dahil edilmemiştir. Eksik veya hatalı doldurulan 10 anket analiz dışı bırakılarak analizler 390 katılımcı üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Araştırmaya alınma kriterleri:

Bu araştırmaya katılacak annelerin aşağıdaki kriterleri sağlaması gerekmektedir:

5 yaş altı (0-59 aylık) bir çocuğa sahip olmak.

Konya İl merkez ilçelerinde ikamet etmek.

Türkçe dilini anlayabilmek ve konuşabilmek.

Araştırmaya gönüllü olarak katılmayı kabul etmek ve bilgilendirilmiş onam formunu imzalamak.

Araştırmaya alınmama kriterleri:

Aşağıdaki kriterleri sağlayan anneler araştırmaya dahil edilmeyecektir:

5 yaşından büyük (60 ay ve üzeri) çocuğu olmak.

Konya İl merkez ilçelerinde dışında ikamet etmek.

Türkçe dilini anlayamamak veya konuşamamak.

Araştırmaya katılmayı reddetmek.

Ağır bir kronik hastalığa sahip olmak.

Araştırma başladıktan sonra çıkarılma kriterleri:

Araştırma başladıktan sonra aşağıdaki durumlarda anneler araştırma dışı bırakılacaktır:

Araştırma sürecinde herhangi bir nedenle (örneğin, taşınma, hastalık) araştırmaya devam edememek.

Araştırma protokolüne uymamak (örneğin, anketleri eksik doldurmak, görüşmelere katılmamak).

Araştırmacıya yanlış bilgi vermek.

Araştırmadan gönüllü olarak çekilmek istemek.

Araştırmacının gözlemi ile araştırmanın gidişatını bozacak davranışlar sergilemek.

Verilerin toplanması

Araştırma verileri, nicel araştırma yöntemleri çerçevesinde, yüz yüze anket tekniği ve dijital veri toplama kolaylığı sağlayan Google Forms uygulaması aracılığıyla toplanmıştır. Katılımcılara ulaşmada, zaman ve maliyet tasarrufu sağlayan kolayda örneklem yöntemi tercih edilmiştir.

Veri toplama sürecinde temel ölçme aracı olarak kullanılan Aşı Okuryazarlığı Ölçeği, katılımcıların aşıyla ilgili bilgilere erişme, anlama ve değerlendirme kapasitelerini ölçmek üzere tasarlanmış toplam 14 maddeden oluşmaktadır. Ölçek; "İşlevsel Sağlık Okuryazarlığı", "İletişimsel Sağlık Okuryazarlığı" ve "Eleştirel Sağlık Okuryazarlığı" olmak üzere üç temel alt boyutu kapsamaktadır. Maddeler, 1'den (Hiçbir zaman) 4'e (Çoğu zaman) kadar derecelendirilen 4'lü Likert tipinde yapılandırılmıştır. Veri toplama aşamasında etik ilkelere bağlı kalınarak, katılımcılara araştırmanın amacı hakkında bilgi verilmiş ve katılımda gönüllülük esası gözetilmiştir. Araştırma kriterlerine uymayan veya eksik/hatalı veri girişi yapılan 10 anket formu analiz dışı tutulmuş; nihai analizler 390 geçerli veri seti üzerinden tamamlanmıştır. Toplanan verilerin bu örneklem grubundaki güvenirliğini belirlemek amacıyla yapılan analizlerde, ölçeğin tüm alt boyutları için Cronbach Alfa katsayılarının 0,80'in üzerinde (İşlevsel: 0,865; İletişimsel: 0,883; Eleştirel: 0,921) olduğu saptanmış ve ölçeğin yüksek derecede güvenilir olduğu teyit edilmiştir.

Araştırmanın etik ilkeleri

Bu araştırma, "Helsinki Deklarasyonu" prensiplerine ve bilimsel araştırma yayın etiği kurallarına tam uyum içerisinde yürütülmüştür. Araştırma sürecinde aşağıdaki etik prosedürler takip edilmiştir:

Kurumsal Onay: Araştırmanın gerçekleştirilebilmesi için Selçuk Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 26.03.2025 tarihli ve 2025/326 sayılı kararı ile etik onay alınmıştır.

Aydınlatılmış Onam: Veri toplama aşamasında, anket formunun başında araştırmanın amacını, verilerin kullanım amacını ve gizlilik esaslarını içeren bir "Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu" yer almıştır. Katılımcıların (annelerin) çalışmaya dahil edilmeden önce bu formu okuyup onaylamaları sağlanmıştır.

Gönüllülük ve Gizlilik: Katılımcıların araştırmaya katılımında tamamen gönüllülük esası gözetilmiştir. Katılımcılardan isim, T.C. kimlik numarası gibi kişisel bilgiler talep edilmemiş; elde edilen veriler tamamen anonim tutularak sadece bilimsel amaçlar doğrultusunda analiz edilmiştir.

Çıkar Çatışması: Araştırma kapsamında herhangi bir kurum veya kuruluş ile çıkar çatışması bulunmadığı beyan edilmiştir.

Verilerin değerlendirilmesi

Veriler SPSS 27.0 Paket programında analiz edilmiştir. Verilerin normal dağılıma uygun olup olmadığını incelemek için çarpıklık ve basıklık (Skewnees-Kurtosis) katsayılarına bakılmıştır. Elde edilen çarpıklık ve basıklık değerlerinin kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu görülmüş

ve örneklem büyüklüğünün yüksek olması (n=390) da dikkate alınarak alt boyut puanlarının normal dağılım gösterdiği kabul edilmiştir. Bu doğrultuda analizlerde parametrik testler kullanılmıştır. İki grup karşılaştırmasında t testi ve ikiden daha fazla grup karşılaştırmasında ise ANOVA testi uygulanmıştır.

Bu sonuçların -1 ile +1 aralığında olmasının normal dağılım gösterdiği şeklinde yorumlanması gerekmektedir (George ve Mallery 2001, Leech ve ark 2005). Bu bağlamda araştırmada kullanılan Aşı Sağlık Okuryazarlığı Ölçeği alt boyut puanlarının dağılım özellikleri çarpıklık ve basıklık katsayıları ile incelenmiştir. İletişimsel alt boyut için çarpıklık katsayısı −0,045 ve basıklık katsayısı −0,829 olarak bulunmuştur. İşlevsel alt boyut için çarpıklık katsayısı −0,512 ve basıklık katsayısı 0,035'tir. Eleştirel alt boyut için ise çarpıklık katsayısı −0,089 ve basıklık katsayısı −1,282 olarak hesaplanmıştır. ("Eleştirel alt boyutta basıklık değeri-1.282 olmakla birlikte, örneklem büyüklüğünün yüksek olması (n=390) ve literatürde ±1.5 veya ±2 sınırlarının kabul edilebilir görülmesi nedeniyle dağılım yaklaşık normal kabul edilmiştir."). Araştırmada yapılan güvenilirlik analizinde ölçeğin alt boyutlarına ilişkin Cronbach alfa katsayıları sırasıyla İşlevsel alt boyut için 0,865, İletişimsel alt boyut için 0,883 ve Eleştirel alt boyut için 0,921 olarak bulunmuştur. Elde edilen güvenirlik katsayılarının 0,80'in üzerinde olması, ölçeğin bu örneklem grubunda yüksek derecede güvenilir olduğunu göstermektedir.

Bu konudaki literatür bilgisine göre ilgili değerlerin 0,81≤ α ≤1,000 olması ölçeğin yüksek derecede güvenilir olduğunu göstermektedir (İslamoğlu ve Alnıaçık 2004).

Bulgular

Tablo 1. Katılımcıların sosyodemografik özellikleri

Değişkenler	**Sayı (n)**	**Yüzde (%)**
Yaş		
20-28 Yaş arası	123	31,5
29-33 Yaş arası	131	33,6
34+	136	34,9
Eğitim Durumu		
İlkokul	9	2,3
Ortaokul	55	14,1
Lise	100	25,6
Ön Lisans	35	9
Lisans	144	36,9
Lisansüstü ve doktora	47	12,1
Gelir Düzeyi		
Kötü	18	4,6
Orta	245	62,8
İyi	127	32,6
Çalışma Durumu		
Çalışıyorum	202	51,8
Çalışmıyorum	188	48,2
Çocuk sayısı		
1	210	53,8
2	135	34,6
3	36	9,2
4	9	2,3

5 yaş altı çocuk sayısı		
1	355	91
2	34	8,7
3	1	0,3
Toplam	**390**	**100**

Tablo 1'de katılımcıların sosyodemografik özelliklerine ilişkin frekans ve yüzde dağılımları sunulmuştur. Toplamda N=390 katılımcı üzerinden yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular aşağıda detaylandırılmıştır:

Yaş ve Eğitim Durumu: Katılımcıların yaş dağılımı incelendiğinde; en yüksek oran %34,9 (n=136) ile 34 yaş ve üzeri grupta görülmektedir. Bunu %33,6 (n=131) ile 29–33 yaş grubu ve %31,5 (n=123) ile 20–28 yaş grubu izlemektedir.

Örneklemin eğitim düzeyi değişkeni açısından; en yüksek payı %36,9 (n=144) ile lisans mezunları alırken, bunu %25,6 (n=100) ile lise mezunları takip etmektedir. Lisansüstü ve doktora düzeyinde eğitim alanların oranı ise %12,1 (n=47) olarak saptanmıştır.

Ekonomik Göstergeler ve Çalışma Durumu: Gelir düzeyi algısına yönelik veriler, katılımcıların büyük çoğunluğunun (%62,8, n=245) "orta" gelir grubunda yer aldığını göstermektedir. Gelir durumunu "iyi" olarak tanımlayanların oranı %32,6 (n=127) iken, "kötü" olarak tanımlayanlar %4,6 (n=18) ile en düşük paya sahiptir.

İstihdam durumu açısından örneklem; çalışanlar (%51,8) ve çalışmayanlar (%48,2) şeklinde birbirine yakın bir dağılım sergilemektedir.

Aile Yapısı ve Çocuk Sayısı: Katılımcıların çocuk sayılarına ilişkin dağılımlar incelendiğinde, tek çocuk sahibi olanların (%53,8, n=210) örneklem içerisinde çoğunluğu oluşturduğu görülmektedir. İki çocuk sahibi olanların oranı %34,6 (n=135) iken, üç ve üzeri çocuk sahipliği oranı toplamda %11,5'tir. Ayrıca, 5 yaş altı çocuğu olan katılımcıların büyük bir kısmının (%91, n=355) tek bir küçük çocuğa sahip olduğu verisi dikkat çekmektedir.

Tablo 2. Annelerin çocukluk çağı aşılarına ilişkin uygulamaları, bilgi kaynakları ve aşı kararlarına yönelik tanımlayıcı özellikleri

Değişkenler	**Sayı (n)**	**Yüzde (%)**
Aşı tamamlanma durumu		
Evet	256	65,6
Hayır	134	34,4
Bilgi edinme kaynakları		
Aile hekimi	146	37,5
Aile sağlığı merkezindeki ebeler, hemşireler	197	50,5
Televizyon, sosyal medya, gazete, dergi	29	7,4
Aile büyükleri (nene, dede)	18	4,6
Karar verici		
Anne	62	15,9
Baba	2	0,5
Ortak karar	323	82,8
Aile büyükleri (nene, dede)	3	0,8
Aşı reddi		
Evet	125	32,1
Hayır	265	67,9
Aşı reddi nedenleri?		

Aşıların başka ülkelerde üretilip zararlı olabileceği inancı	24	20,5
Olası yan etkiler	65	55,6
Bilgi eksikliği	28	23,9
Aşı okuryazarlığı kendine göre değerlendirme		
Aşılarla ilgili bilgim yeterlidir	129	33,1
Bazı şeyleri biliyorum ama yeterli değil	254	65,1
Hiç bilgim yok	7	1,8
Aşı yaptırma hakkı olmalı mıdır?		
Evet	250	64,1
Hayır	140	35,9
Toplam	**390**	**100**

Tablo 2'de araştırma kapsamında katılımcıların aşı uygulamalarına yönelik tutumları, bilgi edinme kanalları ve karar alma süreçleri analiz edilmiş; elde edilen bulgular detaylandırılmıştır. Aşılanma Durumu ve Bilgi Kaynakları: Katılımcıların %65,6'sının (n=256) aşılarını tamamladığı, %34,4'ünün (n=134) ise aşı sürecini tamamlamadığı saptanmıştır. Bilgi edinme kaynakları incelendiğinde, sağlık profesyonellerinin baskın rolü dikkat çekmektedir. Katılımcıların yarısından fazlası (%50,5) aile sağlığı merkezindeki ebe ve hemşireleri temel bilgi kaynağı olarak kullanırken, %37,5'i aile hekimlerini tercih etmektedir. Medya ve aile büyüklerinden bilgi edinme oranları ise toplamda %12'de kalarak ikincil planda yer almıştır. Karar Alma Mekanizmaları ve Aşı Reddi: Aşı uygulamalarına ilişkin karar verme sürecinde "ortak karar" mekanizmasının %82,8 (n=323) ile belirleyici olduğu görülmektedir. Tek başına karar verici olarak annelerin oranı %15,9 iken, babaların oranı %5 gibi oldukça düşük bir seviyede kalmıştır.

Örneklemin %32,1'i (n=125) aşı reddinde bulunduğunu beyan etmiştir. Aşı reddinin temel gerekçeleri arasında "olası yan etkiler" %55,6 ile ilk sırada yer almaktadır. Bunu %23,9 ile bilgi eksikliği ve %20,5 ile aşıların menşeine yönelik güvensizlik izlemektedir.

Aşı Okuryazarlığı ve Hukuki Algı: Katılımcıların aşı okuryazarlığına yönelik öz değerlendirmeleri incelendiğinde; çoğunluğun (%65,1, n=254) bilgisini "yeterli değil" olarak tanımladığı görülmüştür. Bilgisinin tamamen yeterli olduğunu düşünenlerin oranı ise %33,1'dir. Son olarak, katılımcıların %64,1'i (n=250) aşı yaptırmanın bir "hak" (seçim) olması gerektiğini savunurken, %35,9'u bu görüşe katılmamaktadır.

Tablo 3. Aşı okuryazarlığı alt boyut ortalama puanları

Alt Boyut	Ortalama
İşlevsel	1,9
İletişimsel	2,85
Eleştirel	3,02

Tablo 3'te katılımcıların aşı okuryazarlığı alt boyutlarına ilişkin ortalama puanları verilmiştir. İşlevsel alt boyut ortalaması 1,90, iletişimsel alt boyut ortalaması 2,85 ve eleştirel alt boyut ortalaması 3,02 olarak bulunmuştur. İşlevsel alt boyutta 1'e yaklaşmak yüksek düzeyi göstermektedir.

Tablo 4. Yaş gruplarına göre aşı okuryazarlığı ölçeğinin alt boyutlarının ortalamaları ve ANOVA analiz sonuçları

Ölçekler	Yaş	n	Ort.	Ss.	F	p / Post-Hoc
ASÖ_İŞLEVSEL	1. 20-28 yaş arası	123	2,0276	0,6669	3,407	**0,034**
	2. 29-33 yaş arası	131	1,8687	0,6165		Scheffe
	3. 34+	136	1,8265	0,6598		3>1
ASÖ_İLETİŞİMSEL	1. 20-28 yaş arası	123	2,4444	0,6824	0,663	0,516
	2. 29-33 yaş arası	131	2,7812	0,7007		
	3. 34+	136	3,0409	0,7883		
ASÖ_ELEŞTİREL	1. 20-28 yaş arası	123	2,1481	0,7749	3,231	**0,041**
	2. 29-33 yaş arası	131	2,9986	0,7704		Scheffe
	3. 34+	136	3,1942	0,7733		3>1

Tablo 4'te katılımcıların yaş gruplarına göre aşı sağlık okuryazarlığı alt boyutlarının ortalama puanları ve ANOVA analiz sonuçları verilmiştir.

İşlevsel aşı sağlık okuryazarlığı alt boyutunda yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur (F=3,407; p=0,034). Yapılan Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonucunda farkın 34 yaş ve üzeri grup ile 20–28 yaş grubu arasında olduğu belirlenmiştir (3>1).

İletişimsel aşı sağlık okuryazarlığı alt boyutunda yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (F=0,663; p=0,516).

Eleştirel aşı sağlık okuryazarlığı alt boyutunda yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur (F=3,231; p=0,041). Yapılan Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonucunda farkın 34 yaş ve üzeri grup ile 20–28 yaş grubu arasında olduğu belirlenmiştir (3>1).

Tablo 5. Katılımcıların eğitim durumuna göre aşı okuryazarlığı ortalamaları ve ANOVA analiz sonuçları

Ölçekler	Eğitim Durumu	n	Ort.	Ss.	F	Post-Hoc
ASÖ_İŞLEVSEL	1 İlkokul	9	2,3778	0,70317	10,054	<0,001 Scheffe
	2 Ortaokul	55	2,2109	0,59057		6>4,3,2,1
	3 Lise	100	1,996	0,51638		5>2
	4 Önlisans	35	2,0571	0,63166		
	5 Lisans	144	1,7958	0,63795		
	6 Yüksek Lisans ve Doktora	47	1,4766	0,7408		
ASÖ_İLETİŞİMSEL	1 İlkokul	9	2,4889	0,54874	12,232	<0,001 Games-Howell
	2 Ortaokul	55	2,5018	0,479		6>5,3,2,1
	3 Lise	100	2,632	0,55466		5>2
	4 Önlisans	35	3,0229	0,69582		
	5 Lisans	144	2,9417	0,81725		
	6 Yüksek Lisans ve Doktora	47	3,383	0,65651		
	Toplam	390	2,8503	0,72639		
ASÖ_ELEŞTİREL	1 İlkokul	9	3	0,57735	10,373	<0,001 Scheffe
	2 Ortaokul	55	2,6485	0,75473		6>2,5>2,4>2
	3 Lise	100	2,83	0,6955		6>3
	4 Önlisans	35	3,3048	0,70651		
	5 Lisans	144	3,0579	0,77382		
	6 Yüksek Lisans ve Doktora	47	3,5603	0,70918		

Tablo 5'te katılımcıların eğitim durumuna göre aşı sağlık okuryazarlığı alt boyutlarının karşılaştırılması amacıyla tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. İşlevsel aşı sağlık okuryazarlığı açısından eğitim durumuna göre yapılan analizde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir ($F=10,054$; $p<0,001$). Farkın hangi gruplardan kaynaklandığını belirlemek amacıyla yapılan Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonucunda yüksek lisans ve doktora mezunlarının işlevsel aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin ilkokul, ortaokul, lise ve önlisans mezunlarına göre daha yüksek olduğu (6>4,3,2,1) belirlenmiştir. Ayrıca lisans mezunlarının işlevsel aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin ortaokul mezunlarına göre daha yüksek olduğu (5>2) saptanmıştır.

İletişimsel aşı sağlık okuryazarlığı açısından yapılan analiz sonucunda da eğitim düzeyine göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir ($F=12,232$; $p<0,001$). Varyansların homojen olmaması nedeniyle yapılan Games-Howell analizi sonucunda yüksek lisans ve doktora mezunlarının iletişimsel aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin lisans, lise, ortaokul ve ilkokul mezunlarına göre daha yüksek olduğu (6>5,3,2,1) görülmüştür. Bunun yanı sıra önlisans ve lisans mezunlarının iletişimsel aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin ortaokul mezunlarına göre daha yüksek olduğu (4>2; 5>2) belirlenmiştir.

Eleştirel aşı sağlık okuryazarlığı açısından yapılan analizde de eğitim düzeyine göre anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir ($F=10,373$; $p<0,001$). Yapılan Scheffe çoklu karşılaştırma testi

sonucunda yüksek lisans ve doktora mezunlarının eleştirel aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin ortaokul ve lise mezunlarına göre daha yüksek olduğu (6>2, 6>3) görülmüştür. Ayrıca lisans ve önlisans mezunlarının eleştirel aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin ortaokul mezunlarına göre daha yüksek olduğu (5>2, 4>2) belirlenmiştir.

Tablo 6. Katılımcıların gelir düzeyine göre aşı okuryazarlığı alt boyutlarının karşılaştırılması ve ANOVA analiz sonuçları

Ölçekler	Gelir Düzeyi	n	Ort.	Ss.	F	p Post-Hoc
ASÖ_İŞLEVSEL	1. Kötü	18	2,7111	0,3376	21,257	<0,001 Games-Howell 3>2>1
	2. Orta	245	1,9404	0,5877		
	3. İyi	127	1,7197	0,7056		
ASÖ_İLETİŞİMSEL	1. Kötü	18	2,4444	0,3033	8,816	<0,001 Games-Howell 3>2>1
	2. Orta	245	2,7812	0,6471		
	3. İyi	127	3,0409	0,8579		
ASÖ_ELEŞTİREL	1. Kötü	18	2,1481	0,4744	15,708	<0,001 Games-Howell 3>2>1
	2.Orta	245	2,9986	0,7252		
	3.İyi	127	3,1942	0,8223		

Tablo 6'da katılımcıların gelir düzeyine göre aşı sağlık okuryazarlığı alt boyutlarının karşılaştırılması amacıyla tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır.

İşlevsel aşı sağlık okuryazarlığı açısından gelir düzeyine göre yapılan analizde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir (F=21,257; p<0,001). Varyansların homojen olmaması nedeniyle yapılan Games-Howell analizi sonucunda gelir düzeyi iyi olan bireylerin işlevsel aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin orta ve kötü gelir düzeyine sahip bireylere göre daha yüksek olduğu (3>2>1) belirlenmiştir.

İletişimsel aşı sağlık okuryazarlığı açısından yapılan analiz sonucunda da gelir düzeyine göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir (F=8,816; p<0,001). Yapılan Games-Howell analizi sonucunda gelir düzeyi iyi olan bireylerin iletişimsel aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin orta ve kötü gelir düzeyine sahip bireylere göre daha yüksek olduğu (3>2>1) saptanmıştır.

Eleştirel aşı sağlık okuryazarlığı açısından yapılan analizde de gelir düzeyine göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir (F=15,708; p<0,001). Games-Howell analizi sonucunda gelir düzeyi iyi olan bireylerin eleştirel aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin orta ve kötü gelir düzeyine sahip bireylere göre daha yüksek olduğu (3>2>1) belirlenmiştir.

Tablo 7. Katılımcıların çalışma durumuna göre aşı okuryazarlığı alt boyutlarının karşılaştırılması (Bağımsız Örneklem t Testi)

Ölçekler	Çalışma Durumu	n	Ort.	Ss.	t	p
ASÖ_İşlevsel	Çalışıyor	202	1,7347	0,6683	-5,518	<0,001
	Çalışmıyor	188	2,0862	0,5828		
ASÖ_İletişimsel	Çalışıyor	202	3,0485	0,8028	5,89	<0,001
	Çalışmıyor	188	2,6372	0,56274		

ASÖ_Eleştirel	Çalışıyor	202	3,1931	0,7802	4,591	<0,001
	Çalışmıyor	188	2,8404	0,7332		

Tablo 7'de katılımcıların çalışma durumuna göre aşı sağlık okuryazarlığı alt boyutlarının karşılaştırılması amacıyla bağımsız örneklemler t testi yapılmıştır. İşlevsel aşı sağlık okuryazarlığı açısından çalışma durumuna göre yapılan analizde çalışan ve çalışmayan bireyler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir (t=-5,518; p<0,001). Ortalama puanlar incelendiğinde çalışmayan bireylerin işlevsel aşı sağlık okuryazarlığı ortalamasının (Ort.=2 0862) çalışan bireylere göre (Ort.=1 7347) daha yüksek olduğu görülmektedir. İletişimsel aşı sağlık okuryazarlığı açısından yapılan analiz sonucunda da çalışan ve çalışmayan bireyler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir (t=5,890; p<0,001). Ortalama puanlara göre çalışan bireylerin iletişimsel aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin (Ort.=3 0485) çalışmayan bireylere göre (Ort.=2 6372) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Eleştirel aşı sağlık okuryazarlığı açısından yapılan analizde de çalışan ve çalışmayan bireyler arasında anlamlı bir fark olduğu görülmüştür (t=4,591; p<0,001). Ortalama puanlar incelendiğinde çalışan bireylerin eleştirel aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin (Ort.=3 1931) çalışmayan bireylere göre (Ort.=2 8404) daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Tablo 8. Katılımcıların çocuk sayısına göre aşı okuryazarlığı alt boyutlarının karşılaştırılması ve ANOVA analiz sonuçları

Ölçekler	Çocuk Sayısı	n	Ort.	Ss.	F	p Post-Hoc
ASÖ_İŞLEVSEL	1	210	1,8933	0,6588	0,365	0,779
	2	135	1,9141	0,6047		
	3	36	1,9722	0,7755		
	4	9	1,7333	0,7141		
ASÖ_İLETİŞİMSEL	1	210	2,9714	0,6663	4,59	0,004 Scheffe 1>2
	2	135	2,6963	0,795		
	3	36	2,7056	0,7147		
	4	9	2,9111	0,5925		
ASÖ_ELEŞTİREL	1	210	3,0857	0,7661	1,639	0,18
	2	135	2,9086	0,788		
	3	36	3,037	0,7999		
	4	9	3,2222	0,7772		

Tablo 8'de katılımcıların çocuk sayısına göre aşı sağlık okuryazarlığı alt boyutlarının karşılaştırılması amacıyla tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. İşlevsel aşı sağlık okuryazarlığı açısından çocuk sayısına göre yapılan analizde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (F=0,365; p=0,779). Bu sonuç, katılımcıların sahip oldukları çocuk sayısının işlevsel aşı sağlık okuryazarlığı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını göstermektedir. İletişimsel aşı sağlık okuryazarlığı açısından yapılan analiz sonucunda ise çocuk sayısına göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir (F=4,590; p=0,004). Farkın hangi gruplardan kaynaklandığını belirlemek amacıyla yapılan Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonucunda bir çocuğa sahip bireylerin iletişimsel aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin iki çocuğa sahip bireylere göre daha yüksek olduğu (1>2) belirlenmiştir. Eleştirel aşı sağlık okuryazarlığı açısından yapılan analizde ise çocuk sayısına göre gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (F=1,639; p=0,180).

Bu bulgu, çocuk sayısının eleştirel aşı sağlık okuryazarlığı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını göstermektedir.

Tablo 9. Katılımcıların aşı tamamlanma durumuna göre aşı okuryazarlığı alt boyutlarının karşılaştırılması (Bağımsız Örneklem t Testi)

Ölçekler	Tamamlanma durumu	n	Ort.	Ss.	t	p
ASÖ_İşlevsel	Evet	256	1,8555	0,6453	-2,045	0,042
	Hayır	134	1,997	0,6567		
ASÖ_İletişimsel	Evet	256	2,832	0,7643	-0,72	0,472
	Hayır	134	2,8851	0,649		
ASÖ_Eleştirel	Evet	256	2,9831	0,8123	-1,472	0,142
	Hayır	134	3,0995	0,7021		

Tablo 9'da katılımcıların aşı tamamlanma durumuna göre aşı sağlık okuryazarlığı alt boyutlarının karşılaştırılması amacıyla bağımsız örneklemler t testi yapılmıştır. İşlevsel aşı sağlık okuryazarlığı açısından yapılan analizde aşılarını tamamlayan bireyler ile tamamlamayan bireyler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir (t=-2,045; p=0,042). Ortalama puanlar incelendiğinde aşılarını tamamlamayan bireylerin işlevsel aşı sağlık okuryazarlığı ortalamalarının (Ort.=1 9970) aşılarını tamamlayan bireylere göre (Ort.=1 8555) daha yüksek olduğu görülmektedir.

İletişimsel aşı sağlık okuryazarlığı açısından yapılan analiz sonucunda ise aşı tamamlanma durumuna göre gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (t=-0,720; p=0,472). Eleştirel aşı sağlık okuryazarlığı açısından yapılan analizde de aşı tamamlanma durumuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir (t=-1,472; p=0,142). Bu bulgular, aşı tamamlanma durumunun yalnızca işlevsel aşı sağlık okuryazarlığı boyutu üzerinde anlamlı bir farklılık oluşturduğunu, iletişimsel ve eleştirel aşı sağlık okuryazarlığı üzerinde ise anlamlı bir etkisinin bulunmadığını göstermektedir.

Tablo 10. Katılımcıların aşılar hakkında bilgi kaynağına göre aşı okuryazarlığı alt boyutlarının karşılaştırılması ve ANOVA analiz sonuçları

Bilgi kaynakları	n	Ort.	Ss.	F	p	Post-Hoc
ASÖ-İşlevsel alt boyutu						Games-Howell
1.Aile hekimi	146	1,7616	0,6343			1>3,4
2.ASM ebeleri / hemşireler	197	1,8843	0,5948	16,051	<0,001	2>4 ,3>4
3.Televizyon / sosyal medya / basın	29	2,2552	0,8087			
4.Aile büyükleri	18	2,7111	0,2398			
ASÖ – İletişimsel Alt Boyutu						Games-Howell
1.Aile hekimi	146	2,8356	0,832			1>3,4
2.ASM ebeleri / hemşireler	197	2,8487	0,6782	4,672	0,003	2>3,4 3>4
3.Televizyon / sosyal medya / basın	29	3,2069	0,5168			
4.Aile büyükleri	18	2,4111	0,0471			

ASÖ – Eleştirel Alt Boyutu						Games-Howell
1.Aile hekimi	146	3,1438	0,8164	10,552	<0,001	1>4
2.ASM ebeleri / hemşireler	197	3,0271	0,7302			2>4 3>4
3.Televizyon / sosyal medya / basın	29	2,9655	0,7418			
4.Aile büyükleri	18	2,0926	0,1915			

Tablo 10'da katılımcıların aşılar hakkında bilgi edindikleri kaynağa göre aşı sağlık okuryazarlığı alt boyutlarının karşılaştırılması amacıyla tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. İşlevsel aşı sağlık okuryazarlığı alt boyutu açısından yapılan analizde bilgi kaynaklarına göre gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir (F=16,051; p<0,001). Varyansların homojen olmaması nedeniyle yapılan Games-Howell analizi sonucunda aile hekiminden bilgi alan bireylerin işlevsel aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin televizyon/sosyal medya/basın ve aile büyüklerinden bilgi alan bireylere göre daha yüksek olduğu (1>3,4) belirlenmiştir. Ayrıca ASM ebe ve hemşirelerinden bilgi alan bireylerin işlevsel aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin aile büyüklerinden bilgi alan bireylere göre daha yüksek olduğu (2>4) ve televizyon/sosyal medya/basın kaynaklarını kullanan bireylerin işlevsel aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin aile büyüklerinden bilgi alan bireylere göre daha yüksek olduğu (3>4) saptanmıştır. İletişimsel aşı sağlık okuryazarlığı alt boyutu açısından yapılan analizde de bilgi kaynaklarına göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir (F=4,672; p=0,003). Yapılan Games-Howell analizi sonucunda aile hekimi ve ASM ebe/hemşirelerinden bilgi alan bireylerin iletişimsel aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin televizyon/sosyal medya/basın ve aile büyüklerinden bilgi alan bireylere göre daha yüksek olduğu (1>3,4; 2>3,4) belirlenmiştir. Ayrıca televizyon/sosyal medya/basın kaynaklarını kullanan bireylerin iletişimsel aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin aile büyüklerinden bilgi alan bireylere göre daha yüksek olduğu (3>4) görülmüştür. Eleştirel aşı sağlık okuryazarlığı alt boyutu açısından yapılan analiz sonuçları incelendiğinde bilgi kaynaklarına göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir (F=10,552; p<0,001). Games-Howell analizi sonucunda aile hekimi, ASM ebe/hemşireleri ve televizyon/sosyal medya/basın kaynaklarından bilgi alan bireylerin eleştirel aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin aile büyüklerinden bilgi alan bireylere göre daha yüksek olduğu (1>4; 2>4; 3>4) saptanmıştır. Özellikle sağlık profesyonellerinden alınan bilgilerin bireylerin aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerini olumlu yönde etkilediği görülmektedir.

Tablo 11. Katılımcıların aşı karar vericisine göre aşı okuryazarlığı alt boyutlarının karşılaştırılması ve ANOVA analiz sonuçları

Ölçekler	Karar verici	n	Ort.	Ss.	F	p	Post-Hoc
ASÖ_İŞLEVSEL	1.Anne	62	2,3806	0,7593	15,587	<0,001	Games-Howell
	2. Baba	2	2,2	1,697			3>1
	3.Ortak karar	323	1,8068	0,5824			
	4.Aile büyükleri	3	2,3333	0,3055			
ASÖ_İLETİŞİMSEL	1.Anne	62	2,8484	0,6495	1,236	0,296	
	2.Baba	2	3,3	0,1414			
	3.Ortak karar	323	2,8545	0,7425			
	4.Aile büyükleri	3	2,1333	0,1154			
ASÖ_ELEŞTİREL	1.Anne	62	2,7366	0,801	4,448	0,004	Scheffe
	2.Baba	2	3,3333	0,9428			3>1

	3.Ortak karar	323	3,0826	0,7609		
	4.Aile büyükleri	9	2,3333	0,7772		

Tablo 11'da katılımcıların aşı konusunda karar verici durumlarına göre aşı okuryazarlığı alt boyutlarının karşılaştırılması amacıyla tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. İşlevsel aşı sağlık okuryazarlığı açısından yapılan analiz sonucunda karar verici grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir (F=15,587; p<0,001). Varyansların homojen olmaması nedeniyle yapılan Games-Howell analizi sonucunda aşı kararının ortak alındığı bireylerin işlevsel aşı okuryazarlığı düzeylerinin yalnızca annenin karar verici olduğu bireylere göre daha yüksek olduğu (3>1) belirlenmiştir. İletişimsel aşı sağlık okuryazarlığı açısından yapılan analizde ise karar verici grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (F=1,236; p=0,296). Bu bulgu, aşı kararını veren kişinin iletişimsel aşı okuryazarlığı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Eleştirel aşı sağlık okuryazarlığı açısından yapılan analiz sonuçlarına göre karar verici grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir (F=4,448; p=0,004). Yapılan Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonucunda aşı kararının ortak alındığı bireylerin eleştirel aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin yalnızca annenin karar verici olduğu bireylere göre daha yüksek olduğu (3>1) saptanmıştır.

Tablo 12. Katılımcıların aşı reddi durumuna göre aşı okuryazarlığı alt boyutlarının karşılaştırılması (Bağımsız Örneklem t Testi)

Ölçekler	Reddetme Durumu	n	Ort.	Ss.	t	p
ASÖ_İŞLEVSEL_MEAN	Evet (reddetti)	125	2,856	0,632	-5,152	<0,001
	Hayır (reddetmedi)	265	3,209	0,631		
ASÖ_İLETİŞİMSEL_MEAN	Evet(reddetti)	125	2,822	0,621	-0,561	0,575
	Hayır (reddetmedi)	265	2,863	0,772		
ASÖ_ELEŞTİREL_MEAN	Evet(reddetti)	125	2,923	0,737	-0,561	0,08
	Hayır (reddetmedi)	265	3,07	0,792		

Tablo 12'de katılımcıların aşı reddi durumları ile işlevsel, iletişimsel ve eleştirel aşı sağlık okuryazarlığı düzeyleri arasındaki farklar T-testi ile incelenmiştir.

İşlevsel Okuryazarlık:

Reddeden katılımcıların işlevsel okuryazarlık ortalaması (2,856 ± 0,632), reddetmeyen katılımcılardan (3,209 ± 0,631) anlamlı derecede düşük bulunmuştur (t =-5,152; p <0,001). Bu sonuç, işlevsel okuryazarlık düzeyi yüksek olan bireylerin aşı reddi davranışı sergileme olasılığının azaldığını göstermektedir. İşlevsel okuryazarlık, bireylerin temel aşı bilgilerini anlama ve kullanma kapasitesini ölçtüğü için, bu fark mantıksal olarak da desteklenmektedir.

İletişimsel Okuryazarlık:

Reddedenler ile reddetmeyenler arasında iletişimsel okuryazarlık ortalamaları açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır (t =-0,561; p = 0,575). Bu durum, bireylerin aşı ile ilgili bilgiyi sosyal etkileşimler veya iletişim yoluyla edinme becerilerinin, aşı reddi davranışını doğrudan etkilemediğini düşündürmektedir.

Eleştirel Okuryazarlık:

Eleştirel okuryazarlık düzeyinde reddedenler (2,923 ± 0,737) ile reddetmeyenler (3,070 ± 0,792) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır (t =-0,561; p = 0,080). Her ne kadar reddetmeyenlerin ortalama puanı biraz daha yüksek olsada, bu fark istatistiksel anlamlılığa ulaşmamıştır. Bu bulgu, bireylerin eleştirel değerlendirme yeteneklerinin tek başına aşı reddi davranışını belirlemede yeterli bir gösterge olmadığını işaret etmektedir.

Elde edilen bulgular, işlevsel aşı sağlık okuryazarlığının aşı reddi davranışı üzerinde belirleyici bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Buna karşın iletişimsel ve eleştirel okuryazarlık düzeyleri, bu davranış üzerinde anlamlı bir fark yaratmamaktadır. Bu sonuç, halk sağlığı politikaları ve aşı bilgilendirme programlarının, özellikle işlevsel okuryazarlığı artırmaya odaklanmasının önemini vurgulamaktadır.

Tablo 13. Katılımcıların aşı reddi nedenlerine göre aşı okuryazarlığı alt boyutlarının karşılaştırılması ve ANOVA analiz sonuçları

Aşı reddi nedenleri	n	Ort.	Ss.	F	p	Post-Hoc
ASÖ – Eleştirel Alt Boyutu						Scheffe
1.Aşıların başka ülkelerde üretilip zararlı olabileceği inancı	24	3,125	0,7408	4,509	0,013	1>3
2.Olası yan etkiler	65	2,9487	0,6801			
3.Bilgi eksikliği	28	2,5595	0,77			
ASÖ – İletişimsel Alt Boyutu						
1.Aşıların başka ülkelerde üretilip zararlı olabileceği inancı	24	2,7083	0,6977	2,682	0,073	
2.Olası yan etkiler	65	2,9108	0,6021			
3.Bilgi eksikliği	28	2,6143	0,5219			
ASÖ – İşlevsel Alt Boyutu						Scheffe
1.Aşıların başka ülkelerde üretilip zararlı olabileceği inancı	24	1,8417	0,6378	8,239	<0,001	1>3
2.Olası yan etkiler	65	2,1631	0,5872			2>3
3.Bilgi eksikliği	28	2,5071	0,559			

Tablo 13'de katılımcıların aşı reddi nedenleri ile aşı sağlık okuryazarlığının alt boyutları (eleştirel, iletişimsel ve işlevsel) arasındaki farklar ANOVA testi ile incelenmiştir. Aşağıda alt boyutlara göre elde edilen bulgular özetlenmiştir:

Eleştirel Okuryazarlık Alt Boyutu:

ANOVA sonucuna göre, aşı reddi nedenleri açısından eleştirel okuryazarlık puanları arasında anlamlı fark saptanmıştır (F = 4,509; p = 0,013). Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonucunda ile yapılan karşılaştırmalar, "Aşıların başka ülkelerde üretilip zararlı olabileceği inancı" grubunun eleştirel okuryazarlık ortalamasının (3,1250 ± 0 7408), "Bilgi eksikliği" grubuna (2,5595 ± 0 7700) göre anlamlı derecede yüksek olduğunu göstermiştir (1> 3).

İletişimsel Okuryazarlık Alt Boyutu:

ANOVA sonucu F = 2,682; p = 0,073 ile istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

İşlevsel Okuryazarlık Alt Boyutu:

İşlevsel okuryazarlık puanları açısından aşı reddi nedenleri arasında anlamlı farklılık gözlenmiştir (F = 8,239; p <0,001). Scheffe çoklu karşılaştırma testi ile yapılan karşılaştırmalara göre:

"Aşıların başka ülkelerde üretilip zararlı olabileceği inancı" grubunun ortalaması (1,8417 ± 0 6378) "Bilgi eksikliği" grubundan (2,5071 ± 0 5590) anlamlı şekilde düşüktür (1> 3).

"Olası yan etkiler" grubu (2,1631 ± 0 5872) da "Bilgi eksikliği" grubuna göre anlamlı derecede düşüktür (2> 3).

Tablo 14. Katılımcıların kendilerine göre değerlendirmesi ile yapılan aşı okuryazarlığı alt boyutlarının karşılaştırılması ve ANOVA analiz sonuçları

Ölçekler	Gelir Düzeyi	n	Ort.	Ss.	F	p Post-Hoc
ASÖ_İŞLEVSEL	1.Aşılarla ilgili bilgim yeterli	129	1,6124	0,7166	25,61	<0,001 Games-Howell 1>2,1>3,2>3
	2.Bazı şeyleri biliyorum ama yeterli değil	254	2,0307	0,5562		
	3.Hiç bilgim yok	7	2,6857	0,5757		
ASÖ_İLETİŞİMSEL	1.Aşılarla ilgili bilgim yeterli	129	3,1085	0,8591	12,95	<0,001 Games-Howell 1>2
	2.Bazı şeyleri biliyorum ama yeterli değil	254	2,7213	0,6155		
	3.Hiç bilgim yok	7	2,7714	0,5822		
ASÖ_ELEŞTİREL	**1.Aşılarla ilgili bilgim yeterli**	129	3,3101	0,8366	14,891	<0,001 Games-Howell 1>2
	2.Bazı şeyleri biliyorum ama yeterli değil	254	2,8714	0,7051		
	3.Hiç bilgim yok	7	3,2381	0,6862		

Tablo 14'de katılımcıların kendilerine göre aşı bilgisi düzeyleri ile aşı sağlık okuryazarlığının alt boyutları (işlevsel, iletişimsel, eleştirel) arasındaki farklar ANOVA testi ile analiz edilmiştir.

İşlevsel Okuryazarlık:

ANOVA sonuçları, kendine göre değerlendirme grupları arasında işlevsel okuryazarlık puanları açısından anlamlı farklılık olduğunu göstermektedir (F = 25,610; p <0,001).

Games-Howell testi sonuçları: "Aşılarla ilgili bilgim yeterli" grubu, "Bazı şeyleri biliyorum ama yeterli değil" ve "Hiç bilgim yok" gruplarına göre anlamlı şekilde daha yüksek puana sahiptir (1> 2, 1> 3). Ayrıca, "Bazı şeyleri biliyorum ama yeterli değil" grubu, "Hiç bilgim yok" grubuna göre anlamlı olarak yüksektir (2> 3). Katılımcıların kendi bilgilerini yeterli olarak değerlendirmeleri, işlevsel okuryazarlık düzeylerinin yüksek olmasını yansıtmaktadır; bilgi eksikliği olan bireylerde işlevsel okuryazarlık puanları anlamlı şekilde düşüktür.

İletişimsel Okuryazarlık:

ANOVA sonucu F = 12,950; p <0,001 ile gruplar arasında anlamlı fark görülmüştür.

Post-hoc analizde: "Aşılarla ilgili bilgim yeterli" grubu, "Bazı şeyleri biliyorum ama yeterli değil" grubuna göre anlamlı olarak daha yüksek puan almıştır (1> 2).

"Hiç bilgim yok" grubunun puanı (2 7714) 1. grup ile benzer seviyededir ve anlamlı fark göstermemektedir. Kendi bilgisi yeterli olarak değerlendiren katılımcılar, iletişimsel okuryazarlık açısından da daha yüksek beceriye sahiptir.

Eleştirel Okuryazarlık:

ANOVA sonuçları F = 14,891; p <0,001 ile gruplar arasında anlamlı fark olduğunu göstermektedir. Post-hoc analizde: "Aşılarla ilgili bilgim yeterli" grubu, "Bazı şeyleri biliyorum ama yeterli değil" grubuna göre anlamlı olarak daha yüksek puana sahiptir (1> 2).

İlginç şekilde, "Hiç bilgim yok" grubu (3 2381) eleştirel okuryazarlıkta orta düzeyde bir skor göstermektedir ve 2. grup ile anlamlı fark oluşturmamaktadır. Kendi bilgi düzeyini yeterli olarak değerlendiren katılımcılar, eleştirel okuryazarlık açısından da daha yüksek performans sergilemektedir; ancak bilgi eksikliği olan grup bazı durumlarda eleştirel beceriler açısından beklenenden daha yüksek skor gösterebilmektedir. Katılımcıların kendilerine göre bilgi düzeyi, işlevsel ve iletişimsel okuryazarlıkta açık bir şekilde fark yaratmaktadır.

Eleştirel okuryazarlıkta ise bazı durumlarda bilgi eksikliği olan bireylerin skorlarının görece yüksek olması, eleştirel düşünme yeteneğinin sadece öz değerlendirilmiş bilgi düzeyi ile açıklanamayacağını göstermektedir. Bu bulgular, aşı eğitim programlarının hem bilgi eksikliğini gidermeye hem de işlevsel ve iletişimsel becerileri geliştirmeye odaklanması gerektiğini ortaya koymaktadır.

SONUÇ

Bu araştırmada Konya ili merkez ilçelerinde yaşayan 5 yaş altı çocuğu olan annelerin aşı sağlık okuryazarlığı düzeyleri ve bu düzeylerin çeşitli sosyodemografik değişkenlerle ilişkisi incelenmiştir. Araştırma bulgularına göre katılımcıların aşı sağlık okuryazarlığı alt boyut ortalamaları incelendiğinde işlevsel aşı okuryazarlığı ortalamasının 1,90, iletişimsel aşı okuryazarlığı ortalamasının 2,85 ve eleştirel aşı okuryazarlığı ortalamasının 3,02 olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar annelerin aşılarla ilgili bilgileri anlama, değerlendirme ve kullanma becerilerinin farklı düzeylerde olduğunu göstermektedir. Literatürde aşı okuryazarlığının bireylerin aşı kararları üzerinde önemli bir etkisi olduğu ve aşı okuryazarlığı düzeyi arttıkça aşı tereddüdünün azaldığı ifade edilmektedir (Biasio 2017, Zhang ve ark 2023).

Araştırmada yaş gruplarına göre yapılan analiz sonucunda işlevsel ve eleştirel aşı sağlık okuryazarlığı alt boyutlarında yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir. Özellikle 34 yaş ve üzeri annelerin aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin daha genç yaş gruplarına göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Literatürde yapılan çalışmalar da yaşın artmasıyla birlikte bireylerin sağlıkla ilgili bilgiye ulaşma, bilgiyi değerlendirme ve sağlık kararları alma becerilerinin geliştiğini göstermektedir (Nutbeam 2000, Rowlands 2014). Yaşın artmasıyla birlikte ebeveynlik deneyiminin artması ve sağlık hizmetleri ile daha fazla etkileşim kurulması bu durumu açıklayabilir.

Araştırmada eğitim düzeyine göre yapılan analizlerde eğitim düzeyi arttıkça aşı sağlık okuryazarlığı düzeyinin de arttığı belirlenmiştir. Özellikle yüksek lisans ve doktora mezunu bireylerin aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin daha düşük eğitim düzeyine sahip bireylere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Literatürde yapılan birçok çalışmada eğitim düzeyinin sağlık okuryazarlığının en önemli belirleyicilerinden biri olduğu ifade edilmektedir (Nutbeam 2000, Ratzan 2011). Eğitim düzeyi arttıkça bireylerin sağlıkla ilgili bilgilere erişme, bu bilgileri anlama ve değerlendirme becerilerinin geliştiği bilinmektedir. Bu nedenle eğitim düzeyi yüksek bireylerin aşı okuryazarlığı düzeylerinin daha yüksek olması beklenen bir durumdur.

Gelir düzeyine göre yapılan analizlerde ise gelir düzeyi iyi olan bireylerin aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu literatürde yer alan

çalışmalarla paralellik göstermektedir. Sosyoekonomik düzeyin bireylerin sağlık hizmetlerine erişimini ve sağlık bilgilerine ulaşma imkanlarını etkilediği bilinmektedir (Ratzan 2011, Zhang ve ark 2023). Gelir düzeyi yüksek bireylerin sağlık hizmetlerinden daha fazla yararlanabilmeleri ve bilgi kaynaklarına daha kolay ulaşabilmeleri aşı okuryazarlığı düzeylerinin daha yüksek olmasını açıklayabilir.

Araştırmada çalışma durumuna göre yapılan analizlerde çalışan bireylerin iletişimsel ve eleştirel aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışan bireylerin sosyal çevrelerinin daha geniş olması, farklı bilgi kaynaklarıyla daha fazla etkileşim içerisinde bulunmaları ve sağlık hizmetleriyle daha fazla temas kurmaları bu durumu açıklayabilir. Literatürde de çalışan bireylerin sağlık okuryazarlığı düzeylerinin daha yüksek olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Zhang ve ark 2023).

Araştırmada aşılar hakkında bilgi edinilen kaynağa göre yapılan analizlerde sağlık profesyonellerinden bilgi alan bireylerin aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Özellikle aile hekimi ve aile sağlığı merkezlerinde görev yapan ebe ve hemşirelerden bilgi alan bireylerin aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Dünya Sağlık Örgütü sağlık çalışanlarının aşı kararları üzerinde en güvenilir bilgi kaynağı olduğunu vurgulamaktadır (World Health Organization 2019). Bu nedenle sağlık profesyonellerinden alınan doğru ve güvenilir bilgilerin bireylerin aşı okuryazarlığı düzeylerini artırdığı düşünülmektedir.

Araştırmada aşı kararının aile içinde ortak alınmasının bireylerin aşı sağlık okuryazarlığı düzeyleri üzerinde olumlu bir etkisi olabileceği görülmüştür. Aşı kararlarının aile içinde ortak şekilde alınması bireyler arasında bilgi paylaşımını artırarak daha bilinçli sağlık kararlarının alınmasına katkı sağlayabilir. Bu durum aile içi iletişimin sağlık davranışları üzerindeki etkisini göstermesi açısından önemli bir bulgu olarak değerlendirilebilir.

Genel olarak değerlendirildiğinde araştırma bulguları annelerin aşı sağlık okuryazarlığı düzeylerinin yaş, eğitim, gelir düzeyi, çalışma durumu ve bilgi kaynakları gibi çeşitli sosyodemografik faktörlerden etkilendiğini göstermektedir. Aşı okuryazarlığı düzeyinin artırılması, aşı tereddüdünün azaltılması ve toplumda bağışıklama oranlarının yükseltilmesi açısından önemli bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

Bu araştırmada Konya ili merkez ilçelerinde yaşayan 5 yaş altı çocuğu olan annelerin çocukluk çağı aşı okuryazarlığı düzeylerinin belirlenmesi ve bu düzeyin çeşitli sosyodemografik değişkenlerle ilişkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Aşı okuryazarlığı, bireylerin aşılar hakkında doğru bilgiye ulaşma, bu bilgileri anlama, değerlendirme ve sağlık kararlarına yansıtma becerilerini ifade etmektedir. Günümüzde aşı tereddüdü ve aşı reddi, küresel ölçekte önemli bir halk sağlığı sorunu olarak değerlendirilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), aşı tereddüdünü küresel sağlık için en önemli tehditlerden biri olarak tanımlamış ve bu durumun aşıyla önlenebilir hastalıkların yeniden ortaya çıkmasına yol açabileceğini belirtmiştir (World Health Organization 2019).

Araştırma bulgularına göre annelerin aşı okuryazarlığı düzeyinin genel olarak orta–yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir. Alt boyutlar incelendiğinde işlevsel ve eleştirel aşı okuryazarlığı düzeylerinin yüksek, iletişimsel aşı okuryazarlığı düzeyinin ise orta seviyede olduğu görülmüştür. Bu durum annelerin aşılarla ilgili temel bilgilere erişim ve bu bilgileri değerlendirme konusunda belirli bir yeterliliğe sahip olduklarını, ancak sağlık iletişimi süreçlerinde bu bilgileri kullanma becerilerinin görece daha sınırlı olabileceğini düşündürmektedir. Aşı okuryazarlığı kavramı, bireylerin sağlık bilgilerini değerlendirme ve sağlıkla ilgili doğru kararlar alma süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Biasio (2017) aşı okuryazarlığının bireylerin aşılara yönelik tutum ve davranışlarını etkileyen önemli bir faktör olduğunu ve aşı tereddüdünün azaltılmasında önemli bir rol oynayabileceğini belirtmektedir.

Araştırmada annelerin sosyodemografik özellikleri incelendiğinde yaş ve eğitim düzeyi ile aşı okuryazarlığı arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür. Özellikle yaşın artması ile birlikte işlevsel ve eleştirel aşı okuryazarlığı düzeylerinde artış olduğu belirlenmiştir. Bu durum yaş ilerledikçe bireylerin sağlık bilgilerine erişim deneyiminin artması ve sağlıkla ilgili konularda daha fazla bilgi birikimine sahip olmaları ile açıklanabilir. Literatürde de benzer sonuçlar yer almaktadır. Yang ve ark (2023) tarafından yapılan çalışmada bireylerin yaşlarının artması ile birlikte sağlık okuryazarlığı düzeylerinin de arttığı belirtilmiştir.

Araştırmada eğitim düzeyi ile aşı okuryazarlığı arasında anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Eğitim düzeyi yükseldikçe aşı okuryazarlığı düzeyinin arttığı görülmüştür. Eğitim düzeyi yüksek bireylerin sağlık bilgilerini anlama ve değerlendirme becerilerinin daha gelişmiş olduğu bilinmektedir. Nutbeam (2000) sağlık okuryazarlığını bireylerin sağlık bilgilerini elde etme, anlama ve kullanma kapasitesi olarak tanımlamış ve eğitim düzeyinin bu kapasite üzerinde önemli bir belirleyici olduğunu vurgulamıştır. Benzer şekilde Biasio ve ark (2020) tarafından geliştirilen aşı okuryazarlığı ölçeğinin kullanıldığı çalışmalarda da eğitim düzeyinin aşı okuryazarlığı üzerinde önemli bir etkisi olduğu ifade edilmektedir.

Araştırma kapsamında annelerin aşılar hakkında bilgi edinme kaynakları incelendiğinde en önemli bilgi kaynağının aile sağlığı merkezlerinde görev yapan ebe ve hemşireler olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu sağlık çalışanlarının aşı konusunda toplum için en güvenilir bilgi kaynaklarından biri olduğunu göstermektedir. Literatürde ebeveynlerin aşı kararlarında sağlık çalışanlarının önerilerinin önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir. MacDonald (2015) ebeveynlerin aşı kararlarını etkileyen en önemli faktörlerden birinin sağlık çalışanlarının önerileri olduğunu ifade etmektedir. Bu nedenle sağlık çalışanlarının ebeveynlere doğru ve güvenilir bilgi sağlaması aşı tereddüdünün azaltılmasında kritik bir rol oynamaktadır.

Araştırma bulgularına göre katılımcıların bir kısmının aşı reddinde bulunduğu ve aşı reddinin en önemli nedeninin olası yan etkilere yönelik kaygılar olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra bilgi eksikliği ve aşıların güvenilirliği ile ilgili endişelerin de aşı reddinde etkili olduğu görülmüştür. Dünya Sağlık Örgütü aşı tereddüdünün temel nedenleri arasında güven eksikliği, yanlış bilgi ve aşıların yan etkilerine yönelik kaygıların önemli bir yer tuttuğunu belirtmektedir (World Health Organization 2019). Özellikle internet ve sosyal medya platformlarında yayılan yanlış bilgilerin ebeveynlerin aşı kararlarını olumsuz etkileyebileceği bildirilmektedir (Moran ve ark 2016).

Araştırmada ayrıca annelerin önemli bir kısmının aşılarla ilgili bilgi düzeylerini "yeterli değil" olarak değerlendirdiği belirlenmiştir. Bu durum toplumda aşılar hakkında doğru ve güvenilir bilgilere erişimin artırılması gerektiğini göstermektedir. Sağlık okuryazarlığının geliştirilmesi bireylerin sağlıkla ilgili doğru kararlar alabilmeleri açısından büyük önem taşımaktadır. Ratzan (2011) sağlık okuryazarlığının bireylerin sağlık bilgilerine erişim ve bu bilgileri değerlendirme becerilerini geliştirdiğini ve bu sayede sağlık davranışlarını olumlu yönde etkilediğini belirtmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde bu araştırmanın sonuçları annelerin aşı okuryazarlığı düzeyinin orta–yüksek seviyede olduğunu ancak bazı annelerde aşı tereddüdü ve bilgi eksikliğinin devam ettiğini göstermektedir. Aşı okuryazarlığının artırılması, ebeveynlerin aşılarla ilgili doğru kararlar almasını destekleyebilir ve aşı reddinin azaltılmasına katkı sağlayabilir. Bu nedenle toplumda aşı okuryazarlığını artırmaya yönelik eğitim programlarının geliştirilmesi ve sağlık çalışanlarının bilgilendirme rolünün güçlendirilmesi önemli görülmektedir.

KAYNAKLAR

Argüt Yetim A, Gökçay G, 2016. Childhood vaccination and parental attitudes. Turkish Journal of Pediatrics, 58, 1-7.
Aygün A, Tortop H, 2020. Aşı tereddüdü ve ebeveyn tutumlarının değerlendirilmesi. Sağlık Bilimleri Dergisi, 29, 85-92.
Biasio LR, 2017. Vaccine literacy and vaccine hesitancy. Human Vaccines and Immunotherapeutics, 13, 701-702.
Biasio LR, Giambi C, Fadda G, Lorini C, 2020. Validation of the HLVa-IT: a tool to measure vaccine health literacy. Human Vaccines and Immunotherapeutics, 16, 2243-2250.
Biasio LR, Zanobini P, Lorini C, Bonaccorsi G, 2024. Perspectives in the development of tools to assess vaccine literacy. Vaccines (Basel), 12, 422.
Çavuşoğlu H, Erdem R, 2018. Çocukluk çağı bulaşıcı hastalıklarının önlenmesinde bağışıklamanın önemi. Türkiye Klinikleri Journal of Pediatrics, 27, 142-148.
Coşkun R, Altunışık R, Yıldırım E, 2015. Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri. Sakarya Kitabevi.
Damka D, 2022. Vaccine literacy and parental decision making. BMC Public Health, 22, 1024.
Damnjanović K, Graeber J, Ilić S, Lam WY, Lep Ž, Morales S, Pulkkinen P, Vingerhoets L, 2018. Parental decision-making on childhood vaccination. Frontiers in Psychology, 9, 735.
Dubé E, Vivion M, MacDonald N, 2015. Vaccine hesitancy, vaccine refusal and the anti-vaccine movement: influence, impact and implications. Human Vaccines and Immunotherapeutics, 11, 99-117.
Fokoun C, 2018. Strategies to address vaccine hesitancy and improve vaccine coverage. Journal of Public Health, 40, 455-462.
George D, Mallery P, 2001. SPSS for Windows step by step: a simple guide and reference. Allyn and Bacon.
Gürbüz S, Şahin F, 2018. Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri. Seçkin Yayıncılık.
İslamoğlu A, Alnıaçık Ü, 2004. Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri. Beta Yayınları.
Kagashe I, Massawe T, 2017. Factors influencing parents' decisions on childhood vaccination. BMC Public Health, 17, 45.
Kata A, 2011. Anti-vaccine activists, Web 2.0 and the postmodern paradigm. Vaccine, 29, 377-382.
Kömürlüoğlu A, Yalçın SS, 2024. Aşı tereddüdü ile mücadelede sağlık okuryazarlığının rolü. Türkiye Halk Sağlığı Dergisi, 22, 45-55.
Leech N, Barrett K, Morgan G, 2005. SPSS for intermediate statistics. Lawrence Erlbaum.
MacDonald N, 2015. Vaccine hesitancy: definition, scope and determinants. Vaccine, 33, 4161-4164.
Moran M, Lucas M, Everhart K, Morgan A, Prickett E, 2016. What makes anti-vaccine websites persuasive? Vaccine, 34, 5311-5317.
Nutbeam D, 2000. Health literacy as a public health goal. Health Promotion International, 15, 259-267.
Raosoft, 2022. Sample size calculator. Erişim tarihi, 08 Mart 2026. Erişim adresi, https://www.raosoft.com/samplesize.html
Ratzan S, 2011. Vaccine literacy: a new concept in health communication. Journal of Health Communication, 16, 15-18.
Rowlands G, 2014. Health literacy and vaccination. Vaccine, 32, 4709-4711.
Sağlık Bakanlığı, 2018. Sağlık istatistikleri yıllığı. T.C. Sağlık Bakanlığı, Ankara.
Şahin MA, Baran Aksakal FN, 2022. Aşı okuryazarlığı. SOYD, 3, 175-179.
Smith PJ, Kennedy AM, Wooten K, Gust D, Pickering L, 2010. Association between health care providers' influence and vaccination acceptance. Pediatrics, 125, 144-152.

Vrdelja M, Učakar V, 2018. Understanding vaccination decision making among parents. Vaccine, 36, 6519-6525.
WHO, 2017. Immunization coverage. WHO, Geneva.
WHO, 2019. Ten threats to global health in 2019. WHO, Geneva.
WHO, 2024. Global measles update. WHO, Geneva.
Yang L, Fu C, Zhang X, 2023. Vaccine literacy and vaccination behavior. BMC Public Health, 23, 112.
Yiğit T, Yıldız A, Demir B, 2020. Çocukluk çağı aşılarının önemi ve bağışıklama programları. Türk Pediatri Arşivi, 55, 324-330.
Yorulmaz DS, Koçoğlu-Tanyer D, 2024. Vaccine literacy and public health communication. Public Health Nursing, 41, 112-118.
Zhang X, Chen Y, Li J, 2023. Health literacy and vaccine acceptance. International Journal of Environmental Research and Public Health, 20, 3321.

GEOECONOMIC FRAGMENTATION AND THE TRANSFORMATION OF GLOBAL VALUE CHAINS: IMPLICATIONS FOR EXTERNAL BALANCES IN DEVELOPING COUNTRIES AND LESSONS FOR TÜRKİYE

Asst. Prof. Dr. Fehime Günbegi
Balıkesir University, Bigadiç Vocational School
Department of Finance, Banking and Insurance

1. ABSTRACT

Global value chains (GVCs) connect production stages across countries, enabling firms to combine specialized inputs, knowledge, and market access. Geopolitical tensions, trade restrictions, pandemic-related disruptions, and climate regulation have nevertheless increased the importance of security and resilience in cross-border production decisions. This study examines how geoeconomic fragmentation may affect the external balances of developing economies and evaluates the implications for Türkiye. It uses a qualitative, explanatory, and comparative synthesis of academic research and institutional publications, supplemented by selected official indicators. The analysis distinguishes changes in gross trade from domestic value added and separates current-account outcomes from the financial flows that fund external positions. Five interconnected channels are identified: trade costs and market access, foreign direct investment, portfolio financing, exchange-rate and debt exposure, and technological upgrading. For Türkiye, integration with European production networks and geographical proximity create potential opportunities, while imported-input dependence, financing conditions, and carbon-intensive production may constrain the gains. The evidence supports selective reconfiguration of trade and investment relationships rather than a uniform withdrawal from globalization. Policy priorities include maintaining predictable market access, strengthening domestic supplier capabilities, attracting productive investment, improving emissions measurement and industrial efficiency, and reducing financial vulnerabilities. The study offers a conditional policy assessment; it does not estimate a causal effect of fragmentation on Türkiye's current account.

Keywords: Geoeconomic fragmentation, global value chains, external balance, foreign direct investment, Türkiye

2. INTRODUCTION

International production increasingly combines activities carried out in several economies. A manufactured export may embody imported components, foreign technology, domestic assembly, and services supplied by multiple firms. This organization creates opportunities for developing countries to enter international production without building an entire industry domestically. It also exposes producers to disruptions originating outside their own markets. Antràs (2020) explains why GVC participation must be understood through the organization of production rather than trade volumes alone, while Antràs and Chor (2022) connect firms' sourcing decisions to the broader structure of international production.

The conditions supporting these networks have become less predictable. Trade disputes, export restrictions, geopolitical conflict, and disruptions during the COVID-19 pandemic have encouraged firms and governments to reconsider concentrated supply relationships. Security concerns may affect both the location of production and the availability of technology and finance. Geoeconomic fragmentation describes a policy-driven weakening or redirection of economic integration associated with strategic considerations; its consequences extend beyond the exchange of final goods (Aiyar et al., 2023).

For developing economies, the relevant question is how this reorganization changes their capacity to earn foreign exchange, finance investment, and manage external liabilities. A country can receive orders diverted from another supplier while simultaneously facing higher costs for imported energy or machinery. It can attract new investment while remaining dependent on external financing. Consequently, larger exports or additional FDI do not independently demonstrate an improvement in external sustainability.

Türkiye provides a useful case because its industrial production is closely connected to European markets. Geographical proximity, manufacturing capabilities, and established trade relationships can support participation in reorganized supply networks. However, these advantages must be evaluated together with technological capabilities, imported-input requirements, institutional predictability, and environmental standards. The World Bank's country economic memorandum identifies scope for moving Türkiye toward higher-value activities within GVCs (World Bank, 2022a).

The study asks: Through which mechanisms can geoeconomic fragmentation affect the external balances of developing economies, and under what conditions could Türkiye benefit from changing production networks? Its contribution is an integrated framework linking trade and investment reconfiguration to domestic value added and financial exposure. The discussion proceeds through a conceptual framework, a transparent account of the method and comparative analysis, and a joint conclusion and policy discussion.

3. CONCEPTUAL FRAMEWORK

3.1. Global Value Chains, Governance, and Domestic Value Added

The expansion of GVCs reflects declining coordination costs as well as differences in production capabilities and factor prices. Baldwin (2016) describes how information technology made it easier to coordinate production across borders. Grossman and Rossi-Hansberg (2008) model trade in tasks, showing that offshoring changes the allocation of production activities and can affect productivity and factor returns. These perspectives explain why countries can specialize in particular functions rather than complete products.

Participation does not guarantee control over high-value activities. Gereffi et al. (2005) distinguish forms of value-chain governance according to transaction complexity, the codifiability of information, and supplier capabilities. Domestic firms may therefore enter international networks while retaining limited bargaining power or technological autonomy. Upgrading requires improvements in processes, products, functions, and supporting services, alongside institutions that help suppliers meet buyers' requirements.

Gross exports can overstate the domestic income generated by international production because intermediate goods may cross borders repeatedly. Hummels et al. (2001) document the role of vertical specialization, and Johnson and Noguera (2012) distinguish gross trade from trade in value added. Koopman et al. (2014) provide an accounting framework separating domestic and foreign value added and double counting. These distinctions are especially relevant when a prospective export expansion requires substantial imported inputs.

Input–output data make such relationships measurable. Timmer et al. (2015) describe the World Input–Output Database and its analytical uses, while the OECD's TiVA indicators provide a complementary framework for tracing value added embodied in international trade (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2023). This study uses these approaches to interpret production linkages; it does not calculate a new input–output decomposition. An improvement in export performance is evaluated conceptually through its domestic value-added and import requirements.

3.2. Production Relocation and Supply-Chain Resilience

Nearshoring concerns geographical proximity to a target market; friendshoring concerns perceived geopolitical alignment; reshoring involves returning activities to the home economy. Supplier diversification can occur without any of these relocations. A firm may adopt more than one strategy, and the same country may become more important as a supplier for one industry while losing orders in another. Table 1 distinguishes the strategies and their external-balance implications.

Table 1. Production Relocation Strategies and External-Balance Channels

Strategy	Main criterion	Potential motivation	External-balance relevance
Nearshoring	Geographical proximity	Delivery speed and logistics reliability	Export access and input delivery costs
Friendshoring	Perceived geopolitical alignment	Limiting restrictions and political exposure	Reallocation of trade and investment
Reshoring	Return to the home economy	Domestic capacity and strategic control	Import demand and domestic investment
Diversification	Multiple suppliers or markets	Reducing concentration and finding substitutes	Resilience of export receipts and input supply

Note. Author's conceptual synthesis based on Baldwin and Freeman (2022), Miroudot (2020), and WTO (2023). Outcomes depend on sectoral and country conditions.

Supply-chain resilience depends on the type of disruption and the availability of substitutes. Baldwin and Freeman (2022) distinguish risks affecting individual firms from shocks transmitted through production networks. Shortening a supply chain may reduce transport exposure but concentrate production in a location vulnerable to domestic shocks. Miroudot (2020) further distinguishes resilience, understood as recovery after disruption, from robustness, understood as the capacity to maintain operations during a shock. Diversification, inventories, visibility, and alternative production arrangements therefore require separate evaluation.

The pandemic illustrates these distinctions. Gereffi (2020) examines medical supply chains and the interaction of industrial organization, policy, and emergency demand. Bonadio et al. (2021) analyze the international transmission of pandemic shocks through supply chains using a multi-country model. These studies do not support a universal inference that relocating production domestically eliminates vulnerability. The appropriate configuration depends on sectoral requirements, the source of the shock, and the costs of maintaining alternative capacity.

3.3. Geoeconomic Fragmentation and the External Balance

Fragmentation differs from ordinary diversification because strategic and political considerations may restrict otherwise feasible transactions. Yet selective restrictions do not establish the existence of closed economic blocs. The World Trade Organization (WTO, 2023) argues for broader and more diversified integration as a response to security, inclusion, and sustainability challenges. This perspective keeps open the possibility that reconfiguration can occur alongside substantial international trade.

External-balance analysis also requires a distinction between accounts. Under the balance-of-payments framework, the current account comprises goods, services, primary income, and secondary income; investment flows are recorded in the financial account (International Monetary Fund [IMF], 2009). FDI can help finance a current-account deficit and expand

productive capacity, but it is not itself an export receipt or a component of the current account. Subsequent investment-related income payments can affect the current account.

The connection between financial openness and external vulnerability is similarly conditional. Obstfeld (2012) emphasizes that gross financial positions and financial intermediation matter beyond net current-account balances. Rey (2015) identifies a global financial cycle affecting capital flows and financial conditions, highlighting limits to monetary autonomy even with flexible exchange rates. Consequently, a framework for fragmentation must include the composition and maturity of liabilities as well as net trade outcomes.

4. METHODOLOGY

4.1. Research Design and Source Selection

This study adopts a qualitative, explanatory, and comparative research design. Its evidence base combines peer-reviewed research, identified working papers, institutional analytical reports, and official descriptive indicators. Sources were selected for their direct relevance to GVC organization, resilience, geopolitical fragmentation, external financing, or Türkiye's integration with European markets.

The review is purposive rather than a systematic review or meta-analysis. No claim is made that all relevant publications were retrieved or that a reproducible database search yielded an exhaustive sample. Academic studies supply concepts and mechanisms; institutional publications support the assessment of recent developments; official indicators describe Türkiye's position. Quantitative estimates from external studies are interpreted within their own samples and methods rather than transferred mechanically to Türkiye.

The documentary comparison uses publications from 2001–2026. The selected Türkiye indicators refer to 2024 and 2025, while the regulatory discussion reflects the CBAM definitive regime beginning in 2026. Different reference years are reported explicitly rather than combined into a single contemporaneous dataset. The method does not estimate a regression, construct a new geopolitical index, or establish a counterfactual current-account trajectory.

4.2. Analytical Model and Evidence Interpretation

The analytical model links geopolitical and regulatory changes to five transmission channels: trade, FDI, portfolio finance, exchange-rate exposure, and technology. For each channel, the analysis identifies a possible shock, a route to the external accounts, and conditions influencing the direction of the effect. Domestic value added, imported-input intensity, supplier concentration, debt structure, and productive capabilities act as conditioning variables. Table 2 summarizes these relationships.

Table 2. Transmission Channels and Conditions Affecting the External Balance

Channel	Potential shock	Possible effect	Conditioning factors
Trade	Restrictions or supplier changes	Export receipts and import costs	Market access; imported-input intensity
FDI	Investment reallocation	Financing and productive capacity	Domestic linkages; sector and investor origin
Portfolio finance	Lower risk appetite	Outflows and refinancing costs	Funding composition; liquidity and maturity
Exchange rate and debt	Depreciation or volatility	Input prices; foreign-currency liabilities	Trade elasticities; debt currency and hedging

Channel	Potential shock	Possible effect	Conditioning factors
Technology	Restricted access to knowledge or inputs	Productivity and future export capacity	Skills; substitution options; supplier capabilities

Note. Author's analytical framework informed by Aiyar et al. (2023), IMF (2023a, 2023b), Obstfeld (2012), and Rey (2015). These are mechanisms, not estimated effects for Türkiye.

Three forms of evidence are distinguished. Observed indicators describe trade integration or investment flows. Published empirical results document relationships within a specified sample. Model-based projections depend on assumptions about policy restrictions and firms' responses. The study's policy implications are analytical inferences connecting these findings to Türkiye's structural characteristics, rather than newly estimated empirical results.

The main limitation is attribution. Changes in trade or investment may reflect demand, energy prices, exchange rates, domestic policies, or global financing conditions alongside geopolitical forces. Without a research design that separates these influences, the evidence can identify exposure and plausible mechanisms but cannot assign a numerical causal contribution to fragmentation. Sector-level and firm-level responses may also differ from aggregate patterns.

4.3. Comparative Analysis of Trade and Technology Channels

Trade restrictions can affect both market access and the price of imported inputs. Amiti et al. (2019) show that the 2018 US tariffs affected import prices and welfare. Their findings identify a mechanism through which tariffs impose costs on importing economies, but the magnitude depends on the specific policy and market structure. For developing-country exporters, higher input costs can partly offset the benefit of additional foreign demand.

Trade diversion creates a second possibility. Buyers may replace suppliers affected by restrictions with producers elsewhere. A developing economy could gain orders if it offers sufficient capacity, reliable delivery, and compliance with product standards. However, additional gross exports may generate a smaller domestic income gain when production relies heavily on imported components. Export diversification and supplier development therefore influence whether new orders strengthen external resilience.

Blanga-Gubbay and Rubínová (2024), using monthly goods-trade data from January 2016 to February 2024, report evidence of trade shifts associated with geopolitical distance and US–China decoupling. Their analysis does not find a general move toward geographically closer trading partners. The distinction is relevant for Türkiye: proximity to Europe provides a potential logistical advantage, but worldwide nearshoring cannot be assumed to be a uniform, established trend.

Technology restrictions can change the quality of GVC participation. Limited access to machinery, software, components, or specialized knowledge may reduce productivity and slow upgrading. The World Bank (2020) emphasizes that the development benefits of GVCs depend on domestic capabilities and policies that connect firms to productive opportunities. An economy that attracts assembly activity but remains excluded from higher-value functions may increase turnover without a corresponding improvement in technological autonomy.

4.4. Comparative Analysis of FDI and External Financing

FDI combines financing with ownership relationships and may support technology transfer or access to production networks. Its benefits depend on how foreign firms interact with domestic suppliers. Javorcik (2004) finds evidence of productivity spillovers through backward linkages in Lithuanian firm data, while Alfaro et al. (2004) show that local financial-market development

conditions the growth effects of FDI. These results support attention to absorptive capacity and supplier connections rather than FDI volume alone.

The IMF's assessment of geopolitical fragmentation and FDI identifies the potential role of alignment in investment allocation, particularly in strategic activities (IMF, 2023b). Tan (2024) provides a more differentiated assessment: evidence of fragmentation is concentrated in certain industries and country relationships rather than being uniformly widespread. These findings can coexist because they consider different evidence and emphasize different dimensions of investment reorganization.

UN Trade and Development's investment report situates these changes within wider challenges to international investment and the uneven development of the digital economy (UN Trade and Development [UNCTAD], 2025b). For developing economies, a practical implication is to evaluate the composition of investment: productive capacity, domestic supplier purchases, skills, export potential, and access to technology matter alongside the initial financial inflow.

Portfolio capital has a different risk profile. Changes in investor confidence can affect refinancing costs and access to external funding before production networks adjust. The IMF's financial-stability analysis identifies geopolitical tensions as a potential source of capital-flow reversals, disruptions in cross-border financial relationships, and reduced risk diversification (IMF, 2023a). A country receiving new manufacturing investment may nevertheless experience tighter portfolio-financing conditions.

Geopolitical risk is also distinct from fragmentation itself. Caldara and Iacoviello (2022) develop a newspaper-based measure of geopolitical risk and document its relationship with economic activity. Their index is relevant to uncertainty but does not directly measure all restrictions on trade or investment. Treating risk, policy barriers, and realized economic reallocation as interchangeable would obscure the mechanisms the present framework seeks to distinguish.

4.5. Exchange Rates, Debt, and Adjustment Conditions

Currency depreciation changes several external-account components at once. It can improve price competitiveness for exporters, increase the domestic cost of imported inputs, and raise the domestic-currency value of foreign-currency liabilities. The resulting current-account adjustment depends on quantities, prices, demand elasticities, supply capacity, and contract timing. An export sector that uses imported energy and components may experience weaker gains than gross export-price changes suggest.

Debt exposure introduces an additional balance-sheet effect. Higher foreign-currency liabilities, shorter maturities, or limited refinancing options can amplify shocks. Conversely, longer maturities, stronger liquidity buffers, and more diversified funding can moderate them. These are conditions in the proposed analytical model; the study does not estimate Türkiye's reserve adequacy or perform a debt-sustainability exercise.

The integrated assessment consequently avoids two shortcuts: equating an exchange-rate depreciation with a guaranteed current-account improvement, and equating a positive FDI inflow with lower overall financial vulnerability. Trade earnings, investment income, gross financing needs, and liability composition must be evaluated together. Policy measures directed only at exports can overlook pressures generated by imported inputs or financial-account adjustment.

4.6. Türkiye's Integration with European Production Networks

Türkiye's relationship with the EU offers an established institutional foundation for production integration. The Customs Union entered into force on 31 December 1995. According to the European Commission (2026b), the EU received 42.7% of Türkiye's goods exports and supplied 35.3% of its goods imports in 2025. These shares indicate strong two-way exposure to European demand and supply conditions; they do not measure the domestic value added embodied in bilateral trade.

Geographical proximity can support shorter delivery times and coordination with European buyers. Existing manufacturing capabilities may make Türkiye a candidate for supplier diversification. The inference remains conditional: capacity, quality, contract enforcement, skills, logistics, and regulatory compatibility determine whether producers obtain and retain orders. Integration also transmits adverse developments in the main destination market.

The World Bank's country memorandum identifies opportunities to increase Türkiye's participation in higher-value production networks through stronger capabilities and an improved business environment (World Bank, 2022a). In the present framework, functional upgrading is the principal link between production relocation and a more durable improvement in external performance. The objective is to increase the domestic knowledge and income embodied in exports, alongside sales volumes.

UNCTAD's country fact sheet reports inward FDI of US$10,591 million in 2024, equivalent to US$10.591 billion (UNCTAD, 2025a). This is an annual inward flow, not the accumulated investment stock. It describes Türkiye's investment position but cannot establish how much investment was driven by fragmentation. A causal assessment would require additional information on investors, sectors, projects, timing, and alternative determinants.

Table 3 brings together these verified indicators and structural considerations. It distinguishes observed facts from potential opportunities and policy conditions. This separation is necessary because a favourable location or a positive investment flow does not independently demonstrate that Türkiye has already captured a measurable fragmentation dividend.

Table 3. Türkiye's Position: Evidence, Potential Opportunities, and Policy Conditions

Dimension	Evidence or structural feature	Potential implication	Policy condition
European integration	EU shares in 2025: 42.7% of goods exports; 35.3% of imports	Access to European production networks and demand exposure	Predictable access; compatible standards and logistics
GVC upgrading	Established manufacturing capabilities with scope for higher-value participation	Additional production and service functions	Technology, skills, and domestic supplier development
FDI	2024 inward flow: US$10.591 billion	Financing and potential productive linkages	Investment quality and diversified sources
Green transformation	CBAM definitive regime from 1 January 2026	Competitiveness implications for covered goods	Verified emissions and cleaner production
External resilience	Exposure depends on input needs and financing structure	Gross export gains may coexist with vulnerabilities	Value-added growth and prudent external financing

Note. Sources: European Commission (2026a, 2026b), UNCTAD (2025a), and World Bank (2022a, 2022b). Opportunity and policy columns contain the author's conditional interpretation; the rows do not form a common-year statistical dataset.

4.7. CBAM and the Green Transformation

Environmental regulation intersects with production reorganization but should not automatically be classified as geopolitical fragmentation. The EU's CBAM addresses carbon leakage by linking covered imports to their embedded emissions. Its initial legal framework is Regulation (EU) 2023/956 (European Parliament & Council of the European Union, 2023). The mechanism creates a regulatory condition for market access that can affect sourcing choices alongside geopolitical and commercial factors.

The definitive CBAM regime applies from 1 January 2026. Covered goods are in cement, iron and steel, aluminium, fertilisers, electricity, and hydrogen; the coverage concerns specified goods rather than every product in these industries (European Commission, 2026a). This study treats the regime as an active regulatory development and does not calculate a firm-specific certificate liability. Such a calculation would require product coverage, verified emissions, applicable deductions, and current implementing rules.

For Turkish producers, the analytical concern is the relationship between emissions intensity and competitiveness in covered exports. Measurement and verification capacity, energy efficiency, and access to lower-carbon production can influence compliance costs. A producer's exposure depends on its product mix and production process, so a single economy-wide cost estimate would be misleading without disaggregated evidence.

The World Bank's climate and development report evaluates opportunities and trade-offs in aligning Türkiye's development path with climate objectives (World Bank, 2022b). In the present analysis, cleaner production can support continued participation in European value chains and reduce some energy-related vulnerabilities. Investment costs and implementation capacity must nevertheless be considered. Green transformation is therefore an industrial and external-balance issue as well as an environmental objective.

5. CONCLUSION AND DISCUSSION

The comparative analysis identifies a conditional relationship between geoeconomic fragmentation and external balances. Trade restrictions may reduce market access and raise input costs, while changes in sourcing can create opportunities for alternative suppliers. FDI reallocation may support productive investment in some economies and weaken financing in others. Portfolio-market responses, exchange-rate movements, and technology restrictions can reinforce or offset developments in the trade channel. No single indicator captures all these effects.

The evidence also suggests caution in describing the transformation as the end of globalization. Existing research distinguishes selective geopolitical reallocation from generalized regionalization or an economy-wide retreat from international production. For developing countries, the relevant policy problem is how to participate in changing networks while managing concentration, technological dependence, and financial exposure. The benefits of integration and the need for resilience remain jointly relevant.

For Türkiye, European integration and proximity provide a credible foundation for new production relationships. The opportunity is strongest when additional orders translate into higher domestic value added and lasting supplier capabilities. Expansion concentrated in import-intensive assembly may generate a less favourable external outcome. The country's position must therefore be assessed through productive functions, service inputs, and technology acquisition as well as gross exports.

Five policy priorities follow from the framework. First, predictable market access and efficient customs and logistics procedures can help firms maintain established relationships and compete

for new orders. Second, supplier development, skills, research capacity, and industrial services can increase domestic value added without assuming that indiscriminate import substitution is efficient. Third, investment policy can emphasize productive activity and domestic linkages, supported by transparent regulation and a stable business environment.

Fourth, emissions measurement and verification, industrial energy efficiency, and credible access to cleaner energy can support competitiveness in covered European markets. Support should reflect sectoral exposure and firms' actual constraints rather than a uniform compliance-cost assumption. Fifth, external financial resilience requires attention to refinancing needs, foreign-currency exposure, funding composition, and liquidity. Production-network opportunities do not remove the need to manage financial vulnerabilities.

These priorities are complementary. Technological upgrading can improve the quality of investment and exports; cleaner production can help maintain market access; financial stability can facilitate the long-term investment required for both. Policies that secure additional export demand without improving domestic capabilities may leave dependence unchanged. Policies that restrict access to competitive inputs can also impair exporters' ability to meet new orders.

The study's conclusions are bounded by its design. Its documentary synthesis identifies plausible channels and contextual indicators, but does not quantify Türkiye's net gains or losses or attribute current-account movements to fragmentation. Future research could combine sectoral trade and value-added measures with project-level FDI, firm-level imported-input use, and emissions data. A credible causal design would also need to separate geopolitical changes from exchange-rate, demand, energy-price, and domestic-policy shocks.

Türkiye's potential advantage thus rests on its capacity to convert geographic and institutional access into productive upgrading. A strategy combining diversified economic relationships, stronger domestic capabilities, green transformation, and prudent external financing provides a coherent response to the risks and opportunities identified in this analysis.

REFERENCES

Aiyar, S., Chen, J., Ebeke, C. H., Garcia-Saltos, R., Gudmundsson, T., Ilyina, A., Kangur, A., Kunaratskul, T., Rodriguez, S. L., Ruta, M., Schulze, T., Soderberg, G., & Trevino, J. P. (2023). *Geoeconomic fragmentation and the future of multilateralism* (Staff Discussion Note 2023/001). International Monetary Fund. https://doi.org/10.5089/9798400229046.006

Alfaro, L., Chanda, A., Kalemli-Ozcan, S., & Sayek, S. (2004). FDI and economic growth: The role of local financial markets. *Journal of International Economics, 64*(1), 89–112. https://doi.org/10.1016/S0022-1996(03)00081-3

Amiti, M., Redding, S. J., & Weinstein, D. E. (2019). The impact of the 2018 tariffs on prices and welfare. *Journal of Economic Perspectives, 33*(4), 187–210. https://doi.org/10.1257/jep.33.4.187

Antràs, P. (2020). Conceptual aspects of global value chains. *The World Bank Economic Review, 34*(3), 551–574. https://doi.org/10.1093/wber/lhaa006

Antràs, P., & Chor, D. (2022). Global value chains. In G. Gopinath, E. Helpman, & K. Rogoff (Eds.), *Handbook of international economics* (Vol. 5, pp. 297–376). Elsevier. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1573440422000053

Baldwin, R. (2016). *The great convergence: Information technology and the new globalization*. Belknap Press of Harvard University Press.

Baldwin, R., & Freeman, R. (2022). Risks and global supply chains: What we know and what we need to know. *Annual Review of Economics, 14*, 153–180. https://doi.org/10.1146/annurev-economics-051420-113737

Blanga-Gubbay, M., & Rubínová, S. (2024). *Is the global economy fragmenting?* (Staff Working Paper ERSD-2023-10, revised October 11, 2024). World Trade Organization. https://www.wto.org/english/res_e/reser_e/ersd202310_e.pdf

Bonadio, B., Huo, Z., Levchenko, A. A., & Pandalai-Nayar, N. (2021). Global supply chains in the pandemic. *Journal of International Economics, 133*, Article 103534. https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2021.103534

Caldara, D., & Iacoviello, M. (2022). Measuring geopolitical risk. *American Economic Review, 112*(4), 1194–1225. https://doi.org/10.1257/aer.20191823

European Commission. (2026a). *Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)*. Retrieved October 6, 2026, from https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en

European Commission. (2026b). *EU trade relations with Türkiye*. Retrieved October 6, 2026, from https://policy.trade.ec.europa.eu/eu-trade-relationships-country-and-region/countries-and-regions/turkiye_en

European Parliament & Council of the European Union. (2023). Regulation (EU) 2023/956 of 10 May 2023 establishing a carbon border adjustment mechanism. *Official Journal of the European Union, L 130*, 52–104. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/956/oj

Gereffi, G. (2020). What does the COVID-19 pandemic teach us about global value chains? The case of medical supplies. *Journal of International Business Policy, 3*, 287–301. https://doi.org/10.1057/s42214-020-00062-w

Gereffi, G., Humphrey, J., & Sturgeon, T. (2005). The governance of global value chains. *Review of International Political Economy, 12*(1), 78–104. https://doi.org/10.1080/09692290500049805

Grossman, G. M., & Rossi-Hansberg, E. (2008). Trading tasks: A simple theory of offshoring. *American Economic Review, 98*(5), 1978–1997. https://doi.org/10.1257/aer.98.5.1978

Hummels, D., Ishii, J., & Yi, K.-M. (2001). The nature and growth of vertical specialization in world trade. *Journal of International Economics, 54*(1), 75–96. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022199600000933

International Monetary Fund. (2009). *Balance of payments and international investment position manual* (6th ed.). https://www.imf.org/external/pubs/ft/bop/2007/bopman6.htm

International Monetary Fund. (2023a). Geopolitics and financial fragmentation: Implications for macro-financial stability. In *Global financial stability report: Safeguarding financial stability amid high inflation and geopolitical risks* (Chapter 3). https://www.imf.org/en/Publications/GFSR/Issues/2023/04/11/global-financial-stability-report-april-2023

International Monetary Fund. (2023b). Geoeconomic fragmentation and foreign direct investment. In *World economic outlook: A rocky recovery* (Chapter 4). https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2023/04/11/world-economic-outlook-april-2023

Javorcik, B. S. (2004). Does foreign direct investment increase the productivity of domestic firms? In search of spillovers through backward linkages. *American Economic Review, 94*(3), 605–627. https://doi.org/10.1257/0002828041464605

Johnson, R. C., & Noguera, G. (2012). Accounting for intermediates: Production sharing and trade in value added. *Journal of International Economics, 86*(2), 224–236. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002219961100122X

Koopman, R., Wang, Z., & Wei, S.-J. (2014). Tracing value-added and double counting in gross exports. *American Economic Review, 104*(2), 459–494. https://doi.org/10.1257/aer.104.2.459

Miroudot, S. (2020). Reshaping the policy debate on the implications of COVID-19 for global supply chains. *Journal of International Business Policy, 3*, 430–442. https://doi.org/10.1057/s42214-020-00074-6

Obstfeld, M. (2012). Financial flows, financial crises, and global imbalances. *Journal of International Money and Finance, 31*(3), 469–480. https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2011.10.003

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). *Trade in Value Added (TiVA): 2023 edition* [Data set]. https://www.oecd.org/en/topics/sub-issues/trade-in-value-added.html

Rey, H. (2015). *Dilemma not trilemma: The global financial cycle and monetary policy independence* (Working Paper 21162). National Bureau of Economic Research. https://doi.org/10.3386/w21162

Tan, J. (2024). *How widespread is FDI fragmentation?* (Working Paper 2024/179). International Monetary Fund. https://doi.org/10.5089/9798400281211.001

Timmer, M. P., Dietzenbacher, E., Los, B., Stehrer, R., & de Vries, G. J. (2015). An illustrated user guide to the World Input–Output Database: The case of global automotive production. *Review of International Economics, 23*(3), 575–605. https://doi.org/10.1111/roie.12178

UN Trade and Development. (2025a). *World investment report 2025: Country fact sheet—Türkiye*. https://unctad.org/system/files/non-official-document/wir_fs_tr_en.pdf

UN Trade and Development. (2025b). *World investment report 2025: International investment in the digital economy*. United Nations. https://unctad.org/publication/world-investment-report-2025

World Bank. (2020). *World development report 2020: Trading for development in the age of global value chains*. https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1457-0

World Bank. (2022a). *Leveraging global value chains for growth in Turkey: Country economic memorandum*. https://documents1.worldbank.org/curated/en/099445003022237667/pdf/P16930100741da04c084d20ac70c39a60a3.pdf

World Bank. (2022b). *Türkiye country climate and development report*. https://hdl.handle.net/10986/37521

World Trade Organization. (2023). *World trade report 2023: Re-globalization for a secure, inclusive and sustainable future*. https://www.wto.org/english/res_e/publications_e/wtr23_e.htm

OKUL ÖNCESİ DÖNEM 4-6 YAŞ ÇOCUKLARIN "ARKADAŞ" KAVRAMINA YÖNELİK METAFORİK ALGILARI

METAPHORICAL PERCEPTIONS OF THE CONCEPT OF "FRIEND" AMONG PRESCHOOL CHILDREN AGED 4–6

Feride SANÇMIŞ
İstanbul Aydın Üniversitesi
Okulöncesi Eğitim Programı Doktora Öğrencisi
Prof. Dr. Mehmet ŞAHİN
Hakkari Üniversitesi, Eğitim Fakültesi

Öz

Öğretmenler, öğrenme-öğretme sürecinde farklı öğretim yöntem ve tekniklerini kullanarak çocuk kazanımlarını gerçekleştirmeye çalışmaktadırlar. Öğretmenlerin kullandığı bu yöntem ya da tekniklerden biri de son yıllarda sıkça kullanılan metafordur. Bu araştırmanın temel amacı okul öncesi dönem 4-6 yaş çocukların arkadaş kavramına ilişkin metaforik algılarının belirlenmesidir. Bu çalışma olul öncesi dönemi çocukların arkadaş kavramına ilişkin algılarını metaforlar yardımıyla inceleyen nitel bir araştırmadır. Araştırmanın çalışma grubunu İstanbul Ümraniye ilçesindeki resmi bir ilkokul bünyesinde eğitim alan 4 sınıftaki toplam 85 çocuk oluşturmaktadır. Araştırmanın sonuçlarına göre, okul öncesi eğitim kurumuna devam etmekte olan çocuklar 72 farklı metafor üretmiştir. Bazı çocuklar birden fazla metafor ürettiği için 72 metaforun frekansı 112 olmuştur. Çocukların ürettiği ortalama metafor sayısı 0,84, ancak metaforların frekansı yönünden bir çocuğa düşen ortalama metafor sayısı 1,18 olmuştur. Bu metaforlar 7 farklı kavramsal kategori olarak analiz edilmiştir. Üretilen 72 metaforun tamamı çocukların arkadaş kavramını olumlu olarak algıladıkları sonucunu ortaya çıkarmıştır. Toplam metafor sayısı ile çocuk sayısı oranına göre ortalamanın üstünde 20 metafor üretilmiştir. 3 ve üstünde frekansı olan metafor sayısı 10'dur. İlk sırada kedi metaforu yer almıştır. Bunu sırasıyla insan, arkadaş, çiçek, deniz, güneş, sevgi, tavşan, kalp ve oyun takip etmiştir. Metaforların anlamları dikkate alındığında, çocukların tamamı arkadaş kavramına olumlu bir anlam yüklemiş ve arkadaşı etkileşimde bulundukları hayvan, insan, eşya gibi algılamış ve kendi duygularını yansıtmışlardır. Arkadaş kavramını olumsuz olarak algılayan çocuk olmamıştır. Okul öncesi dönemi çocuklarına yönelik metaforik çalışmaların sınırlı olması nedeniyle arkadaş ya da farklı kavramlara yönelik metaforik algıların belirlenmesi için yeni çalışmalara öncelik verilmelidir.

Anahtar sözcükler: Okul öncesi eğitim, anasınıfı, arkadaş, metafor, algı.

Abstract

Teachers strive to achieve children's learning outcomes by using various teaching methods and techniques in the learning-teaching process. One of these methods or techniques used by teachers, which has become increasingly common in recent years, is metaphor. The main purpose of this research is to determine the metaphorical perceptions of preschool children aged 4-6 regarding the concept of friendship. This study is a qualitative research examining preschool children's perceptions of the concept of friendship through metaphors. The study group consists of 85 children in 4 classes attending a public primary school in the Ümraniye district of Istanbul. According to the results of the research, children attending preschool produced 72 different metaphors. Since some children produced more than one metaphor, the frequency of the 72 metaphors was 112. The average number of metaphors produced by the children was 0.84, but the average number of metaphors per child was 1.18 in terms of the

frequency of metaphors. These metaphors were analyzed as 7 different conceptual categories. All 72 metaphors produced revealed that children perceive the concept of friendship positively. Based on the ratio of the total number of metaphors to the number of children, 20 metaphors were produced, which is above average. Ten metaphors had a frequency of 3 or higher. The cat metaphor was the most common, followed by human, friend, flower, sea, sun, love, rabbit, heart, and play. Considering the meanings of the metaphors, all children attributed a positive meaning to the concept of friendship, perceiving it as an animal, person, or object with whom they interact, and reflecting their own feelings. No child perceived the concept of friendship negatively. Due to the limited number of studies on metaphors in preschool children, priority should be given to new studies to determine metaphorical perceptions of friendship or other concepts.

Keywords: Preschool education, kindergarten, friend, metaphor, perception.

GİRİŞ

Öğretmenler, öğrenme-öğretme sürecinde farklı öğretim yöntem ve tekniklerini kullanarak öğrenci kazanımlarını geliştirmeye çalışmaktadırlar. Öğretmenlerin kullandığı bu yöntem ya da tekniklerden biri de son yıllarda sıkça kullanılan metafordur (Şahin, 2019). Metafor kavramı alanyazında farklı biçimde tanımlandığı görülmektedir. Morgan (1993) metaforu bir düşünce ve görme biçimi, Lakoff ve Johnson (2005) metaforu, zihinsel bir gelişim aracı olarak bireyin kavrayışının bir şekli olduğunu, sadece söz figürü olmadığını, aynı zamanda düşüncenin de bir unsuru olduğunu belirtmektedir (Akt. Ayvacı, Bülbül ve Bebek, 2021). Metafor, Grekçe 'Metapherin' sözcüğünden gelmiş olup; taşıma, transfer, aktarım gibi anlamına gelmektedir. İngilizce bir sözcük olan "metafor" (metaphor), Türkçe'de "benzetme, eğretileme", eski Türkçede "mecaz", Arapça'da "istia- re" olarak ifade edilmektedir (Erel, 2020). Metaforlar fikirleri iletmek için kullanılan bir araç olup ifade edilmek isteneni farklı bir şekilde açıklamaktadır. Metaforlar bilgi toplamak ve sorgulamak amacıyla kullanılabilir. Metaforlar sayesinde benzetme yoluyla bireylerin bir konu hakkındaki düşünceleri belirlenebilir (Pektaş, Göktaş ve İlhan, 2023).

Metafor, bir şeyi veya bir fikri, ona benzer niteliklere sahip başka bir şey ile genellikle "gibi" veya "benzer" sözcüklerini kullanarak tanımlamaktır. Ayrıca anlatıma üslup güzelliği ve kavrayış kolaylığı katar (Akyüzlüer, 2021). Metafor, dilin sembolik amaçlı kullanımına bağlı olarak bir kavram veya durumu başka bir kavramla, bir durumla ifade etme biçimi olarak da tanımlanabilir (Kuyucu, Şahin ve Kapıcıoğlu, 2013). Metaforlar tarihi süreç içerisinde felsefe, bilim, sanat gibi farklı alanlarda kullanılmıştır. Sokrates insan ruhunu balmumuna benzetmiş, Platon mağara metaforu ile idealar kuramını bazı maddi sembollerle anlatmıştır (Aydın, 2006). Aristo metafor kavramını cansız olan şeyleri canlı göstermenin bir yolu olduğunu belirtmiştir (Filiz, Büyükkaya ve Özçelik, 2017). Aristo metafor kavramını iki anlamda kullanmıştır. İlki konuşmada çağrışım, karşılaştırma ve benzetmelerden, ikincisi karşılaştırılan iki şeyin özdeşleştirilmesinden oluşmaktadır (Aydeş ve Akın, 2016). Augustinus dürüst insan, köle olsa da hürdür; kötü insan kral olsa da köledir ifadesiyle, Fârâbî fazıl şehir, tam sıhhatli bir vücuda benzer ki, bütün organları onu hayat devresinin sonuna kadar korumak hususunda yardımlaşırlar ifadesiyle metaforu kullanmışlardır (Aydın, 2006). Metafor kavramı 18. yüzyılda özellikle dil ve düşünce alanlarında kullanılmıştır (Sarıkaya, 2018). Metaforlar bilimsel araştırmalarda katılımcıların algılarını yönlendirmeden bireyi merkeze alan ve onların algılarını derinlemesine inceleyen veri toplama aracı olarak da kullanılmıştır (Avcı, 2023). Bu bağlamda metaforlar, son yıllarda nitel araştırmaların önemli bir veri toplama aracı olarak kabul edilmektedir (Kuyucu, Şahin ve Kapıcıoğlu, 2013). Fiziksel, sosyal ve kültürel deneyimler sonucu ortaya çıkan metaforlar, kültürden kültüre çeşitlilik göstermektedir (Şahin, 2019). Farklı bir ifadeyle toplumların birbirinden farklı metaforlar üretmesinde, farklı yaşam biçimi ve kültürü önemli rol oynamaktadır (İçel, 2014).

Metafor, bir kavramsal ifadeyi akılda kalıcı, yaratıcı ve vurgulayıcı nitelikte başka bir kavramsal ifadeye benzetmektir (Şahin, 2023). Metafor sadece bir söz değil aynı zamanda bir düşüncedir. Eğitim sürecinde metaforlar, karmaşık kavram ve olguların açıklanmasında öncelikle tercih edilen bir araçtır. Metaforların kavram ve terimlerin öğretimi sürecinde, soyut kavramların somutlaştırılmasında ve görselleştirmesinde önemli bir işlevi bulunmaktadır (Mert, 2019). Metaforlar, kavramların günlük kullanımdaki anlamlarının dışına çıkarılarak ifade edilmesini sağlar. Ayrıca kullanılan kavrama ilişkin olarak bakış açılarının dolaylı anlatımla birlikte mecazi biçimde algılanmasına fırsat sunar (Karademir ve Demirel, 2020). Metafor; bir şeyi, duyguyu, düşünceyi veya bir fikri ona çok benzer niteliklere sahip başka bir şey ile benzerlik kurarak, anlatım güzelliği ve kolaylığı için kullanılan sözcük ya da sözcük kümesidir. Bireyin düşünce ve anlam dünyasında yeni pencereler açan metaforlar, görecelidir ve toplumsal değerler taşırlar. Soyut kavramları somutlaştırma yoluyla anlatan metaforlar, olaylar arasında benzetmeler ile bağ kuran önemli bir süreçtir (Erel, 2020). Metaforlar bir olgunun başka bir olgu gibi olduğunun açık veya örtük bir biçimde belirtilmesiyle oluşur. Bu durum metaforların güçlü birer bilişsel model olmalarını sağlayarak, iki farklı ve benzemeyen olgu arasında ilişki kurulmasını, bir bilişsel imajın başka bir bilişsel imajın üzerine yansıtılmasına imkân sağlar. Böylece birey, bilişindeki anlayışı (kavrayış) başka bir anlayışa yönelterek, belli bir olguyu başka bir olgu olarak görebilir (Saban, 2008). Metaforlar, yeni bilginin daha önceden bilinen eski bilgilerle benzerliklerini bularak ilişkiler kurulmasını sağlar ve böylece yeni bilginin somut olarak açıklanmasına yardım eder.

Metaforik ifadeler, herhangi bir şeyi tanımlamak için kullanılabilecek tek yol değil, benzetmeler yoluyla belli bir tanımın dönüştürülmesidir. Ayrıca metaforu yalnızca benzetme olarak tanımlamakta çok doğru olmaz. Çünkü metaforlar aracılığıyla herhangi bir olgu hakkındaki algılar ortaya konmaktadır (Sözbir ve Çakmak, 2016). Metaforlar olayların oluşumu ve işleyişi hakkında düşüncelerimizi yapılandıran, yönlendiren ve kontrol eden en güçlü bilişsel araçlardan biridir. Gündelik yaşantımızda kullandığımız kavramlar doğası gereği metaforiktir. Metafor bir algı aracıdır. Metaforlar; insanların algılarını ortaya çıkarmak için etkili bir yoldur (Aykutlu, Bezen ve Bayrak, 2019). Bireylerin metaforik algıların oluşumunda önceki yaşantıları etkili olur (Çelik, 2021). Metafor çocuklerin soyut ve anlaşılması zor olan kavramları açıklanmasında kullanılan bir düşünce biçimidir (Şahin ve Kaya, 2016). Metaforun bir öğretim aracı olarak kullanılmasının en önemli nedeni kalıcılığı sağlamak için uygun ortam yaratmasıdır (Altıntaş, Baykan, Kahraman ve Altıntaş, 2015). Metaforlar sadece dilde değil düşünmede ve eylemde de sıkça kullanılır. Metaforik bir ifadenin asıl ve yardımcı olmak üzere iki konumu vardır (Fırat ve Yurdakul, 2015). Örneğin "insan beyni motordur" metaforunda insan beyni asıl, motor ise yardımcı konumdadır. Ayrıca metaforlar, doğal bir ön örgütleyici işlevini yerine getirirler. Ön örgütleyiciler daha sonraki mesajın anlamlı bir şekilde alınmasını kolaylaştırmaktadır. Bu yönüyle metaforlar anlamlı öğrenme sürecinde etkili olurlar. Metaforlar insanların düşüncelerini, hayallerini dünyaya bakışlarını yansıtır. Metafor kullanımı bir kavramı tanımlarken bireyin nasıl yaklaştığını ve algısının hangi yönde olduğunu göstermesi açısından önemlidir (Güngör, Öztürk ve Ogelman, 2022).

Metafor, iki nesne ya da kavramı birbirine bağlayan dilsel bir araç olarak tanımlanabilir. Metaforlar günlük konuşma dilinde isim, fiil ya da sıfat olarak karşımıza çıkabilirler. Metaforun asıl amacı bir şeyi başka bir şeyin bakış açısı ile anlamlandırmaktır (Güder ve Yıldırım, 2014). Metaforlar bilinenden yola çıkılarak bilinmeyenler üzerinde akıl yürütmede etkili birer araçtır. Bu bağlamda metaforlar, karmaşık fikirlerin daha kolay anlaşılmasını sağlayan bilişsel haritalardır (Taş, Keleş ve Arslan, 2020). İnsanlar günlük yaşam içinde metaforlar yardımıyla duygu ve düşüncelerini farklı benzetmeler ve mecazlar kullanarak açıklamaya çalışırlar. Benzetmeler, teşbihler, mecazlar dili süslemek gibi sanatsal bir amaca

hizmet ederken metaforlar bilişsel imgelerin, düşüncelerin ve kavramların simgelenmesi amacına hizmet eder. Metaforlar eğitimde estetik, süsleyici, yaratıcı ve pedagojik olma gibi amaçlar için kullanılmaktadır. Metaforlar, yeni bilginin daha önceden bilinen eski bilgilerle benzerliklerini bularak ilişkiler kurulmasını sağlar ve böylece yeni bilginin somut olarak açıklanmasına yardım eder (Memişoğlu ve Taşkın, 2018). Bu amaçla kullanılan metaforlar, karmaşık kavram ve olguların açıklanmasında önemli bir yer tutar. Çünkü metaforlar, iki kavram arasında karşılaştırma yaparak benzerlikleri ve farklılıkları ortaya çıkarır. Kavramsal metafor ile dilsel metafor birbirinden farklıdır. Kavramsal metaforlar soyut düşüncelerdir. Dilsel metaforlar ise bu soyut düşünceleri gerçekleştiren dildeki ifadelerdir. Metaforlar, dikkat çekmede, bilişi aktif tutmada, kalıcı anılar oluşturmada, sorunları belirlemede ve duyguları ortaya çıkarmada önemli rol oynar (Tokur, 2011).

Eğitimde metafor kullanımı, özellikle karmaşık kavramları anlaşılır hâle getirmek için önemli bir yöntemdir (Çelik ve Şahin, 2025). Günümüzün başat öğrenme yaklaşımı olan yapılandırmacı öğrenme yaklaşımında metafor tekniği önerilmektedir. Çünkü olgu ve olayları anlamada ve bilişsel olarak yapılandırmada metaforlar kullanılmaktadır. Ayrıca metafor tekniği öğrenme sürecinde güdülenmeyi sağlamada, bilişsel ve duyuşsal gelişimi iyileştirmede, öğrenmeleri kalıcı kılmada, hazır bulunuşluk düzeyini yükseltmede, yaratıcı düşünceyi geliştirmede, bilgiyi içselleştirmede önemli katkılar sağlamaktadır (Şahin, 2019). Metaforlar ve metaforik analizler eğitim uygulamalarını araştırmak ve anlamak için analitik ve betimleyici araçlar olarak kullanılmaktadır. Ayrıca metaforlar sınıf yönetimi, eğitim yönetimi, rehberlik, okul geliştirme ve genel olarak eğitim alanında bireylerin düşüncelerini ve algılarını betimlemek, sorunlara çözüm üretmek ve yeni bakış açıları yaratmak için veri toplamak amacıyla kullanılmaktadır (Aydeş ve Akın, 2016).

Sosyal bir varlık olan insan çevresiyle doğrudan veya dolaylı olarak sürekli iletişim ve etkileşim halindedir. Erken çocukluk dönemi çocuğun çevresinden en çok etkilediği dönemdir; çocuğu etkileyen sosyal ve çevresel faktörler onun fiziksel ve zihinsel olarak gelişimini de doğru orantılı olarak etkilemektedir (Bertan, Haznedaroğlu, Koln, Yurdakök ve Guçiz, 2009). Bireyin etkileşime girdiği planlı ilk eğitim süreci okulöncesi eğitim kurumlarında olmaktadır. Bu nedenle birey, en önemli becerileri okulöncesi dönemde edinir (Sançmış ve Şahin, 2019). Bu beceriler zamanında geliştirilmezse, çocuk için okul ve okul sonrası yaşamında öğrenme sorunlar ortaya çıkabilir. Başka bir ifadeyle, okulöncesi dönemde edinilen öğrenme becerileri, çocukların okuldaki ve sonraki öğrenme becerilerini etkilemektedir (Sever, 2010). Okulöncesi dönemde değişik yaşantılarla karşılaşan çocukların dili kullanmada, çevrelerine karşı uyanık davranmada ve katılım davranışı göstermede daha başarılı oldukları ortaya çıkmıştır (Gürkan, 2000). Çocukların gelişiminde ve sosyalleşmesinde okul öncesi eğitimin artan önemi özellikle gelişmiş ülkeler ve bilim dünyası tarafından kabul edilen bir gerçektir (Üstün vd. 2016). Bu bağlamda okul öncesi eğitim sürecinde çocuklar paylaşma, iş birliği yapma ve sosyalleşme becerisini kazanırlar. Ayrıca arkadaşlarıyla ilişkilerini düzenlemeyi, yaşadıkları sorunlara çözüm üretmeyi, kendini korumayı ve diğer çocukların hakkına saygı duymayı da öğrenirler. Çocuğun sosyal ve duygusal olarak kendi işini kendisinin yapması, sorunlarının üstesinden gelmesi ve bazı kararları kendisinin vermesi özgüvenini geliştirir. Özgüveni yüksek olan çocuk kendisini önemli, değerli, yetenekli ve başarılı biri olarak algılar (Sançmış ve Şahin, 2019).

Çocukluk dönemi sosyal gelişimin en hızlı olduğu bir dönemdir. Bu dönemde çocukların arkadaşlarıyla ilişkileri birçok davranış edinmelerinde önemli rol oynamaktadır. Çocuk sadece okulda sosyal kabul gören davranışları öğrenmekle kalmaz, aynı zamanda aile dışındaki yetişkinlerle ve kendi yaşıtlarıyla etkili bir şekilde etkileşimde bulunma yollarını da öğrenir (Senemoğlu, 1994). Çocukların ilk planlı eğitim kurumu olan okul öncesi eğitim sürecinde arkadaş kavramını nasıl algıladıkları, arkadaş seçimini ve onlara verdikleri önem derecesini

de etkilemektedir. Diğer yandan okul öncesi eğitim dönemi, çocuklarının en meraklı olduğu ve her şeyi sorgulayıp örgütleyip bilgiler oluşturduğu kritik bir süreçtir. Kavramlar üzerinde düşünce ve anlamlar belirlemede kullanılan pek çok yöntem vardır. Araştırmacılar amacına göre bu yöntemlerden uygun olanı seçerek algılar belirlemeye çalışmaktadır. Günümüzde algıları belirlemede en çok kullanılan yöntemlerden biri de metaforlardır. Bireyler kendi duygu ve düşüncelerini açıklarken metaforlardan yararlanmaktadır. Bu da metaforların bireyin hayata yönelik algılarını ortaya çıkarmada önemli bir araç olduğunu ortaya çıkarmaktadır (Büyükbahçıvan, 2017). Okul öncesi eğitim döneminde metaforik algı, çocukların dünyayı ve olayları anlamlandırmalarında önemli bir yer tutar. Kişiler metaforları sadece kendi duygu ve düşüncelerini ifade etmek için kullanmazlar aynı zamanda başkasının duygu ve düşüncelerini de açıklamak için kullanırlar. Bu bağlamda metaforlar yaşamdaki deneyimlerin büyük kısmını şekillendirdiği ifade edilir (Önal, 2024).

Okulöncesi eğitim dönemindeki çocukların metaforik algılarına yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Büyükbahçıvan (2017) bilgisayar, Yazıcı, Çelik, Yıldırım, Altıntaş ve Güneş (2018) okul, Mert (2019) okul öncesi eğitim programlarındaki kavramlar, Erel (2020) okul, Karademir ve Demirel (2020) öğretmen, Bozkır ve Kanak (2021) okul öncesi eğitim alanında yapılmış metafor çalışmalarının gözden geçirilmesi, Ayvacı, Bülbül ve Bebek (2021) çevre sorunları, Pektaş, Göktaş ve İlhan (2023) müzik, Önal (2024) deprem, Şahin (2023) yabancı dil, Öztürk ve Alataş (2024) su konusunda okul öncesi eğitim dönemi çocukların metaforik algılarını araştırmışlardır. Bu çalışmalardan da anlaşılacağı gibi okul öncesi eğitim dönemindeki çocukların arkadaş kavramına ilişkin metaforik algılarının belirlenmesine yönelik çalışma yapılmadığı görülmektedir. Bu nedenle özellikle okul öncesi eğitim kurumlarında eğitim almakta olan çocukların arkadaş kavramına ilişkin metaforik algılarının belirlenmesi bir ihtiyaç olduğu kadar, alanyazındaki boşluğu doldurma açısından da büyük önem taşımaktadır.

Bu araştırmanın temel amacı okul öncesi eğitim kurumuna devam etmekte olan 4-6 yaş arası çocukların arkadaş kavramına ilişkin metaforik algılarının belirlenmesidir. Bu temel amaç kapsamında aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır.

1. Okul öncesi dönem çocukların arkadaş kavramına ilişkin geliştirdikleri metaforlar nelerdir?
2. Okul öncesi dönem çocukların arkadaş kavramına ilişkin geliştirdikleri metaforlar hangi kavramsal kategoriler altında toplanmaktadır?

YÖNTEM

Araştırmanın Modeli: Bu çalışma okul öncesi eğitim kurumunda eğitim almakta olan 4-6 yaş arası çocukların arkadaş kavramına ilişkin algılarını geliştirdikleri metaforlar yardımıyla inceleyen nitel bir araştırmadır. Nitel araştırmalarda kapsamlı veriler elde edilir ve bu araştırmalarda anlam ve bireylerin bakış açısı oldukça önemlidir. Nitel çalışmalar ile okuyucular arasında güçlü bağlantı kurmak için metaforlar kullanılabilir (Bektaş, Yavaş ve Can, 2018). Metaforlar eğitim araştırmalarında iki amaçla kullanılabilir. Bunlardan birincisi var olan durumu belirlemek, diğeri ise bir süreci iyileştirmektir. Bu araştırma, var olan durumu belirlemeye yönelik olgu bilim deseninde nitel bir araştırmadır. Olgu bilim deseni, farkında olduğumuz ancak derinlemesine ve ayrıntılı bir anlayışa sahip olmadığımız, deneyimler, algılar, yönelimler ve durumlar yoluyla karşımıza çıkabilen olgulara odaklanmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2008).

Çalışma Grubu: Araştırmanın çalışma grubunu İstanbul Ümraniye İlçesindeki resmi bir ilkokulun bünyesinde okul öncesi eğitim alan 4-6 yaş arası toplam 92 çocuk (56 kız, 36 erkek) oluşturmaktadır. Bazı çocukların veri toplama sürecinde okula gelmemesi veya görüşmeye katılma konusunda isteksiz olması nedeniyle çalışma grubu 85 çocuk ile sınırlı kalmıştır. Bu çocuklardan 51'i kız, 34'ü erkek olup tamamı 4-6 yaş grubunda yer almaktadırlar.

Veri Toplama Aracı ve Verilerin Toplanması: Okul öncesi dönem çocukların "arkadaş" kavramına yönelik metaforik algılarını belirlemek için araştırmacı tarafından geliştirilmiş yarı yapılandırılmış bir metafor formu kullanılmıştır. Formda "Arkadaş ……. gibidir / benzerdir" ifadesi ve metaforun gerekçesinin belirlenmesini sağlayan "Çünkü ……" ifadesi yer almaktadır. Metaforun bir araştırma aracı olarak kullanıldığı çalışmalarda gibi kavramı genellikle metaforun konusu ile metaforun kaynağı arasındaki bağı daha açık bir şekilde çağrıştırmak için kullanılır. Araştırmada, çünkü kavramı ise katılımcıların kendi metaforları için bir gerekçe veya mantıksal dayanak sunmaları için kullanılır (Göçer, 2013). Çocukların gelişim özellikleri gereği veri toplama aracı olarak kullanılan form çocuklara sözlü olarak sorulmuş ve alınan cevaplar araştırmacı tarafından yazılı olarak kaydedilmiştir. Çocukların cinsiyeti forma K/E şeklinde kodlanmıştır. Ancak araştırmanın verileri cinsiyet ve yaş yönünden analiz edilmemiştir. Ayrıca çocuklara araştırma konusu, amacı ve metafor kavramı hakkında kısaca bilgi verilmiş ve farklı örneklerle çocuklara ipucu verilmiştir. (Örneğin zaman suya benzer, çünkü her ikisi de akar gider.) Çocuklarla görüşmeler bireysel olarak gerçekleştirilmiş ve birbirilerini etkilememesi için görüşmeye alınan çocuk sınıfın dışına çıkarılmış ve sessiz ortamda sorular sorulmuştur. Veri toplama sürecinde çocukların verdiği cevaplara herhangi bir müdahalede bulunulmamış ve sözlü olarak verilen cevaplar olduğu gibi kaydedilmiştir. Verilerin güvenirliğini kontrol etmek için her sınıftan 3 çocuk random yöntemiyle seçilmiş ve toplam 12 çocukla ilk görüşmeden 3 gün sonra tekrar görüşme yapılmıştır. 8 çocuk aynı cevabı vermiş 4 çocuk ise benzer cevapları vermiştir. Araştırmaya başlamadan önce katılımcı çocukların ailelerine çalışmanın amacı ve kapsamına ilişkin bilgilendirme yazısı gönderilmiş ve sınıf içerisinde video ve ses kaydı alınmayacağına, çocukların kimlik bilgilerinin paylaşılmayacağına dair açıklama yapılarak izin onayı alınmıştır. Ayrıca Hakkari Üniversitesinin 02.06.2026 tarih ve 146650 sayılı yazısıyla bilimzel araştırma ve yayın etik kurul izni alınmıştır.

Verilerin Analizi: Çalışma grubundaki çocukların arkadaş kavramına ilişkin ürettikleri metaforların çözümlenmesi içerik analizi yöntemi ile yapılmıştır. İçerik analizinin temel amacı, birbirine benzeyen verileri belirli kavramlar ve temalar çerçevesinde bir araya getirmek ve bunları okuyucunun anlayabileceği bir biçimde düzenleyerek yorumlamaktır (Yazıcı, Çelik, Yıldırım, Altıntaş ve Güneş, 2018). İçerik analizinde veriler daha derinlemesine incelenir ve betimsel yaklaşımla fark edilemeyen kavram ve temalara içerik analizi sonucu ulaşılabilir (Yıldırım ve Şimşek, 2008). Bu süreç, metaforların belirlenmesi, ayıklanması ve kodlanması, gerekçeleri oluşturan kategorilerin geliştirilmesi, geçerlik ve güvenirlik çalışması ile nicel veri analizi aşamasından oluşmuştur. Verilerin ayrıntılı bir şekilde rapor edilmesi ve araştırmacının sonuçlara nasıl ulaştığını açıklaması nitel bir araştırmada geçerliğin önemli ölçütleri arasında yer almaktadır (Yıldırım, 2010). Bu araştırmada veri analizi süreci ayrıntılı olarak açıklanarak geçerliğin arttırılması hedeflenmiştir. Nitel araştırmalarda araştırmacının izlediği süreç ve ulaşılan sonuçlar rapor edilirken, bulguların orijinalliği bozulmadan sunulması araştırmanın iç güvenilirliğini yükseltir (Yeşilyurt, 2017). Nitel araştırmaların geçerlik ve güvenirlik çalışmalarında inandırıcılık, doğrulanabilirlik, tutarlılık ve uygulanabilirlik önemli bir yer tutmaktadır (Ayvacı, Bülbül ve Bebek, 2021). Bu amaçla araştırmada inandırıcılığı sağlamak için elde edilen bulguların doğruluğunu sağlamak için rastgele seçilen 3 çocuk ile tekrar görüşülmüştür. Alınan cevapların önceki cevapların aynısı veya benzer olduğu görülmüştür. Ayrıca nitel araştırmalarda geçerliği ve güvenirliği artırmak, inanırlık ve aktarılabilirliğini artırmak şeklinde de ifade edilebilir (Kılcan, 2017). İnanırlığı artırmak adına katılımcıların geliştirdikleri metafor ve gerekçelerden aynen alıntılar yapılmıştır. Ayrıca araştırmanın farklı araştırmacılar tarafından incelendiğinde de aynı sonuçlara ulaştıracak kadar açık kategorilere sahip olması gerekir (Büyüköztürk, Kılıç Çakmak, Akgün, Karadeniz ve Demirel, 2011). Bu nedenle kavramsal kategorilerin oluşturulmasında uzman görüşüne başvurulmuştur. Eğitim

bilimleri bölümünde görevli bir öğretim üyesine kavramsal kategorilerin bulunduğu ve metaforların rastgele sıralandığı iki ayrı liste verilmiş ve öğretim üyesinden (uzman) bu iki listeyi eşleştirmesi istenmiştir. Uzmanın oluşturduğu eşleştirme listesi ile araştırmacının oluşturduğu eşleştirme listesi karşılaştırılmış benzerlik ve farklılıklar saptanmıştır. Bu süreçte, Miles ve Huberman'ın (1994) güvenirlik = (görüş birliği /görüş birliği + görüş ayrılığı) x 100 formülü uygulanmıştır.

Kavramsal kategori ve metaforların oluşturduğu listelerin eşleştirilmesinde 2 metaforun yer aldığı kavramsal kategoride uyum sağlanamamıştır. Eşleştirme listesindeki uyuşum yüzdesi, %97 olarak hesaplanmıştır. Uyuşum yüzdesinin %90'ın üstünde olduğu için veri analizi açısından araştırma güvenilir sayılmıştır (Saban, 2008). Ayrıca güvenirliği arttırmak için doğrudan alıntılara yer verilmiş olup herhangi bir ekleme yapılmadan olduğu gibi sunulmuştur. Son olarak elde edilen 72 metafor 7 farklı kavramsal kategoride sınıflandırılmış ve buna göre istatistiksel analizler yapılmıştır. Metaforların ve kavramsal kategorilerin belirlenmesinde frekans ve yüzdelik işlemlerden yararlanılmıştır.

BULGULAR

Araştırmanın bulgularına göre 4-6 yaş okul öncesi dönem çocukları (n=85) "arkadaş" kavramına ilişkin 72 geçerli metafor üretmiştir. Ortalama olarak bir çocukların ürettiği metafor sayısı 0,84 olarak saptanmıştır. Çocuklar ürettikleri metafor ile ilgili bilgiler Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Çocukların Arkadaş Kavramına İlişkin Ürettikleri Metaforlar

No	Metafor	f	%	No	Metafor	f	%	No	Metafor	f	%
1	Kedi	7	097	26	Bok eldiveni	1	013	51	Penguene	1	013
2	İnsan	5	069	27	Bulut	1	013	52	Play-station	1	013
3	Arkadaş	4	055	28	Cam	1	013	53	Resim	1	013
4	Çiçek	4	055	29	Çizgi film kahramanı	1	013	54	Robot	1	013
5	Deniz	4	055	30	Dondurma	1	013	55	Sandalye	1	013
6	Güneş	4	055	31	Dostluk	1	013	56	Sıcak	1	013
7	Sevgi	4	055	32	Efsane	1	013	57	Silah	1	013
8	Tavşan	4	055	33	Eşya	1	013	58	Soğuk	1	013
9	Kalp	3	041	34	Fil	1	013	59	Su	1	013
10	Oyun	3	041	35	Harika	1	013	60	Suluk	1	013
11	Çocuk	2	027	36	Havuz	1	013	61	Şeker	1	013
12	Gözlük	2	027	37	Işık	1	013	62	Şemsiye	1	013
13	Gülücük	2	027	38	Karpuz	1	013	63	Tasma	1	013
14	Güzellik	2	027	39	Kardeş	1	013	64	Taş	1	013
15	Iyilik	2	027	40	Kitap	1	013	65	Tatlı	1	013
16	Koruma	2	027	41	Kol	1	013	66	Televizyon	1	013
17	Mutluluk	2	027	42	Köpek	1	013	67	Uçak	1	013
18	Oyuncak	2	027	43	Kum torbası	1	013	68	Yağmur	1	013
19	Saç	2	027	44	Kuş	1	013	69	Yaprak	1	013
20	Yıldız	2	027	45	Lego	1	013	70	Yemek	1	013
21	Ağaç	1	013	46	Mandalina	1	013	71	Yılan	1	013
22	Altın Işık	1	013	47	Maymun	1	013	72	Yunus	1	013
23	Araba	1	013	48	Öğretmen	1	013				

24	Arslan	1	013	49	Parfüm	1	013				
25	Ayıcık	1	013	50	Paylaşmak	1	013				

Tablo 1incelendiğinde 85 okul öncesi dönem çocukların arkadaş kavramına ilişkin 72 metafor ürettikleri görülmektedir. Her bir çocuğa düşen ortalama metafor sayısı 0,84 olarak belirlenmiştir. Her bir metafora karşılık gelen çocuk sayısı ise 1.18'dir. 20 metafor ortalamanın üstünde kalan çocuklar tarafından üretilmiş, 52 metafor ortalamanın altında kalan çocuklar tarafından üretilmiştir. Ortalamanın üstünde kalan 20 metafordan 1'i 7 çocuk, 1'i 5 çocuk, 2'si 3 çocuk, 6'sı 4 çocuk ve 10'u 2 çocuk tarafından üretilmiştir. Ortalamanın altında kalan 52 metafordan her biri 1 çocuk tarafından üretilmiştir.

Metaforlar frekansına göre sıralandığında ilk sırayı kedi (7) metaforunun aldığı görülmektedir. Bunu sırayla insan (5), güneş, tavşan, deniz, sevgi, arkadaş ve çiçek (4), oyun ve kalp (3), çocuk, mutluluk, oyuncak, güzellik, yıldız, saç, koruma, gülücük, iyilik ve güzellik (2) metaforları izlemektedir. Daha sonra Bulut, ışık, harika, efsane, ağaç, köpek, havuz, uçak, yaprak, taş, su, yağmur, silah, kum torbası, box eldiveni, resim, tasma, televizyon, fil, play station, şeker, öğretmen, yunus, cam, suluk, mandalina, maymun, aslan, altın, çizgi film kahramanı, araba, yılan, parfüm, lego, kol, sandalye, ayıcık, soğuk, sıcak, kuş, robot, paylaşmak, karpuz, dostluk, kardeş, eşya, kitap, penguene, şemsiye, yemek, tatlı ve dondurma (1) metaforları yer almaktadır. Okul öncesi dönem çocukların arkadaş kavramına ilişkin ürettiği metaforların kavramsal kategorilere göre dağılımı Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Arkadaş Kavramına İlişkin Metaforların Kategorilere Göre Dağılımı

Sıra No	Kavramsal Kategoriler (n=7)	Metaforlar (N=72)	Metafor çeşidi	%	Metafor (f)	%
1	Eşya	Çiçek (4), altın (1), araba (1), cam (1), eşya (1), kitap (1), parfüm (1), resim (1), sandalye (1) sözlük (1), suluk (1), şemsiye (1), tasma (1), televizyon (1), uçak (1)	15	21	18	16
2	Doğa	Deniz (4), güneş (4), yıldız (2), ağaç (1), bulut (1), havuz (1), ışık (1), sıcak (1), soğuk (1), taş (1), yağmur (1), yaprak (1)	12	17	19	17
3	Hayvan	Kedi (7), tavşan (4), aslan (1), fil (1), köpek (1), kuş (1), maymun (1), penguene (1), yılan (1), yunus (1)	10	14	19	17
4	Duygu	Sevgi (4), kalp (3), gülücük (2), güzellik (2), iyilik (2), mutluluk (2), dostluk (1), efsane (1), harika (1), paylaşmak (1)	10	14	19	17
5	İnsan	İnsan (5), arkadaş (4), çocuk (2), koruma (2), çizgi film kahramanı (1), kardeş (1), kol (1), öğretmen (1), saç (1),	9	12	18	16
6	Oyun/Oyuncak	Oyun (3), oyuncak (2), ayıcık (1), box eldiveni (1), kum torbası (1), lego (1), play station (1), robot (1), silah (1)	9	12	12	11
7	Yiyecek	Dondurma (1), karpuz (1), mandalina (1), su (1), şeker (1), tatlı (1), yemek (1)	7	10	7	6
	Toplam		**72**	**1 00**	**112**	**100**

Tablo 2'de görüldüğü gibi 85 okul öncesi dönem çocukları 72 farklı metafor üretmiş ve bazı çocuklar birden fazla metafor ürettiği için toplamda metafor frekansı 112 olmuştur. Metafor türü olarak en fazla "eşya" (15) kavramsal kategorisinden metafor üretilmiştir. Ancak metafor frekansı olarak en fazla doğa (19), hayvan (19) ve duygu (19) kavramsal kategorisinden metafor üretilmiştir. Okul öncesi dönem çocukları arkadaş kavramına ilişkin ürettiği 72 metafor 7 kavramsal kategori olarak gruplandırılmıştır. Bu kategorilerden eşya olarak arkadaş ilk sırada yer almaktadır. Bu kategoriyi sırasıyla doğa olarak arkadaş, hayvan olarak arkadaş, duygu olarak arkadaş, insan olarak arkadaş, oyun/oyuncak olarak arkadaş ve yiyecek olarak arkadaş kategorileri izlemektedir. Eşya olarak arkadaş kategorisinde çocuklar 15 metafor (çiçek (4), altın (1), araba (1), cam (1), eşya (1), kitap (1), parfüm (1), resim (1), sandalye (1) sözlük (1), suluk (1), şemsiye (1), tasma (1), televizyon (1), uçak (1)) üretmiştir. Doğa olarak

arkadaş kategorisinde çocuklar 12 metafor (deniz (4), güneş (4), yıldız (2), ağaç (1), bulut (1), havuz (1), ışık (1), sıcak (1), soğuk (1), taş (1), yağmur (1), yaprak (1)) üretmiştir. Hayvan olarak arkadaş kategorisinde çocuklar 10 metafor (kedi (7), tavşan (4), aslan (1), fil (1), köpek (1), kuş (1), maymun (1), penguene (1), yılan (1), yunus (1)) üretmiştir. Duygu olarak arkadaş kategorisinde çocuklar 10 metafor (sevgi (4), kalp (3), gülücük (2), güzellik (2), iyilik (2), mutluluk (2), dostluk (1), efsane (1), harika (1), paylaşmak (1)) üretmiştir. İnsan olarak arkadaş kategorisinde 12 çocuklar 9 metafor insan (5), arkadaş (4), çocuk (2), koruma (2), çizgi film kahramanı (1), kardeş (1), kol (1), öğretmen (1), saç (1)) üretmiştir. Oyun / oyuncak olarak arkadaş kategorisinde çocuklar 9 metafor (oyun (3), oyuncak (2), ayıcık (1), box eldiveni (1), kum torbası (1), lego (1), play station (1), robot (1), silah (1)) üretmiştir. Yiyecek olarak arkadaş kategorisinde çocuklar 9 metafor (dondurma (1), karpuz (1), mandalina (1), su (1), şeker (1), tatlı (1), yemek (1)) üretmiştir. Çocukların ürettiği arkadaş kavramına ilişkin metaforların (ortalamanın üstünde olan) gerekçeleri Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. Arkadaş Kavramına İlişkin Üretilen Metoforların Gerekçeleri

Sıra	Metafor	f	Gerekçesi
1	Kedi	7	Ben öyle düşünüyorum çünkü kediler çok yumuşak tüylüdür. Kızlar kedilere benziyor, kedi oluyor bazen böyle oyunr oynuyoruz. Kızlar kedi gibi miyavlıyor ve onlara da süt veriyorlar. Kedileri çok seviyorum.
2	İnsan	5	Arkadaşımı hiçbir şeye benzetmem onlar sadece insandır. Bence arkadaşlık özel bir şey o yüzden başka bir şeye benzetmiyorum. Onlar birer insan. İnsanlarla oynuyoruz ve o yüzden aklıma insan geldi. Arkadaşım çok güzel bir insan çok iyi bir insan benimle her şeyini paylaşıyor.
3	Arkadaş	4	Rozerin'e benzetiyorum çünkü o benim en iyi arkadaşımdır. Arkadaşlarımla oyun oynuyorum. Çok güzel oynuyoruz. Birlikte çok güzel vakit geçiriyoruz. Arkadaşımı kendilerine benzetiyorum.
4	Çiçek	4	Güzel kokan çiçekleri çok seviyorum. Çiçekleri seviyorum. Çiçeklerden taç yapmak istiyorum. Çiçeklerle sürpriz yapabilirim.
5	Deniz	4	Sınıfımız gibi deniz de çok kalabalık. Denizdeki gibi sınıfımızda çok arkadaşım var. Çünkü denizde yüzmeyi çok seviyorum. Bana ailemi ve denizi hatırlatıyor. Çok büyük çok derin.
6	Güneş	4	Ben güneşi seviyorum bir de güneş bizi ısıtıyor. Güneş parlıyor, arkadaşlarımı da öyle görüyorum. O bizi ısıtıyor bazen de serinletiyor.
7	Sevgi	4	Arkadaş olduğumuzda oyunlar oynuyoruz. Birçok arkadaşım var hepsini çok seviyorum. Çok güzel oynuyoruz ve hep beraber sarılıyoruz.
8	Tavşan	4	Tavşan benim her istediğimi yapıyor. Arkadaşların da öyle olmasını istiyorum. Tavşanları seviyorum yumuşak tüyleri var. Çok tatlılar, oyuncak ve arkadaş gibi hep benimle oyun oynuyorlar.
9	Kalp	3	Kalple seviyorum arkadaşlarımı da çok seviyorum. Arkadaşımı çok seviyorum. Onunla öğrenmeyi seviyorum. Mutlu bir duyguya benzetirim.
10	Oyun	3	Oyun oynamayı çok seviyorum. Arkadaşımla oyun alanlarına gidiyorum. Oyun oynuyorum. Oyun oynarken eğleniyorum.
11	Çocuk	2	Benim arkadaşlığım çocuk olduğu için. Ben arkadaşımı çocuk olarak görüyorum.
12	Gözlük	2	Gözlüğümü yeni aldım ve arkadaşıma hediye ettim. Her yeri görebilsin diye.
13	Gülücük	2	Mutlu olunca dişlerimiz görünüyor. Arkadaşım her zaman gülüyor.
14	Güzellik	2	Arkadaşlık ve dostluk güzelliktir. Arkadaşlarımla her şey çok güzel olduğu için. Arkadaşım çok güzel.
15	İyilik	2	Arkadaşlarımın hepsi iyi. Birbirimizi hiç üzmüyoruz.
16	Koruma	2	Arkadaşlarımı korumak istiyorum. Arkadaşım benimle hiç dalga geçmiyor.
17	Mutluluk	2	Arkadaşlarım beni mutlu ediyor. Hiç kavga etmeden oyun oynuyoruz.
18	Oyuncak	2	Oyuncaklarla birlikte oynuyoruz. Benim oyuncaklarıma benziyor.
19	Saç	2	Saçımı beğeniyorum. Hayvanat bahçesindeki maymun saçımı çekmişti onun için. Saçları güzel olduğu için.
20	Yıldız	2	Arkadaşlarım bacaklarını ve kollarını yana açınca yıldıza benziyorlar. Yıldız gibi ışıklı eşyaları var.

Tablo 3'te görüldüğü gibi çocuklar ortalamanın üstünde 20 metafor üretmiştir. Ortalamanın hesaplanmasında katılımcı çocuk sayısı ve metafor frekansı dikkate alınmıştır (112/85=1,31).

Çocuklar metaforların gerekçelerini kendi algı biçimlerine göre ifade etmişlerdir. Metaforların gerekçeleri çocuklar tarafından farklı cümlelerle ifade edilmiş olsa da aynı duygu ve düşünceleri yansıtan benzer ya da yakın ifadeler kullanmışlardır. Özellikle aynı metaforu üreten çocukların arkadaş kavramına yönelik algılarında daha çok benzerlik olduğu görülmektedir. Arkadaş kavramına yönelik üretilen metaforlarla ilgili çocukların algı biçimlerinin benzer olmasında özellikle etkileşimci bir sınıf ortamının olmasının etkili olduğu söylenebilir. Ayrıca üretilen metaforların gerekçeleri incelendiğinde genellikle arkadaş kavramının hep olumlu algılandığı görülmektedir. Çünkü çocukların gerekçelerine göre arkadaş kavramı genellikle sevilen kişiye, eşyaya, hayvana, olumlu duygulara, doğaya, oyun ya da oyuncağa benzetilmiştir. Bu durum arkadaş kavramına yönelik verilen eğitimin, sınıf içi etkileşimin, formal ve informal ortamlarda verilen mesajların, kültürel unsurların vb. faktörlerin etkili olduğunu göstermektedir. Diğer yandan çocukların yaş durumu dikkate alındığında arkadaş kavramına yönelik olumsuz deneyimler yaşamadıkları, arkadaşlarına yönelik olumsuz bir duygu ve düşünce beslemedikleri dikkati çekmektedir. Bu bulgular çocukların saf, temiz ve iyi niyetli olduklarını ortaya koymaktadır.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Okul öncesi dönem çocukları arkadaş kavramına ilişkin metaforik algılarını saptamayı amaçlayan bu çalışma 85 çocuğun katılımıyla yapılmıştır. Çocuklar 72 farklı metafor üretmiştir. Bazı çocuklar birden fazla metafor ürettiği için 72 metaforun frekansı 112 olmuştur. Çocukların ürettiği ortalama metafor sayısı 0,84, ancak metaforların frekansı yönünden bir çocuğa düşen ortalama metafor sayısı 1,18 olmuştur. Bu metaforlar 7 farklı kavramsal kategori olarak analiz edilmiştir. Üretilen 72 metaforun tamamı çocukların arkadaş kavramını olumlu olarak algıladıkları sonucunu ortaya çıkarmıştır. Toplam metafor sayısı ile çocuk sayısı oranına göre ortalamanın üstünde 20 metafor üretilmiştir. 3 ve üstünde frekansı olan metafor sayısı 10'dur. İlk sırada kedi metaforu yer almıştır. Bunu sırasıyla insan, arkadaş, çiçek, deniz, güneş, sevgi, tavşan, kalp ve oyun takip etmiştir. Metaforların anlamları dikkate alındığında çocukların tamamı arkadaş kavramına olumlu bir anlam yüklemiş ve arkadaşı etkileşimde bulundukları hayvan, insan, eşya gibi algılanmış ve kendi duygularını yansıtmışlardır. Arkadaş kavramını olumsuz olarak algılayan çocuk olmamıştır.

Çocukların arkadaş kavramına ilişkin metaforik algıları belli kavramlarda yoğunlaşmamış, farklı kavramlarla ifade edilmiştir. Bu durum çocukların arkadaş kavramına kendi yaşantıları ile ilişki kurarak anlam yüklediklerini göstermektedir. Farklı bir deyişle çocukların henüz deneyimlemedikleri ya da tek başlarına algı oluşturmalarının mümkün olmadığı kavram ya da anlamlara ilişkin metafor üretemedikleri ya da zorlandıklarını göstermiştir (Ayvacı, Bülbül ve Bebek, 2021). Metaforların gerekçelerine göre çocuklar en çok sınıf için ilişkilerde dayalı olarak metafor ürettikleri kısmen de aile yaşantısı ile ilişki kurdukları görülmüştür. Arkadaş kavramını tüm çocukların olumlu olarak algılamış olmaları, formal ve informal ortamlarda verilen eğitimin etkisinin önemli olduğunu ortaya çıkarmıştır. Diğer yandan arkadaş ilişkilerinde olumsuz deneyimlerinin olmadığı, arkadaş kavramının duyuşsal düzeyde olumlu bir iz bıraktığı söylenebilir. Çocuk sayısına göre üretilen metafor sayısının çokluğu ve metaforların belli kavramlarda yoğunlaşmaması çocukların yaratıcılığını ve hayal gücünü göstermektedir.

Alanyazındaki okul öncesi dönem çocukların metaforik algılarına yönelik benzer çalışmaların sonuçları incelendiğinde bu araştırma sonuçlarıyla uyumlu olduğu görülmektedir. Bütükbahçıvan'ın (2017) okulöncesi eğitim kurumuna devam eden çocukların bilgisayara yönelik metaforik algıları çalışmasında 45 çocuğun 19 metafor ürettiği görülmüştür. Yazıcı, Çelik, Yıldırım, Altıntaş ve Güneş'in (2018) okulöncesi dönemdeki çocukların okul kavramına ilişkin metaforik algıları çalışmasında 40 çocuğun 36 metafor ürettiği ortaya

çıkmıştır. Karademir ve Demirel'in (2020) 48-60 aylık çocukların çiziminde öğretmen: Bir metafor çalışmasında 125 çocuk 41 metafor üretmiştir. Öztürk ve Alataş'ın (2024) okulöncesi dönem çocuklarının suya ilişkin metaforik algılarına yönelik çalışmada ise 36 çocuk 8 metafor üretmişlerdir. Bu sonuçlar mevcut araştırma sonuçlarıyla tutarlı görülmektedir. Pektaş, Gçktaş ve İlkan'ın (2013) okulöncesi çocuklarının müzik kavramına ilişkin yaptığı çalışmada 113 çocuğun 23 metafor ürettiği görülmektedir. Bu araştırma sonucunda ise çocukların müzik kavramına yönelik algılarının belli kavramlar etrafında yoğunlaştığını göstermektedir. Mert'in (2019) okul öncesi çocuklarının okul öncesi eğitim programındaki kavramlara ilişkin algılarının metaforlar aracılığıyla analizi çalışmasında çocukların bazı kavramlarla ilgili metafor üretemedikleri ortaya çıkmıştır. Bahçacıönal'ın (2024) okul öncesi dönem çocuklarının deprem kavramına ilişkin metaforik algılarının incelenmesi çalışmasında 160 çocuğun 62 metafor ürettiği, 12 çocuğun metafor üretemediği, 31 çocuğun ise ürettiği metaforun gerekçesini açıklayamadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçlar çocukların kendi deneyimleri kapsamında metafor ürettiklerini, biliş düzeylerine uygun olmayan kavramlarda metafor üretmediklerini düşündürmektedir.

Okul öncesi dönem çocukların metaforik algılarının belirlenmesine ilişkin metaforik çalışmalarının sınırlı olması nedeniyle arkadaş ya da farklı kavramlara yönelik metaforik algıların belirlenmesi için yeni araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle okul öncesi eğitim dönemi çocukların bilişsel ve duyuşsal içerikli kavramlara ilişkin metaforik algıların belirlenmesine yönelik çalışmalara öncelik verilmelidir. Böylece çocukların yaratıcılık ve hayal gücünün geliştirilmesi, formal ve informal ortamlarda verilen eğitimin etkisinin ölçülmesi için fırsat sağlanmalıdır. Mevcut araştırma sonuçları okulöncesi eğitim dönemindeki çocuklar için hazırlanan eğitim programında ve öğretmenlerin hazırladığı etkinliklerin içeriğinin belirlenmesinde dikkate alınmalıdır.

KAYNAKÇA

Akyüzlüer, F. (2021). Ortaokul öğrencilerinin müzik öğretmenine ilişkin metaforik algıları. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi.* 53, 60–86. https://doi.org/10.9779/pauefd.846801

Altıntaş, G., Baykan, Ö., Kahraman, E., & Altıntaş, SU. (2015). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Kaynaştırma Eğitimi, Kaynaştırma Öğretmeni ve Kaynaştırma Çocuklerine İlişkin Metaforik Algıları. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*. 4 (3), 273-282.

Avcı, F. (2023). Okul öncesi öğretmenlerin aile katılımı etkinliklerine ilişkin metaforik algıları. *Okul Yönetimi.* 2(2). 175-187.

Aydeş, SS., & Akın, U. (2016). Okul Yöneticilerinin Öğretmenlere Yönelik Metaforik Algıları. *Sakarya University Journal of Education.* 6 (3), 20-39.

Aytdın, İH. (2006). Bir Felsefi Metafor: Yolda Olmak. *Dinbilimleri Akademik Araştırma Dergisi.* 1, 9-22.

Aykutlu, I., Bezen, S., & Bayrak, C. (2019). Öğretmen Adaylarının Fizik Laboratuvar Uygulamasına İlişkin Metaforik Algılarının İncelenmesi. *Bartın Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*. 8(1), 32-53.

Ayvacı, H. Ş., Bülbül, S., & Bebek, G. (2021). Metaphoric perceptions and views of preschool children' on the concept of environmental problems. *Manisa Celal Bayar University Journal of the Faculty of Education, 9*(1), 117-132. https://doi.org/10.52826/mcbuefd.922632.

Bektaş, M., Yavaş, M., & Can, AA (2018). Sınıf Öğretmeni Adaylarının "Çocuk Katılımı" Kavramına Yönelik Metaforik Algılarının Farklı Değişkenler Açısından İncelenmesi. *Turkish Studies.* 13 (19), 253-284.

Bertan M, Haznedaroğlu D, Koln P, Yurdakök K, Güçiz BD. (2009). Studies on early childhood development in Turkey (2000-2007). *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi,* 52, 1-8.

Bütükbahçıvan, E. (2017). Okul öncesi eğitim kurumuna devam eden çocuklerin bilgisayara yönelik metaforik algıları. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, ÖE., Karadeniz, Ş. & Demirel, F. (2011). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri.* (Onuncu Baskı). Ankara: PegemA Yayıncılık.

Bozkır, K., & Kanak, M. (2023). Okul öncesi eğitim alanında yapılmış metafor çalışmalarının gözden geçirilmesi. Sistematik bir derleme. Sivas Cumhuriyet University Educational Sciences Institute Journal, 2(2),50-68.

Çelik, M. (2021). Okul öncesi öğretmen adaylarının matematik ve matematik öğretimine ilişkin metaforik algıları. *Anadolu Eğitim Liderliği ve Öğretim Dergisi.* 9(1), 1-16.

Çelik SN. & Şahin, M. (2025). Anadolu Lisesi Çocuklerinin Müzik Dersine İlişkin Metaforik Algıları. *Hakkâri Eğitim Fakültesi Dergisi (HEFDER)*, 4(2), 26-40.

Erel, S. (2020). Türkiye'dekİ Suriyeli çocukların okul kavramına yönelik metaforik algıları. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü.

Fırat, M., & Yurdakul, IK. (2015). Eğitsel Web Arayüz Tasarımında Metaforlar: EMMA Adımları. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*. 8 (1), 41-50.

Filiz, SB., Canan E., & Özçelik, TT. (2017). Sınıf Öğretmenlerinin ve 5. Sınıf Çocuklerinin El Yazısı Öğretme ve Öğrenmeye Yönelik Metafor Algıları. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi.* 12 (23), 135-159.

Göçer, A. (2013). Türkçe Öğretmeni Adaylarının Kültür Dil İlişkisine Yönelik Metaforik Algıları. *Turkish Studies***.** 8 (9), 253-263.

Güder, SY.,& Yıldırım, A. (2014). Okul öncesi öğretmeni adaylarının demokrasiye ilişkin metaforları. Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi. 7(16), 151-170.

Güngör, H., Öztürk, HM., & Ogelman, HG. (2022). Okul öncesi eğitimi öğretmenliği lisans çocuklerinin kültürel miras kavramına ilişkin algılarına yönelik metafor analizi. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi.* 11(2), 511-521.

Gürkan, T. (2000) "Okulöncesi Eğitimin Tanımı, Kapsamı ve Önemi". *Okulöncesi Eğitimin İlke ve Yöntemleri.* (Ed: Ş. Yaşar). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi.

İçel, H. (2014). Niğde Atasözlerinde Metafor ve Kullanımı. *Türkiyat Araştırmaları Dergisi*. 36, 75-83.

Karademir, A. & Demirel, B. (2020). 48-69 Aylık Çocukların Çizimlerinde "Öğretmen": Bir Metafor Çalışması. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi. 30(2), 189-201.

Kılcan, B. (2017). *Metafor ve Eğitimde Metaforik Çalışmalar İçin Bir Uygulama Rehberi*. (Ed. B. Kılcan) PegemA Yayıncılık.

Kuyucu, Y., Şahin, M. & Kapıcıoğlu, M.O. (2013). Okul öncesi öğretmenlerin çocuk kavramına ilkişkin sahip oldukları zihinsel imgeler. Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi. 2(2), 43-53.

Memişoğlu, H., & Taşkın, A., (2018). pedagojik formasyon alan tarih öğretmeni adaylarının tarih kavramına ilişkin algıları. Metafor analizi. *Researcher: Social Science Studies. 6(1),* 259-273

Mert, EL (2019). Okul Öncesi Çocuklerinin Okul Öncesi Eğitim Programındaki Kavramlara İlişkin Algılarının Metaforlar Aracılığıyla Analizi (Geometrik Şekil). International Journal of Language Academy. 7(3), 64-79.

Önal, MB. (2024). Okul öncesi dönem çocuklarının deprem kavramına ilişkin metaforik algılarının incelenmesi. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

Öztürk, ED., & Alataş, B. (2024). Okul öncesi dönem çocuklarının suya ilişkin metaforik algıları. 3. Uluslararası Temel Eğitim Kongresi. Bildiri Kitapçığı, 30-38.

Pektaş, S., Göktaş, G. & İlhan, SY. (2023). Okul öncesi çocuklerinin müzik kavramına yönelik metaforik algıları.International Journal of Human Sciences. 20(4), 519-529.

Saban, A. (2008). Okula ilişkin metaforlar. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, *55*(55), 459-496.

Sançmış, F., & Şahin, M. (2019). Okulöncesi Eğitim Dönemi Çocuklarına Yönelik Öykülerin Değerlendirilmesi. *Researcher: Social Science Studies*, 7(1), 72-88.

Sarıkaya, B. (2018). Türkçe Öğretmeni Adaylarının Öğretmen Kavramına İlişkin Metaforik Algıları. *Türkiye Eğitim Dergisi*. 3 (2), 1-16.

Senemoğlu, N. (1994). Okulöncesi Eğitim Programı Hangi Yeterlikleri kazandırmalıdır? *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi,* 10, 21-30.

Sever, S. (2010). *Çocuk ve Edebiyat.* Ankara: Tudem Yayıncılık.

Sözbir, SA., & Çakmak, ÖÇ. (2016). Okul öncesi öğretmen adaylarının müzik kavramına ilişkin metaforik algıları. *The Journal of Academic Social Science Studies*. 42 (Kış), 269-282.

Şahin, E. (2023). Okul öncesi eğitim dönem çocuklarının yabancı dile yönelik metaforik algılarının incelenmesi. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

Şahin, M. (2019). Sağlık Meslek Lisesi Çocuklerinin Hemşire Kavramına İlişkin Metaforik Algıları. Taras Şevçenko 3. Uluslararası Sosyal Bilimler Kongresi. 12-14 Temmuz, Kiev Ukrayna

Şahin, MH., & Kaya, H. (2016). Sosyal Bilgiler Öğretmen Adaylarının Bazı Coğrafya Kavramlarına İlişkin Algılarının Metaforlar Yoluyla Analizi. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*. 5 (Özel sayı), 111-120.

Taş, I., Keleş, O. & Aslan, D. (2020). Metaphoric perceptions of preschool teacher candidates about science and science education concepts. *Eurasian Journal of Teacher Education.* 1(3), 201-214.

Tokur, B. (2011). Kur'an'da Soru Kalıpları ve Metaforlar. *Atatürk Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi.* 36,105-118.

Üstün, E. vd. (2016). *Okulöncesi Eğitim*. Öğretmen El Kitabı. KKTC Milli Eğitim ve Kültür Bakanlığı Yayınları.

Yazıcı, E., Çelik, M., Yıldırım, FN., Altıntaş, E. & Güneş, A. (2018). Okul öncesi dönemdeki çocukların okul kavramına ilişkin metaforik algıları. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi,* 35, 64-86.

Yeşilyurt, A.(2017). Arap Dili Eğitimi Lisansüstü Çocuklerinin Standart Arapça ve Arapça Diyalektlere İlişkin Algılarının Belirlenmesi: Bir Metafor Analizi Çalışması. *Sınırsız Eğitim ve Araştırma Dergisi.* 2 (2), 86-102.

Yıldırım, K. (2010). Nitel araştırmalarda niteliği artırma. *İlköğretim Online*. 9(1), 79-92.

Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2008). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. Seçkin Yayıncılık.

AUTOMATIC LOCALIZATION OF STROKE LESIONS IN NEUROIMAGING

GAFAROV İSMAİL ADİL
HASANOVA SEVİNC ELDAR
HAJİYEVA SHABNAM AGAMURAD

Azerbaijan Medical University,Department of Medical and biological physics

ABSTRACT

Stroke lesion localization converts neuroimaging from a qualitative examination into a spatially explicit map of injured tissue. Accurate automated localization can support lesion volume measurement, anatomical reporting, treatment planning, outcome modeling, and longitudinal follow-up, but performance varies substantially with imaging modality, stroke phase, lesion size, and acquisition site. This structured narrative review examines the technical and clinical evidence for automated localization and segmentation of ischemic and hemorrhagic stroke lesions on computed tomography and magnetic resonance imaging. Primary studies, benchmark datasets, challenge reports, and reporting standards published mainly from 2015 through August 2026 were considered. The evidence shows that diffusion-weighted MRI with apparent diffusion coefficient maps remains the most favorable input for acute ischemic lesion segmentation, whereas non-contrast CT is more widely available but presents lower lesion-to-background contrast. U-Net-derived convolutional networks and self-configuring nnU-Net pipelines provide strong baselines; transformer and ensemble systems can improve contextual modeling and generalizability when trained on sufficiently diverse multicenter data. ISLES 2022 and ATLAS v2.0 address earlier weaknesses by supplying larger, heterogeneous cohorts and hidden test sets. However, a high Dice score alone does not establish clinical safety. Small missed lesions, false-positive islands, boundary error, calibration, processing time, scanner shift, and failure detection must also be evaluated. Recent external validation of DeepISLES indicates that challenge-derived ensembles can approach expert-level segmentation on diffusion MRI, but prospective workflow studies remain limited. Clinical deployment should therefore use automated localization as decision support with human review, explicit uncertainty, locked preprocessing, and continuous monitoring across scanners and patient subgroups.

Keywords: stroke; lesion localization; neuroimaging; magnetic resonance imaging; computed tomography; deep learning; medical image segmentation

INTRODUCTION

Stroke remains a major cause of death and long-term neurological disability. The Global Burden of Disease 2021 analysis estimated 93.8 million prevalent strokes, 11.9 million incident strokes, 7.3 million deaths, and 160.5 million disability-adjusted life-years worldwide in 2021 (GBD 2021 Stroke Risk Factor Collaborators, 2024). The absolute burden continued to rise even where age-standardized rates declined, reflecting population growth, aging, and uneven exposure to preventable risk factors. In acute care, imaging must rapidly distinguish ischemia from hemorrhage, identify vascular occlusion, estimate irreversibly injured tissue, and describe tissue that may still be salvageable. In later phases, the location and extent of structural injury inform prognosis, rehabilitation planning, and research on brain-behavior relationships (Greenberg et al., 2022; Powers et al., 2019).

Manual lesion outlining remains an important reference standard because it allows an expert to integrate image intensity, neuroanatomy, vascular territories, clinical timing, and artifacts. It is also slow and subject to inter-reader variation. Lesions may be punctate or confluent, unilateral or bilateral, cortical or infratentorial, and their appearance changes from hyperacute cytotoxic edema to subacute swelling and chronic tissue loss. These sources of variation make stroke localization harder than segmenting a compact mass with a stable appearance. Automated systems must therefore solve two related tasks: lesion detection, which determines whether abnormal tissue is present and where it lies, and lesion segmentation, which assigns a lesion label to individual pixels or voxels.

The clinical meaning of localization extends beyond a binary mask. A reliable mask permits lesion volume calculation, hemisphere and vascular-territory assignment, overlap analysis with eloquent cortex and white-matter tracts, and extraction of imaging biomarkers. These outputs may reduce measurement time and standardize large studies, but an erroneous mask can distort treatment thresholds or outcome models. Automated localization should consequently be evaluated as a measurement process embedded in a clinical workflow, not only as an image-processing competition.

This article reviews the modalities, datasets, model families, training strategies, validation metrics, and implementation safeguards used for automatic stroke lesion localization. The central argument is that current deep-learning systems are technically capable of useful localization, especially on diffusion MRI, but safe translation depends more on representative data and external validation than on marginal architectural novelty.

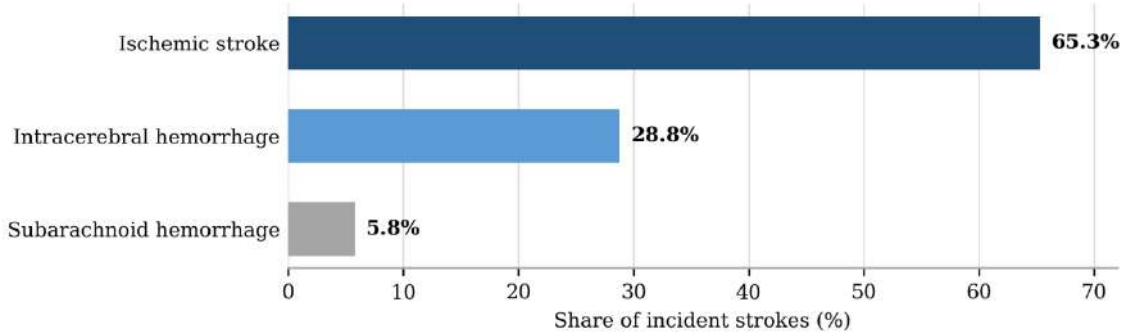


Figure 1. Global distribution of incident stroke subtypes in 2021

Source: prepared by the author from Global Burden of Disease 2021 estimates (GBD 2021 Stroke Risk Factor Collaborators, 2024). Percentages total 99.9% because of rounding.

MATERIALS AND METHODS

A structured narrative review was conducted to synthesize technical and clinical evidence relevant to automatic stroke lesion localization. Searches emphasized PubMed-indexed primary research, peer-reviewed medical-image-analysis papers, official ISLES and ATLAS dataset publications, and widely used segmentation architecture papers. Search concepts combined stroke or cerebral infarction with lesion localization, detection, segmentation, CT, CT perfusion, diffusion MRI, U-Net, nnU-Net, transformer, external validation, and uncertainty. The main evidence window was January 2015 through August 2026; earlier imaging studies were retained when they established clinically important modality differences.

Studies were prioritized when they described voxel-level or lesion-level localization, used expert annotations, reported data composition and validation strategy, or provided a public benchmark. Papers concerned only with stroke classification, vessel occlusion detection, or outcome prediction without a spatial lesion output were not central to the synthesis. Because modalities, cohorts, reference masks, lesion stages, and metrics differed considerably, results

were compared qualitatively rather than pooled in a meta-analysis. Claims about clinical utility were separated from technical benchmark results.

RESULTS

Imaging Modalities and Lesion Appearance

Non-contrast computed tomography is the first-line examination in many emergency pathways because it is fast, widely available, and sensitive to acute intracranial hemorrhage. Early ischemic changes on CT can be subtle, including loss of gray-white differentiation, sulcal effacement, or focal hypoattenuation. Low contrast and partial-volume effects make precise ischemic lesion delineation difficult, particularly for small cortical, posterior fossa, and very early infarcts. A prospective comparison by Chalela et al. (2007) showed that MRI was more sensitive than CT for acute ischemic stroke, while both modalities were effective for identifying acute hemorrhage. This difference explains why algorithms trained on non-contrast CT often require larger cohorts, carefully controlled windows, and anatomical context.

CT angiography localizes arterial occlusion and collateral pathways rather than infarcted tissue itself. CT perfusion provides cerebral blood flow, cerebral blood volume, mean transit time, and time-to-maximum maps that can support estimates of infarct core and hypoperfused tissue. These maps are clinically valuable but depend on acquisition duration, motion correction, deconvolution, contrast-bolus quality, and vendor-specific post-processing. Wang et al. (2020) addressed the limited contrast of perfusion maps by synthesizing pseudo-diffusion images and using an attention-based segmentation network, achieving leading performance in the ISLES 2018 setting. The study also illustrates a limitation: a model may learn the conventions of a particular perfusion-processing pipeline rather than a scanner-independent biological boundary.

Diffusion-weighted MRI and apparent diffusion coefficient maps are the most favorable inputs for acute ischemic lesion localization. Restricted diffusion usually produces high DWI signal with low ADC, although artifacts, T2 shine-through, lesion reversal after reperfusion, and very early false-negative studies remain possible. FLAIR and T2-weighted imaging provide complementary information on edema and lesion age. T1-weighted MRI is less sensitive in the hyperacute phase but is valuable for chronic structural lesions and rehabilitation research. Susceptibility-weighted or gradient-echo sequences improve detection of blood products and microbleeds. The optimal model input therefore depends on the clinical phase and the intended output rather than on a universally superior sequence.

Table 1. Neuroimaging inputs for automated stroke lesion localization

Modality	Primary signal	Best-suited task	Algorithmic advantage	Main limitation
Non-contrast CT	Attenuation and mass effect	Hemorrhage detection; established infarct	Fast and widely available	Subtle early ischemia; low soft-tissue contrast
CT angiography	Arterial lumen and collateral flow	Occlusion and vascular localization	Direct vessel assessment	Does not directly define infarcted tissue
CT perfusion	Hemodynamic parameter maps	Core and hypoperfusion estimation	Functional tissue information	Protocol and vendor dependence; motion sensitivity

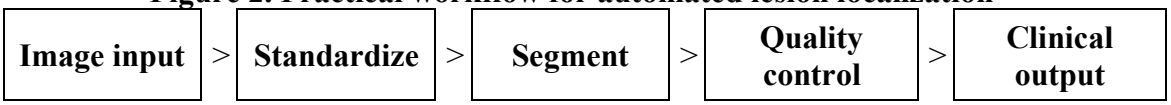
Modality	Primary signal	Best-suited task	Algorithmic advantage	Main limitation
DWI and ADC MRI	Restricted water diffusion	Acute ischemic lesion	High lesion contrast and complementary channels	Susceptibility and motion artifacts; limited availability
FLAIR and T2 MRI	Water content and edema	Subacute lesion and lesion-age context	Anatomical context and edema visibility	Timing-dependent signal; chronic white-matter mimics
T1-weighted MRI	Structural anatomy	Chronic stroke and rehabilitation studies	Common in research cohorts	Weak hyperacute lesion contrast
GRE or SWI MRI	Magnetic susceptibility	Hemorrhage and blood products	Sensitive to blood degradation products	Blooming artifacts complicate exact boundaries

End-to-End Localization Workflow

A dependable localization system begins before the neural network. DICOM conversion, series selection, orientation checks, resampling, intensity normalization, skull stripping where appropriate, and inter-sequence registration determine what information reaches the model. Misregistration between DWI, ADC, and FLAIR can teach a network blurred or contradictory boundaries. Excessive preprocessing can also remove clinically meaningful variation. Modern self-configuring pipelines reduce manual tuning, but the chosen preprocessing must remain fixed and versioned during validation and deployment.

After preprocessing, the model generates a voxel-wise probability map. A decision threshold converts probabilities into candidate lesion regions, followed by optional connected-component filtering, anatomical constraints, or ensemble averaging. Post-processing can suppress isolated false positives, but aggressive component-size thresholds may erase clinically important punctate infarcts. The final output should retain both the binary mask and the probability or uncertainty map. Quality control should check image orientation, missing sequences, input intensity range, brain coverage, prediction volume, and disagreement between ensemble members before a result is displayed.

Figure 2. Practical workflow for automated lesion localization



Source: prepared by the author based on the reviewed segmentation workflows.

Public Datasets and Benchmark Design

Public datasets made comparison possible but also exposed the effect of dataset design. ISLES 2015 established separate tasks for subacute lesion segmentation and acute perfusion-based estimation. Its limited sample size and strong modality differences produced wide variation across cases; the benchmark analysis showed that lesion size and location strongly influenced scores (Maier et al., 2017). ISLES 2016 and 2017 shifted attention toward outcome-lesion prediction and demonstrated that challenge rankings depend on the target definition, validation set, and metric set (Winzeck et al., 2018). These experiences encouraged larger, multicenter challenges with hidden test data.

ISLES 2022 contains 400 multi-vendor MRI cases with acute to subacute ischemic lesions, including 250 public training cases and 150 hidden test cases. DWI, ADC, and FLAIR imaging and expert-reviewed masks support fairer evaluation under substantial variation in

lesion size, number, and location (Hernandez Petzsche et al., 2022). ATLAS addresses a different use case: structural T1-weighted MRI across acute-to-chronic stroke research. ATLAS v1.2 released 304 cases (Liew et al., 2018), while ATLAS v2.0 expanded the resource to 1,271 cases from 44 cohorts in 11 countries. The latter separates 655 training cases, 300 hidden test cases, and 316 hidden generalizability cases from distinct cohorts (Liew et al., 2022). Hidden test sets are essential because a completely public dataset permits inadvertent test-set tuning and inflated estimates.

Table 2. Representative public benchmarks for stroke lesion localization

Resource	Clinical phase and imaging	Cases	Reference masks	Design contribution
ISLES 2015	Acute and subacute multimodal MRI and perfusion imaging	Task-specific small cohorts	Expert lesion or tissue labels	Established common challenge tasks and highlighted case-level variability
ISLES 2022	Acute to subacute DWI, ADC, and FLAIR MRI	400 total; 250 training and 150 hidden test	Expert-annotated ischemic lesion masks	Multicenter and multi-vendor hidden-test benchmark
ATLAS v1.2	Predominantly chronic T1-weighted MRI	304	Manual lesion masks	Enabled open chronic-stroke segmentation research
ATLAS v2.0	Acute-to-chronic T1-weighted MRI	1,271; 655 training, 300 test, 316 generalizability	Quality-controlled manual masks	Separates public training, hidden test, and unseen-cohort evaluation

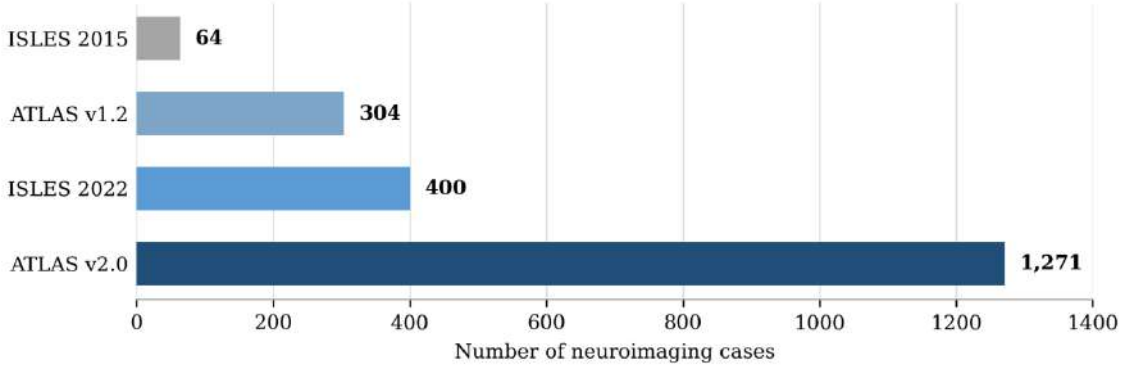


Figure 3. Expansion of major public stroke lesion datasets

Source: prepared by the author from the ISLES and ATLAS dataset publications (Hernandez Petzsche et al., 2022; Liew et al., 2018; Liew et al., 2022). ISLES 2015 combines its training and test cases.

Model Families

Classical localization methods combined intensity thresholds, atlas registration, asymmetry measures, clustering, region growing, random forests, or hand-crafted texture features. They remain interpretable and can work with small datasets, but they require modality-specific assumptions and often fail when anatomy is distorted or acquisition conditions change. Deep learning replaced many of these stages with end-to-end feature learning.

U-Net introduced an encoder-decoder structure with skip connections that join high-level context to fine spatial detail (Ronneberger et al., 2015). Two-dimensional variants process slices efficiently but may create discontinuities between slices. Three-dimensional U-Nets use

volumetric context and generally suit lesion localization better, although memory limits force patch-based training. DeepMedic demonstrated the value of dual-resolution three-dimensional pathways for brain lesions (Kamnitsas et al., 2017), and V-Net extended volumetric fully convolutional learning with a Dice-based objective (Milletari et al., 2016). These designs remain relevant because stroke lesions occupy a small fraction of the brain and require both local boundary information and larger anatomical context.

nnU-Net shifted emphasis from inventing a new architecture to configuring a strong segmentation pipeline. It automatically adapts resampling, normalization, patch size, network depth, training schedule, inference, and post-processing to a dataset (Isensee et al., 2021). In practice, nnU-Net is a difficult baseline to surpass unless a new method is evaluated with equivalent preprocessing, cross-validation, augmentation, and model selection. It also makes a useful deployment baseline because its decisions are explicit and reproducible.

Transformer-based systems model long-range relationships through attention. TransUNet combines a convolutional feature extractor with a transformer encoder and U-Net-like decoder (Chen et al., 2021), while Swin UNETR uses hierarchical shifted-window attention in a three-dimensional encoder (Hatamizadeh et al., 2022). Global context may help distinguish lesions from symmetric normal structures or diffuse mimics, but transformers do not automatically solve small-lesion detection. They often require more data, careful pretraining, and substantial memory. Hybrid CNN-transformer designs are most persuasive when they improve external performance rather than only internal cross-validation.

Ensembles average errors from models trained with different folds, architectures, or preprocessing choices. DeepISLES combined leading ISLES 2022 submissions and was validated on a real-world external dataset of 1,685 scans. The ensemble outperformed previous methods by 7.4 percentage points in Dice and 12.6 percentage points in lesion-level F1, and its derived biomarkers correlated with clinical severity and outcome (de la Rosa et al., 2025). The result supports ensemble diversity, but the computational and maintenance cost must be considered before clinical deployment.

Training Under Severe Class Imbalance

Most brain voxels are normal, and many stroke lesions are only a few voxels. A model trained with unweighted cross-entropy can minimize loss by favoring background. Common responses include lesion-centered patch sampling, oversampling positive cases, strong spatial and intensity augmentation, focal loss, Dice-based losses, and combinations of regional and boundary objectives. Generalized Dice weights classes inversely to their volume (Sudre et al., 2017), whereas focal loss down-weights easy examples and concentrates learning on hard predictions (Lin et al., 2017). No loss function removes the need for representative small lesions; oversampling cannot create anatomical patterns absent from the training set.

Augmentation should reflect plausible scanner and patient variation. Useful transformations include small rotations, scaling, elastic deformation, noise, bias fields, gamma changes, simulated low resolution, and sequence dropout for multimodal systems. Left-right flipping requires caution when lateralized labels or clinical variables are used. Patch sampling should preserve enough surrounding anatomy to distinguish true infarcts from ventricles, artifacts, old lesions, tumors, and chronic white-matter disease.

Cross-validation must occur at the patient level. When multiple time points, reconstructions, or slices from the same patient are split across training and testing, the model can exploit subject-specific appearance. Site-level external validation is stronger: all cases from an unseen hospital, scanner family, or acquisition protocol are held out. Data leakage may also occur through preprocessing fitted on the full dataset, manual removal of difficult test cases, or repeated leaderboard submissions. These risks justify hidden challenge sets and locked evaluation containers.

Evaluation Metrics and Error Analysis

The Dice similarity coefficient measures spatial overlap and is the dominant metric, but it is sensitive to lesion volume. A small boundary error can produce a low Dice score for a tiny infarct and only a modest penalty for a large territorial lesion. Dice can also conceal complete misses when results are averaged only over detected lesions. Taha and Hanbury (2015) showed that metric choice should follow the clinical question and error type. Stroke evaluation should therefore combine voxel-level overlap, lesion-level detection, boundary distance, volume error, and case-level failure analysis.

Lesion-wise sensitivity and F1 scores assess whether separate foci are found. Hausdorff distance or its robust percentile variant describes the largest boundary discrepancy, while average symmetric surface distance describes typical boundary error. Absolute or relative volume error matters when the mask is used for biomarkers or treatment thresholds. Calibration measures whether a stated probability corresponds to observed correctness. Processing time and failure rate matter in emergency workflows. Metrics should be reported by lesion volume, vascular territory, stroke phase, scanner or site, and image quality whenever sample size permits.

Table 3. Evaluation measures and their clinical interpretation

Measure	What it captures	Useful interpretation	Important limitation
Dice similarity coefficient	Voxel overlap	Overall mask agreement	Strongly dependent on lesion volume
Lesion-wise sensitivity or F1	Detection of separate foci	Whether small or multiple lesions are found	Requires a lesion-matching rule
95th-percentile Hausdorff distance	Near-worst boundary error	Large contour or localization failures	Sensitive to spacing and isolated islands
Average surface distance	Typical boundary separation	Contour quality	Can hide a completely missed small focus
Absolute volume error	Difference in lesion burden	Biomarker and threshold reliability	Similar volumes may occur at wrong locations
Calibration and uncertainty	Confidence reliability	Supports review and failure detection	Depends on population and can drift after deployment
Inference time and failure rate	Operational performance	Emergency workflow suitability	Hardware and integration dependent

Evidence From Representative Systems

Performance gains across the literature reflect both modeling advances and better datasets. Clèrigues et al. (2020) used multimodal MRI, hemispheric symmetry, balanced patch sampling, and a dynamically weighted loss. On ISLES 2015, the method reported Dice scores of 0.59 +/- 0.31 for subacute lesion segmentation and 0.84 +/- 0.10 for the acute penumbra-estimation task. The large spread in the subacute task demonstrates why a single mean score is insufficient. Wang et al. (2020) integrated CTP parameter maps with raw spatiotemporal information and pseudo-DWI synthesis, showing that input representation can matter as much as the final segmentation architecture.

ATLAS studies show that chronic T1-weighted lesion segmentation remains difficult. ATLAS v2.0 was created partly because methods trained on the smaller public release generally remained below the reliability expected to replace manual masks, and a fully public test set

made overfitting difficult to exclude (Liew et al., 2022). ISLES 2022 improved acute MRI benchmarking through multicenter data and a hidden test cohort (Hernandez Petzsche et al., 2022). DeepISLES then demonstrated that algorithm diversity and large external validation can convert challenge performance into stronger real-world evidence (de la Rosa et al., 2025). The progression from open small cohorts to hidden multicenter evaluation is at least as important as the transition from CNNs to transformers.

Table 4. Selected studies illustrating the development of automated stroke localization

Study	Input	Method	Validation	Main contribution
Maier et al. (2017)	Multispectral MRI	ISLES 2015 benchmark	Hidden challenge testing	Established common evaluation and documented strong case-level variation
Clèrigues et al. (2020)	Multimodal MRI	Patch-based U-Net with symmetry features	ISLES 2015 hidden tests	Combined anatomy-aware preprocessing with class-balanced learning
Wang et al. (2020)	CTP and spatiotemporal CTA	Pseudo-DWI synthesis plus attention segmentation	ISLES 2018	Linked image synthesis with lesion segmentation
Liew et al. (2022)	T1-weighted MRI	ATLAS v2.0 dataset	Hidden test and generalizability cohorts	Large multicohort resource for chronic and mixed-phase stroke
Hernandez Petzsche et al. (2022)	DWI, ADC, FLAIR	ISLES 2022 dataset	150 hidden test cases	Multicenter acute-to-subacute benchmark
de la Rosa et al. (2025)	Diffusion MRI	Ensemble of leading challenge systems	External cohort of 1,685 scans	Clinically oriented generalizability and biomarker validation

DISCUSSION

The reviewed evidence supports three conclusions. First, modality and clinical phase set the practical ceiling for localization. Acute DWI and ADC offer high lesion contrast, while early non-contrast CT requires the model to detect weak changes that may also challenge human readers. Second, strong pipelines are built from data curation, preprocessing, sampling, loss design, and validation rather than from architecture alone. Third, clinical readiness requires performance stability across sites and failure modes that matter to clinicians.

Small-lesion performance remains a central weakness. Brainstem, cerebellar, lacunar, and punctate embolic lesions can be clinically important despite small volume. A model can achieve a favorable aggregate Dice score while missing these cases because large lesions dominate voxel counts. Development studies should report negative cases, complete misses, false-positive lesions per scan, and results stratified by volume. Training sets should include common mimics, including chronic infarcts, leukoaraiosis, tumors, postoperative change, and acquisition artifacts.

Domain shift is equally important. Scanner field strength, vendor reconstruction, slice thickness, b-values, perfusion software, and local acquisition preferences change image appearance. Clinical populations also vary in age, comorbidity, stroke severity, and time from onset. Willemink et al. (2020) emphasized that medical-imaging machine learning depends on standardized curation, de-identification, labeling, and data partitioning. External validation

should therefore use an institution not represented during training. When performance falls, adaptation must be evaluated on a new locked set; tuning on the external test cohort simply creates another internal test.

Uncertainty should be visible rather than hidden. Deep ensembles can estimate disagreement between independently trained models (Lakshminarayanan et al., 2017), while stochastic dropout offers an approximate Bayesian approach to predictive uncertainty (Gal & Ghahramani, 2016). These methods are imperfect, but they can identify cases that need closer review. A safe interface can display the mask, probability map, estimated volume, and a warning when inputs are missing, prediction confidence is low, or the case falls outside the training distribution. Explainability maps such as Grad-CAM (Selvaraju et al., 2020) are less suitable than segmentation overlays for verifying spatial output, and they should not be treated as proof that a model reasoned clinically.

Clinical integration should preserve the original images and treat the algorithm as decision support. The system must not delay thrombolysis or thrombectomy decisions, and it must state which task it performs: acute infarct segmentation, hemorrhage segmentation, chronic cavity mapping, perfusion-core estimation, or another defined output. A mask trained on follow-up infarct cannot be assumed to represent baseline irreversibly injured tissue. Likewise, a research model trained on carefully selected MRI cannot be transferred to routine CT without retraining and validation.

Challenge rankings require cautious interpretation. Maier-Hein et al. (2018) demonstrated that biomedical challenge rankings can change with the aggregation method, metric, and participating algorithms. A deployment decision should examine confidence intervals, per-case distributions, calibration, and external failures instead of relying on rank. Reporting frameworks can improve reproducibility. CLAIM (Mongan et al., 2020) requests clear descriptions of data sources, ground truth, partitioning, preprocessing, model selection, and error analysis. Prediction studies should also follow transparent reporting principles such as TRIPOD (Collins et al., 2015) when imaging outputs are used in prognostic models.

Future research should link segmentation accuracy to decisions and patient-centered outcomes. Prospective studies can measure reporting time, change in lesion-volume agreement, effect on treatment selection, and frequency of harmful overrides. Multicenter federated learning may expand data diversity without centralizing all scans, although heterogeneity and governance remain substantial challenges. Public code, fixed preprocessing, containerized inference, and versioned models are necessary for reproducibility. Post-deployment monitoring should track input drift, output volume distributions, subgroup performance, and clinician corrections.

This review has limitations. It is a structured narrative synthesis rather than a registered systematic review, and no pooled effect estimate was calculated. Many studies use different lesion stages, inputs, and metrics, limiting direct comparison. Challenge results may not represent routine emergency populations, and publications may favor positive technical results. Nevertheless, the convergence of multicenter datasets, self-configuring pipelines, and external validation provides a clear framework for judging new systems.

CONCLUSION

Automatic localization of stroke lesions is most mature for acute ischemic lesions on DWI and ADC MRI and for research segmentation on curated structural MRI. U-Net-derived and nnU-Net systems remain strong baselines, while transformer and ensemble approaches are useful when they improve external generalization. The decisive evidence is not a high internal Dice score but reliable lesion detection, boundary accuracy, calibrated uncertainty, acceptable processing time, and stable performance on unseen clinical data. Current systems should

support, not replace, expert interpretation. Multicenter external validation and prospective workflow evaluation are the next requirements for routine use.

REFERENCES

Chalela, J. A., Kidwell, C. S., Nentwich, L. M., Luby, M., Butman, J. A., Demchuk, A. M., Hill, M. D., Patronas, N., Latour, L., & Warach, S. (2007). Magnetic resonance imaging and computed tomography in emergency assessment of patients with suspected acute stroke: A prospective comparison. *The Lancet, 369*(9558), 293-298. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)60151-2

Chen, J., Lu, Y., Yu, Q., Luo, X., Adeli, E., Wang, Y., Lu, L., Yuille, A. L., & Zhou, Y. (2021). *TransUNet: Transformers make strong encoders for medical image segmentation* [Preprint]. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2102.04306

Clèrigues, A., Valverde, S., Bernal, J., Freixenet, J., Oliver, A., & Lladó, X. (2020). Acute and sub-acute stroke lesion segmentation from multimodal MRI. *Computer Methods and Programs in Biomedicine, 194*, 105521. https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2020.105521

Collins, G. S., Reitsma, J. B., Altman, D. G., & Moons, K. G. (2015). Transparent reporting of a multivariable prediction model for individual prognosis or diagnosis (TRIPOD): The TRIPOD statement. *Annals of Internal Medicine, 162*(1), 55-63. https://doi.org/10.7326/M14-0697

de la Rosa, E., Reyes, M., Liew, S.-L., Hutton, A., Wiest, R., Kaesmacher, J., Hanning, U., Hakim, A., Zubal, R., Valenzuela, W., Robben, D., Sima, D. M., Anania, V., Brys, A., Meakin, J. A., Mickan, A., Broocks, G., Heitkamp, C., Gao, S., ... Wiestler, B. (2025). DeepISLES: A clinically validated ischemic stroke segmentation model from the ISLES'22 challenge. *Nature Communications, 16*, 7357. https://doi.org/10.1038/s41467-025-62373-x

Gal, Y., & Ghahramani, Z. (2016). Dropout as a Bayesian approximation: Representing model uncertainty in deep learning. In *Proceedings of the 33rd International Conference on Machine Learning* (Vol. 48, pp. 1050-1059). PMLR. https://proceedings.mlr.press/v48/gal16.html

GBD 2021 Stroke Risk Factor Collaborators. (2024). Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990-2021: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet Neurology, 23*(10), 973-1003. https://doi.org/10.1016/S1474-4422(24)00369-7

Greenberg, S. M., Ziai, W. C., Cordonnier, C., Dowlatshahi, D., Francis, B., Goldstein, J. N., Hemphill, J. C., III, Johnson, R., Keigher, K. M., Mack, W. J., Mocco, J., Newton, E. J., Ruff, I. M., Sansing, L. H., Schulman, S., Selim, M. H., Sheth, K. N., Sprigg, N., Sunnerhagen, K. S., & American Heart Association/American Stroke Association. (2022). 2022 guideline for the management of patients with spontaneous intracerebral hemorrhage. *Stroke, 53*(7), e282-e361. https://doi.org/10.1161/STR.0000000000000407

Hatamizadeh, A., Nath, V., Tang, Y., Yang, D., Roth, H. R., & Xu, D. (2022). Swin UNETR: Swin transformers for semantic segmentation of brain tumors in MRI images. In *Brainlesion: Glioma, multiple sclerosis, stroke and traumatic brain injuries* (pp. 272-284). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-08999-2_22

Hernandez Petzsche, M. R., de la Rosa, E., Hanning, U., Wiest, R., Valenzuela, W., Reyes, M., Meyer, M., Liew, S.-L., Kofler, F., Ezhov, I., Robben, D., Hutton, A., Friedrich, T., Zarth, T., Bürkle, J., Baran, T. A., Menze, B., Broocks, G., Meyer, L., ... Kirschke, J. S. (2022). ISLES 2022: A multi-center magnetic resonance imaging stroke lesion segmentation dataset. *Scientific Data, 9*, 762. https://doi.org/10.1038/s41597-022-01875-5

Isensee, F., Jaeger, P. F., Kohl, S. A. A., Petersen, J., & Maier-Hein, K. H. (2021). nnU-Net: A self-configuring method for deep learning-based biomedical image segmentation. *Nature Methods, 18*(2), 203-211. https://doi.org/10.1038/s41592-020-01008-z

Kamnitsas, K., Ledig, C., Newcombe, V. F., Simpson, J. P., Kane, A. D., Menon, D. K., Rueckert, D., & Glocker, B. (2017). Efficient multi-scale 3D CNN with fully connected CRF for accurate brain lesion segmentation. *Medical Image Analysis, 36*, 61-78. https://doi.org/10.1016/j.media.2016.10.004

Lakshminarayanan, B., Pritzel, A., & Blundell, C. (2017). Simple and scalable predictive uncertainty estimation using deep ensembles. *Advances in Neural Information Processing Systems, 30*, 6402-6413. https://proceedings.neurips.cc/paper/2017/hash/9ef2ed4b7fd2c810847ffa5fa85bce38-Abstract.html

Liew, S.-L., Anglin, J. M., Banks, N. W., Sondag, M., Ito, K. L., Kim, H., Chan, J., Ito, J., Jung, C., Khoshab, N., Lefebvre, S., Nakamura, W., Saldana, D., Schmiesing, A., Tran, C., Vo, D., Ard, T., Heydari, P., Kim, B., ... Stroud, A. (2018). A large, open source dataset of stroke anatomical brain images and manual lesion segmentations. *Scientific Data, 5*, 180011. https://doi.org/10.1038/sdata.2018.11

Liew, S.-L., Tavenner, B. P., Donnelly, M. R., Zavaliangos-Petropulu, A., Jeong, J. N., Barisano, G., Hutton, A., Simon, J. P., Juliano, J. M., Suri, A., Wang, Z., Abdullah, A., Kim, J., Ard, T., Banaj, N., Borich, M. R., Boyd, L. A., Brodtmann, A., Buetefisch, C. M., ... Yu, C. (2022). A large, curated, open-source stroke neuroimaging dataset to improve lesion segmentation algorithms. *Scientific Data, 9*, 320. https://doi.org/10.1038/s41597-022-01401-7

Lin, T.-Y., Goyal, P., Girshick, R., He, K., & Dollár, P. (2017). Focal loss for dense object detection. In *2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)* (pp. 2999-3007). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICCV.2017.324

Maier, O., Menze, B. H., von der Gablentz, J., Häni, L., Heinrich, M. P., Liebrand, M., Winzeck, S., Basit, A., Bentley, P., Chen, L., Christiaens, D., Dutil, F., Egger, K., Feng, C., Glocker, B., Götz, M., Haeck, T., Halme, H.-L., Havaei, M., ... Reyes, M. (2017). ISLES 2015 - A public evaluation benchmark for ischemic stroke lesion segmentation from multispectral MRI. *Medical Image Analysis, 35*, 250-269. https://doi.org/10.1016/j.media.2016.07.009

Maier-Hein, L., Eisenmann, M., Reinke, A., Onogur, S., Stankovic, M., Scholz, P., Arbel, T., Bogunovic, H., Bradley, A. P., Carass, A., Feldmann, C., Frangi, A. F., Full, P. M., van Ginneken, B., Hanbury, A., Honauer, K., Kozubek, M., Landman, B. A., März, K., ... Kopp-Schneider, A. (2018). Why rankings of biomedical image analysis competitions should be interpreted with care. *Nature Communications, 9*, 5217. https://doi.org/10.1038/s41467-018-07619-7

Milletari, F., Navab, N., & Ahmadi, S.-A. (2016). V-Net: Fully convolutional neural networks for volumetric medical image segmentation. In *2016 Fourth International Conference on 3D Vision (3DV)* (pp. 565-571). IEEE. https://doi.org/10.1109/3DV.2016.79

Mongan, J., Moy, L., & Kahn, C. E., Jr. (2020). Checklist for artificial intelligence in medical imaging (CLAIM): A guide for authors and reviewers. *Radiology: Artificial Intelligence, 2*(2), e200029. https://doi.org/10.1148/ryai.2020200029

Powers, W. J., Rabinstein, A. A., Ackerson, T., Adeoye, O. M., Bambakidis, N. C., Becker, K., Biller, J., Brown, M., Demaerschalk, B. M., Hoh, B., Jauch, E. C., Kidwell, C. S., Leslie-Mazwi, T. M., Ovbiagele, B., Scott, P. A., Sheth, K. N., Southerland, A. M., Summers, D. V., Tirschwell, D. L., & American Heart Association Stroke Council. (2019). Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: 2019 update to the 2018 guidelines. *Stroke, 50*(12), e344-e418. https://doi.org/10.1161/STR.0000000000000211

Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In *Medical image computing and computer-assisted intervention - MICCAI 2015* (pp. 234-241). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28

Selvaraju, R. R., Cogswell, M., Das, A., Vedantam, R., Parikh, D., & Batra, D. (2020). Grad-CAM: Visual explanations from deep networks via gradient-based localization. *International Journal of Computer Vision, 128*(2), 336-359. https://doi.org/10.1007/s11263-019-01228-7

Sudre, C. H., Li, W., Vercauteren, T., Ourselin, S., & Cardoso, M. J. (2017). Generalised Dice overlap as a deep learning loss function for highly unbalanced segmentations. In *Deep learning in medical image analysis and multimodal learning for clinical decision support* (pp. 240-248). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67558-9_28

Taha, A. A., & Hanbury, A. (2015). Metrics for evaluating 3D medical image segmentation: Analysis, selection, and tool. *BMC Medical Imaging, 15*, 29. https://doi.org/10.1186/s12880-015-0068-x

Wang, G., Song, T., Dong, Q., Cui, M., Huang, N., & Zhang, S. (2020). Automatic ischemic stroke lesion segmentation from computed tomography perfusion images by image synthesis and attention-based deep neural networks. *Medical Image Analysis, 65*, 101787. https://doi.org/10.1016/j.media.2020.101787

Willemink, M. J., Koszek, W. A., Hardell, C., Wu, J., Fleischmann, D., Harvey, H., Folio, L. R., Summers, R. M., Rubin, D. L., & Lungren, M. P. (2020). Preparing medical imaging data for machine learning. *Radiology, 295*(1), 4-15. https://doi.org/10.1148/radiol.2020192224

Winzeck, S., Hakim, A., McKinley, R., Pinto, J. A. A. D. S. R., Alves, V., Silva, C., Pisov, M., Krivov, E., Belyaev, M., Monteiro, M., Oliveira, A., Choi, Y., Paik, M. C., Kwon, Y., Lee, H., Kim, B. J., Won, J.-H., Islam, M., Ren, H., ... Reyes, M. (2018). ISLES 2016 and 2017 - Benchmarking ischemic stroke lesion outcome prediction based on multispectral MRI. *Frontiers in Neurology, 9*, 679. https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00679

PSİKİYATRİDE KRİZ YÖNETİMİ VE GERİLİMİ AZALTMA (DE-ESKALASYON)YAKLAŞIMLARI: KISITLAMA VE İZOLASYONA ALTERNATİFLER

Gamze ÇOPUR
Selçuk University, Psychiatric Nursing Department, Konya, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-3783-1168
Prof. Dr. Neslihan LÖK
Selcuk University, Faculty of Nursing, Psychiatric Nursing Department, Konya, Turkey
ORCID ID: 0000-0003-1568-9659
Doç. Dr. Alime SELÇUK TOSUN
Selcuk University, Faculty of Nursing, Psychiatric Nursing Department, Konya, Turkey
ORCID ID: 0000-0002-8466-2735

ÖZET

Amaç: Psikiyatri kliniklerinde kriz, ajitasyon ve saldırgan davranışların yönetimi hasta ve sağlık çalışanı güvenliği açısından önem taşımaktadır. Kriz yönetiminde kullanılan fiziksel kısıtlama ve izolasyon gibi uygulamaların fiziksel ve psikolojik olumsuzluklarla ilişkili olabilmesi, daha az kısıtlayıcı ve önleyici yaklaşımlara olan gereksinimi artırmaktadır. Bu çalışmanın amacı, psikiyatride kriz yönetimi ve gerilimi azaltma (de-eskalasyon) yaklaşımlarını incelemek, kısıtlama ve izolasyona alternatif uygulamaları güncel literatür doğrultusunda değerlendirmek ve bu süreçte psikiyatri hemşiresinin rolünü ortaya koymaktır.

Yöntem: Bu çalışma, literatür incelemesi niteliğinde hazırlanmıştır. Konuyla ilgili güncel ulusal ve uluslararası literatür incelenmiş; psikiyatrik kriz, ajitasyon, saldırganlık, de-eskalasyon, fiziksel kısıtlama, izolasyon ve psikiyatri hemşireliği ile ilişkili çalışmalar değerlendirilmiştir. Güncel kanıtların ortaya konulabilmesi amacıyla sistematik derleme, meta-analiz ve müdahale çalışmalarına öncelik verilmiştir.

Bulgular: İncelenen çalışmalar, fiziksel kısıtlama ve izolasyon kullanımının psikiyatri klinikleri ve sağlık sistemleri arasında değişkenlik gösterdiğini ve bu uygulamaların hastalar açısından fiziksel ve psikolojik olumsuzluklarla ilişkili olabileceğini göstermektedir. De-eskalasyon eğitiminin bazı çalışmalarda saldırgan olayların ve kısıtlayıcı müdahalelerin azalmasına katkı sağladığı bildirilmekle birlikte, mevcut kanıtlar sonuçların klinik ortama ve uygulama biçimine göre farklılaşabileceğini göstermektedir. Kısıtlama ve izolasyona alternatif olarak Safewards modeli, travma bilgili bakım, duyusal modülasyon ve duyusal odalar, çevresel düzenlemeler, risk değerlendirmesi ve çok bileşenli programlar kullanılmaktadır. Bu yaklaşımların ortak noktası, krizin erken belirtilerinin belirlenmesi, hastanın bakım sürecine katılımının desteklenmesi ve mümkün olan en az kısıtlayıcı müdahalenin tercih edilmesidir. Psikiyatri hemşireleri ise krizin erken belirtilerini tanıma, risk değerlendirmesi yapma, terapötik iletişimi sürdürme de-eskalasyon yöntemlerini uygulama, bireysel tetikleyicileri belirleme ve olay sonrası değerlendirme süreçlerinde önemli roller üstlenmektedir.

Sonuç: Psikiyatrik krizlerin yönetiminde yalnızca kriz ortaya çıktıktan sonra davranışın kontrol altına alınmasına odaklanmak yerine, önleyici ve kişi merkezli yaklaşımların güçlendirilmesi önemlidir. De-eskalasyon, travma bilgili bakım, Safewards ve diğer alternatif uygulamaların kurumsal politikalar, personel eğitimi ve bireyselleştirilmiş bakım ile bütünleştirilmesi kısıtlayıcı uygulamalara duyulan gereksinimin azaltılmasını destekleyebilir. Psikiyatri hemşirelerinin bu yaklaşımlara ilişkin bilgi ve becerilerinin geliştirilmesi, güvenli, terapötik ve mümkün olan en az kısıtlayıcı ruh sağlığı bakımının sürdürülmesi açısından önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Psikiyatrik kriz de-eskalasyon, fiziksel kısıtlama, izolasyon, psikiyatri hemşireliği.

CRISIS MANAGEMENT AND DE-ESCALATION APPROACHES IN PSYCHIATRY: ALTERNATIVES TO RESTRAINT AND SECLUSION

ABSTRACT

Objective: The management of crises, agitation, and aggressive behaviors in psychiatric settings is important for ensuring the safety of both patients and healthcare professionals. The potential physical and psychological adverse effects associated with interventions such as physical restraint and seclusion have increased the need for less restrictive and preventive approaches to crisis management. This study aims to examine crisis management and de-escalation approaches in psychiatry, evaluate current evidence on alternatives to restraint and seclusion, and identify the role of psychiatric nurses in this process.

Methods: This study was conducted as a literature review. Current national and international literature on the subject was reviewed, and studies addressing psychiatric crises, agitation, aggression, de-escalation, physical restraint, seclusion, and psychiatric nursing were evaluated. Priority was given to systematic reviews, meta-analyses, and intervention studies in order to present current evidence.

Results: The reviewed studies indicate that the use of physical restraint and seclusion varies across psychiatric settings and healthcare systems and that these practices may be associated with physical and psychological adverse effects for patients. Although some studies have reported that de-escalation training may contribute to reductions in aggressive incidents and restrictive interventions, current evidence suggests that outcomes may vary depending on the clinical setting and the manner in which these approaches are implemented. Alternatives to restraint and seclusion include the Safewards model, trauma-informed care, sensory modulation and sensory rooms, environmental modifications, risk assessment, and multicomponent programs. These approaches share common principles, including the early identification of signs of crisis, supporting patient participation in the care process, and choosing the least restrictive intervention whenever possible. Psychiatric nurses play important roles in recognizing early signs of crisis, conducting risk assessments, maintaining therapeutic communication, implementing de-escalation techniques, identifying individual triggers, and participating in post-incident evaluation processes.

Conclusion: In the management of psychiatric crises, it is important to strengthen preventive and person-centered approaches rather than focusing solely on controlling behavior after a crisis has occurred. Integrating de-escalation, trauma-informed care, Safewards, and other alternative approaches with institutional policies, staff training, and individualized care may help reduce the need for restrictive practices. Enhancing psychiatric nurses' knowledge and skills regarding these approaches is essential for maintaining safe, therapeutic, and least restrictive mental health care.

Keywords: Psychiatric crisis, de-escalation, physical restraint, seclusion, psychiatric nursing.

GİRİŞ

Psikiyatri klinikleri, ruhsal belirtilerin değerlendirilmesi ve tedavisinin yanı sıra ajitasyon, saldırgan davranış, kendine zarar verme ve başkalarına zarar verme riski gibi hızlı değerlendirme ve müdahale gerektiren durumların da yönetildiği bakım ortamlarıdır. Psikiyatri yataklı servislerinde ajitasyon, saldırganlık ve kendine zarar verme gibi davranışlar hasta, diğer hastalar ve sağlık çalışanları açısından fiziksel ve duygusal zarar riski oluşturabilmektedir (Quinn et al., 2024). Bu nedenle psikiyatrik krizlerin yönetiminde güvenliğin sağlanmasının yanı sıra gerilimin erken dönemde fark edilmesi ve krizin daha ileri bir aşamaya ulaşmasının önlenmesi önem taşımaktadır.

Psikiyatrik krizlerde ortaya çıkabilen ajitasyon ve saldırgan davranışların yönetiminde fiziksel kısıtlama, izolasyon ve kimyasal kısıtlama gibi kısıtlayıcı uygulamalara başvurulabilmektedir (Belayneh et al., 2024). Yetişkin psikiyatri yataklı servislerindeki kısıtlayıcı uygulamaları inceleyen güncel sistematik derleme ve meta-analizde bu uygulamaların kullanımının ülkeler ve sağlık kuruluşları arasında önemli ölçüde değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir (Belayneh et al., 2024). Aynı çalışmada kısıtlayıcı uygulamaların hastalarda ortaya çıkarabileceği fiziksel ve psikolojik olumsuzlukları en aza indirmek amacıyla ruh sağlığı hizmetlerinde bu uygulamaların azaltılmasına yönelik giderek artan bir görüş birliğinin bulunduğu belirtilmektedir (Belayneh et al., 2024)

Türkiye'de de fiziksel kısıtlama psikiyatri bakımında üzerinde durulan konulardan biridir. Göktaş ve Buldukoğlu (2022), psikiyatri kliniklerinde fiziksel kısıtlamanın hastanın kendisini ve çevresindeki bireyleri korumak amacıyla uygulanabilmesine karşın kullanımına bağlı çeşitli olumsuzlukların ortaya çıkabildiğini belirtmektedir. Bu nedenle fiziksel kısıtlamanın azaltılmasına yönelik müdahalelerin geliştirilmesi ve uygulanması önem kazanmıştır (Göktaş ve Buldukoğlu, 2022).

Kısıtlayıcı uygulamaların azaltılmasına yönelik bu değişim, psikiyatrik kriz yönetiminde önleyici ve daha az kısıtlayıcı yaklaşımların önemini artırmıştır. Bu yaklaşımlardan biri gerilimi azaltma (de-eskalasyon) uygulamalarıdır. De-eskalasyon, ajite veya saldırgan davranış gösteren bireyin yönetiminde kullanılan psikososyal bir müdahale olarak ele alınmakta; hızlı sakinleştirme, fiziksel müdahale ve izolasyon gibi yöntemlerin ise de-eskalasyon ve diğer yaklaşımların bireyi sakinleştirmede yetersiz kaldığı durumlarda değerlendirilmesi gerektiği belirtilmektedir (Du et al., 2017). Bununla birlikte de-eskalasyonun klinik uygulamada kabul gören bir yaklaşım olmasına rağmen, özellikle randomize kontrollü araştırmalara dayanan kanıtların sınırlı olduğu da vurgulanmaktadır (Du et al., 2017).

Kısıtlama ve izolasyonun azaltılması yalnızca kriz anında kullanılan tek bir iletişim tekniğiyle sınırlı değildir. Güncel sistematik derlemede psikiyatri yataklı servislerinde izolasyonu azaltmak amacıyla servis veya hastanenin yeniden yapılandırılması, sağlık çalışanlarının eğitimi, duyusal düzenleme odaları, risk değerlendirme ve yönetim protokolleri ile çok bileşenli programlar gibi farklı yaklaşımların uygulandığı belirlenmiştir (Quinn et al., 2024). Çalışmada bazı çevresel düzenlemelerin, duyusal odaların, yapılandırılmış risk değerlendirmesinin ve çok bileşenli müdahalelerin izolasyon olaylarını azaltabileceğine ilişkin sonuçlar bulunmakla birlikte, mevcut çalışmaların metodolojik sınırlılıkları nedeniyle kanıtların kesinliğinin düşük olduğu belirtilmiştir (Quinn et al., 2024).

Psikiyatri servislerinde çatışma ve kısıtlayıcı uygulamaları azaltmaya yönelik geliştirilen yaklaşımlardan biri de Safewards modelidir. Safewards, psikiyatri servislerinde çatışma ile kontrol altına alma uygulamaları arasındaki ilişkiyi ele alan ve güvenliği artırırken kısıtlayıcı uygulamaları azaltmayı amaçlayan on müdahaleden oluşan bir modeldir (Mullen et al., 2022). Yataklı psikiyatri ve adli psikiyatri birimlerinde gerçekleştirilen çalışmaların incelendiği bütünleştirici derlemede Safewards'ın çatışma ve kısıtlayıcı uygulamaların azaltılmasında etkili olabileceği, ancak sonuçların çalışmalar arasında farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Mullen et al., 2022). Aynı derlemede modelin uygulanmasında sağlık çalışanlarının sürece katılımının

önemli olduğu ve hasta deneyimlerine odaklanan araştırmaların sınırlı kaldığı belirtilmiştir (Mullen et al., 2022).

Kriz yönetimi ve kısıtlayıcı uygulamaların azaltılması psikiyatri hemşireliği açısından da önem taşımaktadır. Psikiyatri hemşireleri hastalarla sürekli etkileşim hâlinde olmaları nedeniyle davranış değişikliklerinin ve gerilimin erken belirtilerinin fark edilmesi, riskin değerlendirilmesi ve uygun müdahalelerin başlatılmasında önemli bir konumdadır. Kısıtlamayı azaltmaya yönelik güncel çalışmaların personel eğitimi, risk değerlendirmesi ve yönetimi ile çok bileşenli müdahaleleri içermesi, sağlık çalışanlarının bilgi ve uygulamalarının kriz yönetiminin önemli bir parçası olduğunu göstermektedir (Quinn et al., 2024).

Bu doğrultuda psikiyatride kriz yönetiminin yalnızca ajitasyon veya saldırgan davranış ortaya çıktıktan sonra hastanın kontrol altına alınması şeklinde değerlendirilmemesi gerekmektedir. Gerilimin erken fark edilmesi, de-eskalasyon yaklaşımlarının kullanılması, hastaya özgü risklerin değerlendirilmesi, terapötik ve güvenli bir bakım ortamının oluşturulması ve kısıtlayıcı uygulamalara olan gereksinimin azaltılması birlikte ele alınmalıdır (Mullen et al., 2022). Kısıtlama ve izolasyonun son seçenek olarak değerlendirilmesine yönelik yaklaşımın güçlenmesi, psikiyatri hizmetlerinde daha az kısıtlayıcı ve iyileşme odaklı bakım uygulamalarının önemini artırmaktadır (Quinn et al., 2024).

Bu doğrultuda bu çalışmanın amacı; psikiyatride kriz yönetimi ve gerilimi azaltma (de-eskalasyon) yaklaşımlarını incelemek, fiziksel kısıtlama ve izolasyona alternatif uygulamaları güncel literatür doğrultusunda değerlendirmek ve bu süreçte psikiyatri hemşiresinin rolünü ortaya koymaktır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

2.1. Psikiyatride Kriz, Ajitasyon ve Saldırganlık

Ruh sağlığı krizi; bireyin içinde bulunduğu bağlama özgü olarak gelişen, zorlayıcı duygu, düşünce ve davranışlarda artışla karakterize olan ve bireyin sosyal, ailesel, mesleki veya kişilerarası işlevselliğini olumsuz etkileyebilen bir deneyim olarak tanımlanmaktadır (Hudson et al., 2024). Krizin ortaya çıkmasında bireysel kırılganlıklar, kişilerarası ilişkilerde yaşanan sorunlar, yaşam düzeninin bozulması ve günlük yaşam aktivitelerini sürdürmede yaşanan güçlükler etkili olabilmektedir. Kriz sürecinde işlevsellikte azalma ve farklı ruhsal belirtiler ortaya çıkabileceğinden, bireyin yaşadığı krizin yalnızca gözlenen davranışlar üzerinden değil, içinde bulunduğu koşullar ve bireysel deneyimleriyle birlikte değerlendirilmesi önem taşımaktadır (Hudson et al., 2024).

Psikiyatri kliniklerinde kriz sürecine ajitasyon ve saldırgan davranışların eşlik etmesi, hastanın kendisine veya çevresindeki bireylere zarar verme riskini artırabilmekte ve hızlı değerlendirme gerektirebilmektedir. Bu nedenle kriz yönetiminde hastanın mevcut ruhsal durumu, kendine veya başkalarına zarar verme riski ve gereksinimlerinin değerlendirilmesi; aynı zamanda güvenliğin sağlanması önem taşımaktadır. Güncel kriz müdahalesi rehberlerinde de psikiyatrik, intihar, başkasına zarar verme, madde kullanımı ve sosyal gereksinimlerin değerlendirilmesi ile bireyin ve çevresindekilerin güvenliğinin sağlanması kriz müdahalesinin temel amaçları arasında gösterilmektedir (Shah et al., 2023).

Ajitasyon ve saldırganlığın yönetilemediği durumlarda fiziksel kısıtlama, izolasyon ve kimyasal kısıtlama gibi kısıtlayıcı uygulamalara başvurulabilmektedir. Belayneh et al. (2024) tarafından yetişkin psikiyatri yataklı servislerinde gerçekleştirilen 77 çalışmanın dâhil edildiği sistematik derleme ve meta-analizde, fiziksel kısıtlama kullanımının birleştirilmiş prevalansı %14,4, izolasyonun %15,8 ve kimyasal kısıtlamanın %25,7 olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte çalışmalar arasında yüksek düzeyde heterojenlik saptanmış ve kısıtlayıcı uygulamaların kullanımının farklı klinik ortamlar ve coğrafi bölgeler arasında değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir (Belayneh et al., 2024).

Kısıtlayıcı uygulamaların görülme sıklığındaki farklılıkların değerlendirilmesinde bu uygulamaların nasıl tanımlandığı da önem taşımaktadır. Belayneh Muluneh ve ark. Tarafından gerçekleştirilen sistematik derleme ve içerik analizinde yetişkin psikiyatri yataklı servislerinde fiziksel ve mekanik kısıtlama, kimyasal kısıtlama ve izolasyon için kullanılan tanımlarda önemli farklılıklar bulunduğu gösterilmiştir. Araştırmacılar, tanımlardaki bu değişkenliğin çalışmalar arasında karşılaştırma yapılmasını güçleştirebileceğini ve kısıtlayıcı uygulamaların yaygınlığına ilişkin sonuçların yorumlanmasını etkileyebileceğini belirtmiştir (Belayneh Muluneh et al., 2025).

Kısıtlayıcı uygulamalar yalnızca kullanım sıklıkları açısından değil, hastalar üzerinde oluşturabilecekleri sonuçlar açısından da önem taşımaktadır. Kısıtlama ve izolasyonun etkilerini inceleyen sistematik derlemede bu uygulamaların fiziksel ve psikolojik açıdan olumsuz sonuçlarla ilişkili olabileceği bildirilmiştir. İncelenen çalışmalarda kısıtlama veya izolasyon sonrasında bildirilen travma sonrası stres bozukluğu oranlarının %25 ile %47 arasında değiştiği belirlenmiştir (Chieze et al., 2019). Bu bulgular, özellikle travma öyküsü bulunan hastalarda kısıtlayıcı uygulamaların dikkatli değerlendirilmesinin önemini ortaya koymaktadır.

Bu doğrultuda psikiyatrik kriz yönetimi yalnızca ajitasyon veya saldırgan davranış ortaya çıktıktan sonra hastanın kontrol altına alınmasına odaklanmamalıdır. Krizin erken belirtilerinin fark edilmesi, hastaya özgü risklerin ve gereksinimlerin değerlendirilmesi, güvenliğin sağlanması ve mümkün olduğunca daha az kısıtlayıcı müdahalelerin tercih edilmesi önem taşımaktadır. Bu yaklaşım psikiyatrik krizlerin yönetiminde gerilimi azaltma (de-eskalasyon) ve diğer önleyici müdahalelerin önemini ön plana çıkarmaktadır

2.2. Gerilimi Azaltma (De-eskalasyon) Yaklaşımları

De-eskalasyon, ajitasyon veya saldırganlığın şiddetlenmesini önlemeye ve kişinin yeniden kontrol kazanmasını desteklemeye yönelik uygulanan bir kriz yönetimi yaklaşımıdır. De-eskalasyon yalnızca belirli sözel ifadelerin kullanılmasından oluşmamakta; sağlık çalışanının yaklaşımı, sözel ve sözel olmayan iletişim biçimi, hastanın bireysel özellikleri ve içinde bulunulan klinik ortam gibi birden fazla unsurdan etkilenmektedir. Adli psikiyatri ortamında hasta ve personel deneyimlerini değerlendiren çalışmada da etkili de-eskalasyonun kişilerarası ilişkiler, çalışanların becerileri, hastaya özgü özellikler ve çevresel koşullarla ilişkili olduğu bildirilmiştir (Johnston et al., 2022).

De-eskalasyon sürecinde hastayla iletişimin sürdürülmesi, gerilimi artıran durumların belirlenmesi, çatışmacı olmayan bir yaklaşımın benimsenmesi ve hastanın kişisel alanına saygı gösterilmesi önem taşımaktadır. Hastaya seçenek sunulması ve mümkün olduğu ölçüde karar

sürecine katılımının desteklenmesi, bireyin kontrol duygusunun korunmasına yardımcı olabilecek uygulamalar arasında değerlendirilmektedir.

De-eskalasyon eğitiminin klinik sonuçlara etkisini değerlendiren Celofiga et al. (2022), akut psikiyatri servislerinde küme randomize bir çalışma gerçekleştirmiştir. Sağlık çalışanlarına sözel ve sözel olmayan de-eskalasyon yöntemlerini içeren eğitim verilmesinin ardından müdahale grubunda saldırgan olayların görülme hızının kontrol grubuna göre %73, ağır saldırgan olayların görülme hızının ise %86 daha düşük olduğu belirlenmiştir. Saldırgan davranış nedeniyle gerçekleştirilen fiziksel kısıtlama oranının da müdahale grubunda kontrol grubundaki oranın yaklaşık %30'una düştüğü bildirilmiştir (Celofiga et al., 2022).

Bununla birlikte de-eskalasyon eğitimlerinin etkisine ilişkin araştırmaların tamamında aynı sonuçlar elde edilmemektedir. Adli psikiyatri alanındaki de-eskalasyon eğitimlerini değerlendiren sistematik derlemede yalnızca beş çalışmanın dâhil edilme ölçütlerini karşıladığı ve bunların hiçbirinin randomize kontrollü çalışma olmadığı belirlenmiştir (Brenig et al., 2023). Derlemede eğitimin şiddet olaylarını azalttığını gösterecek güçlü kanıt bulunmadığı, buna karşın bazı çalışmalarda çalışanların kendilerini daha güvende hissetmelerine ilişkin olumlu sonuçlar bildirildiği görülmüştür (Brenig et al., 2023).

Bu sonuçlar de-eskalasyonun önemli bir kriz yönetimi yaklaşımı olduğunu, ancak tek başına bütün saldırganlık ve kısıtlama olaylarını önleyen bir yöntem olarak değerlendirilmemesi gerektiğini göstermektedir. De-eskalasyonun risk değerlendirmesi, personel eğitimi, terapötik iletişim, uygun klinik çevre ve kurumsal kriz yönetimi politikalarıyla birlikte ele alınması daha kapsamlı bir yaklaşım oluşturmaktadır.

2.3. Kısıtlama ve İzolasyona Alternatif Yaklaşımlar

Kısıtlama ve izolasyonun azaltılması için kullanılan yöntemler yalnızca kriz sırasında uygulanan tek bir müdahaleden oluşmamaktadır. Güncel literatürde risk değerlendirmesi, personel eğitimi, Safewards, travma bilgili bakım, duyusal modülasyon, çevresel düzenlemeler ve kurum genelinde yürütülen çok bileşenli programlar birlikte ele alınmaktadır. Mekanik kısıtlamayı azaltmaya yönelik müdahaleleri inceleyen sistematik derlemede de sorunun farklı düzeylerde ele alınması gerektiği ve mekanik kısıtlamanın azaltılmasının ruh sağlığı hizmetleri açısından önemli bir hedef olduğu vurgulanmıştır (Pedersen et al., 2024).

2.3.1. Safewards Modeli

Safewards, psikiyatri servislerinde çatışmaya yol açabilecek etkenler ile bu çatışmaların ardından başvurulan kontrol altına alma uygulamaları arasındaki ilişkiye odaklanan yapılandırılmış bir modeldir. Model, servis ortamındaki çatışmaları ve kısıtlayıcı müdahaleleri azaltmaya yönelik on temel müdahaleyi içermektedir.

Mullen et al. (2022) tarafından yataklı psikiyatri ve adli psikiyatri birimlerindeki Safewards uygulamalarını değerlendiren bütünleştirici derlemede 19 yayın incelenmiştir. Bulgular, Safewards'ın bazı ortamlarda çatışma ve kısıtlayıcı uygulamaların azaltılmasına katkı sağlayabileceğini düşündürmekle birlikte, sonuçların çalışmalar arasında değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuştur. Modelin uygulanmasında personelin katılımı ve uygulamayı benimsemesinin önemli olduğu, hasta deneyimlerine odaklanan çalışmaların ise daha sınırlı kaldığı belirtilmiştir (Mullen et al., 2022).

Safewards'ın önemli yönlerinden biri, kriz ve saldırganlığı yalnızca hastaya ait özelliklerle açıklamamasıdır. Hasta ile sağlık çalışanı arasındaki etkileşim, servis ortamı ve bakım kültürü de çatışma oluşumunu etkileyebilecek faktörler arasında ele alınmaktadır. Bu yaklaşım kriz yönetiminin bireysel hasta müdahalesinden daha geniş bir servis güvenliği anlayışı içerisinde değerlendirilmesini sağlamaktadır.

2.3.2. Travma Bilgili Bakım

Kısıtlama ve izolasyonun hastalar açısından travmatik olabilmesi, psikiyatri hizmetlerinde travma bilgili bakım yaklaşımının önemini artırmaktadır. Chieze et al. (2019) tarafından gerçekleştirilen sistematik derlemede kısıtlama ve izolasyon sonrasında psikolojik olumsuzlukların ortaya çıkabildiği ve bazı araştırmalarda travma sonrası stres belirtilerinin bildirildiği gösterilmiştir.

Travma bilgili bakım, hastanın davranışını yalnızca kontrol edilmesi gereken bir problem olarak değerlendirmek yerine geçmiş ve mevcut travmatik yaşantıların davranış üzerindeki olası etkilerini de dikkate almaktadır. Bu yaklaşımda güvenli bir bakım ortamının oluşturulması, hastanın seçim ve kontrol duygusunun desteklenmesi, bireysel tetikleyicilerin belirlenmesi ve yeniden travmatizasyona yol açabilecek uygulamaların mümkün olduğunca önlenmesi önem taşımaktadır.

Bu açıdan travma bilgili bakım ile de-eskalasyon birbirini destekleyen yaklaşımlar olarak değerlendirilebilir. Hastanın hangi durumlarda kendisini tehdit altında hissettiğinin ve hangi iletişim biçimlerinin gerilimini artırabildiğinin bilinmesi, kriz sırasında daha bireyselleştirilmiş müdahalelerin planlanmasına yardımcı olabilir.

2.3.3. Duyusal Modülasyon ve Duyusal Odalar

Duyusal modülasyon, bireyin uyarılma düzeyini ve duygusal durumunu düzenlemesini desteklemek amacıyla duyusal uyaranlardan yararlanılan bir yaklaşımdır. Psikiyatri servislerinde kullanılan duyusal odalar ise hastaların yoğun gerilim veya sıkıntı yaşadıkları dönemlerde kendilerini düzenlemelerini destekleyebilecek özel alanlar olarak kullanılmaktadır.

Haig ve Hallett (2023) tarafından yetişkin psikiyatri yataklı servislerinde duyusal odaları değerlendiren 18 çalışmalık sistematik derleme ve anlatısal sentezde, duyusal odaların hastaların yaşadığı sıkıntının azaltılmasına yardımcı olabileceği belirlenmiştir. Bununla birlikte kısıtlama, izolasyon veya şiddet olaylarının azaltılması açısından yeterli kanıt bulunmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Haig ve Hallett, 2023).

Bu nedenle duyusal odaların kısıtlama ve izolasyonu doğrudan azaltan kesin bir yöntem olarak değerlendirilmesi yerine, hastanın kendini düzenlemesini destekleyebilecek tamamlayıcı bir uygulama olarak ele alınması daha uygundur. Duyusal müdahalelerin bireysel tercihlere göre planlanması ve diğer kriz önleme yöntemleriyle birlikte kullanılması önem taşımaktadır.

2.3.4. Çevresel Düzenlemeler

Psikiyatri servisinin fiziksel çevresi hastaların yaşadığı gerilim üzerinde etkili olabilecek unsurlardan biridir. Gürültü, kalabalık, kişisel alanın sınırlı olması ve mahremiyetin yetersizliği gibi çevresel özellikler bazı hastaların yaşadığı sıkıntıyı artırabilir.

Oostermeijer et al. (2021) tarafından ruh sağlığı kuruluşlarının fiziksel tasarım özelliklerini inceleyen sistematik derlemede 35 yayın değerlendirilmiştir. Çalışmalarda servislerin fiziksel olarak yeniden düzenlenmesi, daha fazla kişisel alan sağlanması ve duyusal alanların oluşturulması gibi çeşitli çevresel müdahaleler incelenmiştir. Bazı araştırmalarda çevresel değişikliklerden sonra kısıtlama veya izolasyon kullanımında azalma bildirilmesine rağmen, çalışma tasarımları ve müdahaleler arasındaki farklılıklar nedeniyle sonuçların dikkatli yorumlanması gerektiği belirtilmiştir (Oostermeijer et al., 2021).

Dolayısıyla çevresel düzenlemeler tek başına saldırganlığı veya kısıtlayıcı uygulamaları önleyen bir yöntem olarak değerlendirilmemeli; de-eskalasyon, risk değerlendirmesi ve diğer önleyici girişimleri destekleyen bakım ortamının oluşturulmasının bir parçası olarak ele alınmalıdır.

2.3.5. Risk Değerlendirmesi ve Çok Bileşenli Yaklaşımlar

Kriz yönetiminde hastanın davranışındaki değişikliklerin erken fark edilmesi ve saldırganlık riskinin sistematik olarak değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Hastanın önceki saldırgan davranışları, mevcut ajitasyon düzeyi, kendisine veya başkalarına zarar verme riski ve bireysel tetikleyicileri değerlendirilerek uygun önleyici müdahaleler planlanabilir.

Quinn et al. (2024) tarafından psikiyatri yataklı servislerinde izolasyonu azaltmaya yönelik uygulamaları inceleyen sistematik derlemede 43 protokol (37 karşılaştırmalı çalışma ve verisiz 6 protokol) değerlendirilmiştir. İncelenen uygulamalar arasında servis veya hastane tasarımında değişiklikler, personel eğitimi, duyusal odalar, risk değerlendirme ve yönetim protokolleri ile çok bileşenli programlar yer almıştır. Bazı müdahalelerde izolasyon kullanımında olumlu değişiklikler bildirilmesine karşın, çalışmalar arasındaki yöntemsel farklılıklar nedeniyle hangi yaklaşımın en etkili olduğuna ilişkin kesin bir sonuca ulaşılamamıştır (Quinn et al., 2024).

Bu bulgular kısıtlama ve izolasyonun azaltılmasında tek bir müdahalenin yeterli olmayabileceğini göstermektedir. Risk değerlendirmesi, de-eskalasyon, personel eğitimi, çevresel düzenlemeler ve hasta katılımının birlikte kullanıldığı programlar daha bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır.

2.3.6. Six Core Strategies

Kısıtlama ve izolasyonun azaltılmasına yönelik sistem düzeyindeki yaklaşımlardan biri Six Core Strategies modelidir. Huckshorn (2004) tarafından tanımlanan bu model, kısıtlayıcı uygulamaların azaltılmasını yalnızca kriz sırasında hastayla ilgilenen sağlık çalışanının sorumluluğu olarak değil, kurumun tamamını kapsayan bir değişim süreci olarak ele almaktadır.

Six Core Strategies; liderlik ve kurumsal değişim, verilerin uygulamada kullanılması, personelin bilgi ve becerilerinin geliştirilmesi, kısıtlama ve izolasyonu önleyici araçların kullanılması, hasta ve aile katılımının desteklenmesi ve olay sonrası değerlendirme olmak üzere altı temel bileşenden oluşmaktadır (Huckshorn, 2004). Bu yapı, kriz yönetiminin yalnızca olay meydana geldiğinde gerçekleştirilen müdahalelerden oluşmadığını; olayların önlenmesi, izlenmesi ve sonrasında değerlendirilmesini de kapsadığını göstermektedir.

Güncel literatürde de Six Core Strategies modelinin travma bilgili bakım ve iyileşme odaklı yaklaşımlarla bütünleştirilmesinin, kısıtlama ve izolasyonun önlenmesinde önemli bir kurumsal strateji olduğu vurgulanmaktadır (Atdjian & Huckshorn, 2024).

Bu nedenle Safewards, travma bilgili bakım, duyusal modülasyon, çevresel düzenlemeler ve Six Core Strategies birbirinin yerine kullanılan yöntemler olarak değerlendirilmemelidir. Bu yaklaşımlar farklı düzeylerde çalışmakla birlikte hastanın bakım sürecine katılımını artırma, krizleri mümkün olduğunca erken önleme ve kısıtlayıcı müdahalelere duyulan gereksinimi azaltma açısından ortak bir amaç taşımaktadır.

2.4. Kriz Yönetimi ve De-eskalasyonda Psikiyatri Hemşiresinin Rolü

Psikiyatri hemşireleri hastalarla doğrudan ve sürekli etkileşim içinde olmaları nedeniyle krizlerin erken fark edilmesinde önemli bir konumdadır. Hastanın davranışında, iletişiminde ve duygusal durumunda meydana gelen değişikliklerin gözlenmesi; ajitasyonun erken belirtilerinin belirlenmesi ve risk değerlendirmesinin yapılması, krizin daha ileri bir aşamaya ulaşmadan yönetilmesine katkı sağlayabilir.

Kriz sırasında hemşirenin temel rollerinden biri terapötik iletişimin sürdürülmesidir. Hastayla çatışmacı olmayan bir iletişim kurulması, kişisel alanın korunması, bireysel tetikleyicilerin değerlendirilmesi ve mümkün olduğunda hastanın karar sürecine katılması de-eskalasyonun uygulanmasını desteklemektedir. Celofiga et al. (2022) tarafından gerçekleştirilen küme randomize çalışmada de-eskalasyon eğitiminin ardından saldırgan olaylarda ve saldırganlığa bağlı fiziksel kısıtlamada azalma görülmesi, sağlık çalışanlarının bu alandaki becerilerinin geliştirilmesinin önemini desteklemektedir.

Bununla birlikte hemşirenin rolü yalnızca kriz anındaki müdahalelerle sınırlı değildir. Hastanın önceki krizlerinin, saldırganlığı veya ajitasyonu artıran bireysel tetikleyicilerin ve daha önce sakinleşmesine yardımcı olan yöntemlerin değerlendirilmesi bireyselleştirilmiş bakımın oluşturulmasına katkı sağlayabilir. Bu bilgilerin bakım planına aktarılması, gelecekte ortaya çıkabilecek krizlerin daha erken fark edilmesini ve hastaya uygun yöntemlerin daha hızlı uygulanmasını sağlayabilir.

Psikiyatri hemşiresi hastanın kriz yönetimi sürecine aktif katılımını da desteklemelidir. Hastanın kendisini hangi koşullarda daha güvende hissettiğinin, hangi davranış veya yaklaşımların gerilimini artırdığının ve hangi yöntemlerin sakinleşmesine yardımcı olduğunun öğrenilmesi kişi merkezli bakım açısından önemlidir. Böyle bir yaklaşım hastanın yalnızca müdahaleye maruz kalan kişi olarak değil, kendi krizinin yönetiminde aktif bir katılımcı olarak görülmesini sağlar.

Hemşirenin diğer bir sorumluluğu güvenli ve terapötik bakım ortamının sürdürülmesine katkıda bulunmaktır. Hastanın gerilimini artırabilecek uyaranların azaltılması, gerektiğinde daha sakin bir alanın sağlanması ve uygun hastalarda duyusal düzenleme yöntemlerinden yararlanılması kriz yönetimini destekleyebilir. Ancak duyusal odalar gibi uygulamaların kısıtlama ve izolasyonu doğrudan azalttığına ilişkin kanıtların sınırlı olduğu unutulmamalı ve bu yöntemler diğer önleyici yaklaşımlarla birlikte değerlendirilmelidir (Haig ve Hallett, 2023).

Kısıtlama veya izolasyonun uygulanmasının önlenemediği durumlarda ise hemşirenin sorumluluğu uygulamanın sona ermesiyle bitmemelidir. Krizin ortaya çıkmasına katkıda bulunan etkenlerin olay sonrasında hasta ve ekip ile değerlendirilmesi, hangi müdahalelerin etkili veya etkisiz olduğunun belirlenmesi ve gelecekte benzer durumlarda kullanılabilecek daha az kısıtlayıcı yöntemlerin planlanması önem taşımaktadır. Böylece kriz sonrasında yapılan değerlendirme yalnızca yaşanan olayın incelenmesini değil, gelecekteki krizlerin önlenmesine yönelik bir öğrenme sürecini de içermektedir.

Sonuç olarak psikiyatri hemşiresinin kriz yönetimindeki rolü; krizin ve ajitasyonun erken belirtilerini tanıma, risk değerlendirmesi yapma, terapötik iletişimi sürdürme, de-eskalasyon yöntemlerini uygulama, bireysel tetikleyicileri belirleme, hastanın karar ve bakım süreçlerine katılımını destekleme, çevresel düzenlemelere katkıda bulunma ve olay sonrası değerlendirme yapmayı kapsamaktadır. Kısıtlama ve izolasyonun azaltılması yalnızca hemşirenin bireysel becerisine bağlı bir hedef olarak değil; hasta, ekip ve kurumun birlikte yer aldığı çok boyutlu bir bakım süreci olarak değerlendirilmelidir (Pedersen et al., 2024).

SONUÇ

Psikiyatrik krizlerin yönetiminde yalnızca kriz ortaya çıktıktan sonra davranışın kontrol altına alınmasına odaklanmak yerine, önleyici ve kişi merkezli yaklaşımların güçlendirilmesi önemlidir. De-eskalasyon, travma bilgili bakım, Safewards ve diğer alternatif uygulamaların kurumsal politikalar, personel eğitimi ve bireyselleştirilmiş bakım ile bütünleştirilmesi kısıtlayıcı uygulamalara duyulan gereksinimin azaltılmasını destekleyebilir. Psikiyatri hemşirelerinin bu yaklaşımlara ilişkin bilgi ve becerilerinin geliştirilmesi, güvenli, terapötik ve mümkün olan en az kısıtlayıcı ruh sağlığı bakımının sürdürülmesi açısından önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

Atdjian, S., & Huckshorn, K. A. (2024). Toward the cessation of seclusion and mechanical restraint use in psychiatric hospitals: A call for regulatory action. Psychiatric Services, 75(1), 64–71. https://doi.org/10.1176/appi.ps.202100538

Belayneh Muluneh, Z., Chavulak, J., Lee, D.-C. A., Petrakis, M., & Haines, T. P. (2025). Variations in definitions used for describing restrictive care practices (seclusion and restraint) in adult mental health inpatient units: A systematic review and content analysis. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology, 60*(1), 1–24. https://doi.org/10.1007/s00127-024-02739-6

Belayneh, Z., Chavulak, J., Lee, D.-C. A., Petrakis, M., & Haines, T. P. (2024). Prevalence and variability of restrictive care practice use (physical restraint, seclusion and chemical restraint) in adult mental health inpatient settings: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Nursing, 33*(4), 1256–1281. https://doi.org/10.1111/jocn.17041

Brenig, D., Gade, P., & Voellm, B. (2023). Is mental health staff training in de-escalation techniques effective in reducing violent incidents in forensic psychiatric settings? A systematic review of the literature. *BMC Psychiatry, 23*, 246. https://doi.org/10.1186/s12888-023-04714-y

Celofiga, A., Kores Plesnicar, B., Koprivsek, J., Moskon, M., Benkovic, D., & Gregoric Kumperscak, H. (2022). Effectiveness of de-escalation in reducing aggression and coercion in acute psychiatric units: A cluster randomized study. *Frontiers in Psychiatry, 13*, 856153. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2022.856153

Chieze, M., Hurst, S., Kaiser, S., & Sentissi, O. (2019). Effects of seclusion and restraint in adult psychiatry: A systematic review. *Frontiers in Psychiatry, 10*, 491. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2019.00491

Du, M., Wang, X., Yin, S., Shu, W., Hao, R., Zhao, S., Rao, H., Yeung, W.-L., Jayaram, M. B., & Xia, J. (2017). De-escalation techniques for psychosis-induced aggression or agitation. *Cochrane Database of Systematic Reviews, 2017*(4), CD009922. https://doi.org/10.1002/14651858.CD009922.pub2

Haig, S., & Hallett, N. (2023). Use of sensory rooms in adult psychiatric inpatient settings: A systematic review and narrative synthesis. *International Journal of Mental Health Nursing, 32*(1), 54–75. https://doi.org/10.1111/inm.13065

Hudson, E., Pariseau-Legault, P., Cassivi, C., Chouinard, C., & Goulet, M.-H. (2024). Mental health crisis: An evolutionary concept analysis. *International Journal of Mental Health Nursing, 33*(6), 1908–1920. https://doi.org/10.1111/inm.13412

Huckshorn, K. A. (2004). Reducing seclusion & restraint use in mental health settings: Core strategies for prevention. Journal of Psychosocial Nursing and Mental Health Services, 42(9), 22–33. https://doi.org/10.3928/02793695-20040901-05

Johnston, I., Price, O., McPherson, P., Armitage, C. J., Brooks, H., Bee, P., Lovell, K., & Papastavrou Brooks, C. (2022). De-escalation of conflict in forensic mental health inpatient settings: A Theoretical Domains Framework-informed qualitative investigation of staff and patient perspectives. *BMC Psychology, 10*(1), 30. https://doi.org/10.1186/s40359-022-00735-6

Mullen, A., Browne, G., Hamilton, B., Skinner, S., & Happell, B. (2022). Safewards: An integrative review of the literature within inpatient and forensic mental health units. *International Journal of Mental Health Nursing, 31*(5), 1090–1108. https://doi.org/10.1111/inm.13001

Oostermeijer, S., Brasier, C., Harvey, C., Hamilton, B., Roper, C., Martel, A., Fletcher, J., & Brophy, L. (2021). Design features that reduce the use of seclusion and restraint in mental health facilities: A rapid systematic review. *BMJ Open, 11*(7), e046647. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-046647

Pedersen, M. L., Gildberg, F. A., Baker, J., & Tingleff, E. B. (2024). A systematic review of interventions to reduce mechanical restraint in adult mental health inpatient settings. *International Journal of Mental Health Nursing, 33*(3), 505–522. https://doi.org/10.1111/inm.13267

Quinn, M., Jutkowitz, E., Primack, J., Lenger, K., Rudolph, J., Trikalinos, T., Rickard, T., Mai, H. J., Balk, E., & Konnyu, K. (2024). Protocols to reduce seclusion in inpatient mental health units. *International Journal of Mental Health Nursing, 33*(3), 600–615. https://doi.org/10.1111/inm.13277

ADLİ PSİKİYATRİ HASTALARINDA ÇİFTE DAMGALANMA VE PSİKİYATRİ HEMŞİRESİNİN ROLÜ

Gamze ÇOPUR
Selçuk University, Psychiatric Nursing Department, Konya, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-3783-1168
Prof. Dr. Neslihan LÖK
Selcuk University, Faculty of Nursing, Psychiatric Nursing Department, Konya, Turkey
ORCID ID: 0000-0003-1568-9659
Doç. Dr. Alime SELÇUK TOSUN
Selcuk University, Faculty of Nursing, Psychiatric Nursing Department, Konya, Turkey
ORCID ID: 0000-0002-8466-2735

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, adli psikiyatri hastalarının ruhsal bozukluk tanısı ve suç/adli öykü nedeniyle karşılaşabildikleri çifte damgalanmayı, bu durumun hastaların iyileşme süreçleri üzerindeki etkilerini ve çifte damgalanmanın azaltılmasında psikiyatri hemşiresinin rolünü güncel literatür doğrultusunda incelemektir.

Yöntem: Bu çalışma literatür taraması niteliğinde hazırlanmıştır. Adli psikiyatri hastalarında damgalanma ve çifte damgalanma ile ilişkili güncel çalışmalar incelenmiş; içselleştirilmiş damgalanma, sosyal destek, yaşam kalitesi, kişisel iyileşme, hasta katılımı, terapötik ilişki ve topluma yeniden katılım konularındaki bulgular değerlendirilmiştir. Ayrıca psikiyatri hemşirelerinin damgalanmanın azaltılmasına yönelik terapötik iletişim, iyileşme odaklı bakım, hasta katılımı, aile ve sosyal destek sistemleriyle iş birliği ve topluma yeniden katılımı destekleme rolleri ele alınmıştır.

Bulgular: İncelenen çalışmalar, adli psikiyatri hastalarının ruhsal bozukluk tanısının yanı sıra suç veya adli öyküleri nedeniyle de damgalanmayla karşılaşabildiğini göstermektedir. Damgalanmanın içselleştirilmesinin sosyal destek ve yaşam kalitesiyle ilişkili olduğu; damgalanma, utanç, sosyal ilişkilerde yaşanan güçlükler, güç dengesizlikleri ve bakım sürecine sınırlı katılımın kişisel iyileşme sürecinde önem taşıdığı görülmüştür. Adli psikiyatride iyileşme sürecinde umut, olumlu kimlik geliştirme, özerklik, sosyal ilişkiler, güçlenme ve topluma yeniden katılımın öne çıktığı belirlenmiştir. Psikiyatri hemşirelerinin yargılayıcı olmayan terapötik ilişki kurması, iyileşme odaklı iletişim kullanması, hastanın bakım kararlarına katılımını desteklemesi, güçlü yönlerini ön plana çıkarması, aile ve sosyal destek sistemlerini değerlendirmesi ve taburculuk sonrası topluma yeniden katılımı desteklemesi çifte damgalanmanın azaltılması açısından önemli hemşirelik uygulamaları olarak değerlendirilmiştir.

Sonuç: Adli psikiyatri hastalarında çifte damgalanma, bireyin yalnızca toplumsal deneyimlerini değil; benlik algısını, sosyal ilişkilerini, bakım sürecine katılımını ve kişisel iyileşmesini de etkileyebilen çok boyutlu bir sorundur. Psikiyatri hemşirelerinin damgalayıcı olmayan, kişi merkezli ve iyileşme odaklı bir bakım yaklaşımı benimsemesi; hastanın bireyselliğinin, özerkliğinin ve toplumsal rollerinin desteklenmesi açısından önemlidir. Adli psikiyatri alanında çalışan hemşirelerin damgalanma, hasta hakları, terapötik iletişim ve iyileşme odaklı bakım konularındaki bilgi ve farkındalıklarının geliştirilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Adli psikiyatri, çifte damgalanma, damgalanma, psikiyatri hemşireliği, kişisel iyileşme.

DOUBLE STIGMA AMONG FORENSIC PSYCHIATRIC PATIENTS AND THE ROLE OF PSYCHIATRIC NURSES

ABSTRACT

Objective: This study aims to examine, in light of the current literature, the double stigma that forensic psychiatric patients may experience due to both a diagnosis of mental disorder and a criminal/forensic history, the effects of this stigma on their recovery processes, and the role of psychiatric nurses in reducing double stigma.

Methods: This study was conducted as a literature review. Current studies addressing stigma and double stigma among forensic psychiatric patients were reviewed, and findings related to internalized stigma, social support, quality of life, personal recovery, patient participation, therapeutic relationships, and community reintegration were evaluated. In addition, the roles of psychiatric nurses in reducing stigma through therapeutic communication, recovery-oriented care, patient participation, collaboration with family and social support systems, and support for community reintegration were examined.

Results: The reviewed studies indicate that forensic psychiatric patients may experience stigma not only because of their mental disorder diagnosis but also because of their criminal or forensic history. Internalized stigma was found to be associated with social support and quality of life, while stigma, shame, difficulties in social relationships, power imbalances, and limited participation in the care process were identified as important factors in personal recovery. Hope, the development of a positive identity, autonomy, social relationships, empowerment, and community reintegration emerged as key components of the recovery process in forensic psychiatry. Establishing a non-judgmental therapeutic relationship, using recovery-oriented communication, supporting patients' participation in care-related decisions, emphasizing their strengths, assessing family and social support systems, and facilitating community reintegration after discharge were identified as important nursing practices for reducing double stigma.

Conclusion: Double stigma among forensic psychiatric patients is a multidimensional problem that may affect not only individuals' social experiences but also their self-perception, social relationships, participation in the care process, and personal recovery. It is important for psychiatric nurses to adopt a non-stigmatizing, person-centered, and recovery-oriented approach to care in order to support patients' individuality, autonomy, and social roles. Enhancing the knowledge and awareness of nurses working in forensic psychiatry regarding stigma, patient rights, therapeutic communication, and recovery-oriented care is recommended.

Keywords: Forensic psychiatry, double stigma, stigma, psychiatric nursing, personal recovery.

GİRİŞ

Adli psikiyatri, ruhsal bozukluklar ile hukuk ve ceza adalet sisteminin kesişiminde yer alan multidisipliner bir alandır. Bu alanda bireylerin değerlendirilmesi, tedavisi, bakımı, rehabilitasyonu ve topluma yeniden katılımı birlikte ele alınmaktadır. Adli psikiyatri hizmetlerinde ruhsal belirtilerin yönetilmesinin yanı sıra risk değerlendirmesi, güvenliğin sağlanması, rehabilitasyon ve kişisel iyileşmenin desteklenmesi de önem taşımaktadır. Bu

nedenle adli psikiyatri hastalarında iyileşme yalnızca klinik belirtilerin azalması olarak değerlendirilmemekte; umut, kimlik, özerklik, sosyal ilişkiler ve toplumla yeniden bütünleşme gibi psikososyal boyutları da içermektedir (Senneseth et al., 2022).

Adli psikiyatri hastalarının iyileşme sürecini etkileyebilecek önemli sorunlardan biri damgalanmadır. Ruhsal bozukluğu olan bireylere yönelik olumsuz kalıp yargılar, önyargılar ve ayrımcı tutumlar bireyin sosyal ilişkilerini ve toplumsal yaşama katılımını olumsuz etkileyebilmektedir. Toplumdaki bu olumsuz yargıların birey tarafından benimsenerek kendisine yöneltilmesi ise içselleştirilmiş damgalanma açısından önem taşımaktadır. İçselleştirilmiş damgalanmanın bireyin benlik algısı ve kişisel iyileşmesiyle ilişkili olduğu belirtilmektedir (Penas et al., 2024).

Adli psikiyatri hastalarında damgalanma daha karmaşık bir hâl alabilmektedir. Bu bireyler ruhsal bozukluk tanısının yanı sıra suç veya adli öyküleri nedeniyle de olumsuz tutumlarla karşılaşabilmektedir. Ruhsal bozukluk ve adli öykünün aynı bireyde iki farklı damgalama kaynağı oluşturması çifte damgalanma açısından önemli görülmektedir (Seaward et al., 2023). Bununla birlikte damgalanmanın her adli psikiyatri hastasında aynı düzeyde yaşanmadığı ve bireysel, sosyal ve kültürel özelliklerin de dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir (Kızılpınar ve Kılıç-Demir, 2024).

Damgalanma, adli psikiyatri hastalarının yalnızca toplumla ilişkilerini değil, tedavi ve bakım sürecindeki deneyimlerini de etkileyebilmektedir. Adli ruh sağlığı hizmetlerinde güven, saygı, karşılıklılık ve hastanın bakım sürecine katılımı terapötik ilişkinin geliştirilmesi açısından önem taşırken; güç dengesizliği ve otoriter yaklaşımlar bu ilişkinin kurulmasını zorlaştırabilmektedir (Bennett ve Hanna, 2021). Fiziksel kısıtlama gibi zorlayıcı uygulamaların ardından terapötik ilişkinin yeniden kurulmasında da güç ve otorite dengesinin önemli olduğu bildirilmektedir (Moyles et al., 2023).

Psikiyatri hemşireleri adli psikiyatri hastalarıyla sürekli ve doğrudan iletişim içinde olmaları nedeniyle damgalanmanın fark edilmesi ve azaltılmasında önemli bir yere sahiptir. Hastanın yalnızca ruhsal bozukluğu veya adli öyküsü üzerinden değerlendirilmemesi, bireyselliğinin ve haklarının korunması, güvene dayalı terapötik ilişkinin geliştirilmesi ve iyileşme odaklı bakımın sürdürülmesi psikiyatri hemşireliğinin önemli uygulama alanlarıdır. Bu doğrultuda adli psikiyatri hastalarında çifte damgalanmanın ve bunun hastalar üzerindeki etkilerinin ele alınması, aynı zamanda psikiyatri hemşiresinin damgalanmayı azaltmaya yönelik rollerinin değerlendirilmesi önemlidir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

2.1. Adli Psikiyatri Hastalarında Çifte Damgalanma

Damgalama; bireyin hastalığı, sahip olduğu özellikler veya toplumsal kimliği nedeniyle olumsuz kalıp yargılarla değerlendirilmesi, önyargıya maruz kalması ve ayrımcı tutumlarla karşılaşmasıyla ilişkili çok boyutlu bir süreçtir. Ruhsal bozukluğu olan bireylerde toplumdaki olumsuz yargıların kişinin kendisi tarafından benimsenmesi, içselleştirilmiş damgalanmaya dönüşebilmektedir. İçselleştirilmiş damgalanma; yabancılaşma, kalıp yargıların benimsenmesi, algılanan ayrımcılık, sosyal geri çekilme ve damgalanmaya karşı direnç gibi farklı boyutları içermektedir (Kazğan Kılıçaslan et al., 2022).

Adli psikiyatri hastalarında ise damgalanmanın daha karmaşık bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Bunun nedenlerinden biri, bireyin yalnızca ruhsal bozukluk tanısıyla değil aynı zamanda suç veya adli öyküsüyle de ilişkilendirilmesidir. Ruhsal bozukluk ile hapsedilme veya adli öykü gibi birden fazla damgalayıcı özelliğin aynı bireyde bulunması literatürde çifte damgalanma kapsamında ele alınmaktadır (Seaward et al., 2023). Ruh sağlığı sorunları ve

hapsedilme öyküsü bulunan bireylerin topluma yeniden katılımını inceleyen bir çalışmada da bu iki durumun oluşturduğu çifte damgalanmanın toplumsal yeniden bütünleşmeyi güçleştirebildiği bildirilmiştir (Seaward et al., 2023).

Çifte damgalanma yalnızca toplumun bireye yönelik tutumlarından oluşmamaktadır. Bireyin bu olumsuz değerlendirmeleri nasıl algıladığı ve kendi benlik algısına ne ölçüde dâhil ettiği de sürecin önemli bir parçasıdır. Türkiye'de yüksek güvenlikli bir adli psikiyatri hastanesinde tedavi gören 164 bireyle yapılan çalışmada içselleştirilmiş damgalanmanın çeşitli sosyodemografik ve adli özelliklerle ilişkisi değerlendirilmiştir (Karaağaç et al., 2025). Çalışmada eğitim düzeyi, çalışma ve ekonomik durum, psikiyatrik tanı ve indeks suçun şiddet düzeyi gibi değişkenlerin içselleştirilmiş damgalanma açısından önem taşıdığı belirlenmiştir (Karaağaç et al., 2025).

Adli psikiyatri hastalarının kendi deneyimlerine odaklanan çalışmalar da damgalanmanın hasta açısından önemini ortaya koymaktadır. Otuz yedi adli psikiyatri hastasıyla gerçekleştirilen altı odak grup görüşmesinde hastaların kişisel iyileşme deneyimleri değerlendirilmiş ve "damgalanma ve utanç" hastaların deneyimlerini açıklayan alt temalardan biri olarak belirlenmiştir (Schoppmann et al., 2021). Aynı çalışmada zorlama, destek eksikliği, güvensizlik ve yapısal engellerin de hastaların özerklik deneyimlerini etkileyen konular arasında olduğu bildirilmiştir (Schoppmann et al., 2021).

Türkiye'de 97 adli psikiyatri hastasıyla yapılan başka bir çalışmada ise içselleştirilmiş damgalanma ile algılanan sosyal destek arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki bulunmuştur (Kazğan Kılıçaslan et al., 2022). Aynı çalışmada içselleştirilmiş damgalanma arttıkça yaşam kalitesinin azaldığı, algılanan sosyal destek arttıkça ise yaşam kalitesinin yükseldiği belirlenmiştir (Kazğan Kılıçaslan et al., 2022). Bu bulgular, damgalanmanın bireyin sosyal ilişkileri ve yaşam kalitesiyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini düşündürmektedir.

Damgalanma yalnızca toplum içerisinde değil, sağlık hizmeti sunulan ortamlarda da önemli bir konudur. Türkiye'de 46 adli psikiyatri hemşiresi ile diğer yataklı servislerde çalışan 58 hemşirenin karşılaştırıldığı çalışmada, adli psikiyatri hemşirelerinin ruhsal bozukluğu olan bireylere karşı daha düşük sosyal mesafe gösterdikleri ve bakım vermeye yönelik daha olumlu tutumlara sahip oldukları belirlenmiştir (Kılıç-Demir ve Kızılpınar, 2024). Adli psikiyatri ve hukuki süreçler konusunda yetersiz bilgi sahibi olmanın ise daha olumsuz inançlarla ilişkili olduğu bildirilmiştir (Kılıç-Demir ve Kızılpınar, 2024).

Adli psikiyatri hastalarını tanımlamak için kullanılan ifadeler de damgalanma açısından önem taşımaktadır. Birleşik Krallık'ta 668 yetişkinle gerçekleştirilen randomize çevrim içi araştırmada "mentally disordered offender", "forensic mental health patient" ve kişi merkezli, iyileşme odaklı "person working towards recovery using forensic mental health services" gibi farklı ifadeler karşılaştırılmıştır (Tomlin et al., 2025). Çalışmada kullanılan terminolojinin özellikle sosyal mesafe olmak üzere adli ruh sağlığı hizmetlerinden yararlanan bireylere yönelik bazı toplumsal tutumları etkileyebildiği belirlenmiştir (Tomlin et al., 2025).

Bu çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, adli psikiyatri hastalarında damgalanmanın tek bir kaynaktan ortaya çıkmadığı görülmektedir. Ruhsal bozukluğa yönelik damgalanma ile suç veya adli öyküye yönelik damgalanma aynı bireyin yaşamında bir araya gelebilmektedir (Seaward et al., 2023). Bu nedenle çifte damgalanmanın toplumsal tutumların yanı sıra içselleştirilmiş damgalanma, sosyal destek ve bakım ortamındaki tutumlarla birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.

2.2. Çifte Damgalanmanın Adli Psikiyatri Hastaları Üzerindeki Etkileri

Çifte damgalanma, adli psikiyatri hastalarının yalnızca toplum tarafından nasıl değerlendirildiğiyle ilgili değildir. Bireyin kendisini nasıl gördüğü, diğer insanlarla kurduğu

ilişkiler, tedaviye katılımı ve iyileşme süreci de bu durumdan etkilenebilmektedir. Adli psikiyatride kişisel iyileşme; yalnızca psikiyatrik belirtilerin azalmasını değil, kişinin umut geliştirmesini, olumlu bir kimlik oluşturmasını, yaşamına anlam kazandırmasını, güçlenmesini ve diğer insanlarla bağlantı kurmasını içeren çok boyutlu bir süreçtir (Senneseth et al., 2022).

Yirmi bir nitel çalışmanın incelendiği sistematik derleme ve tematik sentezde adli psikiyatri hastalarının iyileşme deneyimlerinin CHIME çerçevesinde yer alan bağlantılılık, umut, kimlik, anlam ve güçlenme boyutlarıyla büyük ölçüde örtüştüğü belirlenmiştir (Senneseth et al., 2022). Bununla birlikte adli psikiyatriye özgü olarak güvenlik ve güvende hissetme boyutunun da iyileşme açısından önemli olduğu ortaya konulmuştur (Senneseth et al., 2022).

Olumlu bir kimlik geliştirme, adli psikiyatri hastalarının iyileşme sürecinde önemli bir yere sahiptir. Hastanın sürekli olarak ruhsal bozukluğu ve suç öyküsü üzerinden tanımlanması, bireysel özelliklerinin ve diğer toplumsal rollerinin geri planda kalmasına neden olabilmektedir. Adli psikiyatride kişisel iyileşmeye ilişkin çalışmalarda umut, olumlu kimlik geliştirme ve güçlenmenin iyileşmenin temel bileşenleri arasında yer aldığı görülmektedir (Senneseth et al., 2022).

Adli psikiyatri hastalarında iyileşmenin nasıl ele alındığını inceleyen başka bir çalışmada 21 makale değerlendirilmiş ve kişisel iyileşme; kişisel gelişim ve özerklik, sosyal katılım ve normallik, geçmişle yüzleşme ve ilerleme, geleceğe yönelim ve umut ile devam eden bir süreç olmak üzere beş tema altında ele alınmıştır (Lumén et al., 2024). Aynı çalışmada suç öyküsü ve uzun süreli hastanede yatışın adli psikiyatri hastalarının iyileşme sürecinde kendine özgü güçlükler oluşturabildiği belirtilmiştir (Lumén et al., 2024).

Çifte damgalanmanın etkilerinin görülebileceği önemli alanlardan biri de sosyal ilişkiler ve toplumsal katılımdır. Elli beş yaş ve üzerindeki 37 adli psikiyatri hastası ve 48 sağlık çalışanıyla gerçekleştirilen araştırmada; aile, arkadaşlar, diğer hastalar ve sağlık çalışanlarıyla kurulan ilişkilerin yaşam kalitesi, iyi oluş ve iyileşme üzerinde kolaylaştırıcı veya engelleyici etkiler oluşturabildiği belirlenmiştir (Walker et al., 2023). Özellikle olumlu sosyal ilişkilerin desteklenmesinin iyileşme sürecine katkı sağlayabileceği belirtilmiştir (Walker et al., 2023).

Sağlık çalışanlarının görüşlerini inceleyen başka bir çalışmada da olumlu sosyal destek ve ilişkiler, bireyselleştirilmiş ve bütüncül hasta merkezli bakım ile uygun bakım ortamları yaşam kalitesi, iyi oluş ve iyileşmeyi destekleyen faktörler arasında gösterilmiştir (Walker et al., 2022). Buna karşılık aile ve arkadaş ilişkilerinin bulunmaması veya işlevsiz olması ile hizmet sunumuna ilişkin bazı sorunlar iyileşmeyi zorlaştıran faktörler arasında yer almıştır (Walker et al., 2022).

Toplum yaşamına geçiş süreci de adli psikiyatri hastaları açısından önemli bir dönemdir. Yüksek güvenlikli ruh sağlığı hizmetlerinde iyileşme yaklaşımının uzun dönem sonuçlarını değerlendiren 20 yıllık izlem çalışmasında hastaların daha düşük güvenlik düzeylerine geçişleri ve bazı klinik sonuçları açısından olumlu gelişmeler görülmesine rağmen sosyal iyileşmenin aynı düzeyde sürdürülemediği bildirilmiştir (Thomson ve Rees, 2023). Toplumda yaşayan bazı bireylerde sosyal katılımın zaman içerisinde azaldığı ve bu durumun araştırmacılar tarafından kısmen toplumsal damgalanmadan korunmaya yönelik davranışlarla ilişkilendirildiği belirtilmiştir (Thomson ve Rees, 2023).

Adli psikiyatri hastalarının bakım ve tedavi sürecine aktif olarak katılmaları da iyileşmenin önemli bir parçasıdır. Toplam 7.010 kayıttan seçilen 73 çalışmanın incelendiği kapsam belirleme derlemesinde hasta katılımının özellikle risk değerlendirmesi ve yönetimi, iyileşme ile terapötik ve farmakolojik girişimler üzerinde yoğunlaştığı görülmüştür (Zhao et al., 2025). Bununla birlikte çalışmaların önemli bir bölümünde katılımın “dâhil olma” ve “iş birliği” düzeyinde kaldığı belirtilmiştir (Zhao et al., 2025).

Hasta katılımını inceleyen 10 çalışmalık karma yöntem sistematik derlemesinde ise destekleyici bakım ilişkisinin katılımın önemli koşullarından biri olduğu belirlenmiştir (Vidaurrazaga Aras et al., 2024). Hastanın yalnızca işlediği suç üzerinden değil, psikiyatrik hastalığı ve bireyselliğiyle birlikte bir kişi olarak görülmesi katılım açısından önemli bulunmuştur (Vidaurrazaga Aras et al., 2024). Buna karşılık damgalanma, güvenliğe ilişkin kaygılar ve adli psikiyatri ortamının zorlayıcı özellikleri katılımın önündeki engeller arasında gösterilmiştir (Vidaurrazaga Aras et al., 2024).

Adli psikiyatri hizmetlerinde güvenlik ve risk yönetiminin ön planda olması hastanın özerkliği açısından da önem taşımaktadır. Zorunlu tedavi, kişisel hakların sınırlandırılması, zorlayıcı uygulamalar ve hasta ile sağlık çalışanı arasındaki güç dengesizliğinin hastanın psikolojik durumunu, tedavi motivasyonunu ve terapötik süreci olumsuz etkileyebileceği belirtilmektedir (Lutz et al., 2022). Bu nedenle güvenlik gereksinimleri karşılanırken hastanın öz-yeterlik ve anlamlılık deneyimlerinin de desteklenmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Lutz et al., 2022).

Sosyal ilişkileri güçlendirmeye yönelik uygulamalar da bu süreçte önem taşımaktadır. Yüz iki adli psikiyatri ayaktan hastasıyla yapılan randomize kontrollü çalışmada standart tedaviye ek olarak hastalar 12 ay boyunca eğitimli bir toplum gönüllüsüyle eşleştirilmiştir (Swinkels et al., 2023). Müdahalenin ruhsal iyi oluş açısından standart tedaviye anlamlı bir üstünlük sağlamadığı belirlenmiştir (Swinkels et al., 2023). Bununla birlikte yalnızca standart tedavi alan grupta hastanede geçirilen sürenin daha fazla olduğu ve daha fazla suç davranışı bildirildiği görülmüştür (Swinkels et al., 2023). Bu sonuçlar sosyal destek müdahalelerinin farklı iyileşme göstergeleriyle birlikte değerlendirilmesinin önemli olduğunu düşündürmektedir.

Sonuç olarak çifte damgalanmanın etkileri yalnızca bireyin kendisini damgalanmış hissetmesiyle sınırlı değildir. Olumlu kimlik geliştirme, umut, sosyal ilişkiler, yaşam kalitesi, tedaviye katılım, özerklik ve topluma yeniden katılım gibi kişisel iyileşmenin birçok boyutuyla ilişkili olarak değerlendirilmesi gerekmektedir

2.3. Çifte Damgalanmanın Azaltılmasında Psikiyatri Hemşiresinin Rolü

Psikiyatri hemşireleri adli psikiyatri hastalarıyla uzun süreli ve doğrudan iletişim içinde bulunmaları nedeniyle damgalayıcı tutumların fark edilmesi ve azaltılmasında önemli bir konumdadır. Adli psikiyatri hemşireliği bir taraftan güvenlik ve risk yönetimini sürdürürken diğer taraftan hastanın bireyselliğini korumayı, bakım sürecine katılımını sağlamayı ve iyileşmesini desteklemeyi gerektirmektedir.

Türkiye'de 46 adli psikiyatri hemşiresi ile diğer yataklı servislerde çalışan 58 hemşirenin karşılaştırıldığı çalışmada, adli psikiyatri hemşirelerinin ruhsal bozukluğu olan bireylere yönelik sosyal mesafelerinin daha düşük ve bakım vermeye yönelik tutumlarının daha olumlu olduğu belirlenmiştir (Kılıç-Demir ve Kızılpınar, 2024). Aynı çalışmada adli psikiyatri ve hukuki süreçler hakkındaki bilgi yetersizliğinin daha olumsuz inançlarla ilişkili olduğu bildirilmiştir (Kılıç-Demir ve Kızılpınar, 2024). Bu nedenle hemşirelerin adli psikiyatri alanındaki bilgi ve farkındalıklarının geliştirilmesi damgalayıcı tutumların azaltılması açısından önemlidir.

Psikiyatri hemşiresinin bu süreçteki temel rollerinden biri hastayla yargılayıcı olmayan ve güvene dayalı bir terapötik ilişki kurmaktır. Adli psikiyatri hastalarının sağlık çalışanlarıyla ilişkilerini inceleyen bir çalışmada saygılı, karşılıklı ve güçlendirici ilişkilerin hastalar açısından olumlu deneyimler oluşturduğu; otoriter yaklaşımların ise terapötik ilişkiyi zorlaştırabildiği görülmüştür (Bennett ve Hanna, 2021).

Fiziksel kısıtlama sonrasında terapötik ilişkinin yeniden kurulmasını inceleyen ve 10 adli ruh sağlığı hemşiresiyle gerçekleştirilen araştırmada ise iyileşme odaklı terapötik ilişki, otoriter rol, kaçınılmaz güç dengesizliği ve terapötik ilişkinin yeniden kurulması olmak üzere dört temel

tema belirlenmiştir (Moyles et al., 2023). Hemşirenin güvenliği sağlama sorumluluğuyla ilişkili otorite rolünün bazı durumlarda iyileşme odaklı terapötik ilişkinin kurulmasını zorlaştırabildiği bildirilmiştir (Moyles et al., 2023). Bu nedenle güvenlik gereksinimleri karşılanırken hastanın bireyselliğinin ve saygınlığının korunması önemlidir.

İyileşme odaklı iletişim de psikiyatri hemşiresinin önemli uygulamalarından biridir. Güvenli bir adli ruh sağlığı hastanesinde çalışan 54 hemşireyle gerçekleştirilen karma yöntem çalışmasında saldırganlık riski bulunan hastalarla iletişimde kullanılabilecek iyileşme odaklı bir hemşirelik iletişim çerçevesi değerlendirilmiştir (Scheirich et al., 2024). Bu yaklaşımda iletişim ve iş birliğinin yanı sıra seçim ve kontrol, prosedürel adalet, benlik algısı, umut, koşulsuz olumlu kabul, kişisel güvenlik ve empati gibi ilkeler ele alınmıştır (Scheirich et al., 2024). Çalışmanın nitel bölümünde hemşireler, iyileşme odaklı iletişimin saldırganlığın önlenmesine yardımcı olabileceğini ifade etmişlerdir (Scheirich et al., 2024).

Psikiyatri hemşiresinin hastayı bakım ve tedavi kararlarına katması da önemlidir. Adli ruh sağlığı hizmetlerinde hasta katılımını inceleyen derlemede paternalistik sağlık çalışanı tutumları ve hasta ile profesyonel arasındaki güç dengesizlikleri katılımın önündeki engeller arasında gösterilmiştir (Zhao et al., 2025). Aynı derlemede iyileşme odaklı bakım modellerinin hasta katılımını geliştirebilecek yaklaşımlar arasında olduğu belirtilmiştir (Zhao et al., 2025). Bu nedenle hemşirenin hastayı bakımın pasif alıcısı olarak görmek yerine karar verme süreçlerine mümkün olduğunca dâhil etmesi önem taşımaktadır.

Çifte damgalanmayla mücadelede bakımın yalnızca hastalık belirtileri veya risk davranışları üzerine kurulması da yeterli değildir. Hastanın güçlü yönlerinin, bireysel gereksinimlerinin ve geleceğe yönelik hedeflerinin dikkate alınması gerekmektedir. Yüksek güvenlikli bir adli psikiyatri hastanesinde çalışan 27 hemşireyle gerçekleştirilen çalışmada hemşirelerin iyileşmeyi bireyin gereksinimleri ve hedefleri doğrultusunda şekillenen bir süreç olarak değerlendirdikleri belirlenmiştir (Roberts et al., 2025). Hastaların yeniden topluma katılımının ortak iyileşme hedeflerinden biri olduğu da bildirilmiştir (Roberts et al., 2025).

Bu doğrultuda psikiyatri hemşiresinin hastayı yalnızca ruhsal bozukluğu, suç öyküsü veya risk düzeyi üzerinden değerlendirmemesi önemlidir. Hastanın güçlü yönlerinin, sosyal rollerinin ve geleceğe yönelik hedeflerinin bakım içerisinde görünür hâle getirilmesi, damgalanmış kimliğin ön plana çıkmasının azaltılmasına katkı sağlayabilir. Bununla birlikte iyileşme odaklı bakımın uygulanmasında yetersiz kaynaklar, psikopatolojinin şiddeti, hukuki sınırlılıklar ve hemşirenin multidisipliner ekip içindeki rolü gibi güçlüklerin bulunabildiği belirtilmektedir (Roberts et al., 2025).

Aile ve sosyal destek sistemlerinin uygun biçimde bakım sürecine dâhil edilmesi de psikiyatri hemşiresinin rollerinden biridir. Adli ruh sağlığı alanında çalışan sağlık profesyonellerinin görüşlerinin incelendiği araştırmada aile bakım verenlerinin sürece katılımının önündeki engeller arasında zaman ve personel yetersizliği, gizlilik yükümlülükleri ve diğer hizmetlerle iş birliğine ilişkin sorunlar yer almıştır (Vestphal et al., 2024). Sağlık çalışanlarının ailelerin tedavi ve bakım sürecindeki desteğini önemli gördükleri, ancak aileyle iş birliğinin uygulamada çeşitli güçlükler içerdiği belirtilmiştir (Vestphal et al., 2024).

Psikiyatri hemşiresi hastanın sosyal destek kaynaklarını da değerlendirmelidir. Adli psikiyatri hastalarının sosyal ağlarını güçlendirmeye yönelik randomize kontrollü çalışmanın sonuçları, sosyal destek girişimlerinin yalnızca ruhsal iyi oluş açısından değil hastanede geçirilen süre ve suç davranışı gibi farklı sonuçlar açısından da değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir (Swinkels et al., 2023). Bu nedenle taburculuk öncesinde hastanın aile, arkadaş ve toplum temelli destek kaynaklarının değerlendirilmesi bakımın sürekliliği açısından önem taşımaktadır.

Çifte damgalanmanın azaltılmasında hemşirelerin kendi tutumlarının farkında olması da gerekmektedir. Hastaya yalnızca tanısı, suç öyküsü veya risk düzeyi üzerinden yaklaşılması damgalayıcı tutumların bakım ortamında devam etmesine neden olabilir. Adli psikiyatriye ve hukuki süreçlere ilişkin bilgi düzeyinin hastalara yönelik tutumlarla ilişkili bulunması, mesleki eğitim ve farkındalığın önemini desteklemektedir (Kılıç-Demir ve Kızılpınar, 2024). Bu nedenle hizmet içi eğitimlerde damgalanma, adli psikiyatri, hasta hakları, terapötik iletişim ve iyileşme odaklı bakım konularına yer verilmesi yararlı olabilir.

Psikiyatri hemşiresinin sorumluluğu hastane ortamıyla sınırlı değildir. Hastanın toplum yaşamına yeniden katılımı adli psikiyatride iyileşmenin önemli hedeflerinden biridir (Roberts et al., 2025). Bu doğrultuda taburculuk planının hazırlanması, sosyal destek kaynaklarının değerlendirilmesi, tedavinin sürekliliğinin sağlanması ve toplum temelli ruh sağlığı hizmetleriyle koordinasyon kurulması psikiyatri hemşiresinin iyileşme odaklı bakım kapsamında üstlenebileceği roller arasındadır.

Sonuç olarak psikiyatri hemşiresinin çifte damgalanmanın azaltılmasındaki rolü yalnızca hastaya damgalayıcı olmayan bir tutum göstermekle sınırlı değildir. Yargılayıcı olmayan terapötik ilişki kurma, iyileşme odaklı iletişim kullanma, hastanın bakım kararlarına katılımını destekleme, güçlü yönlerini ortaya çıkarma, aile ve sosyal destek sistemleriyle iş birliği yapma, sağlık çalışanlarındaki damgalayıcı tutumların fark edilmesine katkı sağlama ve hastanın topluma yeniden katılımını destekleme bu süreçte öne çıkan hemşirelik uygulamalarıdır.

SONUÇ

Adli psikiyatri hastalarında çifte damgalanma, bireyin toplumsal deneyimlerinin yanı sıra benlik algısını, sosyal ilişkilerini, bakım sürecine katılımını ve kişisel iyileşmesini etkileyebilen çok boyutlu bir sorundur. Bu nedenle psikiyatri hemşirelerinin damgalayıcı olmayan, kişi merkezli ve iyileşme odaklı bakım sunması; hastanın bireyselliğini, özerkliğini ve toplumsal rollerini desteklemesi önem taşımaktadır. Adli psikiyatri alanında çalışan hemşirelerin damgalanma, hasta hakları, terapötik iletişim ve iyileşme odaklı bakım konularındaki bilgi ve farkındalıklarının geliştirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Bennett, A., & Hanna, P. (2021). Exploring the experiences of male forensic inpatients' relationships with staff within low, medium and high security mental health settings. *Issues in Mental Health Nursing, 42*(10), 929–941. https://doi.org/10.1080/01612840.2021.1913683

Karaağaç, H., Kaçar Adam, D., & Kara, T. (2025). A study on internalized stigma in people being treated in a forensic psychiatry hospital: The example of Türkiye. *International Journal of Forensic Mental Health, 24*(4), 288–298. https://doi.org/10.1177/14999013251346500

Kazğan Kılıçaslan, A., Yıldız, S., Sırlıer Emir, B., & Kurt, O. (2022). Internalized stigma, perceived social support, and life quality in patients admitted to a forensic psychiatry unit. *Journal of Istanbul Faculty of Medicine, 85*(3), 378–387. https://doi.org/10.26650/IUITFD.1052535

Kılıç-Demir, B., & Kızılpınar, S. Ç. (2024). Stigmatization of patients with mental disorders: A comparative study of nurses in forensic psychiatry and inpatient settings. *Frontiers in Psychiatry, 15*, 1440917. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2024.1440917

Kızılpınar, S. Ç., & Kılıç-Demir, B. (2024). Investigation of self-stigmatization and perceptions towards delinquency in inpatient individuals diagnosed with schizophrenia in high-security

forensic psychiatry settings in Türkiye. *Klinik Psikiyatri Dergisi, 27*(2), 127–138. https://doi.org/10.5505/kpd.2024.90767

Lumén, K., Louheranta, O., & Kuosmanen, L. (2024). A narrative of recovery in forensic hospitals. *Archives of Psychiatric Nursing, 51*, 120–126. https://doi.org/10.1016/j.apnu.2024.06.002

Lutz, M., Zani, D., Fritz, M., Dudeck, M., & Franke, I. (2022). A review and comparative analysis of the risk-needs-responsivity, good lives, and recovery models in forensic psychiatric treatment. *Frontiers in Psychiatry, 13*, 988905. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2022.988905

Moyles, J., Hunter, A., & Grealish, A. (2023). Forensic mental health nurses' experiences of rebuilding the therapeutic relationship after an episode of physical restraint in forensic services in Ireland: A qualitative study. *International Journal of Mental Health Nursing, 32*(5), 1377–1389. https://doi.org/10.1111/inm.13176

Penas, P., Uriarte, J. J., Alvarez-Gonzalez, A., Moreno-Calvete, M.-C., Garay, M. A., & Iraurgi, I. (2024). The role of personal recovery and internalised stigma on the expression of symptomatology in severe mental disorders: Mediating and moderating effects. *Journal of Psychiatric Research, 177*, 264–270. https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2024.07.020

Roberts, C., Luder, M., McMullen, C., Cole, R., Ward, N., Dignam, P., & Ireland, M. (2025). "Getting people back into the community": Forensic mental health nurses' perceptions and experiences of the recovery model within a high-secure hospital. *Journal of Forensic Nursing, 21*(2), 136–143. https://doi.org/10.1097/JFN.0000000000000511

Scheirich, L., Maguire, T., & Daffern, M. (2024). Testing a recovery-oriented nursing communication framework to encourage collaboration and discussion about aggression prevention: A mixed methods study. *International Journal of Mental Health Nursing, 33*(5), 1303–1314. https://doi.org/10.1111/inm.13325

Schoppmann, S., Balensiefen, J., Lau, S., Graf, M., & Hachtel, H. (2021). Patients' views with regard to personal recovery in forensic psychiatry in German-speaking Switzerland—An explorative study. *Frontiers in Psychiatry, 12*, 695096. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2021.695096

Seaward, H., Dieffenbacher, S., Gaab, J., Graf, M., Elger, B., & Wangmo, T. (2023). Stigma management during reintegration of older incarcerated adults with mental health issues: A qualitative analysis. *International Journal of Law and Psychiatry, 89*, 101905. https://doi.org/10.1016/j.ijlp.2023.101905

Senneseth, M., Pollak, C., Urheim, R., Logan, C., & Palmstierna, T. (2022). Personal recovery and its challenges in forensic mental health: Systematic review and thematic synthesis of the qualitative literature. *BJPsych Open, 8*(1), e17. https://doi.org/10.1192/bjo.2021.1068

Swinkels, L. T. A., van der Pol, T. M., Twisk, J., ter Harmsel, J. F., Dekker, J. J. M., & Popma, A. (2023). The effectiveness of an additive informal social network intervention for forensic psychiatric outpatients: Results of a randomized controlled trial. *Frontiers in Psychiatry, 14*, 1129492. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2023.1129492

Thomson, L., & Rees, C. (2023). Long-term outcomes of the recovery approach in a high-security mental health setting: A 20 year follow-up study. *Frontiers in Psychiatry, 14*, 1111377. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2023.1111377

Tomlin, J., Mitisheva, A., Cornetchi, N., & Kilbane, S. (2025). Person-first, recovery-oriented language and public attitudes towards people in forensic mental health services. *International Journal of Forensic Mental Health, 24*(4), 311–323. https://doi.org/10.1177/14999013251338856

Vestphal, T. K., Gildberg, F. A., Jørgensen, R., Rowaert, S., & Tingleff, E. B. (2024). Family caregiver involvement in forensic mental health care—A qualitative study of healthcare professionals' perceptions. *Archives of Psychiatric Nursing, 53*, 113–121. https://doi.org/10.1016/j.apnu.2024.09.009

Vidaurrazaga Aras, V., Alexiou, E., Nilsson, T., Wolf, A., & Olausson, S. (2024). Factors influencing patient participation in inpatient forensic psychiatric care—A mixed-method systematic review. *International Journal of Forensic Mental Health, 23*(4), 440–455. https://doi.org/10.1080/14999013.2024.2388091

Vorstenbosch, E., Masoliver-Gallach, R., & Escuder-Romeva, G. (2022). Measuring professional stigma towards patients with a forensic mental health status: Protocol for a Delphi consensus study on the design of a questionnaire. *BMJ Open, 12*(9), e061160. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-061160

Walker, K., Yates, J., Dening, T., Völlm, B., Tomlin, J., & Griffiths, C. (2022). Staff perspectives on barriers to and facilitators of quality of life, health, wellbeing, recovery and reduced risk for older forensic mental-health patients: A qualitative interview study. *Journal of Health Services Research & Policy, 27*(4), 287–300. https://doi.org/10.1177/13558196221094512

Walker, K., Yates, J., Dening, T., Völlm, B., Tomlin, J., & Griffiths, C. (2023). Quality of life, wellbeing, recovery, and progress for older forensic mental health patients: A qualitative investigation based on the perspectives of patients and staff. *International Journal of Qualitative Studies on Health and Well-being, 18*(1), 2202978. https://doi.org/10.1080/17482631.2023.2202978

Zhao, J., Junes, S., Canning, C., Jull, J., Mishra, A., Waddell, A., Zisman-Ilani, Y., & Hilton, N. Z. (2025). Patient engagement in forensic mental health care: A scoping review. *BMJ Mental Health, 28*(1), e301678. https://doi.org/10.1136/bmjment-2025-301678

AT-BERTH CO_2 EMISSIONS OF PASSENGER AND RO-PAX SHIPS IN EU PORTS: EVIDENCE FROM MRV DATA

Assit. Prof. Dr. Gökçe TUĞDEMİR KÖK,
Mersin University, Maritime Faculty, Department of Maritime Business Administration, Mersin, Türkiye
Res. Assist. Dr. Davut PEHLİVAN
Mersin University, Maritime Faculty, Department of Maritime Transportation and Management Engineering, Mersin, Türkiye

ABSTRACT
Ships at berth burn fuel to keep auxiliary systems running, and passenger ships carry the largest of these loads because hotel services continue in port. EU regulation now targets this source directly: from 2030, container and passenger ships calling at TEN-T ports must connect to onshore power supply (OPS). This paper uses the public EU MRV dataset for 2018–2025 to describe the scale, share and distribution of at-berth CO_2 emissions in the two segments affected by this obligation, passenger/cruise ships and ro-pax ships. The sample covers 4,629 ship-year observations of 835 ships. In 2025 the two segments emitted 2.03 Mt of CO_2 at berth. They accounted for 13.8% of the CO_2 reported by all MRV ships but 24.8% of all at-berth CO_2. At-berth emissions made up 14.6% of total emissions for passenger/cruise ships, 7.1% for ro-pax ships and 4.8% for all other ship types. The difference between the two passenger segments was significant in every year (Mann–Whitney, $p < 0.001$). Within each segment, at-berth emissions were only moderately concentrated: the top 10% of ships produced 29% (passenger/cruise) and 26% (ro-pax) of the segment total in 2025. The results indicate that OPS benefits depend on wide coverage of berths and ships rather than on a small group of high emitters. In ro-pax shipping for freight transport on international lines, such results also serve as a benchmark for evaluating shore power utilization in the transition towards greener maritime logistics.
Keywords: At-Berth Emissions; Passenger Ships; Ro-Pax; Maritime Logistics; EU MRV; Onshore Power Supply; FuelEu Maritime.

INTRODUCTION
A ship at berth keeps its auxiliary engines and boilers running to supply electricity, heat and steam on board. These emissions are released inside port cities, close to residential areas, and they can be removed with a technology that already exists: onshore power supply (OPS), also called shore power or cold ironing. For this reason, at-berth emissions have become one of the most targeted parts of the EU climate package for shipping.
Regulation (EU) 2023/1805 (FuelEU Maritime) requires container ships and passenger ships above 5,000 gross tonnage to connect to OPS and use it for all their electrical power demand at berth in ports covered by Regulation (EU) 2023/1804 (AFIR) from 1 January 2030. The obligation extends to other ports with available OPS from 1 January 2035 (European Parliament and Council, 2023b, Art. 6). AFIR in turn requires TEN-T core and comprehensive maritime ports to provide shore-side electricity for these ship categories by the end of 2029 (European Parliament and Council, 2023a). FuelEU defines a passenger ship as a ship carrying more than 12 passengers, so the obligation covers both cruise ships and ro-pax ferries.
Passenger ships are the natural focus of this policy. Hotel services such as lighting, air conditioning, galleys and entertainment continue while the ship is alongside, and cruise ships

in particular can stay at berth for many hours per call. Port-level studies have documented large at-berth contributions from cruise and ferry traffic (Tichavska and Tovar, 2015; Winnes et al., 2015), but these studies cover one or a few ports. Fleet-wide evidence on how much CO_2 passenger ships emit at berth across EU ports, and how this compares with other ship types, remains limited.

Ro-pax ships add a logistics dimension to this question. Ro-ro shipping carries wheeled cargo and links road and sea transport, and ro-pax ships combine this freight function with passenger services on the same voyage (IMO, n.d.). MRV reports for ro-pax ships therefore split CO_2 emissions between passenger and freight transport (EMSA, 2026). At-berth emissions on ro-pax routes relate to both passenger mobility and cross-border freight flows.

The EU Monitoring, Reporting and Verification (MRV) system offers a direct route to this evidence. Since 2018, every ship above 5,000 GT calling at ports under EU Member State jurisdiction has reported, among other items, its annual CO_2 emissions at berth in EU ports (European Parliament and Council, 2015). These verified, ship-level figures are publicly available through the THETIS-MRV database (EMSA, 2026).

This paper uses MRV data for 2018–2025 to describe at-berth CO_2 emissions of the two segments covered by the FuelEU OPS obligation on the passenger side: passenger/cruise ships and ro-pax ships. The analysis addresses three questions:

- How large are at-berth CO_2 emissions of passenger/cruise and ro-pax ships, and what share of total emissions do they represent compared with other ship types?
- What share of all at-berth CO_2 reported under MRV comes from these two segments?
- How concentrated are at-berth emissions across individual ships within each segment?

The paper is descriptive by design. It does not estimate the effect of any policy. Its contribution is a transparent, reproducible baseline for the passenger segment ahead of the 2030 OPS obligation, built entirely on public data.

BACKGROUND

At-berth emissions in port inventories. Bottom-up port studies consistently find that the at-berth phase dominates ship emissions in port. Merk (2014) estimated that hotelling accounts for 70–80% of ship emissions in ports, although that global assessment left cruise ships and passenger ferries outside its scope. Styhre et al. (2017) compared Gothenburg, Long Beach, Osaka and Sydney and found that the at-berth mode contributed about half of ship greenhouse gas emissions in each port. Winnes et al. (2015) reported that 53% of ship emissions in the Port of Gothenburg occurred at berth, with ferries and ro-ro ships holding the largest share.

Passenger shipping in ports. Tichavska and Tovar (2015) built an AIS-based model for cruise and ferry operations in Las Palmas and identified passenger berths as emission hotspots in the port-city area. Such studies give detailed local pictures but rely on activity-based estimation for a single port and year.

OPS as the policy response. Zis (2019) reviewed the cold ironing literature and showed that regulatory mandates are central to adoption, since voluntary uptake depends on fuel prices and on coordinated investment by ports and ship operators. Osipova and Carraro (2023) estimated at-berth CO_2 of ships in EU ports with AIS-based modeling and found that the FuelEU and AFIR requirements, as adopted, would avoid only about a quarter of it, because the obligations cover a subset of ship types and ports. Zincir (2026) used 2023 MRV data to simulate cold ironing adoption scenarios across vessel types under FuelEU and the EU ETS and found the highest cost-benefit efficiency for passenger ships.

MRV data in research. The MRV dataset has been used to assess the regulation itself (Panagakos et al., 2019) and to trace carbon intensity over time. Pehlivan and Gündoğan (2026) analyzed 69,566 ship-year observations for 2018–2024 and documented heterogeneous carbon intensity trajectories across five cargo ship types. That study did not include passenger

ships and did not use the at-berth component of MRV reports. The present paper extends the MRV evidence to the passenger segment and to the at-berth item, using a single year-by-year series from 2018 to 2025.

METHODOLOGY

Data. The analysis uses the annual MRV publication files for the reporting periods 2018–2025, downloaded from THETIS-MRV (EMSA, 2026). Files for 2018–2023 follow a 62-column layout. From 2024, following the amendment of the MRV Regulation by Regulation (EU) 2023/957 (European Parliament and Council, 2023c), the files follow a 113-column layout that adds methane, nitrous oxide and CO_2-equivalent items and separates full and partial emission reports. Only full emission reports were used for 2024 and 2025. The 2025 file is the version dated 31 August 2026 and may still be revised. The two layouts were harmonized by matching column names for the variables used here: IMO number, ship type, reporting period, total CO_2 emissions and CO_2 emissions within ports under Member State jurisdiction at berth.

Ship groups. MRV reports ship type as declared in the monitoring plan. Two groups are formed. Ro-pax contains all records labeled "Ro-pax ship". Passenger/cruise contains records labeled "Passenger ship" and "Passenger ship (Cruise Passenger ship)". The second label appears in 2023 and becomes dominant in 2025, when most ships previously reported as "Passenger ship" were relabeled. Ships carrying the cruise label in 2025 account for 69.7% of the 2018–2024 "Passenger ship" records, so treating the two labels as separate groups would create an artificial break in the series. All remaining ship types form the comparison group other ship types.

Cleaning. Records with zero total CO_2 (29 records) and records reporting at-berth CO_2 above total CO_2 (3 records) were removed from the two passenger groups. The same rules were applied to all other ship types. The final sample contains 101,100 ship-year records, of which 4,629 belong to the two passenger groups (1,426 passenger/cruise and 3,203 ro-pax records, 835 distinct ships).

Indicators. For ship i in year t, the at-berth share is the ratio of at-berth to total CO_2:

$$b_{it} = \frac{E^{\mathrm{berth}}_{it}}{E^{\mathrm{total}}_{it}}$$

At group level, the aggregate at-berth share is the ratio of summed at-berth emissions to summed total emissions. The contribution of group g to all at-berth CO_2 reported under MRV in year t is:

$$S_{gt} = \frac{\sum_{i \in g} E^{\mathrm{berth}}_{it}}{\sum_{i} E^{\mathrm{berth}}_{it}}$$

This contribution is compared with the group's share of total MRV CO_2, computed in the same way from total emissions.

Concentration. The distribution of at-berth emissions across ships within each group is summarized by the Lorenz curve, the Gini coefficient and the share of group at-berth emissions produced by the top 10% and top 20% of ships. A Gini coefficient of 0 indicates that every ship emits the same amount at berth; values close to 1 indicate that a few ships account for nearly all emissions.

Group comparison. The ship-level at-berth share is compared between passenger/cruise and ro-pax ships in each year with the two-sided Mann–Whitney U test (Mann and Whitney,

1947), which does not assume normality. Effect size is reported as the rank-biserial correlation, $r = 1 - 2U / (n_1 n_2)$, in absolute value.

Robustness. Fleet composition changes over the period, most visibly during the COVID-19 pandemic. As a check, the main indicators are recomputed on a balanced panel of ships that reported in all eight years (44 passenger/cruise and 265 ro-pax ships).

All calculations were carried out in Python (pandas, SciPy).

RESULTS

Scale of at-berth emissions

Passenger/cruise and ro-pax ships together emitted between 1.5 and 2.0 Mt of CO_2 at berth per year (Table 1). The two segments were close in size before the pandemic, with ro-pax ships slightly larger. From 2023 onward, passenger/cruise ships emitted more at berth than ro-pax ships, although they are fewer in number. In 2025 the median passenger/cruise ship emitted 3,845 t of CO_2 at berth, about twice the ro-pax median of 1,975 t.

Table 1. At-berth CO_2 emissions by ship group, 2018–2025

Year	Passenger/cruise ships (n)	Passenger/cruise at berth (Mt)	Ro-pax ships (n)	Ro-pax at berth (Mt)	Both groups at berth (Mt)	All MRV ships at berth (Mt)
2018	155	0.71	374	1.13	1.84	8.94
2019	179	0.83	402	1.08	1.90	9.26
2020	110	0.53	394	1.01	1.54	8.35
2021	112	0.65	389	0.88	1.52	7.89
2022	191	0.81	412	1.05	1.86	8.77
2023	216	1.11	402	0.93	2.04	8.26
2024	226	1.04	420	0.97	2.02	7.29
2025	237	1.08	410	0.95	2.03	8.21

Source: Authors' calculations based on THETIS-MRV full emission reports.

At-berth share of total emissions

The at-berth share separates the passenger segments from the rest of the fleet (Figure 1). For passenger/cruise ships, at-berth CO_2 was 10.8% of total CO_2 in 2018 and 14.6% in 2025. For ro-pax ships the share stayed between 6.8% and 8.3% throughout. For all other ship types it ranged between 4.2% and 5.9%.

The pandemic years stand out. In 2020, at-berth emissions made up 43.3% of passenger/cruise emissions, and 25.5% in 2021. Cruise operations were largely suspended, but ships remained in service at berth and kept consuming fuel for onboard systems. Ro-pax ships, which continued to operate as lifeline and freight services, show no comparable change.

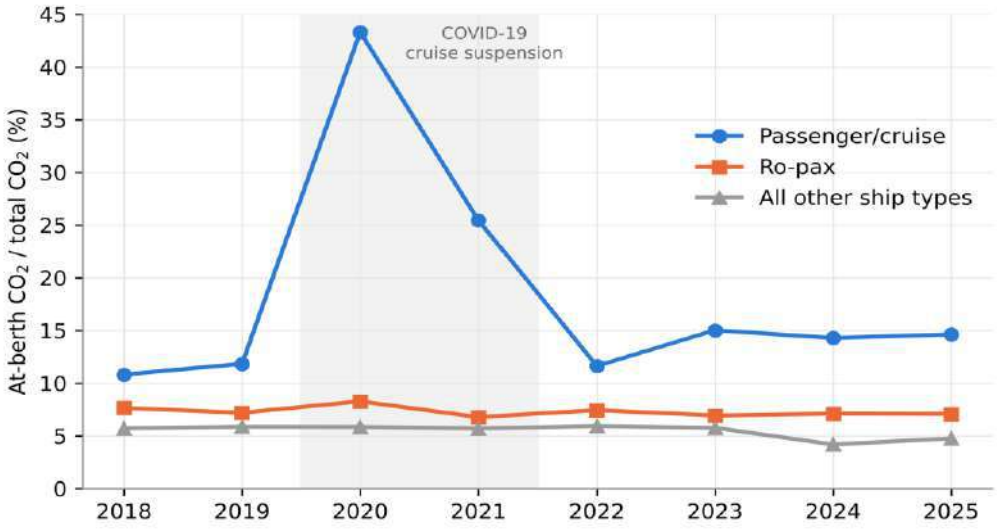


Figure 1. At-berth CO_2 as a share of total CO_2 by ship group, 2018–2025. Shaded area: COVID-19 cruise suspension period.

The ship-level comparison confirms the gap. The median ship-level at-berth share of passenger/cruise ships exceeded that of ro-pax ships in every year, and the difference was significant in all eight years (Mann–Whitney, $p < 0.001$; Table 2). The effect size increased from 0.22–0.29 in 2018–2019 to 0.54–0.61 in 2023–2025.

Contribution to all at-berth CO_2 under MRV

The two passenger segments contribute far more to at-berth emissions than to total emissions (Figure 2). In 2025 they produced 13.8% of all CO_2 reported under MRV but 24.8% of all at-berth CO_2. The gap was present in every year: 14.7% against 20.6% in 2018, and 16.2% against 24.7% in 2023. The 2024 value of 27.6% should be read with care, because the at-berth share of other ship types fell in the first year of the new reporting layout.

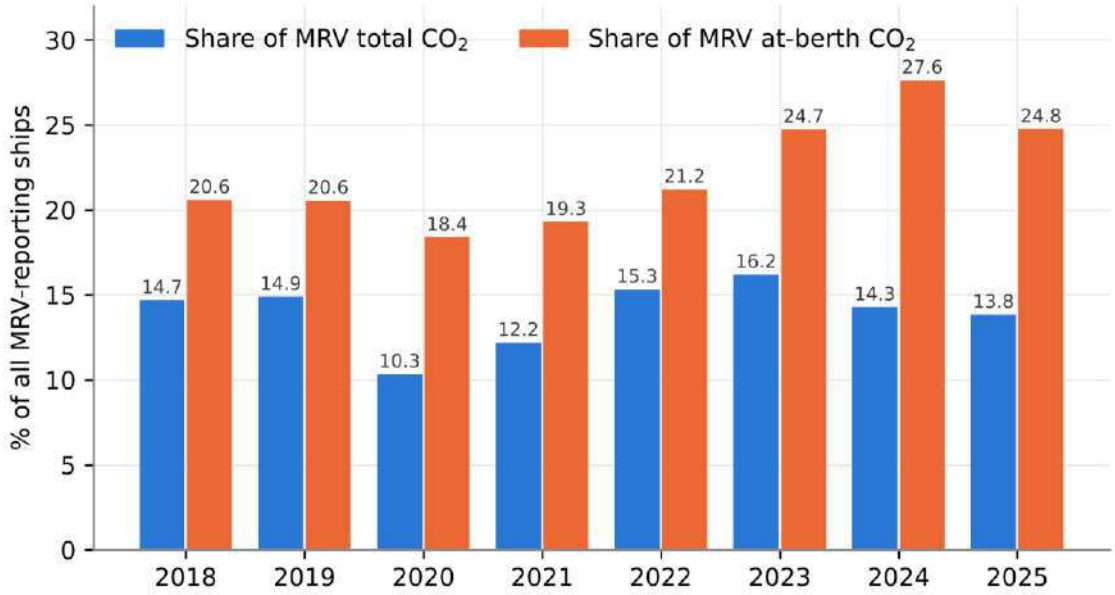


Figure 2. Share of passenger/cruise and ro-pax ships (combined) in total MRV CO_2 and in at-berth MRV CO_2, 2018–2025.

Concentration across ships

At-berth emissions are unevenly distributed but not dominated by a few ships (Figure 3, Table 2). In 2025 the Gini coefficient was 0.48 for passenger/cruise ships and 0.41 for ro-pax ships. The top 10% of ships accounted for 29.1% and 26.3% of at-berth emissions in the two groups. Concentration among passenger/cruise ships rose during the pandemic (Gini 0.68 in 2020), when a minority of ships stayed active and the rest were laid up, and returned to pre-pandemic levels by 2023.

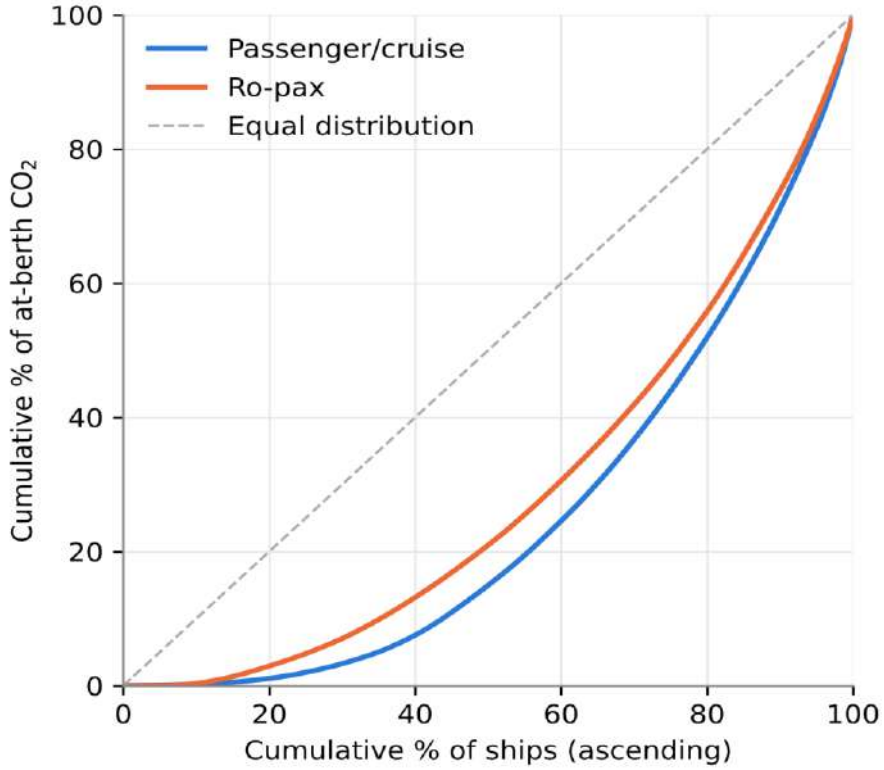


Figure 3. Lorenz curves of ship-level at-berth CO_2 emissions, 2025.

Table 2. Concentration and group comparison of at-berth emissions, 2018–2025

Year	Gini, passenger /cruise	Top 10% share, passenger /cruise (%)	Gini, ro-pax	Top 10% share, ro-pax (%)	Median b, passenger /cruise (%)	Median b, ro-pax (%)	Effect size, |r|
2018	0.51	31.6	0.39	26.6	11.0	7.5	0.22
2019	0.52	31.2	0.38	25.2	12.1	7.5	0.29
2020	0.68	40.7	0.42	27.4	26.9	8.2	0.41
2021	0.61	38.3	0.42	26.0	15.6	6.6	0.47
2022	0.56	36.0	0.45	31.4	9.7	6.6	0.24
2023	0.47	28.6	0.41	26.1	14.7	6.7	0.61
2024	0.50	31.6	0.43	26.2	13.4	6.6	0.54
2025	0.48	29.1	0.41	26.3	14.8	6.9	0.55

Note: b = ship-level at-berth share of total CO_2. Mann–Whitney $p < 0.001$ in all years.

Balanced panel

The balanced panel of ships reporting in all eight years (44 passenger/cruise, 265 ro-pax) shows the same pattern. The median at-berth share was 12.0–14.5% for passenger/cruise ships

outside the pandemic years and 6.6–7.3% for ro-pax ships. In this fixed group of passenger/cruise ships, the median share in 2023–2025 (12.7–14.5%) was only slightly above 2018–2019 (12.0–12.7%). Part of the increase in the segment-level share after the pandemic therefore reflects changes in fleet composition rather than changes in the behavior of the same ships.

DISCUSSION

Policy relevance. The results support the choice of passenger ships as a priority segment for the FuelEU OPS obligation. About one in four tonnes of CO_2 that MRV ships emit at berth comes from passenger/cruise and ro-pax ships, while these ships account for about one in seven tonnes of total MRV emissions. Measured in CO_2 alone, the 2025 baseline for the passenger side of the obligation is about 2 Mt per year.

What the concentration result implies. At-berth emissions are spread across many ships rather than held by a small group of high emitters. Retrofitting only the largest emitters would therefore capture a limited part of the total: the top 10% of ships produce under a third of segment at-berth emissions. This is consistent with the design of the regulation, which applies to all passenger and container ships above 5,000 GT rather than to selected ships, and with the finding of Styhre et al. (2017) that infrequent callers contribute significantly to port emissions. For ports, it means that OPS capacity must cover a wide set of berths and ship profiles to deliver the expected reductions.

Differences between the two segments. Cruise ships and ro-pax ferries face the same obligation but have different at-berth profiles. Passenger/cruise ships have roughly twice the at-berth share of ro-pax ships, consistent with longer port stays and larger hotel loads. Ro-pax ships run frequent, scheduled services between a small number of fixed berths, which may make them easier to equip and connect. These differences suggest that OPS planning should treat the two segments separately even though FuelEU groups them together.

Implications for maritime logistics. Ro-pax ships carry freight as well as passengers, so their at-berth emissions are part of the carbon footprint of short-sea and cross-border freight chains. Shore power requires investment both on the quayside and on board (ITF, 2021). In 2025 the 10% of ro-pax ships with the highest at-berth emissions accounted for 26.3% of the segment total, so reductions on ro-pax routes will require the participation of most of the fleet rather than a few large ships. Without port-, route- or cargo-level data, the present results cannot indicate where investment should be prioritized or how OPS costs would pass through to freight rates.

Comparison with other estimates. MRV figures are not directly comparable with activity-based estimates. Osipova and Carraro (2023) used AIS data and the ICCT SAVE model for ships of 400 GT and above, whereas MRV covers ships above 5,000 GT and reports fuel-based emissions verified by accredited third parties. The MRV at-berth item also includes emissions from boilers and other fuel consumers, not only from the auxiliary engines that OPS can replace. The figures reported here should therefore be read as an upper bound on what OPS can address, not as the expected reduction.

Limitations. Several limitations apply. The effect of the 2024 reporting change cannot be separated from real changes in that year, and the drop in the at-berth share of other ship types in 2024 suggests a reporting effect. The 2025 file is an early version and may be revised. MRV reports annual totals per ship and does not identify the port, the number of calls or the time spent at berth, so emissions per call or per hour cannot be computed. Ship type is self-declared, and the cruise label changed during the period, which required the two passenger labels to be merged. Finally, the at-berth item covers only CO_2 in the full 2018–2025 series; methane and nitrous oxide are reported only from 2024 and add 2.5–4.2% in CO_2-equivalent terms for these ships in 2024–2025.

CONCLUSION

This paper used public EU MRV data for 2018–2025 to describe at-berth CO_2 emissions of the two passenger segments covered by the FuelEU Maritime OPS obligation. Passenger/cruise and ro-pax ships emitted about 2 Mt of CO_2 at berth in 2025. This amount equals a quarter of all at-berth CO_2 reported under MRV, although the same ships were responsible for less than a seventh of total MRV emissions. At-berth emissions formed 14.6% of total emissions for passenger/cruise ships, twice the ro-pax level and three times the level of other ship types. The gap between passenger/cruise and ro-pax ships was statistically significant in every year and widened after the pandemic.

The findings carry three practical messages for the implementation of the 2030 obligation. The passenger segment is a well-chosen target: per tonne of fuel burned, it moves a larger part of its emissions into port areas than any other group in the MRV fleet. The benefit of OPS will depend on breadth of coverage, since at-berth emissions are spread across many ships and the top 10% of ships account for less than a third of the segment total. Port authorities and grid operators therefore need to plan shore-side capacity for a wide range of ships and berths, not for a few flagship cruise calls. Cruise ships and ro-pax ferries also differ in their at-berth profile, and connection strategies are likely to differ as well: long, irregular cruise calls with high power demand on one side, and frequent, short, scheduled ferry calls at fixed berths on the other.

The most visible contribution to international logistics will be found in the ro-pax category where both the movement of passengers and goods occurs using the same ship and port infrastructure. The findings give an emission baseline that may help further research on the adoption of shore power in such transport services. For freight transport across borders, data on cargo and port costs would also have to be taken into account.

The pandemic years offer a further lesson. In 2020 and 2021, cruise ships that sailed little or not at all still produced 0.53 and 0.65 Mt of CO_2 at berth, respectively. Emissions at berth are therefore not tied only to commercial activity: ships laid up or waiting alongside continue to consume fuel for safety, crew and hotel systems. Policies that address only operational voyages miss this component, while OPS applies to it directly.

On the methodological side, the paper shows that the at-berth item of MRV reports, which the MRV-based studies cited here did not use, provides a consistent, verified and ship-level measure of port emissions across all EU Member States. Using it requires care. The change of reporting layout in 2024, the introduction of the cruise label and the early status of the 2025 data all affect year-to-year comparisons. The balanced panel results show that part of the post-pandemic increase in the passenger/cruise at-berth share reflects changes in fleet composition rather than changes in the behavior of the same ships. Segment-level trends from MRV should therefore be checked against a fixed group of ships before they are interpreted as behavioral change.

The 2018–2025 series provides a baseline against which the effect of the 2030 obligation can later be measured with the same public data. Several extensions follow from the limitations of this study. Linking MRV records to AIS-based port call data would allow emissions to be expressed per call, per hour at berth and per port, and would show where OPS capacity is most needed. Separating auxiliary engine from boiler consumption would narrow the upper bound reported here to the part that OPS can actually replace. Extending the comparison to container ships, the other segment covered by the obligation, and including methane and nitrous oxide as longer CO_2-equivalent series become available, would complete the picture. Once the obligation enters into force, a comparison of ships calling at OPS-equipped ports with those calling elsewhere would make it possible to evaluate its effect on at-berth emissions directly.

Data availability

The MRV data used in this study are publicly available from the THETIS-MRV database of the European Maritime Safety Agency. The processing scripts are available from the corresponding author on reasonable request.

REFERENCES

EMSA (2026). *THETIS-MRV: CO_2 emission report publication, reporting periods 2018–2025*. European Maritime Safety Agency. https://mrv.emsa.europa.eu/#public/emission-report (accessed [date]).

European Parliament and Council (2015). Regulation (EU) 2015/757 of 29 April 2015 on the monitoring, reporting and verification of carbon dioxide emissions from maritime transport, and amending Directive 2009/16/EC. *Official Journal of the European Union*, L 123, 19.5.2015, 55. EUR-Lex

European Parliament and Council (2023a). Regulation (EU) 2023/1804 of 13 September 2023 on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU. *Official Journal of the European Union*, L 234, 22.9.2023, 1. EUR-Lex

European Parliament and Council (2023b). Regulation (EU) 2023/1805 of 13 September 2023 on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport, and amending Directive 2009/16/EC. *Official Journal of the European Union*, L 234, 22.9.2023, 48. EUR-Lex

European Parliament and Council (2023c). Regulation (EU) 2023/957 of 10 May 2023 amending Regulation (EU) 2015/757 in order to provide for the inclusion of maritime transport activities in the EU Emissions Trading System and for the monitoring, reporting and verification of emissions of additional greenhouse gases and emissions from additional ship types. *Official Journal of the European Union*, 16.5.2023. EUR-Lex

IMO (n.d.). Safety of ro-ro ferries. International Maritime Organization. https://www.imo.org/en/ourwork/safety/pages/ro-roferries.aspx (accessed 5 October 2026).

ITF (2021). Support on-shore power and electric charging facilities in ports. Transport Climate Action Directory. International Transport Forum. https://www.itf-oecd.org/node/25181 (accessed 5 October 2026).

Mann, H. B., and Whitney, D. R. (1947). On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Annals of Mathematical Statistics*, 18(1), 50–60. https://doi.org/10.1214/aoms/1177730491

Merk, O. (2014). *Shipping emissions in ports*. International Transport Forum Discussion Paper 2014-20. OECD/ITF, Paris. ITF

Osipova, L., and Carraro, C. (2023). *Shore power needs and CO_2 emissions reductions of ships in European Union ports: Meeting the ambitions of the FuelEU Maritime and AFIR*. Working Paper 2023-24. International Council on Clean Transportation. ICCT

Panagakos, G., Pessôa, T. de S., Dessypris, N., Barfod, M. B., and Psaraftis, H. N. (2019). Monitoring the carbon footprint of dry bulk shipping in the EU: An early assessment of the MRV regulation. *Sustainability*, 11(18), 5133. https://doi.org/10.3390/su11185133

Pehlivan, D., and Gündoğan, O. (2026). Carbon intensity trajectories in EU shipping: A seven-year analysis of MRV data. *Journal of ETA Maritime Science*, 14(3), 340–352. https://doi.org/10.4274/jems.2026.02212

Styhre, L., Winnes, H., Black, J., Lee, J., and Le-Griffin, H. (2017). Greenhouse gas emissions from ships in ports – Case studies in four continents. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 54, 212–224. https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.04.033

Tichavska, M., and Tovar, B. (2015). Port-city exhaust emission model: An application to cruise and ferry operations in Las Palmas Port. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 78, 347–360. https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.05.021

Winnes, H., Styhre, L., and Fridell, E. (2015). Reducing GHG emissions from ships in port areas. *Research in Transportation Business & Management*, 17, 73–82. https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2015.10.008

Zincir, B. A. (2026). A comprehensive study of cold ironing under FuelEU and EU ETS regulations: Environmental and economic impacts across vessel types. *Journal of ETA Maritime Science*, 14(2), 162–176. https://doi.org/10.4274/jems.2026.26986

Zis, T. P. V. (2019). Prospects of cold ironing as an emissions reduction option. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 119, 82–95. https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.11.003

PAPİLLER TİROİD KARSİNOMUNDA BİYOBELİRTEÇLERİN IN SILICO PREKLİNİK DOĞRULAMASI: KANSERLE İLİŞKİLİ ÖZELLİKLER, VÜCUT SIVILARINDA SAPTANABİLİRLİK VE İLAÇLANABİLİRLİĞİN ENTEGRASYONU

IN SILICO PRE-CLINICAL VALIDATION OF BIOMARKERS IN PAPILLARY THYROID CARCINOMA: INTEGRATION OF CANCER-ALTERING PROPERTIES, BODY-FLUID DETECTABILITY, AND DRUGGABILITY

Gözde ÖZTAN, PhD
Istanbul University, Istanbul Faculty of Medicine, Department of Medical Biology, 34093 Istanbul, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-2970-1834

ÖZET

Papiller tiroid karsinomu (PTK), tiroid kanserinin en sık görülen histolojik alt tipidir; ancak bildirilen birçok biyobelirteç klinik uygulamaya aktarım açısından halen yeterince karakterize edilmemiştir. Bu çalışmada, PTK ile ilişkili biyobelirteçleri kanseri değiştiren özellikleri, non-invaziv olarak saptanabilirlikleri ve terapötik hedeflenebilirlikleri açısından önceliklendirmek amacıyla ardışık bir *in silico* preklinik doğrulama stratejisi uygulanmıştır. Güncel biyobelirteç derlemeleri ve PTK'ya özgü proteomik çalışmalar temel alınarak 25 PTK ilişkili biyobelirteçten oluşan, literatüre dayalı bir panel oluşturulmuştur. Kanseri değiştiren özellikler, bilinen PTK sürücü durumu ve CancerHallmarks konsensus çekirdek gen seti ile eşleştirme yoluyla değerlendirilmiştir. PTK ile ilişkili serum/plazma veya idrar çalışmalarında vücut sıvısında saptanabilirlik için doğrudan protein kanıtı aranmış; ilaçlanabilirlik ise Pharos ve onaylı hedefe yönelik tedavi kanıtları kullanılarak değerlendirilmiştir. Adayların %44'ü (11 aday) en az bir temel kanser hallmark'u ile eşleşmiş, %36'sı (dokuz aday) ise hallmark desteğine sahip yerleşik onkojenik sürücüler olarak belirlenmiştir. Bu sürücüler *BRAF*, *RET*, *HRAS*, *KRAS*, *NRAS*, *NTRK1*, *NTRK3*, *ALK* ve *TERT* genleridir. En sık gözlenen hallmark, sürdürülen proliferatif sinyalleşme (n=10) olup bunu invazyon ve metastazın aktivasyonu (n=8) ve hücre ölümüne direnç (n=6) izlemiştir. Biyobelirteçlerin 14'ü (%56,0) için doğrudan vücut sıvısı protein kanıtı bulunmuş; bunların 10'u serum/plazmada, dördü ise idrarda saptanmıştır. *FN1* ve *PLG*, hem hallmark hem de vücut sıvısı kriterlerini birlikte karşılayan tek adaylar olmuştur. *BRAF* ve *RET*, Pharos'ta Tclin/onaylı ilaç hedefleri olarak doğrulanırken, *NTRK1*/*NTRK3* klinik olarak hedeflenebilir füzyon sürücüleri olarak değerlendirilmiştir. Katı protein-temelli kriterler altında hiçbir biyobelirteç üç translasyonel alanın tamamını eş zamanlı olarak karşılamamıştır. Bu bulgular, minimal invaziv protein biyobelirteçleri ile terapötik olarak hedeflenebilir moleküler sürücülerin PTK'da birbirini tamamlayan translasyonel katmanlar oluşturduğunu göstermektedir. Gelecekte PTK tanısı,

izlem ve hassas tedavi yaklaşımlarının, dolaşımdaki protein sinyallerini moleküler sürücü bilgileriyle birleştiren entegre paneller aracılığıyla daha etkin biçimde desteklenebileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Papiller tiroid karsinomu, biyobelirteç, *in silico* preklinik doğrulama, kanser hallmarkları, sıvı biyopsi, ilaçlanabilirlik

ABSTRACT

Papillary thyroid carcinoma (PTC) is the most common histological subtype of thyroid cancer, yet many reported biomarkers remain insufficiently characterized for clinical translation. This study applied a sequential *in silico* pre-clinical validation strategy to prioritize PTC-associated biomarkers according to cancer-altering properties, non-invasive detectability, and therapeutic actionability. A literature-curated panel of 25 PTC-associated biomarkers was assembled from contemporary biomarker reviews and PTC-specific proteomic studies. Cancer-altering properties were assessed by means of known PTC driver status and mapping to the CancerHallmarks consensus core gene set. In the PTC-associated serum/plasma or urine studies, detectability in body fluid required direct protein evidence, and druggability was evaluated by Pharos and evidence of approved targeted therapy. Forty-four percent of the candidates (11 candidates) matched at least one core cancer hallmark, while 36% (nine candidates) were identified as established oncogenic drivers supported by hallmark evidence. These drivers were *BRAF*, *RET*, *HRAS*, *KRAS*, *NRAS*, *NTRK1*, *NTRK3*, *ALK*, and *TERT*. The most frequent hallmark was sustained proliferative signaling (n=10), followed by activating invasion and metastasis (n=8) and resisting cell death (n=6). There were direct body-fluid protein evidence for 14 (56.0%) of the biomarkers, including 10 in serum/plasma and four in urine. *FN1* and *PLG* were the only candidates that fulfilled both hallmark and body-fluid criteria. *BRAF* and *RET* were confirmed as Tclin/approved-drug targets in Pharos, while *NTRK1*/*NTRK3* represented clinically actionable fusion drivers. No biomarker fulfilled all three translational domains simultaneously under strict protein-based criteria. These findings highlight minimally invasive protein biomarkers and therapeutically actionable molecular drivers as complementary translational layers in PTC. Future PTC diagnosis, monitoring and precision treatment might be better facilitated by integrated panels that couple circulating protein signals with molecular driver information.

Keywords: Papillary thyroid carcinoma, biomarker, *in silico* pre-clinical validation, cancer hallmarks, liquid biopsy, druggability

GİRİŞ

Papiller tiroid karsinomu (PTK), tiroid folliküler epitelinden köken alan ve tiroid malignitelerinin büyük bölümünü oluşturan diferansiye bir tümördür. Hastalığın genel prognozu çoğu olguda iyi olmakla birlikte, lenf nodu metastazı, lokal invazyon, uzak metastaz, nüks ve radyoaktif iyot direnci gibi klinik durumlar hasta yönetiminde önemli farklılıklar yaratmaktadır. Bu nedenle tanı, risk sınıflaması, izlem ve tedavi seçiminde morfolojik ölçütlerin yanında moleküler ve biyokimyasal biyobelirteçlerin kullanımı giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Fagin ve Wells, 2016; Cabanillas ve ark., 2016; TEMD, 2025).

PTK'nın moleküler peyzajı özellikle MAPK sinyal yolunu etkileyen *BRAF* ve RAS ailesi değişiklikleri, *RET* ve NTRK füzyonları ile daha agresif biyolojik davranışla ilişkilendirilen *TERT* promotör değişiklikleri açısından ayrıntılı biçimde tanımlanmıştır. The Cancer Genome Atlas çalışması, PTK'yı *BRAF*-benzeri ve RAS-benzeri transkripsiyonel gruplar üzerinden yeniden çerçevelemiş; daha sonraki sınıflandırma ve kılavuzlar bu moleküler ayrımın patoloji ve klinik karar süreçlerindeki önemini güçlendirmiştir (Cancer Genome Atlas Research Network, 2014; Nikiforov ve Nikiforova, 2011; Jung ve ark., 2022). Türkiye kaynaklı derlemelerde de MAPK yolağındaki sürücü değişikliklerin ve moleküler hedefli tedavilerin PTK yönetimindeki önemi vurgulanmaktadır (Tufan ve Çakmak Öksüzoğlu, 2017; Erkılıç, 2018).

Bununla birlikte, bir molekülün PTK ile ilişkilendirilmiş olması tek başına klinik açıdan kullanışlı bir biyobelirteç olduğu anlamına gelmemektedir. Biyobelirtecin hastalık biyolojisini yansıtması, güvenilir ve tercihen minimal invaziv bir örnekten ölçülebilmesi ve bazı kullanım senaryolarında terapötik olarak hedeflenebilir olması translasyonel değerini artırabilir. Kori ve arkadaşları tarafından önerilen *in silico* preklinik doğrulama yaklaşımı, bildirilen biyobelirteçleri klinik yatırıma daha uygun adaylara indirgemek için kanserle ilişkili özellik, vücut sıvısında bulunabilirlik ve ilaçlanabilirlik gibi ardışık ölçütlerin kullanılabileceğini göstermiştir (Kori ve ark., 2024).

Bu çalışmanın amacı, literatürde PTK ile ilişkilendirilmiş seçilmiş biyobelirteçleri üç translasyonel alan üzerinden sistematik olarak değerlendirmektir: (i) kanser sürücülüğü ve kanser hallmarkları ile mekanistik ilişki, (ii) PTK bağlamında serum/plazma veya idrarda doğrudan protein saptanabilirliği ve (iii) onaylı hedefe yönelik tedaviler açısından ilaçlanabilirlik. Böylece dolaşımdan ölçülebilen biyobelirteçlerle tedavi edilebilir moleküler sürücüler arasındaki kesişim ve ayrışmanın ortaya konulması amaçlanmıştır.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Papiller Tiroid Karsinomunda Moleküler Sürücüler ve Risk Biyolojisi

PTK genomik açıdan görece düşük mutasyon yüküne sahip olmakla birlikte, tümör oluşumunu yönlendiren değişiklikler belirgin biçimde MAPK ve ilişkili tirozin kinaz sinyal ağlarında yoğunlaşmaktadır. *BRAF* V600E, klasik ve tall-cell varyantlarda sık görülen bir sürücü değişikliktir; RAS ailesi ise folliküler patern gösteren tümörlerde daha belirgin olabilir. *RET* ve NTRK yeniden düzenlenmeleri, özellikle belirli klinik ve histolojik alt gruplarda hedeflenebilir füzyonlar olarak önem taşır (Cancer Genome Atlas Research Network, 2014; Abdullah ve ark., 2019; Jung ve ark., 2022).

Moleküler değişikliklerin prognostik etkisi bağlama bağımlıdır. *BRAF* V600E tek başına bazı serilerde olumsuz klinik özelliklerle ilişkilendirilmiş olsa da, *TERT* promotör değişiklikleri ile birlikte bulunması agresif davranışın daha güçlü bir göstergesi olabilir (Xing ve ark., 2013; Xing ve ark., 2014). Güncel çalışmalar da *BRAF* ve *TERT* değişikliklerinin genomik risk değerlendirmesindeki önemini desteklemektedir. Bununla birlikte, klinik kararın tek bir moleküler belirtece indirgenmemesi ve histopatolojik, anatomik ve hasta-temelli risk faktörleriyle bütünleştirilmesi gerekmektedir (Haugen ve ark., 2016; Ringel ve ark., 2025).

Patoloji pratiğinde *KRT19* ve *LGALS3* gibi protein belirteçleri, morfolojik ve immünohistokimyasal değerlendirmeyi destekleyen araçlar olarak ele alınırken; tiroglobulin (*TG*) özellikle diferansiye tiroid kanserinin takip sürecinde dolaşımsal bir belirteç olarak klinik öneme sahiptir. Türkçe patoloji literatüründe de PTK tanısında morfolojik özelliklerin temel olduğu, moleküler ve immünohistokimyasal belirteçlerin ise uygun bağlamda tamamlayıcı rol oynadığı vurgulanmaktadır (Seçkin, 2014; Erkılıç, 2018).

Biyobelirteçlerin Klinik Translasyonu ve In Silico Preklinik Doğrulama

Omik teknolojiler, kanser biyolojisi ile ilişkili çok sayıda aday molekülün kısa sürede tanımlanmasına olanak vermiştir. Buna karşın keşif aşamasındaki adayların yalnızca küçük bir bölümü klinik olarak uygulanabilir testlere dönüşmektedir. Bu translasyon boşluğu; analitik doğrulama, biyolojik özgüllük, örnekleme kolaylığı, bağımsız kohort doğrulaması ve klinik eyleme geçirilebilirlik gibi çok sayıda gereksinimden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle adayların deneysel doğrulamadan önce biyoinformatik ve veri tabanı tabanlı ölçütlerle önceliklendirilmesi kaynakların daha rasyonel kullanılmasına katkı sağlayabilir (Kori ve ark., 2024).

Bu çalışmada benimsenen yaklaşım, tek bir biyobelirteç özelliğini yeterli kabul etmek yerine birbirini tamamlayan üç alanı birlikte değerlendirmektedir. İlk alan, biyobelirtecin tümör

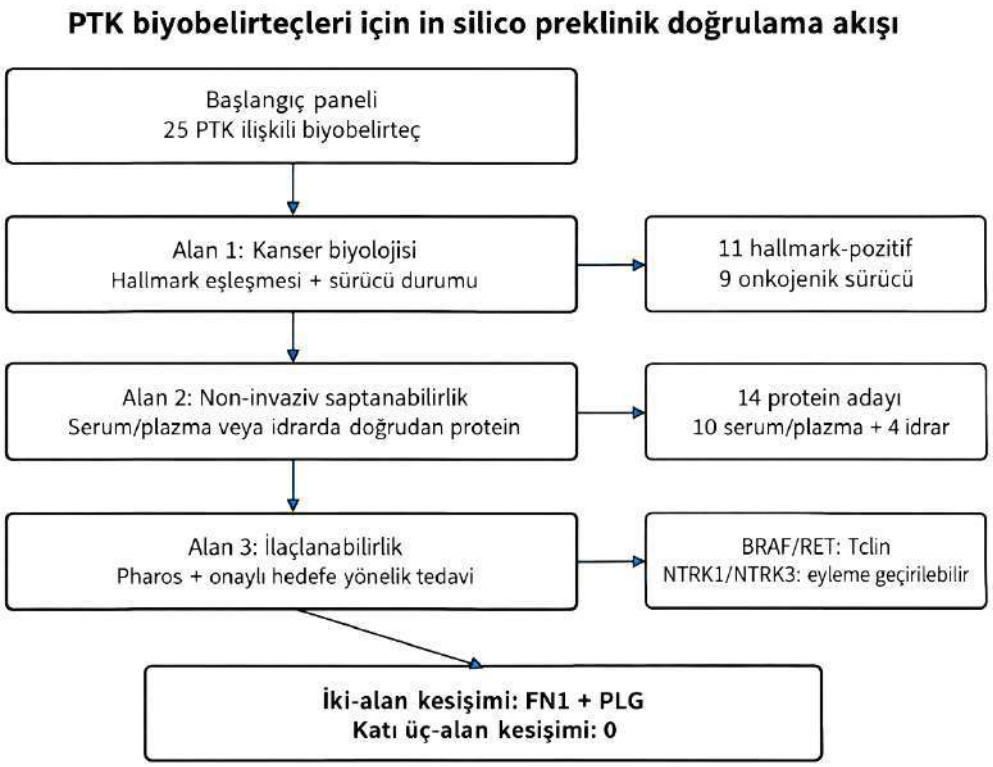
biyolojisinin temel süreçleriyle ilişkisidir. İkinci alan, biyobelirtecin klinik olarak erişilebilir vücut sıvılarında protein düzeyinde saptanabilirliğidir. Üçüncü alan ise hedef proteinin onaylı tedavilerle ilişkilendirilmiş olup olmadığıdır. Bu yapı, tanısal/izlem amaçlı dolaşımsal proteinlerle terapötik karar sağlayan genomik sürücülerin aynı biyolojik kategori olmak zorunda olmadığını görünür kılmaktadır.

Kanser Hallmarkları, Vücut Sıvıları ve İlaçlanabilirlik

Kanser hallmarkları yaklaşımı, farklı tümör tiplerinde ortaklaşan biyolojik yetenekleri kavramsal bir çerçevede tanımlar. Proliferatif sinyalleşmenin sürdürülmesi, büyüme baskılayıcılardan kaçış, hücre ölümüne direnç, replikatif ölümsüzlük, anjiyogenez, invazyon ve metastaz, genomik kararsızlık, tümör-promote edici inflamasyon, immün kaçış ve metabolik yeniden programlama bu çerçevenin temel bileşenleridir (Hanahan ve Weinberg, 2011; Hanahan, 2022). Hallmark genlerinin sistematik veri tabanlarında düzenlenmesi, biyobelirteç panellerinin mekanistik açıdan filtrelenmesine olanak sağlamıştır (Zhang ve ark., 2020; Menyhart ve ark., 2025).

Minimal invaziv biyobelirteç yaklaşımında kan, plazma/serum ve idrar gibi örnekler tekrarlanabilir örneklemeye uygun olmaları nedeniyle önemlidir. İnsan vücut sıvısı proteomuna ilişkin HBFP gibi kaynaklar bu alandaki deneysel protein kanıtlarını bir araya getirmektedir (Shao ve ark., 2021). PTK'da serum proteomiği çalışmaları haptoglobin, apolipoproteinler, *C4A*, *PLG*, *FN1*, *GSN* ve *GALE* gibi adayların dolaşımda değerlendirilebileceğini; güncel idrar proteomiği ise *SEMA6D*, *CXCL14*, *MUC13* ve *MATN2* gibi adayların non-invaziv biyobelirteç geliştirme açısından araştırılabileceğini göstermiştir (Fan ve ark., 2009; Wang ve ark., 2021; Ye ve ark., 2023; Wei ve ark., 2025).

İlaçlanabilirlik, bir biyobelirtecin terapötik hedef olma potansiyelini değerlendiren ayrı bir translasyonel boyuttur. Pharos, hedeflerin bilinen farmakolojik ilişkilerini ve hedef geliştirme düzeylerini bir araya getiren bir kaynaktır (Kelleher ve ark., 2023). PTK ve diğer tiroid kanserlerinde *RET* değişiklikleri selektif *RET* inhibitörleriyle, NTRK füzyonları ise tümör-agnostik TRK inhibitörleriyle klinik olarak hedeflenebilir hale gelmiştir (Wirth ve ark., 2020; Drilon ve ark., 2018). *ALK* füzyonları daha nadir olmakla birlikte tiroid tümörlerinde tanımlanmış ve potansiyel hedeflenebilir biyolojiye işaret etmiştir (Kelly ve ark., 2014).



Şekil 1. PTK biyobelirteçlerinin üç translasyonel alan üzerinden değerlendirilmesine ilişkin çalışma akışı.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma Tasarımı ve Biyobelirteç Panelinin Oluşturulması

Bu çalışma, yayımlanmış PTK biyobelirteç literatürüne ve açık erişimli biyolojik/ilaç hedefi kaynaklarına dayalı keşifsel bir *in silico* ikincil analiz olarak tasarlanmıştır. Doğrudan hasta katılımı veya yeni biyolojik örnek toplama işlemi yapılmamıştır. Kaynak özet çalışmada tanımlanan 25 adaydan oluşan literatür-küratörlü panel korunmuştur. Panel; tanısal veya histolojik protein belirteçlerini, MAPK/kinaz yolu sürücülerini, dolaşımsal proteomik adayları ve idrar proteomik adaylarını içermektedir.

Panelde *KRT19*, *TG*, *FN1* ve *LGALS3* klasik tanısal/serolojik protein bağlamını; *BRAF*, *RET*, *HRAS*, *KRAS*, *NRAS*, *NTRK1*, *NTRK3*, *ALK* ve *TERT* moleküler sürücü katmanını; *SERPINA1*, *HP*, *APOC1*, *APOC3*, *C4A*, *PLG*, *GSN* ve *GALE* dolaşımsal protein katmanını; *SEMA6D*, *CXCL14*, *MUC13* ve *MATN2* ise idrar proteomiği katmanını temsil etmektedir. Panelin amacı tüm PTK biyobelirteç evrenini eksiksiz biçimde temsil etmek değil, farklı translasyonel özellikleri aynı çerçevede karşılaştırılabilir hale getiren odaklanmış bir aday seti oluşturmaktır.

Kanserle İlişkili Özelliklerin Değerlendirilmesi

Birinci translasyonel alan için adayların bilinen PTK sürücü durumu literatür ve güncel moleküler sınıflandırma bilgisi temelinde değerlendirildi. Buna paralel olarak adayların CancerHallmarks konsensus çekirdek gen setinde en az bir kanser hallmark'u ile eşleşip eşleşmediği incelendi. Bir adayın hallmark-pozitif kabul edilmesi için en az bir temel hallmark kategorisinde temsil edilmesi yeterli kabul edildi; yerleşik PTK sürücüsü olup aynı zamanda hallmark desteği bulunan adaylar ayrıca yüksek güvenli mekanistik alt küme olarak raporlandı (Hanahan, 2022; Menyhart ve ark., 2025).

Vücut Sıvılarında Doğrudan Protein Saptanabilirliğinin Değerlendirilmesi

İkinci alan için ölçüt, PTK bağlamında serum/plazma veya idrarda doğrudan protein düzeyinde deneysel kanıt bulunması olarak belirlendi. Dolaşımdaki tümör DNA'sında bir genomik değişikliğin saptanması, protein saptanabilirliği olarak değerlendirilmedi. Böylece protein-odaklı kaynak çerçeveyle kavramsal uyum korundu. Serum/plazma ve idrar ayrımı ayrıca kaydedildi. HBFP genel insan vücut sıvısı proteomu için metodolojik arka plan kaynağı olarak kullanılırken, adayların pozitif sınıflaması PTK'ya özgü doğrudan proteomik kanıtla sınırlandırıldı (Shao ve ark., 2021; Fan ve ark., 2009; Wang ve ark., 2021; Ye ve ark., 2023; Wei ve ark., 2025).

İlaçlanabilirliğin Değerlendirilmesi

Üçüncü alan için hedef proteinlerin Pharos hedef geliştirme bilgisi ve yayımlanmış onaylı hedefe yönelik tedavi kanıtları değerlendirildi. Katı ölçütte onaylı ilaç hedefi niteliği esas alındı. *BRAF* ve *RET*, klinik olarak yerleşik hedefler olarak; *NTRK1* ve *NTRK3* ise füzyon-pozitif tümörlerde onaylı TRK inhibitörleri nedeniyle klinik olarak eyleme geçirilebilir sürücüler olarak kaydedildi. Bu yaklaşım, bir moleküler sürücünün vücut sıvısında çözünür protein biyobelirteci olarak ölçülmesi ile terapötik hedeflenebilirliğini birbirinden ayırmaktadır (Kelleher ve ark., 2023; Wirth ve ark., 2020; Drilon ve ark., 2018).

Bütünleşik Değerlendirme ve Tanımlayıcı Analiz

Her aday için üç alan ikili olarak kodlandı: hallmark/sürücü kanıtı, PTK'ya özgü vücut sıvısı protein kanıtı ve terapötik eyleme geçirilebilirlik. Sonuçlar sayı ve yüzde ile özetlendi. Örneklem-düzeyinde nicel hasta verisi bulunmadığından ROC analizi, sağkalım analizi veya makine öğrenmesi uygulanmadı. Üç alanın katı kesişimi, hem mekanistik kanser ilişkisi, hem doğrudan vücut sıvısı protein kanıtı, hem de onaylı tedavi hedeflenebilirliğini aynı adayda gerektirdi.

Tablo 1. Literatür-küratörlü 25 PTK biyobelirteç adayının translasyonel kanıt matrisi

Aday	Başlıca kanıt türü	PTK sürücüsü	Hallmark	Vücut sıvısı	Başlıca translasyonel not
KRT19	Histolojik/protein	Hayır	Hayır	Yok	Tanısal patoloji desteği
TG	Serolojik protein	Hayır	Hayır	Serum	İzlemde kullanılan dolaşımsal belirteç
FN1	Dolaşımsal/tissue proteomik	Hayır	Evet	Serum/plazma	Hallmark + non-invaziv protein köprüsü
LGALS3	Histolojik/protein	Hayır	Hayır	Yok	Doku temelli tanısal belirteç
BRAF	Genetik sürücü/protein hedef	Evet	Evet	Yok	Onaylı tedavi hedefi
RET	Füzyon/sürücü/protein hedef	Evet	Evet	Yok	Onaylı tedavi hedefi
HRAS	Genetik sürücü	Evet	Evet	Yok	MAPK yolu sürücüsü
KRAS	Genetik sürücü	Evet	Evet	Yok	MAPK yolu sürücüsü
NRAS	Genetik sürücü	Evet	Evet	Yok	MAPK yolu sürücüsü
NTRK1	Füzyon/sürücü/protein hedef	Evet	Evet	Yok	TRK füzyonlarında eyleme geçirilebilir
NTRK3	Füzyon/sürücü/protein hedef	Evet	Evet	Yok	TRK füzyonlarında eyleme geçirilebilir
ALK	Füzyon/sürücü/protein hedef	Evet	Evet	Yok	Nadir, hedeflenebilir füzyon biyolojisi
TERT	Genetik sürücü	Evet	Evet	Yok	Agresiflik/risk biyolojisi
SERPINA1	Dolaşımsal protein	Hayır	Hayır	Serum/plazma	Proteomik aday
HP	Dolaşımsal protein	Hayır	Hayır	Serum/plazma	Proteomik aday
APOC1	Dolaşımsal protein	Hayır	Hayır	Serum/plazma	Proteomik aday
APOC3	Dolaşımsal protein	Hayır	Hayır	Serum/plazma	Proteomik aday
C4A	Dolaşımsal protein	Hayır	Hayır	Serum/plazma	Proteomik aday
PLG	Dolaşımsal protein	Hayır	Evet	Serum/plazma	Hallmark + non-invaziv protein köprüsü
GSN	Dolaşımsal protein	Hayır	Hayır	Serum/plazma	Bağımsız kohortta proteomik doğrulama
GALE	Dolaşımsal protein	Hayır	Hayır	Serum/plazma	Bağımsız kohortta proteomik doğrulama
SEMA6D	İdrar proteini	Hayır	Hayır	İdrar	Non-invaziv idrar adayı
CXCL14	İdrar proteini	Hayır	Hayır	İdrar	Non-invaziv idrar adayı
MUC13	İdrar proteini	Hayır	Hayır	İdrar	Non-invaziv idrar adayı

Aday	Başlıca kanıt türü	PTK sürücüsü	Hallmark	Vücut sıvısı	Başlıca translasyonel not
MATN2	İdrar proteini	Hayır	Hayır	İdrar	Non-invaziv idrar adayı

Not: Vücut sıvısı pozitifliği, genel proteom veri tabanında bulunmaktan ziyade PTK bağlamında doğrudan protein kanıtını ifade etmektedir.

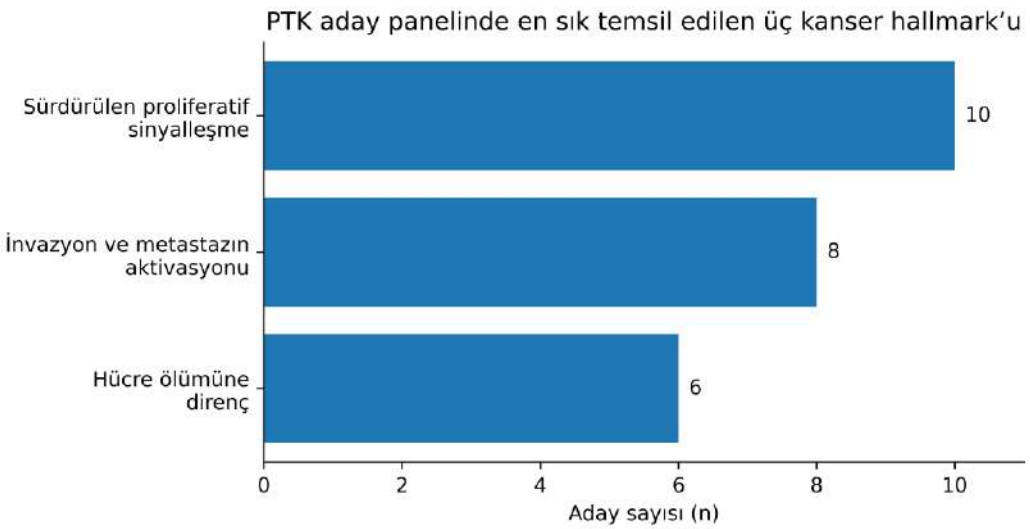
BULGULAR

Biyobelirteç Panelinin Genel Dağılımı

Analize toplam 25 PTK ilişkili aday dahil edildi. Panel, doku/serolojik belirteçleri, kanonik onkojenik sürücüleri, serum/plazma proteomik adaylarını ve idrar proteomik adaylarını aynı değerlendirme çerçevesinde bir araya getirdi. Bu heterojen yapı, tek bir biyobelirteç tipinin üstünlüğünü varsaymak yerine farklı klinik işlevlerin birbirini tamamlayıp tamamlamadığını test etmeye olanak sağladı.

Kanser Hallmarkları ve Onkojenik Sürücü Katmanı

Yirmi beş adayın 11'i (%44,0) en az bir temel kanser hallmark'u ile eşleşti. Bu 11 adayın dokuzu (%36,0; tüm panel üzerinden) yerleşik onkojenik sürücülerdi: *BRAF*, *RET*, *HRAS*, *KRAS*, *NRAS*, *NTRK1*, *NTRK3*, *ALK* ve *TERT*. *FN1* ve *PLG* ise hallmark-pozitif olmakla birlikte bu analizde kanonik PTK sürücüsü olarak sınıflandırılmadı. Hallmark dağılımında sürdürülen proliferatif sinyalleşme en sık temsil edilen kategori oldu (n=10); bunu invazyon ve metastazın aktivasyonu (n=8) ve hücre ölümüne direnç (n=6) izledi.



Şekil 2. Aday panelinde en sık temsil edilen üç kanser hallmark'unun dağılımı. Grafik, çalışmanın kendi sonuçlarından yazar tarafından özgün olarak oluşturulmuştur.

Vücut Sıvılarında Doğrudan Protein Kanıtı

Toplam 14 aday (%56,0) için PTK bağlamında doğrudan vücut sıvısı protein kanıtı saptandı. Bunların 10'u serum/plazma grubunda (*TG*, *FN1*, *SERPINA1*, *HP*, *APOC1*, *APOC3*, *C4A*, *PLG*, *GSN* ve *GALE*), dördü ise idrar grubunda (*SEMA6D*, *CXCL14*, *MUC13* ve *MATN2*) yer aldı. Serum proteomik literatüründe *FN1*, *GSN* ve *GALE*'nin bağımsız kohort doğrulaması; *C4A* ve *PLG*'nin ise PTC/benign nodül ayrımına yönelik potansiyel biyobelirteçler olarak incelenmesi bu katmanın klinik açıdan dikkat çekici örneklerini oluşturmaktadır (Wang ve ark., 2021; Ye ve ark., 2023). İdrar proteomiğinde *SEMA6D*, *CXCL14*, *MUC13* ve *MATN2*'nin bildirilmesi, PTK için örnekleme spektrumunun kandan daha geniş olabileceğini göstermektedir (Wei ve ark., 2025).

İlaçlanabilirlik ve Çapraz-Alan Kesişimi

BRAF ve *RET*, Pharos ve onaylı hedefe yönelik tedavi kanıtları temelinde güçlü ilaçlanabilir hedefler olarak doğrulandı. *NTRK1*/*NTRK3* füzyonları klinik olarak eyleme geçirilebilir sürücü katmanında yer aldı. Buna karşılık, hallmark ile vücut sıvısı protein ölçütlerini aynı anda karşılayan yalnızca iki aday bulundu: *FN1* ve *PLG*. Bu iki aday katı analizde onaylı Tclin hedefi olarak sayılmadığı için, üç translasyonel alanın tümünü eş zamanlı karşılayan aday sayısı sıfır olarak kaldı.

Tablo 2. Üç translasyonel alanın sayısal özeti

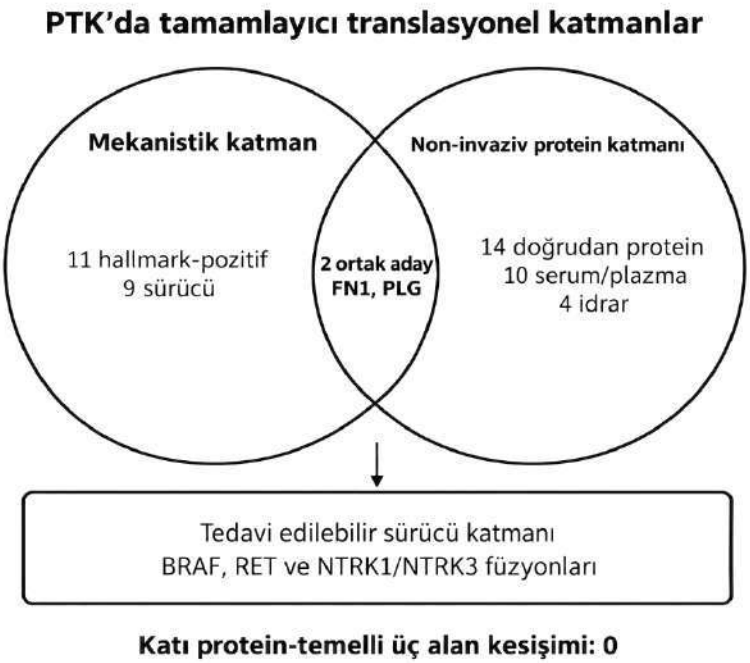
Değerlendirme alanı	n	Panel içindeki oran
Toplam aday	25	%100
En az bir hallmark ile eşleşen	11	%44,0
Hallmark destekli yerleşik onkojenik sürücü	9	%36,0
Doğrudan vücut sıvısı protein kanıtı	14	%56,0
Serum/plazma protein kanıtı	10	%40,0
İdrar protein kanıtı	4	%16,0
Hallmark + vücut sıvısı kesişimi	2	%8,0
Katı üç-alan kesişimi	0	%0

Oranlar 25 adaylık başlangıç paneli üzerinden hesaplanmıştır.

Tablo 3. Terapötik eyleme geçirilebilirliği öne çıkan sürücüler

Hedef	Moleküler bağlam	Eyleme geçirilebilirlik	Bu çalışmadaki sınıflama
BRAF	BRAF-mutant PTK / MAPK aktivasyonu	Onaylı hedefe yönelik tedavi ekosistemi	Tclin/ilaçlanabilir
RET	RET füzyon-pozitif tiroid kanseri	Selektif RET inhibitörleri	Tclin/ilaçlanabilir
NTRK1	NTRK füzyon-pozitif tümör	Onaylı TRK inhibitörleri	Klinik olarak eyleme geçirilebilir
NTRK3	NTRK füzyon-pozitif tümör	Onaylı TRK inhibitörleri	Klinik olarak eyleme geçirilebilir

Not: Eyleme geçirilebilirlik protein düzeyinde dolaşımsal saptanabilirlikten bağımsız bir terapötik özelliktir.



Şekil 3. PTK'da mekanistik, non-invaziv protein ve terapötik katmanların bütünleşik görünümü.

TARTIŞMA

Bu çalışmanın temel bulgusu, PTK'da 'biyolojik olarak güçlü', 'kolay ölçülebilir' ve 'tedavi edilebilir' olma özelliklerinin tek bir biyobelirteç üzerinde zorunlu olarak birleşmediğidir. Panelin %44'ünün hallmark desteği bulunurken %56'sının doğrudan vücut sıvısı protein kanıtı bulunması, hem mekanistik hem de non-invaziv katmanın zengin olduğunu

göstermektedir. Buna karşın bu iki alanın kesişiminin *FN1* ve *PLG* ile sınırlı olması ve katı üç-alan kesişiminin sıfır olması, translasyonel biyobelirteç geliştirmede tek belirteç paradigmasının sınırlılıklarını ortaya koymaktadır.

Mekanistik katmanda *BRAF*, *RET*, RAS ailesi, NTRK füzyonları, *ALK* ve *TERT* gibi sürücülerin öne çıkması PTK'nın bilinen genomik yapısıyla uyumludur. TCGA verileri PTK'nın büyük ölçüde MAPK ekseninde organize olduğunu göstermiş; WHO sınıflandırması da moleküler sınıflamanın histopatolojik terminoloji ile bütünleşmesini güçlendirmiştir (Cancer Genome Atlas Research Network, 2014; Jung ve ark., 2022). *BRAF* ve *TERT* değişikliklerinin birlikte bulunmasının daha agresif tümör davranışıyla ilişkili olabileceğini gösteren çalışmalar, moleküler sürücülerin yalnızca tanısal değil prognostik bağlamda da değer taşıdığını desteklemektedir (Xing ve ark., 2014). Türk hasta serilerinde de tümör boyutu, metastaz ve diğer klinik-patolojik parametrelerin risk değerlendirmesinde birlikte ele alınmasının gerekliliği vurgulanmıştır (Nasıroğlu İmga ve ark., 2018).

Non-invaziv protein katmanı farklı bir biyolojik bilgi taşımaktadır. Fan ve arkadaşlarının serum proteomiği çalışması haptoglobin ve apolipoprotein değişikliklerine işaret ederken, Wang ve arkadaşları *C4A* ve *PLG*'yi potansiyel ayırıcı adaylar olarak bildirmiştir (Fan ve ark., 2009; Wang ve ark., 2021). Daha kapsamlı dolaşım-doku proteom entegrasyonu *FN1*, *GSN* ve *GALE*'yi serumda doğrulanabilir adaylar olarak öne çıkarmış ve özellikle *FN1* için güçlü ayırt edici performans bildirmiştir (Ye ve ark., 2023). Bu bulgular, doku biyolojisindeki değişikliklerin bir bölümünün dolaşımsal proteoma yansıyabileceğini desteklemektedir.

İdrar proteomiğinin PTK'da kullanımı görece yeni bir alandır. Wei ve arkadaşları tarafından bildirilen *SEMA6D*, *CXCL14*, *MUC13* ve *MATN2* adayları, serum dışındaki örneklerin de biyobelirteç keşfine katkı sağlayabileceğini göstermektedir (Wei ve ark., 2025). Bununla birlikte, idrar proteinlerinin tiroid tümör biyolojisine özgüllüğü, böbrek fonksiyonu ve sistemik durumların etkisi, preanalitik değişkenler ve bağımsız doğrulama gereksinimi göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle çalışmamızda vücut sıvısı pozitifliği bir klinik test doğrulaması değil, translasyonel önceliklendirme ölçütü olarak yorumlanmıştır.

Tedavi edilebilirlik katmanı, tanı/izlem biyobelirteçlerinden farklı bir klinik soruya yanıt vermektedir. *RET* füzyon-pozitif tiroid kanserlerinde selektif *RET* inhibisyonunun etkinliği ve NTRK füzyon-pozitif tümörlerde TRK inhibitörlerinin tümör-agnostik etkinliği, moleküler sürücü bilgisinin doğrudan tedavi seçimine bağlanabildiğini göstermektedir (Wirth ve ark., 2020; Drilon ve ark., 2018). Bu nedenle dolaşımdaki bir proteinin minimal invaziv ölçülebilir olması ile bir genomik sürücünün hedeflenebilir olması rakip değil tamamlayıcı özelliklerdir. Klinik açıdan rasyonel bir panel, bir yandan hastalık yükünü veya varlığını yansıtan

dolaşımsal proteinleri, diğer yandan tedavi seçimini yönlendiren genomik sürücüleri birlikte içerebilir.

Çalışmanın güçlü yönü, farklı biyobelirteç sınıflarını aynı translasyonel mantık altında karşılaştırması ve protein saptanabilirliği ile genomik sürücülüğü birbirine karıştırmamasıdır. Bununla birlikte önemli sınırlılıklar bulunmaktadır. Birincisi, panel literatür-küratörlü ve odaklanmış bir aday setidir; tüm PTK biyobelirteçlerini temsil eden eksiksiz bir sistematik derleme değildir. İkincisi, çalışmalar arasında örnek tipi, teknoloji, kohort büyüklüğü ve klinik sonlanım farklılıkları vardır. Üçüncüsü, hasta-düzeyinde nicel veri bulunmadığından ROC, sağkalım, çok değişkenli modelleme veya makine öğrenmesi yapılmamıştır. Dördüncüsü, bir proteinin vücut sıvısında saptanmış olması analitik olarak standardize edilmiş ve klinik yararı kanıtlanmış bir test olduğu anlamına gelmemektedir. Bu noktalar, sonuçların hipotez oluşturucu ve önceliklendirme amaçlı yorumlanmasını gerektirir.

Güncel uluslararası kılavuzlar diferansiye tiroid kanserinde risk-adaptif ve moleküler bilgiyi gerektiğinde kullanan yaklaşımları desteklemektedir (Filetti ve ark., 2019; Ringel ve ark., 2025). Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği kılavuzu da tanı, tedavi ve izlem kararlarının klinik, görüntüleme, patoloji ve biyokimyasal verilerin bütünleşik değerlendirilmesi ile verilmesini önermektedir (TEMD, 2025). Bu açıdan çalışmamızın çok-katmanlı biyobelirteç yaklaşımı, mevcut klinik paradigmayla uyumludur; ancak klinik uygulamaya geçiş için prospektif ve bağımsız doğrulama gereklidir.

SONUÇ

PTK ile ilişkili 25 adayın üç translasyonel alan üzerinden değerlendirilmesi, mekanistik kanser biyolojisi, non-invaziv protein saptanabilirliği ve terapötik eyleme geçirilebilirliğin büyük ölçüde tamamlayıcı ancak kısmen ayrışan katmanlar olduğunu göstermiştir. On bir aday kanser hallmark'u ile, 14 aday doğrudan vücut sıvısı protein kanıtı ile ilişkilendirilmiş; yalnızca *FN1* ve *PLG* bu iki alanı birlikte karşılamıştır. *BRAF* ve *RET* güçlü ilaçlanabilir hedefler, *NTRK1*/*NTRK3* ise klinik olarak eyleme geçirilebilir füzyon sürücüleri olarak öne çıkmıştır. Katı protein-temelli üç-alan kesişiminde aday bulunmaması, başarısızlıktan çok tek bir 'evrensel' biyobelirtecin farklı klinik gereksinimleri aynı anda karşılamasının güçlüğünü göstermektedir. Gelecekte PTK tanısı, izlem ve hassas tedavisinde dolaşımsal protein sinyalleri ile moleküler sürücü bilgisini birleştiren çok-katmanlı panellerin, tek biyobelirteç temelli yaklaşımlardan daha rasyonel bir translasyon stratejisi sağlayabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Abdullah MI, Junit SM, Ng KL, Jayapalan JJ, Karikalan B, Hashim OH. (2019). Papillary thyroid cancer: genetic alterations and molecular biomarker investigations. International Journal of Medical Sciences, 16(3), 450-460. doi:10.7150/ijms.29935.

Cabanillas ME, McFadden DG, Durante C. (2016). Thyroid cancer. The Lancet, 388(10061), 2783-2795. doi:10.1016/S0140-6736(16)30172-6.

Cancer Genome Atlas Research Network. (2014). Integrated genomic characterization of papillary thyroid carcinoma. Cell, 159(3), 676-690. doi:10.1016/j.cell.2014.09.050.

Drilon A, Laetsch TW, Kummar S, et al. (2018). Efficacy of larotrectinib in TRK fusion-positive cancers in adults and children. New England Journal of Medicine, 378(8), 731-739. doi:10.1056/NEJMoa1714448.

Fagin JA, Wells SA Jr. (2016). Biologic and clinical perspectives on thyroid cancer. New England Journal of Medicine, 375(11), 1054-1067. doi:10.1056/NEJMra1501993.

Fan Y, Shi L, Liu Q, et al. (2009). Discovery and identification of potential biomarkers of papillary thyroid carcinoma. Molecular Cancer, 8, 79. doi:10.1186/1476-4598-8-79.

Filetti S, Durante C, Hartl D, et al. (2019). Thyroid cancer: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. Annals of Oncology, 30(12), 1856-1883. doi:10.1093/annonc/mdz400.

Hanahan D. (2022). Hallmarks of cancer: new dimensions. Cancer Discovery, 12(1), 31-46. doi:10.1158/2159-8290.CD-21-1059.

Hanahan D, Weinberg RA. (2011). Hallmarks of cancer: the next generation. Cell, 144(5), 646-674. doi:10.1016/j.cell.2011.02.013.

Haugen BR, Alexander EK, Bible KC, et al. (2016). 2015 American Thyroid Association management guidelines for adult patients with thyroid nodules and differentiated thyroid cancer. Thyroid, 26(1), 1-133. doi:10.1089/thy.2015.0020.

Jung CK, Bychkov A, Kakudo K. (2022). Update from the 2022 WHO classification of thyroid tumors: a standardized diagnostic approach. Endocrinology and Metabolism, 37(5), 703-718. doi:10.3803/EnM.2022.1553.

Kelleher KJ, Sheils TK, Mathias SL, et al. (2023). Pharos 2023: an integrated resource for the understudied human proteome. Nucleic Acids Research, 51(D1), D1405-D1416. doi:10.1093/nar/gkac1033.

Kelly LM, Barila G, Liu P, et al. (2014). Identification of the transforming STRN-ALK fusion as a potential therapeutic target in the aggressive forms of thyroid cancer. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 111(11), 4233-4238. doi:10.1073/pnas.1321937111.

Kori M, Gov E, Arga KY, Sinha R. (2024). Biomarkers from discovery to clinical application: in silico pre-clinical validation approach in the face of lung cancer. Biomarker Insights, 19, 11772719241287400. doi:10.1177/11772719241287400.

Menyhart O, Kothalawala WJ, Győrffy B. (2025). A gene set enrichment analysis for cancer hallmarks. Journal of Pharmaceutical Analysis, 15(5), 101065. doi:10.1016/j.jpha.2024.101065.

Nikiforov YE, Nikiforova MN. (2011). Molecular genetics and diagnosis of thyroid cancer. Nature Reviews Endocrinology, 7(10), 569-580. doi:10.1038/nrendo.2011.142.

Ringel MD, Sosa JA, Baloch Z, et al. (2025). 2025 American Thyroid Association management guidelines for adult patients with differentiated thyroid cancer. Thyroid, 35(8), 841-985. doi:10.1177/10507256251363120.

Shao D, Huang L, Wang Y, et al. (2021). HBFP: a new repository for human body fluid proteome. Database, 2021, baab065. doi:10.1093/database/baab065.

Wang Y, Zhou S, Wang D, Wei T, Zhu J, Li Z. (2021). Complement C4-A and plasminogen as potential biomarkers for prediction of papillary thyroid carcinoma. Frontiers in Endocrinology, 12, 737638. doi:10.3389/fendo.2021.737638.

Wei L, Xiao R, Guo Z, et al. (2025). Comparative urine proteomic study involving papillary thyroid carcinoma and benign thyroid nodules. Frontiers in Oncology, 15, 1551247. doi:10.3389/fonc.2025.1551247.

Wirth LJ, Sherman E, Robinson B, et al. (2020). Efficacy of selpercatinib in RET-altered thyroid cancers. New England Journal of Medicine, 383(9), 825-835. doi:10.1056/NEJMoa2005651.

Xing M, Alzahrani AS, Carson KA, et al. (2013). Association between BRAF V600E mutation and mortality in patients with papillary thyroid cancer. JAMA, 309(14), 1493-1501. doi:10.1001/jama.2013.3190.

Xing M, Liu R, Liu X, et al. (2014). BRAF V600E and TERT promoter mutations cooperatively identify the most aggressive papillary thyroid cancer with highest recurrence. Journal of Clinical Oncology, 32(25), 2718-2726. doi:10.1200/JCO.2014.55.5094.

Ye G, Zhang X, Li M, et al. (2023). Integrated analysis of circulating and tissue proteomes reveals that fibronectin 1 is a potential biomarker in papillary thyroid cancer. BMC Cancer, 23, 412. doi:10.1186/s12885-023-10839-w.

Zhang D, Huo D, Xie H, et al. (2020). CHG: a systematically integrated database of cancer hallmark genes. Frontiers in Genetics, 11, 29. doi:10.3389/fgene.2020.00029.

Erkılıç S. (2018). Papiller tiroid karsinomu. Türkiye Klinikleri Tıbbi Patoloji - Özel Konular, 3(1), 49-57.

Nasıroğlu İmga N, Ataş H, Berker D, Dağlar G. (2018). Papiller tiroid karsinomu ve mikrokarsinomu olan hastalarda klinik, laboratuvar ve tümör özelliklerinin karşılaştırılması ve risk faktörlerinin değerlendirilmesi. Turkish Journal of Clinics and Laboratory, 9(2), 118-125. doi:10.18663/tjcl.409856.

Seçkin S. (2014). Papiller tiroid karsinomu tanısında güncel patolojik yaklaşımlar. Türkiye Klinikleri Kulak Burun Boğaz - Özel Konular, 7(3), 1-9.

Tufan G, Çakmak Öksüzoğlu ÖB. (2017). Papiller tiroid kanserleri. Türkiye Klinikleri Tıbbi Onkoloji - Özel Konular, 10(1), 56-65.

Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği (TEMD). (2025). Tiroid Hastalıkları Tanı ve Tedavi Kılavuzu. 8. Baskı. Ankara: Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği. ISBN: 978-625-95378-1-8.

ALZHEIMER VE PARKİNSON HASTALIĞINDA BÜTÜNLEŞİK TEK ÇEKİRDEK TRANSKRİPTOMİK VE ÜÇ BOYUTLU *APOE* YAPI ANALİZİ
INTEGRATIVE SINGLE-NUCLEUS TRANSCRIPTOMIC AND THREE-DIMENSIONAL *APOE* STRUCTURE ANALYSIS IN ALZHEIMER'S AND PARKINSON'S DISEASE

Gözde ÖZTAN
Istanbul University, Istanbul Faculty of Medicine, Department of Medical Biology, 34093 Istanbul, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-2970-1834

ÖZET
Alzheimer hastalığı (AH) ve Parkinson hastalığı (PH), klinik ve patolojik açıdan farklı nörodejeneratif hastalıklar olmakla birlikte, belirli hücre tiplerinde ortak moleküler stres yanıtı mekanizmalarını paylaşabilmektedir. Bu çalışma, AH ve PH'de ortak moleküler özellikleri belirlemek amacıyla insan tek çekirdek transkriptomik verilerini deneysel üç boyutlu protein yapılarıyla bütünleştirmeyi amaçlamıştır. Prekomissural putamene ait halka açık tek çekirdek RNA dizileme verileri (GSE161045; 4 AH, 4 PH ve 4 nörolojik olarak normal kontrol), kaynak çalışmada raporlanan çıktılar ve resmi analiz kodu kullanılarak değerlendirilmiştir. Veri seti, altı ana hücre sınıfına ve üç astrosit alt popülasyonuna atanmış 30.908 yüksek kaliteli çekirdekten oluşmaktadır. Hastalık-kontrol diferansiyel ekspresyon analizi Seurat ile, Benjamini-Hochberg düzeltmeli $P<0,05$ ve $|lnFC|>0,25$ eşikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. AH ve PH ile ilişkili astrosit ekspresyon değişiklikleri, hastalıklar arasında anlamlı uyum ($r=0,542$-$0,795$, $P<0,001$) ve diferansiyel genlerde anlamlı örtüşme göstermiştir. Tekrarlayan biçimde artmış genler arasında *CRYAB*, *HSPB1*, metallotiyonein ailesi genleri, *EGFR* ve *TLR4* yer alırken, *APOE* ve *F3* ekspresyonları azalmıştır. RNAScope doğrulaması, *F3* sinyalinin AH ve PH'de kontrollere göre daha düşük olduğunu göstermiştir (ortalama log10[IntDen+1]: kontrol 4,63; AH 4,38; PH 4,27; her iki hastalık için Tukey-düzeltilmiş $P<0,001$). Deneysel ApoE3 ve ApoE4 yapılarının bulunması nedeniyle yapı düzeyindeki bütünleştirme için *APOE* seçilmiştir. Yan zincir mesafeleri PDB 1BZ4 ve 8AX9 yapılarından yeniden hesaplanmıştır. ApoE3'te minimum R61-E109 mesafesi 2,40 Å iken, ApoE4'te C112R değişimi 2,92 Å'lik R112-E109 teması oluşturmuş ve minimum R61-E109 uzaklığı 4,16 Å'ye yükselmiştir. Bulgular, AH ve PH'de ortak astrositik stres yanıtı imzasını desteklerken mikroglial ve nöronal yanıtların daha hastalığa özgü olduğunu göstermektedir. Yapısal analiz bu modele atomik çözünürlük düzeyinde katkı sağlamakla birlikte, *APOE* ekspresyon değişiklikleri ile ApoE4'e bağlı hastalık mekanizmaları arasında nedensellik göstermemektedir.
Anahtar Kelimeler: Alzheimer hastalığı, Parkinson hastalığı, tek çekirdek RNA dizileme, astrositler, *APOE*, ApoE4, üç boyutlu protein yapısı, biyoinformatik

ABSTRACT
Alzheimer's disease (AD) and Parkinson's disease (PD) are clinically and pathologically distinct neurodegenerative disorders; however, they may share common molecular stress-response mechanisms in specific cell types. This study aimed to integrate human single-nucleus transcriptomic evidence with experimental three-dimensional protein structures to identify a molecular feature shared by AD and PD. Public single-nucleus RNA-sequencing data from the precommissural putamen (GSE161045; 4 AD, 4 PD, and 4 neurologically normal controls) were evaluated using source-reported outputs and the official analysis code. The dataset comprised 30,908 high-quality nuclei assigned to six major cell classes and three astrocyte

subpopulations. Disease-control differential expression in the source analysis used Seurat with Benjamini-Hochberg-adjusted P<0.05 and |lnFC|>0.25. AD- and PD-associated astrocyte expression changes showed significant cross-disease concordance (r=0.542-0.795, P<0.001) and significant differential-gene overlap. Recurrently increased genes included *CRYAB*, *HSPB1*, metallothionein-family genes, *EGFR*, and *TLR4*, whereas *APOE* and *F3* were decreased. Orthogonal RNAScope validation confirmed lower *F3* signal in AD and PD than in controls (mean log10[IntDen+1]: control 4.63, AD 4.38, PD 4.27; Tukey-adjusted P<0.001 for each disease versus control). *APOE* was selected for structure-level integration because experimental ApoE3 and ApoE4 structures were available. Side-chain distances were recalculated from PDB 1BZ4 (ApoE3) and 8AX9 (ApoE4). The minimum R61-E109 distance was 2.40 Å in ApoE3; in ApoE4, the C112R isoform substitution introduced an R112-E109 contact of 2.92 Å and the minimum R61-E109 separation increased to 4.16 Å, consistent with isoform-dependent rearrangement of the local charged network. These findings support a shared astrocytic stress-response signature in AD and PD, while microglial and neuronal responses remain more disease-specific. The structural analysis adds an atomic-resolution layer to this cross-disease model but does not establish a causal link between *APOE* expression changes and ApoE4-dependent disease mechanisms.
Keywords: Alzheimer's disease, Parkinson's disease, single-nucleus RNA sequencing, astrocytes, *APOE*, ApoE4, three-dimensional protein structure, bioinformatics

GİRİŞ

Alzheimer hastalığı (AH) ve Parkinson hastalığı (PH), yaşla ilişkisi belirgin olan ve merkezi sinir sisteminde ilerleyici hücresel kayıp ile seyreden iki temel nörodejeneratif hastalıktır. AH'de bellek ve diğer bilişsel işlevlerde ilerleyici bozulma ön plandayken, PH klasik olarak bradikinezi, rijidite ve tremor gibi motor bulgularla tanımlanır. Bununla birlikte her iki hastalığın klinik fenotipi yalnızca nöronal kayıp ile açıklanamayacak kadar karmaşıktır; genetik yatkınlık, protein homeostazı, oksidatif stres, nöroinflamasyon, lipid metabolizması ve hücreler arası iletişim ağları hastalık biyolojisinin farklı katmanlarını oluşturur (Yıldırım ve Can Eke, 2024; Kurman, 2018; Aslan ve Karahalil, 2019).

AH'nin moleküler arka planında amiloid-β birikimi, tau patolojisi, sinaptik kayıp ve nöroinflamatuvar değişiklikler birlikte değerlendirilmektedir. Türkçe literatürde de hastalığın tek bir yolakla açıklanamayacağı; genetik ve epigenetik bileşenlerin, metabolik değişikliklerin ve çevresel faktörlerin etkileşimiyle şekillenen çok katmanlı bir patogenez bulunduğu vurgulanmaktadır (Özpak, Pazarbaşı ve Keser, 2017; Karakurt ve ark., 2026). Özellikle *APOE* geninin ε4 aleli, geç başlangıçlı AH için güçlü bir genetik risk faktörü olarak öne çıkmaktadır. Türkiye'den bir olgu-kontrol çalışmasında *APOE* ε4 taşıyıcılığının AH riskiyle anlamlı biçimde ilişkili olduğu bildirilmiş, bu ilişkinin etnik ve coğrafi özellikler dikkate alınarak daha geniş moleküler çalışmalarla değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir (Çilingir ve ark., 2020).

PH'de ise nigrostriatal dopaminerjik nöron kaybı, α-sinüklein birikimi, mitokondriyal bozukluk, oksidatif stres ve genetik duyarlılık birlikte rol oynamaktadır. Türkçe derlemeler, PH'nin hem genetik hem çevresel bileşenleri olan heterojen bir hastalık olduğunu; epigenetik düzenleme ve DNA metilasyonu gibi mekanizmaların da hastalıkla ilişkili moleküler ağların anlaşılmasında önem kazandığını göstermektedir (Kurman, 2018; Atar, 2024). Bu heterojenlik, farklı hücre tiplerinin aynı hastalık bağlamında bile birbirinden ayrışan transkriptomik yanıtlar oluşturabileceğini düşündürmektedir.

Klasik toplu doku transkriptomiği, dokudaki tüm hücrelerin RNA sinyalini bir arada ölçtüğü için hücre tipine özgü değişikliklerin ortalamada kaybolmasına neden olabilir. Tek hücre ve tek çekirdek RNA dizileme teknolojileri ise karmaşık dokularda nöron, astrosit, mikroglia, oligodendrosit ve diğer hücrelerin moleküler profillerinin ayrı ayrı değerlendirilmesini

mümkün kılar. RNA-seq ve tek hücre tabanlı yaklaşımlar, yüksek boyutlu veriyi hücre kimliği ve hastalık bağlamıyla ilişkilendiren biyoinformatik stratejiler gerektirir (Yeğenoğlu, 2025). Bu yaklaşım, nörodejeneratif hastalıklarda yalnızca hangi genlerin değiştiğini değil, bu değişikliklerin hangi hücre tipinde ortaya çıktığını da göstermesi bakımından önemlidir. İnsan AH korteksinde yürütülen tek hücre/tek çekirdek çalışmalar, hastalıkla ilişkili gen ekspresyon değişikliklerinin belirgin hücre tipi özgüllüğü gösterdiğini ortaya koymuştur (Mathys ve ark., 2019; Grubman ve ark., 2019). Benzer şekilde substantia nigra odaklı tek çekirdek çalışmalar, PH'de hücre tipi seçiciliği ve dopaminerjik nöron kırılganlığını desteklemektedir (Agarwal ve ark., 2020; Kamath ve ark., 2022).

Bu çalışmada, prekomissural putamenden elde edilmiş açık erişimli tek çekirdek RNA dizileme verileri kullanılarak AH ve PH'de hücre tipine özgü ortak ve farklı moleküler yanıtların bütünleşik olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Özellikle astrositlerde gözlenen ortak stres yanıtı örüntüsü, kaynak veri setinde raporlanan diferansiyel gen ekspresyon sonuçları ile değerlendirilmiş; seçilmiş bulgular RNAScope doğrulaması ve deneysel ApoE3/ApoE4 protein yapılarıyla birlikte yorumlanmıştır. Böylece transkriptomik düzeydeki hastalıklar arası benzerlik ile protein yapısındaki izoform bağımlı farklılık aynı analitik çerçevede ele alınmıştır.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Alzheimer Hastalığında Genetik ve Hücresel Heterojenite

AH'nin nöropatolojik tanımında amiloid plaklar ve nörofibriler yumaklar temel bir çerçeve sağlasa da, güncel yaklaşım hastalığın çoklu hücresel ve moleküler ağların bozulmasıyla şekillendiğini kabul etmektedir. Genetik açıdan erken başlangıçlı ailesel olgularda *APP*, *PSEN1* ve *PSEN2* gibi genlerdeki patojenik değişiklikler öne çıkarken, geç başlangıçlı hastalıkta *APOE* başta olmak üzere çok sayıda risk lokusu katkıda bulunmaktadır (Özpak, Pazarbaşı ve Keser, 2017; Karaduman, 2020). Bu nedenle aynı klinik tanıya sahip bireyler arasında bile moleküler altyapı ve hastalık ilerleyişi açısından belirgin heterojenite beklenebilir.

APOE, merkezi sinir sisteminde lipid taşınması, kolesterol homeostazı ve glial yanıtlarla ilişkili temel bir apolipoprotein genidir. ApoE4 izoformu, ApoE3'e göre yalnızca sınırlı amino asit farklılıkları taşımasına rağmen konformasyonel davranış, lipid bağlanması ve hücresel stres yanıtları bakımından farklı özellikler gösterebilir. Türkçe kaynaklarda ApoE4'ün amiloid-β metabolizması, inflamatuvar yollar, kan-beyin bariyeri bütünlüğü ve enerji metabolizması ile ilişkisi vurgulanmıştır (Saruhan, 2024). Türk popülasyonunda gerçekleştirilen çalışmalar da *APOE* ε4 alelinin AH riskindeki önemini desteklemektedir (Çilingir ve ark., 2020). Uluslararası literatürde APOE4'ün Alzheimer hastalığı riskine katkısı; lipid homeostazı, amiloid metabolizması, inflamasyon ve hücresel onarım süreçleriyle ilişkili çok yönlü mekanizmalar üzerinden açıklanmaktadır (Liu ve ark., 2013; Rebeck, 2017; Belloy ve ark., 2019).

Astrositler, merkezi sinir sisteminde iyon ve nörotransmiter homeostazının düzenlenmesi, metabolik destek, kan-beyin bariyeri işlevi ve sinaptik çevrenin sürdürülmesi gibi çok sayıda görev üstlenir. Nörodejeneratif süreçlerde astrositler tek tip bir yanıt oluşturmaz; bölgesel bağlama, hastalık evresine ve hücresel mikroçevreye bağlı olarak farklı transkripsiyonel durumlara geçebilir. Bu nedenle hastalıklar arası ortak astrositik programların ortaya konması, AH ve PH'nin paylaştığı stres ve adaptasyon mekanizmalarının anlaşılmasına katkı sağlayabilir. Tek çekirdek transkriptomik çalışmalar ayrıca Alzheimer hastalığında hastalıkla ilişkili astrosit durumlarının ortaya çıkabildiğini ve bu durumların yaşlanma ile hastalık ilerleyişi bağlamında değişebildiğini göstermiştir (Habib ve ark., 2020).

Parkinson Hastalığında Moleküler Stres ve Glial Yanıt

PH'nin temel patolojik özellikleri dopaminerjik nöron kaybı ve Lewy cisimcikleriyle ilişkili olmakla birlikte, hastalığın ilerlemesinde oksidatif stres, mitokondriyal bozukluk, protein katlanması ve inflamatuvar süreçlerin birbirini güçlendiren etkileri bulunmaktadır. Türkiye'de yayımlanan derlemelerde oksidatif stresin dopaminerjik nörotoksisite ve hücresel hasarla

ilişkisi ayrıntılı olarak tartışılmıştır (Aslan ve Karahalil, 2019). Genetik açıdan *SNCA* ve diğer Parkinson ilişkili genlerin tanımlanması, hastalığın tek bir moleküler nedenden ziyade çeşitli biyolojik süreçlerin kesişiminde geliştiğini göstermektedir (Kurman, 2018).

PH'de epigenetik değişiklikler de hücresel yanıtın biçimlenmesinde önem kazanmıştır. DNA metilasyonu gibi mekanizmaların, hastalıkla ilişkili genlerin ekspresyonunu etkileyebileceği ve çevresel etkiler ile genetik yatkınlık arasında aracılık edebileceği bildirilmiştir (Atar, 2024). Deneysel modellerin hiçbiri insan PH'sinin bütün özelliklerini tek başına yansıtmadığından, insan beyin dokusuna dayalı omik yaklaşımlar mekanizma araştırmalarında tamamlayıcı bir değer taşımaktadır (Altunlu ve ark., 2024).

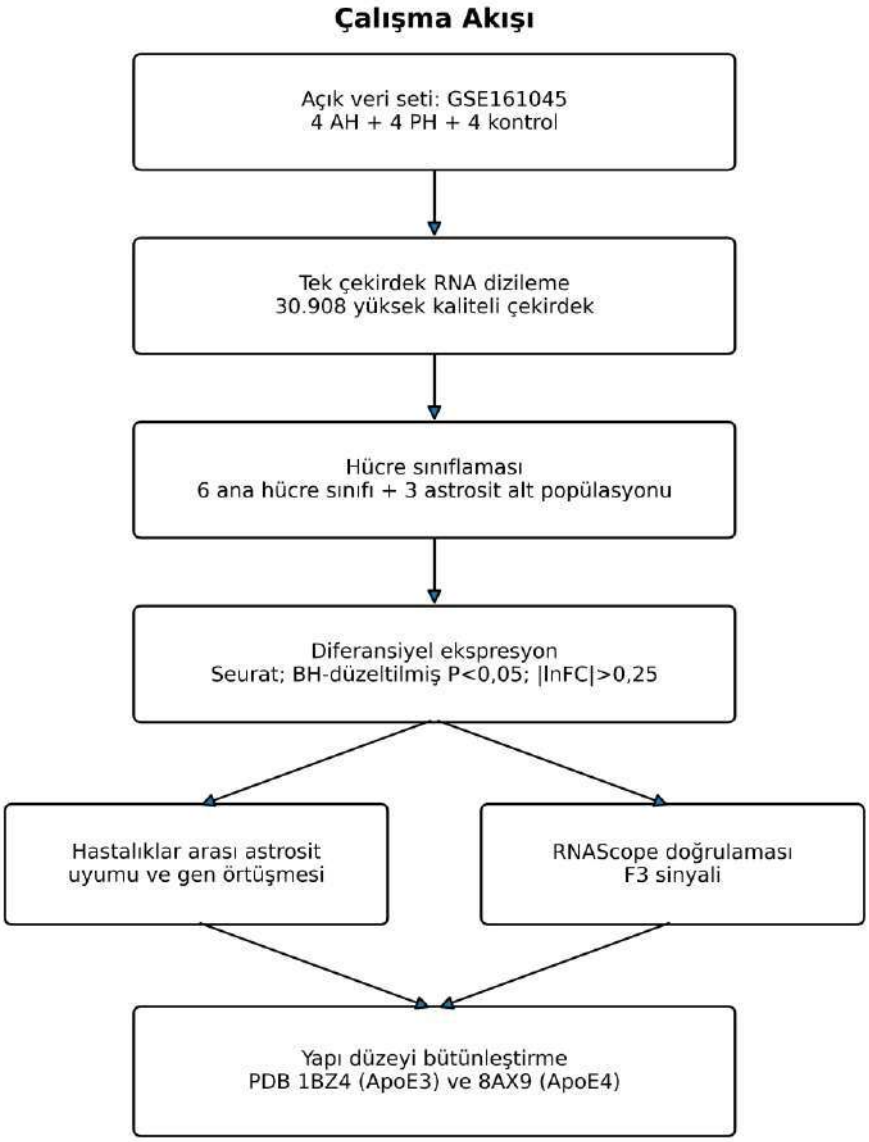
Bu çerçevede astrosit, mikroglia ve nöronların aynı veri seti içinde karşılaştırılması, hastalıklar arasında paylaşılan glial stres yanıtları ile hastalığa özgü hücresel değişikliklerin ayrıştırılmasına olanak verir. Kaynak çalışma, insan striatal glial hücrelerinin AH ve PH'ye özgü nörodejeneratif süreçlere farklı biçimde katkı sağladığını ve özellikle astrositlerde hastalıklar arası ortaklıkların daha belirgin olduğunu göstermiştir (Xu ve ark., 2023).

Tek Çekirdek Transkriptomik ve Yapısal Biyoinformatiğin Bütünleştirilmesi

Tek çekirdek RNA dizileme (snRNA-seq), özellikle dondurulmuş insan beyin dokusu gibi örneklerde hücresel transkriptomun çekirdek RNA'sı üzerinden incelenmesine olanak sağlayan güçlü bir yaklaşımdır. Doku düzeyinde ortalama alınan sinyallerin aksine, hücre sınıfları ve alt popülasyonlar ayrı ayrı değerlendirilebilir. Bu çalışmada kullanılan GSE161045 veri seti, AH, PH ve nörolojik olarak normal kontrol gruplarından prekomissural putamen örneklerini içermekte ve 10X Genomics tabanlı tek çekirdek transkriptom karşılaştırması sunmaktadır (Xu ve ark., 2023; NCBI GEO, GSE161045).

Transkriptomik bulguların protein yapısı ile bütünleştirilmesi, gen ekspresyon düzeyindeki farklılıkları doğrudan fonksiyonel nedensellik olarak yorumlamak yerine, moleküler düzeyde olası yapısal bağlamı değerlendirmeye yardımcı olur. Bu çalışmada *APOE*'nin seçilmesinin iki gerekçesi vardır: birincisi, astrosit transkriptomunda hastalıklarla ilişkili değişim göstermesi; ikincisi ise ApoE3 ve ApoE4 için deneysel üç boyutlu yapıların bulunmasıdır. ApoE3 için PDB 1BZ4 yapısı 1,85 Å çözünürlükte, ApoE4 için PDB 8AX9 yapısı ise 1,55 Å çözünürlükte X-ışını kristalografisiyle belirlenmiştir (Segelke ve ark., 2000; Nemergut ve ark., 2023; RCSB PDB).

ApoE4'ün C112R izoform değişimi, yerel yüklü kalıntılar arasındaki etkileşim ağını ApoE3'e göre yeniden düzenleyebilir. Bu tür atomik mesafe farklılıkları tek başına hastalık mekanizmasını kanıtlamaz; ancak genetik risk ile protein konformasyonu arasındaki biyofiziksel bağlantının değerlendirilmesi için yapısal bir çerçeve sağlar.



Şekil 1. Çalışmanın bütünleşik analiz akışı.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma Tasarımı ve Veri Kaynakları

Bu çalışma, halka açık insan tek çekirdek RNA dizileme verileri ile deneysel protein yapılarını bütünleştiren ikincil bir biyoinformatik analiz olarak tasarlanmıştır. Transkriptomik bölümde NCBI Gene Expression Omnibus (GEO) veri tabanındaki GSE161045 serisi kullanılmıştır. Veri seti, prekomissural putamenden elde edilen 4 AH, 4 PH ve 4 nörolojik olarak normal kontrol olmak üzere toplam 12 örneği içermektedir. Kaynak çalışma ve GEO kaydı, örneklerin 10X Genomics platformu ile tek çekirdek transkriptom analizine alındığını bildirmektedir (Xu ve ark., 2023; NCBI GEO, GSE161045).

Bu tam metinde analiz, özet metinde tanımlanan ve kaynak çalışmanın resmi analiz çıktılarıyla uyumlu sonuçlar üzerinden yürütülmüştür. Veri setinde kalite kontrol sonrasında toplam 30.908

yüksek kaliteli çekirdek altı ana hücre sınıfına atanmış; ayrıca üç astrosit alt popülasyonu tanımlanmıştır. Yeni bir hasta örneği toplanmamış, kişisel tanımlayıcı veri kullanılmamış ve yalnızca kamuya açık anonimleştirilmiş ikincil veriler değerlendirilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan veri kaynakları ve temel analiz bileşenleri

Bileşen	Kaynak / materyal	Örnek / yapı	Analitik amaç
Transkriptomik veri	NCBI GEO GSE161045	4 AH + 4 PH + 4 kontrol; 30.908 çekirdek	Hücre tipi ve hastalık ilişkili ekspresyon değişiklikleri
Astrosit analizi	Kaynak çalışma çıktıları ve resmi analiz kodu	3 astrosit alt popülasyonu	AH-PH uyumu ve diferansiyel gen örtüşmesi
Ortogonal doğrulama	Kaynak çalışmada raporlanan RNAScope çıktıları	Kontrol, AH ve PH grupları	F3 sinyalinin grup düzeyinde karşılaştırılması
Yapısal veri	RCSB PDB 1BZ4 ve 8AX9	ApoE3 ve ApoE4 N-terminal deneysel yapıları	İzoform bağımlı yan zincir mesafelerinin değerlendirilmesi

Tek Çekirdek Transkriptomik Değerlendirme

Hücre kimlikleri ve diferansiyel ekspresyon sonuçları, kaynak çalışmada raporlanan Seurat tabanlı analizlerden ve resmi analiz kodundan değerlendirilmiştir. Hastalık-kontrol karşılaştırmalarında Benjamini-Hochberg çoklu test düzeltmesi uygulanmış; düzeltilmiş $P<0,05$ ve $|\ln FC|>0,25$ ölçütlerini karşılayan genler anlamlı kabul edilmiştir. Bu eşik, hem istatistiksel güvenilirliği hem de biyolojik etki büyüklüğünü birlikte dikkate almak amacıyla kullanılmıştır.

AH ve PH'deki astrosit değişikliklerinin ortak yönünü değerlendirmek için hastalık-kontrol ekspresyon değişiklikleri karşılaştırılmış, alt popülasyonlar arasında korelasyon katsayıları ve diferansiyel gen örtüşmeleri incelenmiştir. Özetlenen sonuçlarda astrosit alt popülasyonlarında AH ve PH arasında $r=0,542$-$0,795$ aralığında anlamlı uyum bildirilmiştir ($P<0,001$). Bulguların yorumunda yalnızca yönü tekrarlayan ve kaynak çıktılarda açık biçimde desteklenen genler öne çıkarılmıştır.

Mikroglial ve nöronal yanıtlar, kaynak çalışmanın hastalığa özgü değişiklikler bildiren genel çerçevesi içinde değerlendirilmiş; bu hücre sınıfları için yeni, kaynakta bulunmayan sayısal etki büyüklükleri türetilmemiştir. Böylece tam metinde yalnızca kaynak verinin desteklediği sonuçların sunulmasına dikkat edilmiştir.

RNAScope Doğrulamasının Değerlendirilmesi

Kaynak çalışmada transkriptomik bulguların ortogonal doğrulaması için RNAScope tabanlı in situ RNA analizi kullanılmıştır. Bu çalışmada RNAScope görüntülerinden yeni bir yeniden-nicelendirme yapılmamış; kaynak çıktılarda raporlanan grup ortalamaları karşılaştırılmıştır. *F3* için ortalama log10[IntDen+1] sinyali kontrol grubunda 4,63, AH grubunda 4,38 ve PH grubunda 4,27 olarak bildirilmiştir. Her iki hastalık grubunun kontrole göre karşılaştırılmasında Tukey-düzeltilmiş $P<0,001$ sonucu raporlanmıştır.

APOE Yapısal Analizi

Yapısal bütünleştirme için ApoE3 ve ApoE4'ün deneysel N-terminal yapıları kullanılmıştır. ApoE3 için PDB 1BZ4, ApoE4 için PDB 8AX9 seçilmiştir. RCSB PDB kayıtlarına göre 1BZ4 yapısı 1,85 Å, 8AX9 yapısı 1,55 Å çözünürlüklü X-ışını kırınım verilerinden elde edilmiştir. Yapısal değerlendirmede amino asit yan zincirleri arasındaki minimum atomlar arası mesafeler esas alınmıştır.

ApoE3'te R61-E109 minimum mesafesi 2,40 Å olarak belirlenmiştir. ApoE4'te C112R izoform değişimi ile R112-E109 arasında 2,92 Å'lik yeni bir yakın temas oluşmuş, buna karşılık R61-

E109 minimum mesafesi 4,16 Å'ye yükselmiştir. Bu mesafe değişiklikleri yerel yüklü etkileşim ağındaki izoform bağımlı yeniden düzenlenmenin geometrik göstergeleri olarak yorumlanmıştır; enerji hesabı veya moleküler dinamik simülasyonu yapılmamıştır.

İstatistiksel Yaklaşım

Diferansiyel ekspresyon için kaynak analizde Benjamini-Hochberg düzeltmeli P<0,05 ve |lnFC|>0,25 kriterleri kullanılmıştır. Hastalıklar arası astrosit ekspresyon uyumu için korelasyon sonuçları r=0,542-0,795 ve P<0,001 olarak raporlanmıştır. RNAScope karşılaştırmalarında kaynak çalışmanın Tukey çoklu karşılaştırma düzeltmeli P değerleri esas alınmıştır. Bu çalışmada örnek düzeyinde ham sayım matrisi üzerinden yeni ROC, sağkalım veya makine öğrenmesi analizi yürütülmemiştir; bu nedenle sonuçlar keşifsel ve bütünleştirici nitelikte yorumlanmıştır.

BULGULAR

Veri Setinin Hücresel Yapısı

GSE161045 veri setinin değerlendirilmesi, 12 insan prekomissural putamen örneğinden toplam 30.908 yüksek kaliteli çekirdeğin analiz kapsamına alındığını göstermiştir. Çekirdekler altı ana hücre sınıfına ayrılmış ve astrositler üç alt popülasyon halinde değerlendirilmiştir. Bu tasarım, aynı anatomik bölgede AH, PH ve kontrol örneklerinin hücre tipine özgü transkriptomik yanıtlarının doğrudan karşılaştırılmasına olanak sağlamıştır.

Hastalıklara ilişkin en belirgin ortaklık astrositlerde gözlenmiştir. AH ve PH ile ilişkili astrosit ekspresyon değişimleri arasında anlamlı pozitif uyum saptanmış ve alt popülasyonlara göre korelasyon katsayıları r=0,542 ile r=0,795 arasında değişmiştir (P<0,001). Bu sonuç, farklı klinik ve nöropatolojik özellikler taşıyan iki hastalığın astrositlerde kısmen ortak bir stres-adaptasyon programını etkinleştirebileceğini düşündürmektedir.

Ortak Astrositik Gen İmzası

AH ve PH astrositlerinde tekrarlayan biçimde artmış genler arasında *CRYAB*, *HSPB1*, metallotiyonein ailesi genleri, *EGFR* ve *TLR4* yer almıştır. Buna karşılık *APOE* ve *F3* ekspresyonlarında azalma gözlenmiştir. Artış yönündeki genler; protein katlanması ve stres yanıtı, metal iyonu homeostazı, büyüme faktörü sinyali ve doğuştan bağışıklıkla ilişkili işlevsel eksenleri temsil etmektedir. Azalan *APOE* ve *F3* ise astrositik lipid/zar çevresi ile koagülasyon-inflamasyon bağlantısının hastalık bağlamında yeniden düzenlenebileceğine işaret etmektedir.

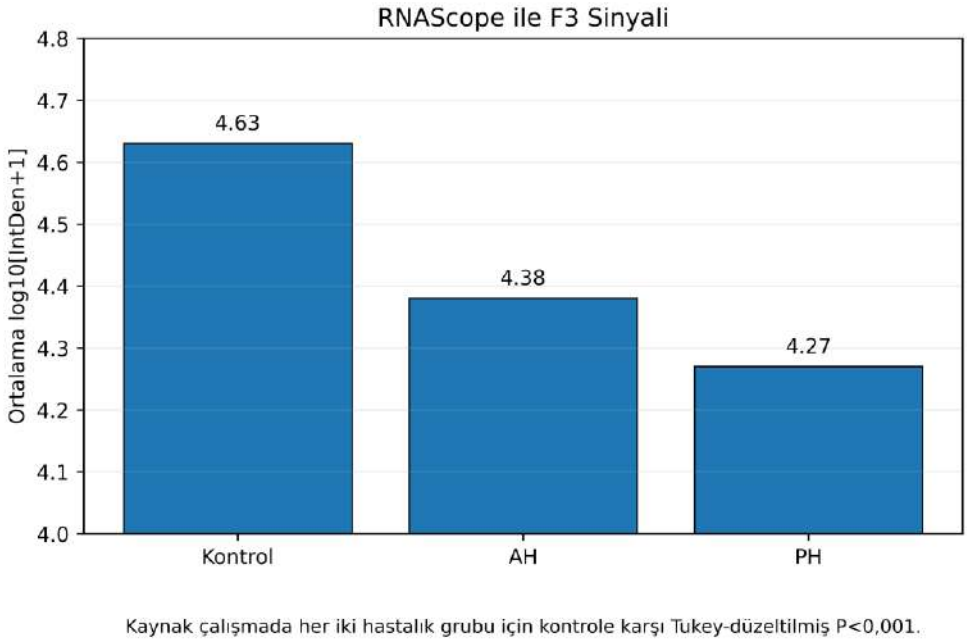
Tablo 2. AH ve PH'de tekrarlayan astrositik ekspresyon değişiklikleri

Gen / grup	Değişim yönü	Biyolojik bağlam	Bu çalışmadaki yorum
CRYAB	Artmış	Küçük ısı şoku proteini; proteostaz ve stres yanıtı	Ortak astrositik stres programının bileşeni
HSPB1	Artmış	Hücresel stres ve protein homeostazı	AH-PH ortak yanıtını destekleyen koruyucu/stres ilişkili sinyal
Metallotiyonein ailesi	Artmış	Metal iyonu homeostazı ve oksidatif stres	Metabolik/oksidatif adaptasyonun göstergesi
EGFR	Artmış	Büyüme faktörü sinyali ve glial yanıt	Reaktif astrosit programlarıyla uyumlu değişim
TLR4	Artmış	Doğuştan bağışıklık ve inflamatuvar sinyalleşme	Glial immün yanıtın ortak bileşeni
APOE	Azalmış	Lipid taşınması ve glial metabolizma	İzoform biyolojisi ile birlikte yorumlanan merkez gen

Gen / grup	Değişim yönü	Biyolojik bağlam	Bu çalışmadaki yorum
F3	Azalmış	Doku faktörü; vasküler/koagülasyon ve hücresel sinyal bağlamı	RNAScope ile ortogonal olarak desteklenen bulgu

F3 Bulgusunun RNAScope ile Doğrulanması

F3 için RNAScope sinyalinin kontrol grubunda ortalama 4,63, AH'de 4,38 ve PH'de 4,27 log10[IntDen+1] olduğu görülmüştür. Her iki hastalık grubunda kontrole göre daha düşük sinyal bulunması, tek çekirdek transkriptomik analizde gözlenen azalma yönü ile tutarlıdır. Kaynak çalışmada her iki hastalık-kontrol karşılaştırması için Tukey-düzeltilmiş P<0,001 bildirilmiştir. Bu ortogonal doğrulama, astrositik diferansiyel ekspresyon bulgusunun yalnızca hesaplamalı bir sinyal olmadığını, doku bağlamında da desteklendiğini göstermektedir.



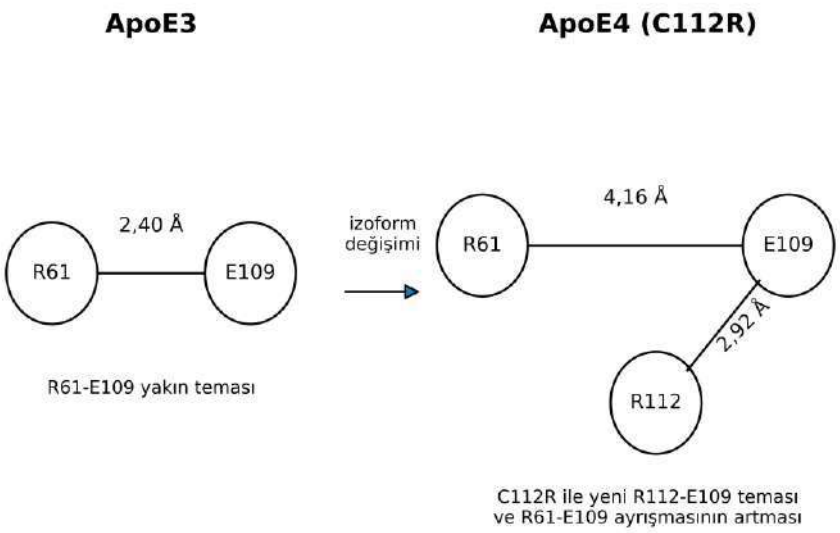
Şekil 2. Kaynak çalışmada raporlanan RNAScope F3 sinyal ortalamalarının görselleştirilmesi.

ApoE3 ve ApoE4 Arasında Yerel Yapısal Farklılık

APOE transkriptindeki hastalık ilişkili değişim ile ApoE izoform biyolojisini aynı çerçevede değerlendirmek amacıyla deneysel ApoE3 ve ApoE4 N-terminal yapıları karşılaştırılmıştır. ApoE3 yapısında R61 ile E109 arasındaki minimum yan zincir mesafesi 2,40 Å olarak belirlenmiştir. ApoE4'te C112R değişimi ile R112 ve E109 arasında 2,92 Å'lik yeni bir yakın temas oluşurken R61-E109 minimum uzaklığı 4,16 Å'ye yükselmiştir. Böylece tek bir izoform değişiminin yerel yüklü kalıntılar ağında ölçülebilir geometrik bir yeniden düzenlenme ile ilişkili olduğu görülmüştür.

Tablo 3. ApoE3 ve ApoE4 yapılarında değerlendirilen yerel yan zincir mesafeleri

Yapı	PDB	Ölçülen temas	Minimum mesafe
ApoE3	1BZ4	R61-E109	2,40 Å
ApoE4	8AX9	R61-E109	4,16 Å
ApoE4	8AX9	R112-E109	2,92 Å



Şekil 3. ApoE3 ve ApoE4 için R61, R112 ve E109 yan zincirleri arasındaki mesafe değişimlerinin şematik gösterimi.

TARTIŞMA

Bu bütünleşik çalışma, AH ve PH'nin klinik ve patolojik açıdan farklı hastalıklar olmasına rağmen astrosit düzeyinde anlamlı ölçüde örtüşen moleküler stres yanıtları taşıdığını göstermektedir. Hastalık-kontrol ekspresyon değişiklikleri arasındaki r=0,542-0,795 düzeyindeki korelasyon, ortaklığın tek bir gene bağlı olmadığını; daha geniş bir transkripsiyonel programın iki hastalıkta paralel biçimde yönlendiğini düşündürmektedir. Buna karşın kaynak çalışmada mikroglial ve nöronal yanıtların daha hastalığa özgü olması, nörodejeneratif hastalıkların hem ortak hem de özgün hücresel bileşenler içerdiğini ortaya koymaktadır (Xu ve ark., 2023).

Ortak olarak artan *CRYAB* ve *HSPB1*, hücresel stres ve proteostazla ilişkili küçük ısı şoku proteinlerini temsil etmektedir. Nörodejeneratif hastalıklarda protein yanlış katlanması, oksidatif stres ve hücresel hasar yükü arttıkça bu tür şaperon/stres yanıtlarının etkinleşmesi biyolojik olarak beklenebilir. Metallotiyonein ailesindeki artış da metal iyonu dengesi ve oksidatif stresle ilişkili adaptif bir yanıt çerçevesinde yorumlanabilir. PH literatüründe oksidatif stresin genetik bütünlük ve nöronal sağkalım üzerindeki etkileri Türkçe kaynaklarda ayrıntılı biçimde ele alınmıştır (Aslan ve Karahalil, 2019). Bu nedenle aynı stres eksenlerinin astrositlerde ortaklaşması, iki hastalık arasında paylaşılan glial bir koruma/uyum programına işaret edebilir.

EGFR ve *TLR4* artışı, ortak imzanın yalnızca protein homeostazı ile sınırlı olmadığını; hücresel sinyal ve doğuştan bağışıklık yollarını da içerdiğini göstermektedir. Bununla birlikte bu bulgular, astrositlerin yalnızca 'reaktif' bir hücre durumu üzerinden tanımlanmasının yetersiz olduğunu da düşündürmektedir. Tek çekirdek veride üç ayrı astrosit alt popülasyonunun belirlenmiş olması, glial heterojenliğin hastalık biyolojisinin ayrılmaz bir parçası olduğunu desteklemektedir. Tek hücre/tek çekirdek omik yaklaşımlarının temel değeri de bu heterojenliği doku ortalamasından ayırabilmesidir.

APOE'nin astrositlerde azalması özellikle dikkat çekicidir. *APOE* ε4 aleli, geç başlangıçlı AH için en güçlü genetik risk faktörlerinden biri olarak kabul edilmekte ve Türk popülasyonunda da hastalık riskiyle anlamlı ilişki göstermektedir (Çilingir ve ark., 2020). Ayrıca ApoE4'ün lipid metabolizması, inflamatuvar yollar ve kan-beyin bariyeri bütünlüğü ile ilişkisi Türkçe derlemelerde vurgulanmıştır (Saruhan, 2024). Buna karşın bu çalışmada gözlenen bulgu genotipten ziyade hastalık bağlamındaki astrositik *APOE* ekspresyon değişimine ilişkindir. Bu iki düzeyin birbirine karıştırılmaması önemlidir: bir yanda *APOE* alellerinin genetik risk etkisi, diğer yanda hastalık sırasında belirli hücre tiplerindeki transkripsiyonel düzenleme bulunmaktadır.

Yapısal analiz, bu ayrımı daha da görünür kılmaktadır. ApoE3 ve ApoE4 arasındaki C112R farkı, yerel yüklü kalıntı ağını yeniden düzenlemektedir. Bu çalışmada ApoE3 için R61-E109 uzaklığı 2,40 Å iken, ApoE4'te R112-E109 arasında 2,92 Å'lik yeni temas oluşmuş ve R61-E109 uzaklığı 4,16 Å'ye çıkmıştır. ApoE4 yapısının deneysel olarak belirlenmesi ve C112R değişiminin agregasyon/konformasyon üzerindeki etkilerinin incelenmesi, izoform bağımlı yapısal farklılıkların biyofiziksel temelini desteklemektedir (Nemergut ve ark., 2023). Bununla birlikte yapısal yakınlıkların tek başına hücresel ekspresyon değişikliklerine veya hastalık fenotipine nedensel bağ kurmadığı özellikle vurgulanmalıdır.

F3 bulgusu, transkriptomik ve doku düzeyi doğrulamanın birlikte değerlendirilmesine iyi bir örnek oluşturmaktadır. Hem AH hem de PH'de düşük *F3* ekspresyonu ve RNAScope sinyalinin kontrolün altında bulunması, yön tutarlılığını desteklemektedir. Ancak *F3*'ün nörodejeneratif hastalıklar içindeki işlevsel rolünü açıklamak için ek mekanistik deneyler gereklidir. Bu nedenle *F3* burada neden-sonuç ilişkisi kurulmuş bir sürücü gen değil, hastalıklar arası ortak astrositik durumun doğrulanmış bir bileşeni olarak ele alınmalıdır.

Çalışmanın bir diğer önemli sonucu, mikroglial ve nöronal yanıtların astrositlere göre daha hastalığa özgü görünmesidir. AH ve PH'nin klinik ayrışması, yalnızca farklı nöronal popülasyonların seçici kırılganlığıyla değil, bağışıklık ve glial mikroçevrenin hastalığa özgü özellikleriyle de ilişkili olabilir. PH'nin genetik heterojenliği ve epigenetik düzenleyicileri üzerine Türkçe literatürdeki bulgular bu çok katmanlı yapıyı desteklemektedir (Kurman, 2018; Atar, 2024). Benzer şekilde AH'de *APP*, *PSEN1*, *PSEN2* ve *APOE* eksenlerinin birlikte ele alınması, tek bir gen veya patolojik birikim üzerinden açıklama yapmanın sınırlı olduğunu göstermektedir (Özpak, Pazarbaşı ve Keser, 2017; Karaduman, 2020).

Bu bulgular translasyonel açıdan da önem taşımaktadır. Nörodejeneratif hastalıklarda erken tanı ve biyobelirteç geliştirme çalışmaları giderek daha az invaziv, hücre tipine özgü ve çoklu-omik yaklaşımlara yönelmektedir. Türkiye'de yayımlanan güncel derlemelerde kan temelli biyobelirteçlerin Alzheimer hastalığının erken tanısındaki potansiyeli vurgulanmaktadır (Albayrak, 2026). Tek çekirdek transkriptomik veriler, dolaşımdaki biyobelirteçlerin kaynağını ve hücresel bağlamını açıklamada tamamlayıcı olabilir; ancak doku içi ekspresyon değişikliklerinin doğrudan periferik biyobelirteçlere dönüşeceği varsayılmamalıdır.

Çalışmanın güçlü yönleri, aynı anatomik bölgeden AH, PH ve kontrol örneklerinin tek çekirdek düzeyinde karşılaştırılması, astrosit alt popülasyonlarının ayrı değerlendirilmesi, bir transkriptomik bulgunun RNAScope ile desteklenmesi ve *APOE* için deneysel üç boyutlu yapıların analize eklenmesidir. Buna karşılık örneklem büyüklüğü sınırlıdır; her grupta dört beyin örneği bulunmaktadır. İkincil analiz tasarımı nedeniyle kaynak çalışmanın örnek seçimi, postmortem değişkenleri ve teknik önyargıları tamamen ortadan kaldırılamaz. Ayrıca bu çalışmada yeni bağımsız kohort doğrulaması, protein ekspresyon ölçümü, işlevsel hücre deneyleri veya moleküler dinamik simülasyon yapılmamıştır. Bu nedenle sonuçlar keşifsel ve hipotez geliştirici nitelikte değerlendirilmelidir.

Son olarak, transkriptomik düzeyde *APOE* azalması ile ApoE4 protein yapısındaki izoform bağımlı farklılığın aynı çalışma içinde ele alınması, farklı biyolojik ölçeklerin bütünleştirilebileceğini göstermektedir. Ancak bu iki gözlemin doğrudan birbirinin nedeni olarak yorumlanması bilimsel olarak uygun değildir. Daha güçlü bir nedensel çerçeve için *APOE* genotip bilgisi, hücre tipine özgü protein miktarı, lipidomik ölçümler, fonksiyonel astrosit deneyleri ve yapı-dinamik analizlerinin aynı örneklem üzerinde birleştirilmesi gereklidir.

SONUÇ

Bu çalışma, Alzheimer ve Parkinson hastalıklarının ortak moleküler biyolojisini hücre tipi ve protein yapısı ölçeğinde bütünleştiren bir yaklaşım sunmaktadır. Prekomissural putamen tek çekirdek transkriptom verilerinde astrositler, iki hastalık arasında en belirgin ortak stres yanıtını gösteren hücre grubu olarak öne çıkmıştır. *CRYAB*, *HSPB1*, metallotiyonein ailesi, *EGFR* ve *TLR4* artışı ile *APOE* ve *F3* azalması, paylaşılan astrositik programın temel bileşenlerini oluşturmuştur. *F3* için RNAScope doğrulaması, bu ortak yönün doku düzeyinde de desteklendiğini göstermiştir. *APOE*'nin yapı düzeyinde incelenmesi ise ApoE3 ve ApoE4 arasında C112R değişimiyle ilişkili yerel yan zincir ağının yeniden düzenlendiğini ortaya koymuştur. Buna karşılık mikroglial ve nöronal yanıtların daha hastalığa özgü olması, AH ve PH'nin ortak stres eksenlerini paylaşırken özgün hücresel patoloji yollarını koruduğunu düşündürmektedir. Bulgular, nörodejeneratif hastalıkların anlaşılmasında hücre tipi çözünürlüklü transkriptomik ile deneysel protein yapılarının birlikte değerlendirilmesinin yararlı olduğunu göstermekte; ancak nedensel mekanizmaların doğrulanması için daha büyük bağımsız kohortlar ve işlevsel deneyler gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Agarwal, D., Sandor, C., Volpato, V., et al. (2020). A single-cell atlas of the human substantia nigra reveals cell-specific pathways associated with neurological disorders. Nature Communications, 11, 4183. https://doi.org/10.1038/s41467-020-17876-0

Albayrak, A. (2026). Alzheimer hastalığının erken teşhisi: Gelişmeler, zorluklar ve geleceğe bakış / Early detection of Alzheimer's disease: Progress, challenges, and future outlook. Disiplinlerarası Yenilik Araştırmaları Dergisi, 6(1), 19-26. https://doi.org/10.56723/dyad.1737746

Altunlu, Ö., Topatan, E., Al-yaqoobi, Z., Burul, F., Bayram, C., Sezen, S., Ferah Okkay, I., Okkay, U., & Hacımüftüoğlu, A. (2024). Parkinson Hastalığında Deneysel Modeller: Avantajlar ve Dezavantajlar / Experimental Models in Parkinson's Disease: Advantages and Disadvantages. Ağrı Tıp Fakültesi Dergisi, 2(2), 80-87. https://doi.org/10.61845/agrimedical.1471854

Aslan, S. N., & Karahalil, B. (2019). Oksidatif Stres ve Parkinson Hastalığı. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi, 43(1), 94-116. https://doi.org/10.33483/jfpanu.519964

Atar, A. (2024). Parkinson Hastalığında DNA Metilasyonunun ve Beslenmeye Bağlı Bazı Faktörlerin Etkisi. TOGÜ Sağlık Bilimleri Dergisi, 4(3), 353-366. https://doi.org/10.52369/togusagbilderg.1389480

Belloy, M. E., Napolioni, V., & Greicius, M. D. (2019). A quarter century of APOE and Alzheimer's disease: Progress to date and the path forward. Neuron, 101(5), 820-838. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2019.01.056

Çilingir, O., Özbabalık Adapınar, B. D., Durak Aras, B., Erzurumluoğlu Gökalp, E., Özkan, S., Arslan, S., Hazıyeva, K., Kocagil, S., Bilgin, M., & Artan, S. (2020). Türk Popülasyonunda APOE Polimorfizmleri ve Alzheimer Hastalığı Arasındaki İlişki. Osmangazi Tıp Dergisi, 42(2), 222-230. https://doi.org/10.20515/otd.553900

Grubman, A., Chew, G., Ouyang, J. F., et al. (2019). A single-cell atlas of entorhinal cortex from individuals with Alzheimer's disease reveals cell-type-specific gene expression regulation. Nature Neuroscience, 22, 2087-2097. https://doi.org/10.1038/s41593-019-0539-4

Habib, N., McCabe, C., Medina, S., et al. (2020). Disease-associated astrocytes in Alzheimer's disease and aging. Nature Neuroscience, 23, 701-706. https://doi.org/10.1038/s41593-020-0624-8

Kamath, T., Abdulraouf, A., Burris, S. J., et al. (2022). Single-cell genomic profiling of human dopamine neurons identifies a population that selectively degenerates in Parkinson's disease. Nature Neuroscience, 25, 588-595. https://doi.org/10.1038/s41593-022-01061-1

Karaduman, T. (2020). Alzheimer Hastalarında PSEN1 Geni Kodlayan Bölgelerinde ve APP Geni 16-17. Ekzonlarında Mutasyon Taraması ve APOE Genotiplendirmesi. Türk Doğa ve Fen Dergisi, 9(1), 35-41. https://doi.org/10.46810/tdfd.713624

Karakurt, H., Yunak, M., Sarı, F. A., & Kökce, A. (2026). Alzheimer Hastalığında Aβ ve Tau'nun İkili Doğası: Sinaptik Budama, Aktin Disfonksiyonu ve Homeostatik Restorasyon. Osmangazi Tıp Dergisi, 48(Öğrenci Özel Sayısı 2026), 9-17. https://doi.org/10.20515/otd.1963013

Kurman, Y. (2018). Parkinson Hastalığı ve İlişkili Olduğu Genler. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6(1), 231-239. https://doi.org/10.29130/dubited.359368

Liu, C.-C., Kanekiyo, T., Xu, H., & Bu, G. (2013). Apolipoprotein E and Alzheimer disease: Risk, mechanisms and therapy. Nature Reviews Neurology, 9, 106-118. https://doi.org/10.1038/nrneurol.2012.263

Mathys, H., Davila-Velderrain, J., Peng, Z., et al. (2019). Single-cell transcriptomic analysis of Alzheimer's disease. Nature, 570, 332-337. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1195-2

NCBI Gene Expression Omnibus. GSE161045: Human striatal glia differentially contribute to AD and PD-specific neurodegeneration. Erişim tarihi: 14.10.2026.

Nemergut, M., Marques, S. M., Uhrik, L., et al. (2023). Domino-like effect of C112R mutation on ApoE4 aggregation and its reduction by Alzheimer's disease drug candidate. Molecular Neurodegeneration, 18, 38. https://doi.org/10.1186/s13024-023-00620-9

Özpak, L., Pazarbaşı, A., & Keser, N. (2017). Alzheimer Hastalığının Genetiği ve Epigenetiği. Arşiv Kaynak Tarama Dergisi, 26(1), 34-49. https://doi.org/10.17827/aktd.280520

Rebeck, G. W. (2017). The role of APOE on lipid homeostasis and inflammation in normal brains. Journal of Lipid Research, 58(8), 1493-1499. https://doi.org/10.1194/jlr.R075408

RCSB Protein Data Bank. PDB ID 1BZ4: Apolipoprotein E3 (ApoE3), truncation mutant 165; PDB ID 8AX9: Human Apolipoprotein E4 (ApoE4) N-terminal domain. Erişim tarihi: 14.10.2026.

Saruhan, M. (2024). Alzheimer Hastalığında ApoE4 Varyantı ve Beslenmedeki Rolü. Türkiye Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi, 7(2), 17-26. https://doi.org/10.51536/tusbad.1446087

Segelke, B. W., Forstner, M., Knapp, M., et al. (2000). Conformational flexibility in the apolipoprotein E amino-terminal domain structure determined from three new crystal forms: Implications for lipid binding. Protein Science, 9(5), 886-897. https://doi.org/10.1110/ps.9.5.886

Xu, J., Farsad, H. L., Hou, Y., et al. (2023). Human striatal glia differentially contribute to AD- and PD-specific neurodegeneration. Nature Aging, 3(3), 346-365. https://doi.org/10.1038/s43587-023-00363-8

Yeğenoğlu, E. D. (2025). Yapay Zeka Tabanlı RNA Dizi Analizi: Algoritmalar ve Uygulamalar / Artificial Intelligence (AI)-Powered RNA Sequence Analysis: Algorithms and Applications. Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi, 2(40), 16-29. https://doi.org/10.47118/somatbd.1826014

Yıldırım, N., & Can Eke, B. (2024). Alzheimer Hastalığı, Risk Faktörleri ve Tedavi. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi, 48(2), 766-790. https://doi.org/10.33483/jfpau.1441827

DIGITAL STRESS AND ACADEMIC PROCRASTINATION AMONG COLLEGE STUDENTS: THE MEDIATING ROLE OF COGNITIVE FAILURES

Dr. Hakan ACAR

Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Career Development Application and Research Center

ABSTRACT

Digital technologies are deeply embedded in college students' academic and social lives; however, continuous connectivity, notification demands, information overload, and online vigilance may generate digital stress and contribute to cognitive failures in everyday functioning. This cross-sectional study examined whether cognitive failures mediate the association between digital stress and academic procrastination among college students. The sample consisted of 304 college students in Türkiye (M_{age} = 21.55, SD = 1.86; 68.10% female). Data on digital stress, cognitive failures, and academic procrastination were collected using self-report measures, and the hypothesized mediation model was tested using Hayes' PROCESS macro (Model 4) with 5,000 bootstrap samples. Digital stress significantly and positively predicted cognitive failures (b = .82) and academic procrastination (b = .28), while cognitive failures significantly and positively predicted academic procrastination (b = .07). When cognitive failures were included in the model, the direct association between digital stress and academic procrastination remained significant (b = .22). The indirect association between digital stress and academic procrastination through cognitive failures was also significant (b = .06, 95% CI [.03, .09]), indicating partial mediation. These findings suggest that greater digital stress may be associated with higher academic procrastination partly through increased cognitive failures, highlighting everyday cognitive difficulties as a potential psychological mechanism linking stressful digital engagement with difficulties in managing academic tasks. The results underscore the importance of addressing both digital stress and associated cognitive difficulties in interventions aimed at reducing academic procrastination among college students.

Keywords: Digital Stress, Cognitive Failures, Academic Procrastination, College Students.

INTRODUCTION

University life is an intensive period in which students are required to manage numerous academic and social demands simultaneously. A substantial proportion of tasks such as attending courses, accessing resources, preparing assignments, studying for examinations, and communicating with instructors are now carried out through digital tools. Smartphones, learning management systems, online databases, messaging applications, and social media facilitate access to information and enable learning to occur independently of time and place. However, this convenience also exposes students to the simultaneous demands of multiple channels. A message received while reading an academic text, checking a social media feed

while preparing an assignment, or a notification appearing during a lecture video may seem like only a brief interruption, yet each requires attention to be redirected and subsequently returned to the primary task. The accumulation of such interruptions may deplete students' mental resources and disrupt continuity in academic tasks. Explaining the effects of digital technologies solely in terms of screen time is insufficient. Two students who use a device for the same amount of time may have very different experiences depending on the purpose of use, notification intensity, expectations of online availability, and perceived control over their use. Therefore, current research focuses not only on the amount of technology use but also on the subjective experience of pressure and stress. Digital stress refers to the psychological response to demands arising from social and digital media use, including constant availability, the pursuit of online approval, fear of missing out, connection overload, and online vigilance (Hall et al., 2021; Steele et al., 2020). The concept does not regard technology itself as inherently harmful; rather, it emphasizes an imbalance between digital demands and the coping resources available to the individual.

The multidimensional nature of digital stress can be clearly observed in students' everyday experiences. Availability stress arises from the expectation of responding quickly to messages and calls. Approval anxiety involves tension regarding how one's online posts will be received by others. Fear of missing out refers to the concern that important information, events, or social interactions may be missed when one is offline. Connection overload reflects the perception that messages and notifications are too numerous to manage, whereas online vigilance refers to the tendency to continuously check whether something new has occurred (Funke et al., 2026; Hall et al., 2021). Although these components may appear distinct, they share the common feature of repeatedly directing an individual's attention toward the digital environment. Steele et al. (2020) conceptualized digital stress as a developmentally significant area of risk for adolescents and young adults. Young people are in constant contact with technology during a developmental period characterized by intensive online social connections, continued sensitivity to peer evaluation, and ongoing development of self-regulation skills. The multidimensional measurement approach developed by Hall et al. (2021) demonstrated that digital stress does not consist of a single behavior and that different digital demands contribute to a common experience of stress. Khetawat and Steele's (2023) meta-analysis also demonstrated that components of digital stress are significantly associated with psychological well-being. Accordingly, digital stress should be regarded as a construct associated with cognitive and emotional functioning rather than merely an everyday inconvenience. Funke et al. (2026) developed a 10-item short form to facilitate the cross-cultural assessment of digital stress and demonstrated that the scale was valid and reliable in samples from Germany, Italy, and Japan. The researchers reported that the short form retained the dimensions of availability stress, approval anxiety, fear of missing out, connection overload, and online vigilance. The scale was adapted into Turkish by Geris et al. (2026), and its five-dimensional structure was supported. The positive associations of the Turkish version with social media addiction, loneliness, social anxiety, and depression demonstrate the position of digital stress within a broader pattern of psychological adjustment. These measurement developments make it possible to examine digital stress experiences among university students in Türkiye using a brief and culturally appropriate instrument.

Several mechanisms may account for the association between digital stress and academic procrastination. First, digital environments provide more immediate and variable rewards than academic tasks. A new message, like, or piece of content may be more appealing than an effortful academic task whose reward is delayed. Second, constant availability and online vigilance may fragment the time students devote to academic work. Third, negative affect and fatigue generated by digital demands may make it easier for individuals to turn to online activities that provide short-term relief rather than initiating a challenging academic task. Fourth, the burden placed on attention and working memory may weaken self-regulatory processes such as planning the task, monitoring its steps, and checking for errors.

Academic procrastination can be defined as voluntarily delaying an academic task that needs to be completed despite knowing that the delay will have negative consequences (Steel, 2007). Procrastination is not merely poor time management. It is a self-regulation problem characterized by a discrepancy between intention and behavior. A student may consider a task important, intend to complete it, and be aware of the harmful consequences of delay. Nevertheless, the student may postpone initiating or continuing the work. Solomon and Rothblum (1984) demonstrated that academic procrastination is prevalent across different domains, including preparing for examinations, writing assignments, completing weekly readings, and performing administrative tasks. Studies conducted with university students in Türkiye also indicate that procrastination is common (Balkıs & Duru, 2009; Uzun Özer et al., 2009). The consequences of academic procrastination are not limited to students' grade point averages. Kim and Seo's (2015) meta-analysis demonstrated that procrastination is negatively associated with academic performance. As deadlines approach, procrastination may increase time pressure and stress. It may also negatively affect sleep patterns, life satisfaction, and emotional well-being. Tice and Baumeister (1997) reported that although procrastination may reduce stress in the short term, it is associated with greater stress and health problems in the long term. This pattern suggests that procrastination produces long-term academic and psychological costs in exchange for short-term gains in emotion regulation. Sirois and Pychyl (2013) similarly explained procrastination as a self-regulation problem in which the consequences for the future self are disregarded in favor of improving the mood of the present self.

The relationship between digital tools and academic procrastination may be better understood through interruption and control processes rather than duration of use. In a study involving 532 students and 2,331 daily observations, Meier (2022) demonstrated that mobile checking habits, perceived interruptions, and the urge to check one's phone explained procrastination. Students who experienced more interruptions and stronger checking urges during the day reported greater procrastination. Using intensive experience-sampling data, Aalbers et al. (2022) found that procrastination showed person-specific associations with total smartphone use, application types, notifications, and fragmentation of use. These findings indicate that there is no uniform relationship between digital behavior and procrastination that applies equally to everyone; rather, subjective pressure, habits, and attentional fragmentation appear to be important determinants. Recent studies also support the association between digital demands and academic procrastination. Acaray (2026) reported that digital stress was positively associated with academic procrastination and that ego depletion played an

explanatory role in this relationship. Nevertheless, digital stress is not synonymous with problematic use or addiction. Even when students are able to control their technology use, they may experience stress due to constant notifications, expectations of rapid responses, or pressure for online approval. This distinction is important because it suggests that interventions should focus not only on reducing the duration of technology use but also on managing digital demands.

Experimental findings on digital distraction illustrate the potential cognitive basis of this association. Stothart et al. (2015) found that phone notifications could impair performance on attention-demanding tasks even when participants did not interact with their phones. Upshaw et al. (2022) demonstrated that participants responded more slowly in the presence of smartphone notification sounds and that notifications produced measurable changes in cognitive control and attentional processes. Ward et al. (2017) reported that the mere presence of one's own smartphone nearby could reduce available cognitive capacity. Wilmer et al. (2017), reviewing evidence on the associations between smartphone habits and cognitive functions such as attention, memory, and delayed reward selection, emphasized that although the direction of these associations is not always conclusive, attention and cognitive control constitute important areas of investigation. A systematic review conducted by Martin et al. (2025) classified the causes of digital distraction in educational settings into technology-related stimuli, personal needs, and the instructional environment. Performance problems were the most frequently reported outcomes in the review. Turning off notifications, regulating device use, and adopting personal behavioral strategies emerged as prominent preventive approaches. These findings suggest that digital stress may not only temporally interrupt academic tasks but may also affect students' capacity to sustain attention and return to the task. However, a construct that directly captures the everyday manifestations of observed cognitive lapses is needed. At this point, the concept of cognitive failures becomes particularly important.

Cognitive failures are lapses that individuals experience in everyday life in tasks involving attention, perception, memory, and action that they would normally be capable of performing (Broadbent et al., 1982). Reading a text without processing it and having to start again, forgetting the name of a familiar person, failing to remember something that needs to be done, misplacing objects, or losing track of the purpose of an initiated action are examples of such failures. The concept does not refer to a permanent loss of cognitive capacity but rather to a tendency toward errors and lapses during everyday functioning. The Cognitive Failures Questionnaire assesses, through self-report, how frequently individuals have experienced such lapses over a recent period. Cognitive failures do not fully correspond to any single cognitive function measured by laboratory tests. Carrigan and Barkus's (2016) systematic review demonstrated that everyday cognitive failures are associated with numerous variables, including attentional control, working memory, personality, mood, and stress. The subjective nature of the measure constitutes both a strength and a limitation because it incorporates individuals' evaluations of their own cognitive performance. Whereas a laboratory task measures controlled performance at a specific point in time, the questionnaire captures errors occurring across different times and contexts in everyday environments. Conversely, individuals experiencing anxiety or negative mood may notice their lapses more frequently or

evaluate them more negatively. Therefore, cognitive failure scores should not be interpreted as a diagnosis of objective neurocognitive impairment.

Stress may direct attention toward stimuli associated with threats or demands, thereby reducing the resources available for the task at hand. Matthews et al. (1990) demonstrated that cognitive failures were associated with vulnerability to stress. In digital contexts, monitoring information streams, responding to new notifications, thinking about social evaluation, and simultaneously maintaining engagement with an academic task create competition for cognitive resources. Marsh et al. (2024) found that information overload and fear of missing information increased digital workplace stress and burnout. Kim et al. (2022) demonstrated that under conditions of high technology-related stress, cognitive load increased and task performance could deteriorate. Although these findings were obtained from employee or adult samples, they provide a meaningful theoretical basis for university students who are exposed to similar demands of constant connectivity. The expected association between digital stress and cognitive failures can be explained at several levels. Availability pressure and notifications create external interruptions. Online vigilance and fear of missing out, by contrast, may create internal interruptions that allocate mental resources to potential digital developments even in the absence of a visible notification. As noted by Meier (2022), the urge to check one's phone may consume executive resources even when the individual does not actually engage in the behavior. Connection overload requires the selection, prioritization, and retention of numerous messages and pieces of content. Approval anxiety may also shift attention away from the academic task toward social evaluation. Thus, different dimensions of digital stress may create a common cognitive pathway associated with attentional lapses, forgetfulness, and action errors.

The association between cognitive failures and academic procrastination can also be theoretically expected. Completing academic tasks on time requires not only motivation but also cognitive processes such as remembering the task, keeping its goal active throughout the work process, inhibiting distractions, monitoring progress, and selecting the next step. If students forget their intention to study, repeatedly have to return to previously read material, confuse the steps of a task, or struggle to re-establish focus following minor interruptions, the subjective cost of initiating and sustaining the task may increase. Increased difficulty may facilitate a shift toward easier and immediately rewarding activities, thereby contributing to procrastination. This association may also be bidirectional. Leaving a task until the last minute may increase time pressure and the number of tasks that must be managed simultaneously, thereby increasing cognitive errors. Insufficient sleep and elevated stress may also increase reports of cognitive failures. Cross-sectional data cannot establish which process occurs first. Nevertheless, the assumption that digital stress is associated with everyday lapses in attention and memory, and that these lapses are in turn associated with difficulties in managing academic tasks, provides a testable indirect association model. The mediation model does not demonstrate that these processes have been established temporally or causally; rather, it evaluates whether the observed associations are consistent with the proposed theoretical pattern.

The mediating role of cognitive failures need not account for the entire association between digital stress and academic procrastination. Digital stress may directly reduce the time

allocated to academic tasks, increase online avoidance for the purpose of regulating negative affect, disrupt sleep, or be associated with self-control resources. Similarly, academic procrastination is associated with numerous variables, including task aversiveness, low self-efficacy, perfectionism, fear of failure, impulsivity, and poor self-regulation (Steel, 2007). Therefore, a partial mediation pattern, in which cognitive failures account for a portion of the overall association, appears theoretically more plausible.

The Present Study

The present study aimed to examine the mediating role of cognitive failures in the association between digital stress and academic procrastination among college students. Rather than conceptualizing digital technology use as inherently problematic or addictive behavior, the study focuses on students' subjective stress in response to digital demands. It further proposes that the association between digital stress and academic procrastination may be related not only to time loss but also to everyday lapses in attention, memory, and action. The study aims to make three contributions. First, current experiences of digital stress among college students are examined using the recently adapted Turkish version of the Short Digital Stress Scale. Second, rather than treating cognitive failures solely as an outcome variable, they are considered a potential mechanism explaining the association between digital demands and academic behavior. Third, the findings may provide a practical framework for academic procrastination interventions to extend beyond scheduling and time management by incorporating components related to digital attention regulation and cognitive self-monitoring. Based on the theoretical framework, the following hypotheses were tested: (H_1) Digital stress is positively associated with cognitive failures. (H_2) Digital stress is positively associated with academic procrastination. (H_3) Cognitive failures are positively associated with academic procrastination. (H_4) Cognitive failures have a significant indirect role in the association between digital stress and academic procrastination. Given the cross-sectional design of the study, these hypotheses were evaluated as directional statistical associations among the variables rather than as causal effects.

METHOD

Participants and Procedure

The study sample consisted of 304 college students enrolled at a higher education institution in Türkiye. Of the participants, 207 were female (68.10%) and 97 were male (31.90%). The mean age of the participants was 21.55 years (SD = 1.86). Regarding perceived socioeconomic status, 20 students rated their socioeconomic status as poor (6.60%), 213 as moderate (70.10%), and 71 as good (23.40%). Thus, the majority of the sample perceived themselves as having a moderate socioeconomic status.

The study employed a correlational and cross-sectional design. Digital stress, cognitive failures, and academic procrastination were assessed during the same measurement period using self-report measures. Data were collected face-to-face. Participants were informed about the purpose of the study and the voluntary nature of participation, and the measures were administered together with a demographic information form. Analyses were conducted using total scale scores rather than personally identifiable information. Because there were no

missing observations in the available dataset, analyses were conducted using data from all 304 participants.

Measures

Academic Procrastination Scale–Short Form. Academic procrastination was assessed using the Academic Procrastination Scale–Short Form, originally developed by McCloskey (2011), whose psychometric properties were subsequently examined by Yockey (2016), and adapted into Turkish by Balkıs and Duru (2022). The five-item scale assesses students' general tendency to procrastinate on academic responsibilities, including studying for examinations, completing assignments, and fulfilling academic responsibilities on time. Items are rated on a 5-point Likert scale, with higher scores indicating greater academic procrastination. Yockey (2016) provided support for the unidimensional structure, internal consistency, and convergent validity of the five-item short form. The Turkish adaptation study further supported the scale's unidimensional structure, measurement invariance across gender, and construct, convergent, and criterion-related validity, with an internal consistency coefficient of .88 (Balkıs & Duru, 2022). In the present study, Cronbach's alpha was .79.

Short Digital Stress Scale. Participants' levels of digital stress were assessed using the Short Digital Stress Scale, developed by Funke et al. (2026) and adapted into Turkish by Geris et al. (2026). The scale consists of 10 items and assesses perceived stress arising from the use of digital technologies. Items are rated on a 5-point Likert scale ranging from 1 (never) to 5 (always). The scale covers five content domains: availability stress, approval anxiety, fear of missing out, connection overload, and online vigilance. Higher total scores indicate greater digital stress. In the Turkish adaptation study, the factor structure of the scale was confirmed, and Cronbach's alpha for the total score was .77 (Geris et al., 2026). In the present study, Cronbach's alpha for the total score was .87.

Cognitive Failures Questionnaire. Cognitive failures were assessed using the Cognitive Failures Questionnaire, developed by Broadbent et al. (1982) and adapted into Turkish by Yapıcı-Eser et al. (2020). The questionnaire is a 25-item self-report measure assessing everyday lapses related to attention, perception, memory, and action. In the Turkish version, items are rated from 0 (never) to 3 (often), with higher scores indicating more frequent cognitive failures. The Turkish adaptation study yielded a five-component structure explaining 53.70% of the total variance and reported a Cronbach's alpha of .91 (Yapıcı-Eser et al., 2020). In the present study, Cronbach's alpha was .90.

Data Analyses

In the first stage of the analyses, frequencies and percentages were calculated for demographic variables, whereas means, standard deviations, skewness, and kurtosis values were calculated for continuous variables. The internal consistency of the scales was assessed using Cronbach's alpha coefficients. Bivariate linear associations among the variables were examined using Pearson product–moment correlation coefficients. Skewness values ranged from −.25 to .26, and kurtosis values ranged from −.51 to −.31, indicating no serious univariate normality problems in the distributions of the total scores.

In the regression model examining the joint prediction of academic procrastination by digital stress and cognitive failures, multicollinearity was assessed using tolerance and variance inflation factor (VIF) values. For both predictors, tolerance was .78 and VIF was 1.28. These values indicated that there was no level of multicollinearity between the predictors that would adversely affect the analyses. The Durbin–Watson statistic for the independence of residuals was 1.83.

The proposed indirect association was tested using Model 4, the simple mediation model in Hayes' (2022) PROCESS macro. In the model, digital stress was specified as the independent variable (X), cognitive failures as the mediator (M), and academic procrastination as the outcome variable (Y). Uncertainty surrounding the indirect association was evaluated using a percentile bootstrap procedure based on 5,000 resamples and a 95% confidence interval. An indirect association was considered statistically significant when its confidence interval did not include zero. Unstandardized *b* coefficients were primarily reported when interpreting the regression coefficients, while standardized coefficients were also provided to facilitate comparisons across variables. Given the cross-sectional design and concurrent measurement of all variables, the term mediation is used to refer to a significant indirect statistical association within the proposed model rather than to imply causality.

RESULTS

Descriptive Statistics and Correlations

Descriptive statistics, internal consistency coefficients, and Pearson correlations for the study variables are presented in Table 1. The mean score for digital stress was 33.99 (*SD* = 7.68), the mean score for cognitive failures was 62.72 (*SD* = 13.44), and the mean score for academic procrastination was 14.86 (*SD* = 4.29). The internal consistency coefficients were .87 for digital stress, .90 for cognitive failures, and .79 for academic procrastination. These values indicate that the scale scores demonstrated acceptable to high levels of internal consistency in the present sample.

Table 1.

Descriptive statistics and correlation coefficients for the variables

	Descriptive Statistics					Correlation Coefficients (*r*)		
Scales	α	*M*	*SD*	g_1	g_2	1.	2.	3.
1. APS-SF	.79	14.86	4.29	.26	-.51	-	.50**	.40**
2. SDSS	.87	33.99	7.68	-.25	-.31		-	.47**
3. CFQ	.90	62.72	13.44	.14	-.50			-

Note. g_1, skewness; g_2, kurtosis; APS-SF, academic procrastination scale short form; SDSS, short digital stress scale; CFQ, cognitive failures questionnaire. *$p < .01$, **$p < .001$.

According to Table 1, digital stress was moderately and positively associated with cognitive failures ($r = .47$, $p < .001$). The association between digital stress and academic procrastination was also positive and moderate ($r = .50$, $p < .001$). Cognitive failures were

associated with higher levels of academic procrastination (r = .40, p < .001). Thus, H_1, H_2, and H_3 were supported at the correlational level.

Testing the Proposed Model

The findings for the proposed model are presented in Table 2. In the first regression equation, the association between digital stress and cognitive failures was examined. The model was significant, $F_{(1, 302)}$ = 85.76, p < .001, and explained 22.10% of the variance in cognitive failures (R^2 = .22). Digital stress was a positive predictor of cognitive failures (*a* path: b = .82, SE = .09, t = 9.26, p < .001, 95% CI [.65, .99]; β = .47).

Table 2.

Unstandardized coefficients for the mediation model

Antecedent		Consequent					
		Coeff.	*SE*	*t*	*p*	BootLLCI	BootULCI
		M (Cognitive Failures)					
X (Digital Stress)	*a*	.82	.09	9.26	.000	.65	.99
Constant	$\dot{I}_M$	34.74	3.10	11.22	.000	28.65	40.84
		R^2 = .22					
		$F_{(1, 302)}$ = 85.76; p < .001					
		Y (Academic Procrastination)					
X (Digital Stress)	*c′*	.22	.03	7.24	.000	.16	.28
M (Cognitive Failures)	*b*	.07	.02	3.95	.000	.03	.10
Constant	$\dot{I}_Y$	2.94	1.12	2.61	.009	.73	5.16
		R^2 = .29					
		$F_{(2, 301)}$ = 61.01; p < .001					

Note. SE = standard error; Coeff = unstandardized coefficient; X = independent variable; M = mediator variables; Y = outcome or dependent variable.

In the second regression equation, digital stress and cognitive failures jointly predicted academic procrastination (see Table 2). The model was significant, $F_{(2, 301)}$ = 61.01, p < .001, and explained 28.8% of the variance in academic procrastination (R^2 = .29). The direct association between digital stress and academic procrastination was positive and significant (*c′* path: b = .22, SE = .03, t = 7.24, p < .001, 95% CI [.16, .28]; β = .39). Cognitive failures also positively predicted academic procrastination after controlling for digital stress (*b* path: b = .07, SE = .02, t = 3.95, p < .001, 95% CI [.03, .10]; β = .22).

Table 3.

Unstandardized total, direct and indirect effects for the model

Path	Effect	*SE*	BootLLCI	BootULCI
Total effect	.28	.03	.22	.33
Direct effect	.22	.03	.16	.28
Indirect effect	.06	.02	.03	.09

Note. Number of bootstrap samples for percentile bootstrap confidence intervals: 5,000

As shown in Table 3, the total association between digital stress and academic procrastination was significant (*c* path: $b = .28$, $SE = .03$, $t = 10.08$, $p < .001$, 95% CI [.22, .33]; $\beta = .50$). When cognitive failures were included in the model, the coefficient decreased from .28 to .22 but remained significant. The indirect association between digital stress and academic procrastination through cognitive failures was $b = .06$ (Boot$SE = .02$, 95% CI [.03, .09]). Because the confidence interval did not include zero, the indirect association was significant. Thus, H_4 was supported, and the direct path remaining significant indicated a partial mediation pattern.

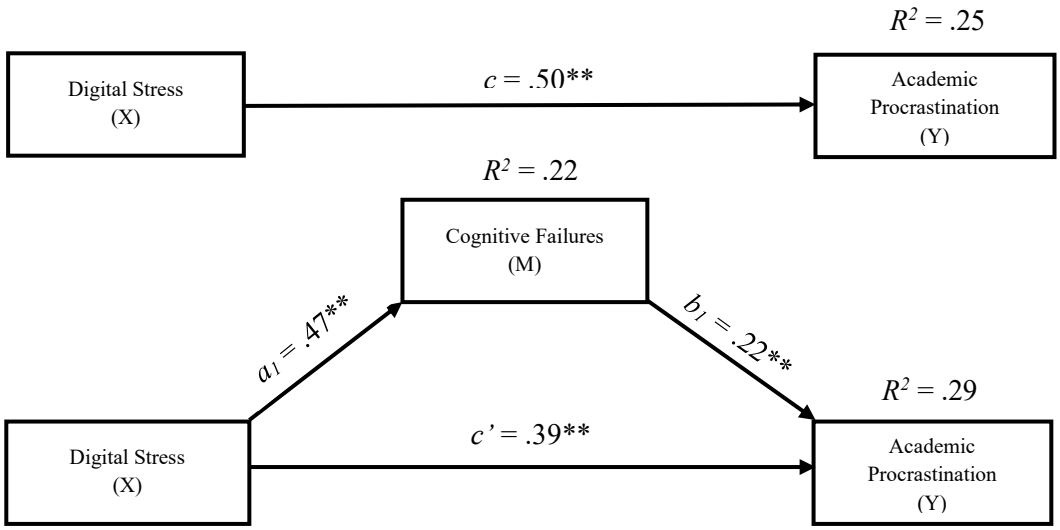


Figure 1. *Proposed model indicating the standardized associations between variables*, *$p <$ .01, **$p < .001$.

DISCUSSION

The present study examined the mediating role of cognitive failures in the association between digital stress and academic procrastination among college students. The findings showed that digital stress was positively associated with both cognitive failures and academic procrastination, and that cognitive failures positively predicted academic procrastination after controlling for digital stress. Most importantly, part of the association between digital stress and academic procrastination was explained by a significant indirect pattern through cognitive failures. The fact that the direct association remained significant indicates that cognitive

failures were not the only explanatory pathway and that a partial mediation pattern was present.

The first finding was that students with higher levels of digital stress reported more cognitive failures. Digital stress alone explained 22.10% of the variance in cognitive failures, and the standardized association between the two variables was moderate. This finding is consistent with the view that constant availability, high notification intensity, online vigilance, and fear of missing out may make it more difficult to sustain attention on academic or everyday tasks. Components of digital stress may occupy attentional resources not only while a device is being used but also when individuals mentally remain alert to potential new messages or developments. Experimental research on notifications supports this interpretation. Stothart et al. (2015) demonstrated that notifications disrupted performance on an attention task even when participants did not directly respond to their phones. Upshaw et al. (2022) found that notification sounds slowed response times and produced differences in electrophysiological indicators of attention and cognitive control. Ward et al. (2017) reported that the mere presence of one's smartphone nearby may impose a cost on available cognitive capacity. The self-reported association observed in the present study does not measure the same phenomenon as these experimental studies; however, evidence obtained through different methods converges on the idea that digital stimuli create attentional demands that compete with the primary task.

The association between digital stress and cognitive failures cannot be explained solely by external notifications. Meier (2022) proposed that the urge to check one's phone may constitute an internal interruption that makes it difficult to maintain focus even when the individual does not actually check the phone. Online vigilance may mean that part of one's mental resources is continuously devoted to monitoring whether something new has occurred. Approval anxiety may lead individuals to think about reactions to something they previously posted, whereas fear of missing out may lead them to monitor the potential social costs of being offline. These mental processes may compete for the same limited resources required for tasks such as maintaining the content of an academic text in working memory or monitoring the steps of an assignment. Connection overload provides another important explanation. Monitoring numerous channels and messages, deciding which are important, and returning to an interrupted task may create cognitive switching costs. Marsh et al. (2024) demonstrated that information overload and fear of missing information were important in relation to digital stress and burnout. The eye-tracking study by Kim et al. (2022) showed that technology-related stress may increase cognitive load and impair performance, particularly among individuals experiencing high levels of stress. University students' attempts to simultaneously manage academic tasks, social communication, and online information streams may create a similar burden. However, because the present study did not directly assess cognitive load or the number of notifications, these explanations should be regarded as interpretations consistent with the findings rather than as confirmed mechanisms.

The second major finding was the positive association between digital stress and academic procrastination. The total standardized association between digital stress and academic procrastination was .50, and the single-predictor model explained approximately one-quarter of the variance in academic procrastination. This finding indicates that digital demands are

meaningfully associated with students' ability to initiate and complete academic tasks on time. It is consistent with the association between digital stress and academic procrastination reported by Acaray (2026), as well as with daily-life studies demonstrating associations between mobile checking behaviors and procrastination (Aalbers et al., 2022; Meier, 2022). This association may be interpreted through the short-term emotion-regulation function of procrastination. When a difficult, boring, or potentially failure-inducing academic task generates negative affect, online content may provide immediate relief and reward. When students experiencing digital stress are already tense, overwhelmed, or mentally fatigued, they may be more inclined to postpone an academic task requiring additional effort and turn instead to an easier digital activity. According to Sirois and Pychyl (2013), procrastination represents an attempt to repair one's current mood in the short term at the expense of long-term goals. However, when the task does not progress, time pressure increases and procrastination itself becomes a new source of stress (Tice & Baumeister, 1997). Temporal displacement may also constitute a direct pathway. Social media feeds, short-form videos, and messaging are activities without clearly defined endpoints. When students leave an academic task intending to check something for only a few minutes, they may remain online longer than planned. Nevertheless, the present study did not assess screen time or the use of specific applications. Therefore, it should be emphasized that a high digital stress score does not necessarily indicate a longer duration of technology use. The same amount of use may be functional and controlled for some students but fragmented, pressuring, and stressful for others. The findings point to the subjective nature of individuals' relationship with technology rather than merely to the presence of technology itself.

The third finding was that cognitive failures positively predicted academic procrastination independently of digital stress. Together, cognitive failures and digital stress explained 28.80% of the variance in academic procrastination. The standardized coefficient for cognitive failures was .22. Students who experience everyday lapses in attention and memory may find it more difficult to plan academic tasks, keep task goals active in mind, identify where they left off after becoming distracted, and monitor their progress. Such difficulties may increase the perceived cost of a task, thereby facilitating avoidance or delaying task initiation. Although academic procrastination often appears to reflect a lack of motivation, its cognitive task-management dimension should not be overlooked. For example, a student may intend to study for an examination; however, if the student forgets to organize the study materials, frequently loses focus while reading, cannot remember where they left off after a digital interruption, and struggles to transition between planned steps, the study experience may become inefficient. The perception of inefficiency may reduce the willingness to re-engage with the task. Steel's (2007) meta-analytic model associated procrastination with impulsivity, distractibility, low self-control, and task aversiveness. Cognitive failures may represent one manifestation of these risks in everyday functioning.

The finding concerning the mediating role of cognitive failures constitutes the main contribution of the study. The total association between digital stress and academic procrastination was $b = .28$, whereas the direct association decreased to $b = .22$ when cognitive failures were included in the model. The indirect association was $b = .06$ and was significant. The completely standardized indirect association was .10. This pattern indicates

that students reporting higher levels of digital stress also reported more everyday cognitive lapses, and those reporting more cognitive lapses also reported greater academic procrastination. This indirect association should not be interpreted as indicating that digital stress causes cognitive failures and that cognitive failures, in turn, cause procrastination. The variables were measured concurrently, and all were based on self-report. Time pressure and sleep deprivation resulting from academic procrastination may increase cognitive failures, students who frequently experience cognitive errors may perceive digital demands as more stressful, and negative affect may contribute to higher scores on all three variables. The mediation analysis indicates that the proposed ordering provides an indirect association consistent with the data; it does not establish temporal precedence or causal direction. The partial mediation pattern indicates that cognitive failures represent an important but not the only potential mechanism. Digital stress may be associated with academic procrastination through pathways other than cognitive failures. Notifications and social media use may directly reduce the time available for academic work. Online approval and fear of missing out may prioritize social activities over academic tasks. Digital stress may affect sleep quality and energy levels. Students' self-control, academic self-efficacy, task value, and study environment may also help explain the association. Indeed, Acaray (2026) demonstrated the importance of ego depletion, whereas Meier (2022) highlighted the roles of perceived interruptions and checking urges. Future studies may compare these mechanisms within the same model.

The first practical implication of the findings is that conceptualizing academic procrastination solely as a problem of creating and following a schedule may be insufficient. Even when a study schedule has been established, the plan may not translate into behavior if the student is constantly receiving notifications, monitoring online developments, and struggling to re-establish attention. University study-skills programs should incorporate strategies for managing the digital environment, managing notifications, working on one task at a time, and returning to a task following an interruption. Rather than seeking to eliminate technology altogether, such content should aim to help students recognize which digital demands conflict with academic goals and when these conflicts occur. Second, students may be encouraged to identify their individual digital stress profiles. For some students, the primary problem may be notification overload, whereas for others it may be approval anxiety or online vigilance. Brief self-monitoring records may be used to identify the times of day, applications, and emotional states in which students disengage from academic tasks. Silencing the phone, batching application notifications, using focus mode, placing the device outside the visual field during designated study periods, and establishing predetermined time windows for social media use may be implemented as individualized experiments. Third, environmental supports aimed at reducing cognitive failures may be important. Recording tasks in an external system, preparing the necessary materials before beginning work, dividing large tasks into visible smaller steps, briefly noting where one left off before an interruption, and writing down the next step at the end of a study session may reduce demands on memory and action control. Focused work intervals, such as the Pomodoro technique, may be useful for some students; however, it should be recognized that no single technique is appropriate for everyone and that checking a timer too frequently may itself create an additional interruption.

Fourth, academic advising and psychological counseling services should address the emotional dimensions of digital stress. Feeling compelled to respond immediately to every message, believing that being offline will lead to social exclusion, or constantly checking reactions to online posts may not be resolved simply by adjusting device settings. Skills related to setting boundaries, tolerating uncertainty, recognizing social comparison, evaluating approval-seeking, and remaining engaged with a task despite uncomfortable emotions can be addressed. The short-term relief provided by procrastination and its long-term costs can also be examined with students through functional analysis. Fifth, course design may be reconsidered in ways that reduce digital attentional demands. Using multiple messaging and learning platforms for the same course, making last-minute announcements, and creating expectations of constant responsiveness may increase students' availability stress. Instructors may streamline communication channels, establish predictable times for announcements, and avoid creating a norm of immediate responses to non-urgent messages. Martin et al. (2025) demonstrated that, in addition to technological controls, modifications to the instructional environment are important for reducing digital distraction. Responsibility should therefore not be placed solely on students. Sixth, the success of digital well-being interventions should not be evaluated solely in terms of screen time. The number of notifications, task switching, and subjective pressure may be reduced even without decreasing total usage time. Students may use devices for extended periods to access academic resources, conduct group projects, or communicate with family members; not all such use is stressful or dysfunctional. More meaningful indicators may include focused study time, number of interruptions, task completion, comfort with being offline, and perceived control. Interventions should avoid demonizing technology and should preserve the benefits students derive from it for education and social connection.

Limitations and Implications

The first and most important limitation of the study is its cross-sectional design. Because digital stress, cognitive failures, and academic procrastination were measured concurrently, their temporal ordering could not be established. The PROCESS analysis tested a statistical indirect association and did not establish causal mediation. Academic procrastination may increase cognitive failures through time pressure and irregular sleep, whereas cognitive failures may increase digital stress by making the digital environment more difficult to manage. Future research should measure the variables at different time points and compare potential directions of association using cross-lagged or intensive longitudinal models. The second limitation is that all variables were assessed using self-report measures. The use of the same measurement method may have inflated the observed correlations. Participants' negative affect may have led them both to perceive digital demands as more stressful and to report higher levels of cognitive failures and procrastination. Although the Cognitive Failures Questionnaire is valuable for assessing everyday lapses, it is not a direct indicator of objective attention or memory performance. Future studies should combine self-report measures with behavioral measures such as notification logs, application-use diaries, task switching, experimental attention tasks, and assignment submission times. The third limitation concerns the composition of the sample. The study was limited to 304 college students in Türkiye. Of the participants, 68.10% were female, and 70.10% reported their perceived socioeconomic

status as moderate. The sampling method and single-country context limit the generalizability of the findings to the broader population of college students. Digital stress may vary according to academic department, year of study, intensity of online coursework, employment status, internet access, and economic resources. Replication studies should therefore be conducted with more balanced samples drawn from different types of universities, regions, and cultural contexts.

Fourth, total scale scores were used in the analyses. Although this approach allowed for a parsimonious mediation model, it did not reveal which dimensions of digital stress were more strongly associated with cognitive failures and academic procrastination. Connection overload and online vigilance may be more strongly associated with attentional lapses, whereas approval anxiety and fear of missing out may show stronger associations with emotion-regulation-based procrastination. Likewise, the attention, memory, name-processing, or social error components of cognitive failures may not be equally associated with academic procrastination. With sufficiently large samples, latent variable models and specific subdimension pathways should be tested. Fifth, potential confounding variables were not included in the model. Depression, anxiety, sleep quality, attention-deficit symptoms, academic self-efficacy, impulsivity, task value, and problematic smartphone use may be associated with all three study variables. Controlling for these variables may alter the magnitude of the observed indirect association. However, adding control variables to a model without a theoretical rationale may also produce biased results. Future research should select appropriate control variables based on prespecified causal diagrams and theoretical models. Sixth, academic procrastination was assessed using a five-item short-form scale. Although the short form reduced participant burden and demonstrated acceptable internal consistency in the present sample, the types of tasks, reasons, and emotional consequences associated with procrastination were not examined in detail. Students' procrastination in studying for examinations, completing written assignments, participating in online courses, or engaging in group work may involve different processes. Daily assessments and task-level evaluations may provide a clearer understanding of the circumstances under which digital stress is associated with procrastination.

Despite these limitations, the study offers important implications. All three measures demonstrated adequate internal consistency in the present sample. The assumption indicators did not reveal any serious problems, and the confidence interval for the indirect association did not include zero. The findings indicate that everyday cognitive functioning should be considered when examining the association between digital stress and academic procrastination. The study's primary theoretical contribution lies in integrating the literatures on digital well-being and academic self-regulation through the construct of cognitive failures. In conclusion, college students who reported higher levels of digital stress also reported more cognitive failures and greater academic procrastination. Part of the association between digital stress and academic procrastination showed a significant indirect pattern through cognitive failures. Programs designed to reduce academic procrastination in university settings are therefore recommended to incorporate components such as digital boundary setting, notification management, focused work, strategies for returning to a task after interruptions, and external memory supports. However, because the findings are based on cross-sectional

and self-report data, longitudinal, experimental, and multimethod research is needed to determine whether the proposed ordering can be supported as a causal process.

REFERENCES

Aalbers, G., vanden Abeele, M. M. P., Hendrickson, A. T., de Marez, L., & Keijsers, L. (2022). Caught in the moment: Are there person-specific associations between momentary procrastination and passively measured smartphone use? *Mobile Media & Communication, 10*(1), 115–135. https://doi.org/10.1177/2050157921993896

Acaray, A. (2026). How digital stress affects academic procrastination and subjective well-being: Mediating effect of ego depletion. *BMC Psychology, 14*, Article 449. https://doi.org/10.1186/s40359-026-04164-7

Balkıs, M., & Duru, E. (2009). Prevalence of academic procrastination behavior among pre-service teachers and its relationships with demographics and individual preferences. *Eğitimde Kuram ve Uygulama, 5*(1), 18–32.

Balkıs, M., & Duru, E. (2022). Akademik Erteleme Ölçeği'nin kısa formunun psikometrik özelliklerinin incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 54*, 410–425. https://doi.org/10.9779/pauefd.952291

Broadbent, D. E., Cooper, P. F., FitzGerald, P., & Parkes, K. R. (1982). The Cognitive Failures Questionnaire (CFQ) and its correlates. *British Journal of Clinical Psychology, 21*(1), 1–16. https://doi.org/10.1111/j.2044-8260.1982.tb01421.x

Carrigan, N., & Barkus, E. (2016). A systematic review of cognitive failures in daily life: Healthy populations. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 63*, 29–42. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.01.010

Funke, C., Rothert-Schnell, C., Walsh, G., Mangiò, F., Pedeliento, G., & Takahashi, I. (2026). The digital stress scale: Cross-cultural application, validation, and development of a short scale. *Review of Managerial Science, 20*, 1229–1265. https://doi.org/10.1007/s11846-025-00906-w

Geris, A., Esen, E., & Soylu, Y. (2026). Adapting the Short Digital Stress Scale (SDSS) into Turkish: Validation and psychometric evaluation in adults. *Frontiers in Psychology, 16*, 1701641. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1701641

Hall, J. A., Steele, R. G., Christofferson, J. L., & Mihailova, T. (2021). Development and initial evaluation of a multidimensional digital stress scale. *Psychological Assessment, 33*(3), 230–242. https://doi.org/10.1037/pas0000979

Hayes, A. F. (2022). *Introduction to mediation, moderation, and conditional process analysis: A regression-based approach* (3rd ed.). Guilford Press.

Khetawat, D., & Steele, R. G. (2023). Examining the association between digital stress components and psychological well-being: A meta-analysis. *Clinical Child and Family Psychology Review, 26*, 957–974. https://doi.org/10.1007/s10567-023-00440-9

Kim, K. R., & Seo, E. H. (2015). The relationship between procrastination and academic performance: A meta-analysis. *Personality and Individual Differences, 82*, 26–33. https://doi.org/10.1016/j.paid.2015.02.038

Kim, S. Y., Park, H., Kim, H., Kim, J., & Seo, K. (2022). Technostress causes cognitive overload in high-stress people: Eye tracking analysis in a virtual kiosk test. *Information Processing & Management, 59*(6), 103093. https://doi.org/10.1016/j.ipm.2022.103093

Marsh, E., Perez Vallejos, E., & Spence, A. (2024). Overloaded by information or worried about missing out on it: A quantitative study of stress, burnout, and mental health implications in the digital workplace. *SAGE Open, 14*(3). https://doi.org/10.1177/21582440241268830

Martin, F., Long, S., Haywood, K., & Xie, K. (2025). Digital distractions in education: A systematic review of research on causes, consequences and prevention strategies. *Educational Technology Research and Development, 73,* 3423–3451. https://doi.org/10.1007/s11423-025-10550-6

Matthews, G., Coyle, K., & Craig, A. (1990). Multiple factors of cognitive failure and their relationships with stress vulnerability. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment, 12*, 49–65. https://doi.org/10.1007/BF00960452

McCloskey, J. D. (2011). *Finally, my thesis on academic procrastination* [Master's thesis, University of Texas at Arlington]. ProQuest Dissertations and Theses Global. (UMI No. 1506326)

Meier, A. (2022). Studying problems, not problematic usage: Do mobile checking habits increase procrastination and decrease well-being? *Mobile Media & Communication, 10*(2), 272–293. https://doi.org/10.1177/20501579211029326

Sirois, F. M., & Pychyl, T. A. (2013). Procrastination and the priority of short-term mood regulation: Consequences for future self. *Social and Personality Psychology Compass, 7*(2), 115–127. https://doi.org/10.1111/spc3.12011

Solomon, L. J., & Rothblum, E. D. (1984). Academic procrastination: Frequency and cognitive-behavioral correlates. *Journal of Counseling Psychology, 31*(4), 503–509. https://doi.org/10.1037/0022-0167.31.4.503

Steel, P. (2007). The nature of procrastination: A meta-analytic and theoretical review of quintessential self-regulatory failure. *Psychological Bulletin, 133*(1), 65–94. https://doi.org/10.1037/0033-2909.133.1.65

Steele, R. G., Hall, J. A., & Christofferson, J. L. (2020). Conceptualizing digital stress in adolescents and young adults: Toward the development of an empirically based model. *Clinical Child and Family Psychology Review, 23*, 15–26. https://doi.org/10.1007/s10567-019-00300-5

Stothart, C., Mitchum, A., & Yehnert, C. (2015). The attentional cost of receiving a cell phone notification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 41*(4), 893–897. https://doi.org/10.1037/xhp0000100

Tice, D. M., & Baumeister, R. F. (1997). Longitudinal study of procrastination, performance, stress, and health: The costs and benefits of dawdling. *Psychological Science, 8*(6), 454–458. https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1997.tb00460.x

Upshaw, J. D., Stevens, C. E., Jr., Ganis, G., & Zabelina, D. L. (2022). The hidden cost of a smartphone: The effects of smartphone notifications on cognitive control from a behavioral and electrophysiological perspective. *PLOS ONE, 17*(11), e0277220. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277220

Uzun Özer, B., Demir, A., & Ferrari, J. R. (2009). Exploring academic procrastination among Turkish students: Possible gender differences in prevalence and reasons. *The Journal of Social Psychology, 149*(2), 241–257. https://doi.org/10.3200/SOCP.149.2.241-257

Ward, A. F., Duke, K., Gneezy, A., & Bos, M. W. (2017). Brain drain: The mere presence of one's own smartphone reduces available cognitive capacity. *Journal of the Association for Consumer Research, 2*(2), 140–154. https://doi.org/10.1086/691462

Wilmer, H. H., Sherman, L. E., & Chein, J. M. (2017). Smartphones and cognition: A review of research exploring the links between mobile technology habits and cognitive functioning. *Frontiers in Psychology, 8*, 605. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00605

Yapıcı-Eser, H., Yalçınay-İnan, M., Küçüker, M. U., Kılçıksız, C. M., Yılmaz, S., Dinçer, N., Kılıç, Ö., Ercan, A. C., & Aydemir, Ö. (2020). Development, validity and reliability of the 4-point Likert Turkish version of Cognitive Failures Questionnaire. *Annals of Medical Research, 27*(6), 1650–1656. https://doi.org/10.5455/annalsmedres.2020.04.308

Yockey, R. D. (2016). Validation of the Short Form of the Academic Procrastination Scale. *Psychological Reports, 118*(1), 171-179. https://doi.org/10.1177/0033294115626825

FLASH MOB EYLEMLERİNİN ÇAĞDAŞ SANAT PRATİĞİNE DÖNÜŞÜMÜ VE MEKÂNIN YENİDEN ÜRETİMİ

Halil DAŞKESEN
Doç. Atatürk Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Heykel Bölümü
Muhammet Hanifi ZENGİN
Doç. Dr. Kafkas Üniversitesi Kazım Karabekir Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu
Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü

ÖZET
Bu çalışma, başlangıçta sosyal bir etkileşim veya eğlence biçimi olarak ortaya çıkan flash mob eylemlerinin, günümüz sanat dünyasında performatif bir sanat pratiğine evrilme sürecini incelemektedir. Dijital ağlar aracılığıyla organize edilen ve kamusal alanda aniden somutlaşan bu eylemler, geleneksel sergileme mekânlarının dışına taşarak sanatın demokratikleşmesine ve izleyici katılımının yeniden tanımlanmasına zemin hazırlamaktadır. Çalışmada, Sitüasyonist Enternasyonal'in "gösteri toplumu" eleştirisi ve "saptırma" kavramları çerçevesinde, flash mob'un yalnızca bir kalabalık hareketi değil, mekânın estetik bir müdahaleyle yeniden kurgulandığı sanatsal bir deneyim olduğu hipotezi üzerinde durulmaktadır. Bu doğrultuda eylemler, kentin gündelik kullanım pratiklerini sekteye uğratarak kamusal mekânın sanatsal ve kolektif olarak yeniden üretimini sağlamaktadır. Eylemlerin kendiliğindenliği ve geçiciliği, onları performans, enstalasyon ve katılımcı sanat disiplinleriyle ortak bir paydada buluştururken, gündelik hayatın rutinini sanatsal bir dille kesintiye uğratmaktadır. Ayrıca makale kapsamında, koreografik yapımların yanı sıra, toplumsal hafızayı tazeleyen protest formların sanatsal nitelikleri tartışılmaktadır. Bu bağlamda flash mob, pasif izleyiciyi aktif bir katılımcıya dönüştüren çağdaş bir ifade biçimi olarak ele alınmakta ve toplumsal söylemin kolektif bir eyleme dönüşümü; kavram, eylem ve mekân açısından ele alınmakta ve Performanslar kavram, eylem ve mekân parametreleri doğrultusunda nitel çoklu vaka çalışması yöntemiyle çözümlenmektedir.
Anahtar Kelimeler: Flash Mob, Çağdaş Sanat, Performans, Kamusal Alan, Katılımcı Sanat.

ABSTRACT
This study examines the evolution of flash mobs—which initially emerged as a form of social interaction or entertainment—into a performative art practice in the contemporary art world. Organized through digital networks and suddenly materialized in public spaces, these actions transcend traditional exhibition venues, paving the way for the democratization of art and the redefinition of spectator participation. Within the framework of the Situationist International's critique of the "society of the spectacle" and the concept of *détournement*, this study focuses on the hypothesis that the flash mob is not merely a crowd movement, but rather an artistic experience in which space is reconstructed through an aesthetic intervention. In this direction, these actions disrupt the daily utilitarian practices of the city, enabling the artistic and collective reproduction of public space. The spontaneity and ephemerality of the actions bring them to a common ground with the disciplines of performance, installation, and participatory art, while interrupting the routine of everyday life through an artistic language. Furthermore, within the scope of this article, the artistic qualities of protest forms that refresh collective memory are discussed alongside choreographic productions. In this context, the flash mob is addressed as a contemporary form of expression that transforms the passive spectator into an active participant, and the process of social discourse transforming into collective action is analyzed

through a qualitative multiple case study methodology in terms of concept, action, and space parameters.
Keywords: Flash Mob, Contemporary Art, Performance, Public Space, Participatory Art.

GİRİŞ

Kitle iletişim teknolojilerinin ve dijital ağların gelişmesi, toplumsal hareketlerin ve sanatsal eylemlerin yapısını kökten değiştirmiştir. Bu değişimin en dikkat çekici örneklerinden biri "flash mob" kavramıdır. Flash mob; ilk olarak Howard Rheingold tarafından dijital ortamlarda organize olan, kamusal alanda aniden bir araya gelerek belirli bir eylemi gerçekleştiren ve ardından hızla dağılan akıllı kalabalıkların (smart mobs) eylemleri olarak tanımlanmıştır (Rheingold, 2002). Başlangıçta tüketim toplumuna eğlenceli bir tepki ya da absürt birer kitle hareketi olarak ortaya çıkan bu eylemler, sosyolojik açıdan kamusal alanın geçici olarak kullanım biçimlerini değiştirmiştir (Nicholson, 2005). Ancak zamanla bu eylemlerin içindeki planlı hareketler, koreografiler ve estetik kurgu, onları sadece sosyal bir hareket olmaktan çıkarmıştır. Flash mob'lar, kent hayatının sıradan akışını kesintiye uğratarak toplumsal eylemleri estetik bir deneyime dönüştüren yeni bir alan açmıştır.

Fiziksel alanın bu şekilde anlık olarak değişmesinin, çağdaş sanatın yirminci yüzyılın ikinci yarısından itibaren geçirdiği köklü dönüşümle doğrudan ilişkili olduğu söylenebilir. Plastik sanatlarda geleneksel anlayış nesne odaklı ve sınırlandırılmış alanlarda sergilenirken, avangart sanat hareketleri, özellikle de Sitüasyonist Enternasyonal grubu bu duruma karşı bir tavır benimsemiştir. Guy Debord'un "gösteri toplumu" eleştirisinde de, sanat steril galerilerden çıkarılıp sokağın kaotik gerçekliğine taşımak amaçlanmıştır (Debord, 1967). Böylece sanat, alınıp satılan somut bir ürün olmaktan sıyrılarak bir süreç ve deneyim odaklı hale gelmiştir. Bu dönüşümle birlikte çağdaş sanat pratikleri, izleyicinin belirli bir mesafeden izlediği edilgen bir konumdan, doğrudan yapıtın içine dâhil olduğu katılımı teşvik eden ve ilişkisel bir estetiğe evrilmiştir (Bourriaud, 1998).

Bu kuramsal gelişimin günümüzdeki en somut yansımalarından biri olan flash mob eylemleri, sokağı anlık olarak bir galeriye dönüştürerek izleyiciyi sanatın içine çeken modern bir performans sanatı olarak tanımlanabilir. Flash mob, kamusal alanı coğrafi bir zemin gibi görmek yerine, Michel de Certeau'nun belirttiği gibi gündelik hayatın taktiksel bir kullanımıyla mekânı yeniden üretmektedir (De Certeau, 1984). Kentin rutin akışı içindeki insanlar, aniden karşılaştıkları bu estetik müdahale ile hem seyirci olmak yerine katılımcıya dönüşmekte hem de protest bir eylemin sanatsal performansını deneyimlemektedir. Mekân ve izleyici böylece dönüşür ve sanatsal bir nitelik kazanmış olur. Bu doğrultuda, flash mob eylemleri sosyolojik bir kalabalık hareketi olmasının yanı sıra mekânı, bedeni ve toplumsal söylemleri estetik olarak yeniden kurgulayan performatif bir çağdaş sanat pratiği olarak tanımlanmaktadır. Çalışma kapsamında bu dönüşüm, eylemlerin kavramsal boyutu, mekânla kurdukları ilişki somut örnekler üzerinden çözümlenmektedir.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Kavram Olarak Flash Mob

Kapitalist kentsel düzenin sahte kamusal alanlarında kurgulanan ve koreografik birer grup taktiksel müdahale olarak nitelendirilen flash mob eylemleri; kentin o güne kadar fark edilmeyen işleyiş, gözetim ve standardizasyon yöntemlerini ifşa ederek iktidarın bireysel davranışlar üzerindeki yönlendirici gücüne karşı performatif bir direnç alanını temsil etmektedir (Walker, 2011). Teknoloji destekli bu mekânsal mevcudiyet ve sivil mücadele arayışı, bireylerin internet tabanlı platformlar ile anlık mesajlaşma altyapıları sayesinde önceden öngörülemez bir hızla ve merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymaksızın bir araya gelebilmesinin önünü açmıştır. Kavramsal kökenleri incelendiğinde bu durum, hiyerarşik yapılanmaları devre dışı bırakan, yatay bağlar üzerinden şekillenen ve mekânsal sınırları

esnekleştiren yeni bir toplumsallık modeline işaret etmiştir (Rheingold, 2002). İlk pratik örneklerinde kamusal alanın ticari mantığına ve gündelik hayatın tekdüzeliğine yönelik anlık, ironik kesintiler olarak beliren bu hareketler, kitle kültürü içerisindeki pasif konumlanışları sarsmayı hedeflemiştir (Nicholson, 2005). Gündelik ve sıradan kentsel düzeni bozmaya yönelik bu anlık pratikler, alışılagelmiş mekânsal sınırları taktiksel müdahalelerle sekteye uğratmakta ve kentin disipline edilmiş alanlarında hazır bulunmayan kitleleri zorunlu birer izleyiciye dönüştürerek geçici muhalif alanlar üretmiştir (Kurtişoğlu, 2011). Böylece söz konusu eylem biçimi, gerçekleşme hızı ve dağılma esnekliği nedeniyle sosyolojinin ve kentsel çalışmaların odağı haline gelmiştir.

Sosyal ağların sağladığı geniş kitlelere hitap etme kapasitesi, siber alanda üretilen toplumsal reflekslerin ve ortak taleplerin tüm dünyaya hızla duyurulmasına imkân tanıyarak bireylere kamuoyunu etkileme gücü vermiş, ancak bu eylemlerin yalnızca dijital boyutta kalma riskini de beraberinde getirmiştir (Tuna & Türkölmez, 2023). Nitekim internet ortamında başlayan bu sosyalleşme ve örgütlenme pratiklerinin video çekim ekipleriyle desteklenerek yeniden dijital medyaya aktarılması, döngüsel bir görünürlük yaratarak eylemin toplumsal etkilerini daha geniş kitlelere ulaştırmıştır (Kurtişoğlu, 2011). Tam da bu görünürlük ve estetik müdahale biçimi nedeniyle kent hayatının sıradan insanı, her gün yürüdüğü yollarda aniden böyle bir eylemle yüzleştiğinde, ister istemez kuralları önceden konulmuş bu düzeni sorgulamaya başlamıştır. Sistemin bize dayattığı o monoton, sadece işe gitmek ve tüketmek üzerine kurulu gri kent ritmi, bu senkronize ve neşeli başkaldırı sayesinde bir anda kırılmıştır. Birey, sadece izleyen bir gölge olmaktan sıyrılıp, o an sokakta üretilen ortak enerjinin ve hak talebinin canlı bir parçası haline gelmiştir (Rheingold, 2002).

İşte bu kentsel ve toplumsal silkelenme, esasen sanat dünyasının uzun süredir kendi içinde verdiği o büyük arayışın sokaktaki yansıması olarak yorumlanabilir. Sanatı galerilerin, salonların ve elitist müzelerin koridorlarından çıkarıp hayatın tam kalbine, yani sokağa indirmek isteyen o eski avangart ruh, bugün flash mob eylemlerinde yeniden hayat bulmuştur. Özellikle Guy Debord ve Sitüasyonistlerin, hayatın kendisini devasa bir yapay sahneye benzeten gösteri toplumuna karşı geliştirdikleri saptırma taktikleri, bugün sokağı anlık olarak ele geçiren bu insanların pratiklerinde kendini açıkça hissettirmiştir (Debord, 1967/2006). Sanat, artık üzerine fiyat etiketi yapıştırılıp duvara asılan dondurulmuş bir nesne yerine sokağın ortasında aniden patlak veren canlı bir durum, paylaşılan bir his ve kolektif bir süreç olarak yeniden doğmuştur.

Mekânın bu şekilde anlık durumlar ve süreçler üzerinden radikal bir dönüşüme uğratılması, sanatsal üretimin kamusal fayda gözeterek toplumsal katılımı teşvik eden yeni modellere yönelmesini tetiklemiştir (Tuna & Türkölmez, 2023). Kent sınırları içerisinde elit kurumsal salonların sınırlarını aşmaya odaklanan her kolektif duruş, estetik dili ve sanatsal performansı doğrudan toplumsal bilincin uyandırılmasında ve kolektif hafızanın canlandırılmasında bir araç olarak konumlandırmıştır (Kurtişoğlu, 2011). Dolayısıyla sokak, salt coğrafi veya mimari bir zemin olmaktan kurtularak bireylerin kendilerini ve toplumsal sorunları özgürce ifade edebildikleri melez, dinamik ve esnek birer kamusal arenaya dönüştürülmüştür.

Sokağın bu şekilde dinamik bir arenaya dönüştürülmesiyle birlikte sanat, nesne formunun dışına çıkarak ilişkisel bir zemine kaymıştır. Bu kayma, kamusal alandaki rutinleri kesintiye uğratan eylemlerin kent mekânında birer sapma çizgisi yaratmasıyla gerçekleşmektedir. Böylece kentin işlevsel düzeni, yerini anlık olarak duygusal ve etkileşimsel haritalara bırakmaktadır (Trindade vd., 2012). Söz konusu dinamik, kent sakinlerini doğrudan birer sembolik aktöre dönüştürmektedir. Eyleme dâhil olan bireyler, yön bulucu, not tutucu veya görsel belgeleyici gibi belirli saha rolleri üstlenerek kamusal alandaki gerilimleri ve sürprizleri doğrudan deneyimlemektedir (Forlano, 2010). Bu ilişkisel estetik anlayışında temel odak, somut bir yapıttan ziyade alternatif diyalog modelleri ve geçici ortak yaşam alanları yaratmaktır. Dolayısıyla sanatsal pratikler, izleyicinin korunaklı bir mesafeden yapıtı izlediği

pasif sınırları tasfiye ederek doğrudan katılımı ve bedensel deneyimi zorunlu kılmaya başlamıştır. Kamusal alanda aniden beliren kolektif performanslar, tam da bu teorik çerçevede sokağı deneysel bir sahneye dönüştürmüştür. Geçicilik ve kendiliğindenlik vasfıyla öne çıkan bu eylemler, ilişkisel sanatın güncel birer uzantısı olarak düşünülebilir. Sonuç olarak beden, mekân ve toplumsal söylemin kesişiminde üretilen bu performatif pratikler, toplumsal refleksleri kolektif bir sanatsal eyleme dönüştüren çağdaş birer ifade biçimi ve flash mob kavramının karşılığıdır. Tüm bu kavramsal ve teorik saptamalar üzerinden, eylemlerin mekânla kurduğu performatif ilişkiyi daha somut bir düzlemde kavramak önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, kamusal alanı anlık olarak dönüştüren benzer kolektif performanslar ve sokak müdahaleleri üzerinden yapılacak çözümlemeler konuya ışık tutacaktır.

METOD/YÖNTEM

Bu çalışma, nitel araştırma yöntemi benimsenmiş, doküman incelemesi ve karşılaştırmalı örnek olay ilkelerine dayanmaktadır. Araştırma kapsamında flash mob eylemlerinin sanatsal ve estetik niteliği; beden, kamusal mekân, katılım, geçicilik ve dijital görünürlük ekseninde ele alınmaktadır.

Çalışmaya örnek seçiminde; flash mob eyleminin kamusal alanda gerçekleşmesi, kolektif beden kullanımına dayanması, belirli bir estetik/kurgusal düzenleme içermesi ve erişilebilir nitelikte görsel kayıtlarla belgelenmiş olması temel ölçütler olarak esas alınmıştır. Veri toplama sürecinde akademik yazın, etkinliğe ait dokümanlar, organizatör beyanları ile fotoğraf ve video kayıtlarından yararlanılmıştır.

Elde edilen veriler, kuramsal çerçeve doğrultusunda yapılandırılan tematik kategoriler kapsamında betimsel analiz yöntemiyle çözümlenmiştir. Bu doğrultuda her bir örnek; koreografik/hareket düzeni, mekânsal dönüşüm, izleyici-katılımcı etkileşimi, performans süresi ve dijital dolaşım dinamikleri parametreleri üzerinden incelenmiştir. Örnek olaylar arasındaki benzerlik ve farklılıklar karşılaştırılarak, flash mob pratiğinin çağdaş sanat disiplinleriyle olan ilişki ağı ve kesişim noktaları tartışılmıştır. Veri güvenilirliğini ve yorumların geçerliğini artırmak amacıyla görsel ve yazılı veri kaynakları arasında doğrulama yapılmıştır. Araştırma bulguları, incelenen örnek olaylar ve erişilebilen veri materyalleri ile sınırlandırılmıştır.

BULGULAR

Flash Mob Eylemlerinin Sanatsal ve Mekânsal Açıdan Çözümlenmesi

Sanat çağdaş fikir akımlarının ve teknolojik yaklaşımların katkısıyla, nesnelliğin ötesine geçmiş, hayatın tam ortasında, insan ilişkileriyle var olan canlı bir sürece dönüşmüştür. Sanat eseri ise artık izleyiciden korunaklı bir mesafede durup pasif bir hayranlık beklemek yerine, sıradan insanların doğrudan katılımını, bedensel deneyimini ve sokağın ritmiyle kurulan dinamik bağları ön plana çıkarmaya başlamıştır. Sanatsal üretimin bu şekilde nesne formunun dışında, ilişkisel ve paylaşımcı bir zemine kayması, kamusal alanı da anlık olarak dönüştüren yepyeni eylem biçimlerine kapı aralamıştır. Böylece sanat eseri, mekân ve izleyici ilişkisi açısından tamamen performatif bir ifade biçimine evrilmiştir. İşte tam da bu noktada popüler bir kolektif ve sanatsal dil üreten flash mob, sanatı salonların dışına taşıyarak sokağı deneysel bir sahneye çeviren, eylem üzerinden insan deneyimini ve anlık karşılaşmaları kolektif bir estetiğe dönüştüren en güçlü çağdaş ifade biçimlerinden biri haline gelmiştir.

Teknolojik imkânların cep telefonları, anlık mesajlaşma ve sosyal ağ protokolleriyle hibrit hale gelmesi, kitlelerin mekânsal olarak bir araya gelme hızını ve hacmini eşsiz bir boyuta ulaştırmıştır. Birbirini tanımayan aktörlerin dijital ağlar vasıtasıyla belirli bir noktada aniden kümelenerek kuralları önceden belirlenmiş, sıra dışı fakat zararsız bir eylemi icra etmesi ve ardından aynı hızla dağılması esasına dayanan bu kolektif dışavurumlar, bilgi çağının beraberinde getirdiği tek tipleştirici kontrol mekanizmalarına karşı bireyin kendi özgün kimliğini, manevi özerkliğini ve değerlerini savunma arayışından beslenmektedir (Wang vd.,

2014). Geleneksel toplumsal hareketlerin aksine materyal kaynakların bölüşümü ya da devlet aygıtının ele geçirilmesi gibi araçsal hedefler gütmeyen bu eylemler, enformasyonun üretilme ve kentsel dokuya enjekte edilme süreçlerini doğrudan sembolik düzlemde sorunsallaştırmaktadır. Katılımcılar, fiziksel olarak dağılmış olsalar bile ortak bir dijital kod altında birleşerek toplumsal eylemin biz hali (*WE of social action*) olarak kavramsallaştırılan, müzakereye ve duygusal yatırıma dayalı geçici fakat güçlü bir kolektif aidiyet inşa etmektedirler (Wang vd., 2014).

Mekânsal pratikler açısından bakıldığında ise flash mob, kentin katı ve işlevsel mimari haritasını anlık müdahalelerle yapı söküme uğratarak rasyonel güzergâhları duygusal ve etkileşimsel haritalara dönüştüren performatif birer sapma çizgisidir. İstasyonlar, alışveriş merkezleri ya da işlek caddeler gibi metropol hayatının sermaye odaklı ritmine hapsolmuş alanlar, bu eylemler vasıtasıyla aniden deneysel sanatsal arenalara dönüşmektedirler (Trindade vd., 2012). Gösteri öncesinde katılımcıların yön bulucu, not tutucu ya da görsel belgeleyici gibi uygulamalı saha rolleri üstlenerek mekândaki gerilimleri, sürprizleri ve sezgilere ters düşen bulguları haritalandırdığı bu süreç (Forlano, 2010), kentsel mekânı çok katmanlı ve melez bir etkileşim alanına çevirmektedir. Sıradan kent sakinlerini korunaklı ve pasif birer alımlayıcı olmaktan çıkarıp bedensel deneyimi zorunlu kılan bu yapı, şehir alanını işlevsel bir düzenden duygusal bir toplumsallaşma ve bağ kurma zeminine kaydırmaktadır (Trindade vd., 2012).

Sanatsal bir mecra ve estetik bir eylem biçimi olarak flash mob, tekil yazarlık otoritesini tasfiye eden yapısıyla post-dramatik sahne sanatlarının güncel bir uzantısı olarak konumlanmaktadır. Eylemlerin estetik karakteri, DADA hareketinin (1916-1924) sanat ile sıradan yaşamı uzlaştırma gayretinden ve 1960'ların disiplinlerarası "happening" geleneklerinin katılımcı ve özgürleştirici potansiyelinden derin izler taşımaktadır (Albacan, 2014). Sanılanın aksine, sunulan koreografinin yapısı ve kitlelerin bir aradayken sergilediği bedensel disiplin, titizlikle kurgulanmış bir hazırlık ve prova aşamasına dayanmaktadır (Albacan, 2014; Kurtişoğlu, 2011). Sokakta icra edilen canlı performansın bir fotoğraf ve video ekibi tarafından kayıt altına alınması ve bu görsel hafızanın hızla kurgulanarak siber-mekâna geri yüklenmesi, postmodern kültürel döngünün temel şartlarındandır (Kurtişoğlu, 2011). Dolayısıyla izleyicilik eylemi, hem fiziksel sokakta tanıklık etmeyi hem de çevrimiçi ağlarda yayılımı kapsayan, izlemek ile performe etmeyi iç içe geçiren iki katmanlı melez bir katılım sürecine dönüşmektedir (Albacan, 2014).

Bu kavramsal, sanatsal ve teorik saptamaların ardından, kolektif eylemlerin kamusal mekânla kurduğu performatif ilişkiyi daha somut ve görünür kılan evrensel çapta pratik örnekler bulunmaktadır. Müzik, dans ve toplumsal hafızanın sokakta aniden somutlaşan bu performanslar, teoride tartışılan ilişkisel zeminin gerçeğe dönüştüğü, sanatsal eylemler olarak düşünülebilir. Bu pratiklerden ilki olan Antwerp Merkez Tren İstasyonu'nda gerçekleştirilen "Do-Re-Mi", (Belçika, 2009) flash mob kültürünü küresel bir fenomene dönüştüren en ikonik performanslardan biri olarak kabul edilebilir. Sabahın erken saatlerinde işine yetişmeye çalışan kalabalığın ortasında aniden bir kişinin dans etmeye başlamasıyla süreç tetiklenmiştir. Ardından, önceden sadece iki prova yapmış olan 200'den fazla profesyonel ve amatör dansçı istasyonun ortasında bir araya gelerek *The Sound of Music* (Neşeli Günler) müzikalinin ünlü "Do-Re-Mi" şarkısı eşliğinde bir koreografi sergilemiştir. Tamamen geçici bir ortak yaşam alanı kurmayı hedefleyen bu gösteri, sıradan bir kamusal mekânı anlık olarak deneysel bir sahneye dönüştürmüştür (Brundige, 2015). Antwerp Merkez İstasyonu'nda gerçekleşen "Do-Re-Mi" flash mob performansı, kamusal mekânın üretimi, bedenin mekânsal işgali ve izleme deneyiminin dönüşümü açılarından derinlikli bir sanatsal bir performanstır.



Görsel 1: "Do-Re-Mi" Flash Mob Performansı, Antwerp Merkez İstasyonu, 2009

1905 yapımı anıtsal Antwerp Merkez İstasyonu'nun modern dönüşümü, kavramsal olarak statik bir son durak (terminal) mimarisini, çağın gerektirdiği akışkan bir geçiş (transit) düğüm noktasına dönüştürme eylemidir. İstasyonun altına inşa edilen tünelle yapı 3 katlı bir hızlı tren aksına evrilirken, tarihi "Demiryolu Katedrali" kimliği titizlikle korunmuştur; bu yönüyle proje, anıtsal mirasın muhafazası ile küresel hız ve mobilitenin mekânsal entegrasyonu arasındaki estetik ve işlevsel diyalektiği simgelemektedir (Europa Nostra, 2011). Performansın gerçekleştiği bu istasyon, kentsel planlama açısından işlevselliğin, kapitalist akışın ve homojenleşmenin kurumsallaştığı tipik bir mimari yapıdır. Henri Lefebvre'in mekânın üretimi kuramına göre bu tür alanlar, toplumsal pratikleri kontrol altında tutmak amacıyla tasarlanmış, ideolojik egemenliğin somutlaştığı soyut mekânlar olarak işlev görmektedirler (Lefebvre, 1991). Flash mob performansı da müziğin ve bedenlerin ani müdahalesiyle bu rasyonel mimariyi yapı söküme uğratmıştır. Mekânın dayattığı işlevsel zorunlulukları (bilet alma, perona yürüme) askıya alarak burayı anlık bir yaşanan mekân haline getirmiştir. Michel de Certeau'nun kentsel taktikler kavramsallaştırması bağlamında dansçılar, kenti yukarıdan tasarlayan stratejik akla karşı, aşağıdan yukarıya doğru gelişen bedensel ve performatif bir taktik sergilemişlerdir. (de Certeau, 1984). İşe yetişmekte olan kent insanının rutini, dansın dairesel ve ritmik geometrisiyle kesintiye uğratılarak, mekân, kurumsal işlevinden saptırılarak sanatsal bir deneyim alanı olarak performatif biçimde yeniden üretilmiştir.



Görsel 2: "Do-Re-Mi" Flash Mob Performansı, Antwerp Merkez İstasyonu, 2009

Dijital ağlar üzerinden gizlilikle yürütülen prova süreçlerinin kamusal alanda aniden fizikselleşmesi, çağdaş performans teorisyenlerinin kolektif beden ve atmosfer üzerine kuramlarıyla doğrudan ilişkilidir. Erika Fischer-Lichte, performans sanatının gücünün, icracıların ve izleyicilerin aynı fiziksel ortamda bir araya gelmesiyle oluşan performatif geri besleme döngüsüne dayandığını belirtmiştir (Fischer-Lichte, 2008). Tek bir çocuğun başlattığı ve aşamalı olarak 200 kişilik bir kütleye ulaşan koreografik akış, istasyonun mimari boşluğunu estetik bir enerji dalgasıyla doldurmuştur. Gernot Böhme'nin estetik kuramında geliştirdiği atmosfer kavramı bağlamında da, performansçıların senkronize hareketleri ve müzik, mekânda nesnel olarak ölçülemeyen ancak orada bulunan herkes tarafından derinden hissedilen mekânsal

bir duygu durumu üretmektedir (Böhme, 1993). İstasyondaki yolcular, neyi izleyeceklerini bilmeden, bilet satın almadan ve en önemlisi kendi iradeleri dışında bu sanat eyleminin mekânsal sınırları içine çekilmişlerdir. Dansçıların etraflarını sarmalamasıyla birlikte yolcular, performansı uzaktan seyreden dışsal bir gözlemci yerine şaşkınlıkları, duraklamaları ve cep telefonlarıyla eylemi kaydetme pratikleriyle performansın görsel ve mekânsal kompozisyonunu tamamlayan zorunlu birer katılımcı konumuna erişmişlerdir. Bedenlerin bu kitlesel ve estetik birlikteliği, kamusal alanın soğuk ve mesafeli yapısını kırarak geçici ama son derece yoğun bir kolektif aidiyet hissi yaratmaktadır.

Kamusal alanın rasyonel, mesafeli ve otoriter sınırlarını oyun (ludic) kavramı üzerinden yapı söküme uğratan başka bir çağdaş kamusal alan müdahalesi ise Bologna'daki tarihi Piazza Maggiore başta olmak üzere dünyanın pek çok metropolünde gerçekleştirilen kitlesel yastık savaşı (Pillow Fight) performansları olmuştur. Mekânsal bağlamda bu eylem, kentsel mekânın gündelik yaşamda bireye dayattığı işlevsel, bürokratik ve korunaklı yapıyı aniden askıya alabilen bir deneyim sunmaktadır. Henri Lefebvre'in "mekânın üretimi" kuramı çerçevesinde düşünüldüğünde meydanlar otorite tarafından denetlenen tasarlanan mekânlar iken, bu eylem anında bireylerin mekânı kendi arzularına göre deneyimlediği yaşanılan mekâna dönüşmektedir (Lefebvre, 1991). Sosyolog Virág Molnár'ın kentsel mekândaki flash mob pratikleri üzerine yaptığı analizlere göre bu tür spontane eylemler, kamusal alanın tüketim odaklı ve normalize edilmiş tekdüze kullanımını kırarak mekânı alışılmışın dışında yeniden yapılandırmaktadır (Molnár, 2014). Sosyal ağlar üzerinden organize olan kitlenin meydanda sıradan yayalar gibi gizlenmesi ve belirlenen anlık bir sinyalle (bir ıslık ya da korna sesiyle) eş zamanlı olarak eyleme geçmesi, kentsel akışın otonom bir şekilde kesintiye uğratılmasını sağlamaktadır. Bu dinamik, meydanın resmiyetini ve anıtsallığını dağıtarak kamusal alanı geçici ve dinamik bir kolektif performans sahnesine çevirmektedir.



Görsel 3: Piazza Maggiore



Görsel 4: "Pillow Fight" Flash Mob Performansı, Piazza Maggiore, 2009

Sanatsal ve kavramsal açıdan bu flash mob performansı, Guy Debord'un kentsel mekânı dönüştürmek amacıyla önerdiği "saptırma" (détournement) ve "psikocoğrafya" stratejilerinin doğrudan bir yansıması olarak okunabilir (Debord, 2006). Katılımcılar, mahrem bir alana ait, savunmasızlığı ve uyku eylemini simgeleyen yastık nesnesini kamusal alanda kolektif bir "savaş/oyun" enstrümanı olarak konumlandırarak, nesnenin birincil işlevini yapı söküme uğratmışladır. Antropolog Georgiana Gore'un flash mob'ların performatif doğası üzerine gerçekleştirdiği çalışmalarda vurguladığı gibi, bu eylemler bedensel hareketin merkezde olduğu performatif bir medya aracı olarak işlev görmektedir. Böylece kamusal düzeni geçici olarak askıya alır ve mekânda yeni sosyalleşme biçimleri üretir (Gore, 2010). Performans esnasında havada uçuşan tüyler, kahkahalar ve koreografisi olmayan fiziksel temas, modern kent insanının gündelik yaşamda deneyimlediği izolasyonu ve mekanik rutini anlık bir estetik ritüel ile dağıtmaktadır. Dolayısıyla mekânda hareket eden dinamik bir heykel veya performatif enstalasyon etkisi yaratılmaktadır.



Görsel 5: "Pillow Fight" Flash Mob Performansı, Piazza Maggiore, 2009

"Kentsel Oyun Alanı Hareketi" (Urban Playground Movement) kapsamında da incelenen bu kitlesel performanslar, Nicolas Bourriaud'nun kavramsallaştırdığı üzere "insani münasebetler küresine" dayanan alternatif bir sosyalleşme modeli üretmektedir. Bireylerin pasif tüketim deneyimleri yerine kamusal alanları şehrin "oturma odaları" olarak dönüştürmesine olanak tanımaktadır (Bourriaud, 2002). Kentsel mekânın oyuncul yapısı ve kamusal alanın eğlence pratikleriyle yeniden çerçevelenmesi üzerine yapılan çalışmalarda belirtildiği üzere, yastık savaşı gibi kitlesel etkinlikler her ne kadar katılımcılar nezdinde birincil olarak eğlence ve absürtlük motivasyonuyla hayat bulsa da, arka planda kentsel mekânı kurumsal/ticari işlevinden geçici olarak geri alma ve daha sosyal, daha geçirgen şehir modelleri öngörme potansiyelini barındırmaktadır (Stevens, 2007). Eylemin sonunda katılımcılar dağılırken meydana yayılan tüylerle kaplı görsel kalıntı ise, performansın mekânda bıraktığı geçici ama sarsıcı hafıza izini, yani sürecin plastik değerler taşıyan anıtını oluşturmaktadır.

Oyun ve dans temalı flash mob performansları dışında toplumsal meselelere, savaş veya ekolojik sorunlara dikkat çeken kolektif etkinlikler de planlanmıştır. Antwerp ve Pillow Fight eylemleri, geleneksel sergileme mekânlarının (tiyatro salonu, galeri) güvenli duvarlarını yıkarak sanat ile hayat arasındaki sınırı silikleştirmiş ve izleme deneyimini kökten dönüştürmüştür. Jacques Rancière'in "*Özgürleşen Seyirci*" tezine göre, geleneksel tiyatro yapısı izleyiciyi pasif bir alıcı konumuna indirgemesine karşın, kamusal alandaki bu tür beklenmedik performanslar, izleyiciyi önceden biçilmiş rollerinden özgürleştirmektedir (Rancière, 2009). Bu kamusal alandaki sanatsal performanslar genellikle Londra, Paris, Venedik ve son iklim zirvelerinin yapıldığı şehirlerde, önemli başkentlerde, sokak kesişimlerinde, nehir kenarlarında veya tarihi meydanlarda organize edilmişlerdir.

SONUÇ

Geleneksel galeri ve tiyatro salonlarının kurumsal sınırlarını aşarak sanatın deneyimlenme biçimini demokratikleştiren flash mob eylemleri, enstalasyon, tiyatro ve katılımcı sanatın arakesitinde disiplinlerarası bir konum edinmektedir. Dijital ağlar vasıtasıyla organize olup kentsel mekânlarda aniden somutlaşan bu performanslar, kent insanına dayatılan mekanik zaman algısını ve rasyonel yaya akış hatlarını bedensel-ritmik bir dille sabote ederek sanat ile gündelik hayat arasındaki ontolojik mesafeyi ortadan kaldırmaktadır. Kentsel mimarinin dayattığı tüketim ve geçiş odaklı soyut mekânlar, eylemlerin Sitüasyonist bir yaklaşımla gerçekleştirdiği saptırma (détournement) taktikleri sonucunda toplumsal hafızanın ve kolektif aidiyetin tazelendiği yaşayan estetik alanlar halinde yeniden üretilmektedir. Bu çalışma kapsamında incelenen vaka örneklerinde de, başlangıçta internet kültürünün eğlence odaklı bir parçası olarak ortaya çıkan flash mob eylemlerinin, çağdaş sanat alanında radikal ve performatif birer estetik müdahaleye evrildiğini kanıtlamaktadır.

Sonuç olarak çağdaş flash mob eylemleri, sadece kamusal mekânı dönüştürmekle kalmayıp kentin rutin kitlesini kontrol dışı performansın estetik döngüsüne dâhil ederek özgürleşen seyirci statüsüne taşımaktadır. Koreografik eğlence estetiğinden, ekolojik eleştirilere ve travmatik toplumsal hafızayı tazeleyen savaş karşıtı toplu eylemsizlik simülasyonlarına kadar genişleyen bu pratikler, toplumsal söylemi estetik bir eyleme çevirmektedir. Araştırma da incelenen örnek vakalarda çağdaş sanat pratiklerinin dijital örgütlenmenin fiziksel dünyada somutlaşmasıyla tasarlanma ve sergilenme süreçlerinin değiştiği görülmektedir. Ayrıca mekânın flash mob eylemleri aracılığıyla geçici ve performansa dayalı sanat eseri olabilmesinin önü açılmıştır.

KAYNAKÇA

Albacan, A. I. (2014). *Flashmobs as Performance and The Re-Emergence of Creative Communities*. Revista Brasileira de Estudos da Presença, 4(1), 8-27. https://doi.org/10.1590/2237-266041789

Bourriaud, N. (2002). *Relational Aesthetics* (S. Pleasance & F. Woods, Çev.). Les Presses du Réel. (Orijinal Eseri 1998).

Böhme, G. (1993). *Atmosphere as The Fundamental Concept of a New Aesthetics.* Thesis Eleven, 36(1), 113-126.

Brundige, E. (2015, 6 Ocak). *Behind 'The Sound of Music' in Antwerp Train Station.* HubPages. https://discover.hubpages.com/technology/sound-of-music-train-station-antwerp

Debord, G. (2006). *Gösteri Toplumu* (A. Ekmekçi & O. Taşkent, Çev.). Ayrıntı Yayınları. (Orijinal Eser 1967).

De Certeau, M. (1984). *The Practice of Everyday Life* (S. Rendall, Çev.). University of California Press.

Dikeç, M. (2005). *Space, Politics, and The Political*. Environment and Planning D: Society and Space, 23(2), 171-188.

European Heritage Awards / Europa Nostra Awards. (2011, 7 Nisan). *Antwerp Merkez İstasyonu.* https://www.europeanheritageawards.eu/winners/antwerp-central-station/

Fischer-Lichte, E. (2008). *The Transformative Power of Performance: A New Aesthetics*. Routledge.

Forlano, L. (2010). W3: *Flash Mob Ethnography Workshop*. EPIC 2010 Proceedings, 307. https://doi.org/10.1111/j.1559-8918.2010.00032.x

Gore, G. (2010). *Flash Mob Dance and The Territorialisation of Urban Movement*. Anthropological Notebooks. HAL Open Science. https://hal. science/hal-03475563v1

Kurtişoğlu, B. (2011). *Flashmob Dansı: Toplumsal Muhalefet*. Porte Akademik Müzik ve Dans Araştırmaları Dergisi, 1(3), 46-53.

Lefebvre, H. (1991). *The Production of Space* (D. Nicholson-Smith, Çev.). Blackwell Publishing. (Orijinal Eser 1974)

Molnár, V. (2014). *Reframing Public Space Through Digital Mobilization: Flash Mobs and Contemporary Urban Youth Culture.* Space and Culture, 17(1), 43-58. https://doi.org/10.1177/1206331212452368

Nicholson, J. A. (2005). *Flash! Mobs in The Age of Mobile Connectivity*. The Fibreculture Journal, (6). http://journal.fibreculture.org/issue6/issue6_nicholson_print.html

Rancière, J. (2009). *The Emancipated Spectator* (G. Elliott, Çev.). Verso. (Orijinal Eser 2008)

Rheingold, H. (2002). *Smart Mobs: The Next Social Revolution*. Perseus Publishing.

Stevens, Q. (2007). *The Ludic City: Exploring The Potential of Public Spaces*. Routledge.

Trindade, A. L. O., Figueiredo, E. L. F., Santos, N. M. W., Mangan, P. K. V., & Constante, R. S. (2012). *Multiculturalismo Urbano: O Fenômeno Flash Mob*. Texto Digital, 8(1), 25-39. https://doi.org/10.5007/1807-9288.2012v8n1p25[cite: 2]

Tuna, Ç. P. & Türkölmez, O. (2023). *Yeni Toplumsal Hareketler ve Dijital Aktivizim*. Kamu Yönetimi ve Politikaları Dergisi, 4(2), 211-240.

Walker, R. A. (2011). *Badgering Big Brother: Spectacle, Surveillance, and Politics in The Flash Mob*. Liminalities: A Journal of Performance Studies, 7(2), 1-23. [http://liminalities.net/7-2/flashmob.pdf]

Wang, C.-P., Akella, D. V., & Bennett, C. F. (2014). *Flash Mobs in The 21st Century: Mobile Technology Shapes Human Collective Behavior*. International Journal of Business, Humanities and Technology, 4(3), 24-32.

GÖRSELLER KAYNAKÇA

Görsel 1: https://tinyurl.com/mytnxhu5
Görsel 2: https://tinyurl.com/mytnxhu5
Görsel 3: https://tinyurl.com/4pppkewb
Görsel 4: https://tinyurl.com/yrwe8xsy
Görsel 5: https://tinyurl.com/y8cnxpxx

SEYYİD VEHBÎ'NİN "NAʿT-I RESŪL-İ ḤUDĀ ʿALEYHİ'S-SELĀM" BAŞLIKLI NAʿTININ İZAHI

A COMMENTARY OF SAYYID WAHBĪ'S NAʿT TITLED "NAʿT-I RESŪL-I ḤUDĀ ʿALEYHI'S-SELĀM"

Dr. Öğr. Üyesi Halim YAR
Şırnak Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Türk İslam Edebiyatı Anabilim Dalı

ÖZET

Asıl adı Hüseyin olan Seyyid Vehbî (öl. 1149/1736), zamanının Mirzâ-zâde Şeyh Mehmed Efendi gibi meşhur âlimlerinden dersler almış, ilmiye sınıfından 17. yüzyılın önemli şairlerindir. 1123/1711 tarihli Moskova seferinde kaleme aldığı şiirleriyle, III. Ahmed'in dikkatini celbetmiş ve takdirini kazanmış, hayatı boyunca müderrislik, naiplik, kadılık gibi devlet görevlerini ifa etmiştir. Onun 52 adet yazma nüshası bulunan *Divan*'ında 4 kaside ve 43 rubai nazım biçiminde naʿtları mevcuttur. *Divan*'da ayrıca kaside nazım biçiminde bir miraciyyesi de bulunmaktadır. Seyyid Vehbî, *Divan*'ında Nâbî'nin bir kasidesini ve iki gazelini tahmis etmiş ve Nâbî'ye nazireler yazmıştır. O, Nâbî'nin divan tertibinden de etkilenmiş ve kafiye harfi değiştikçe gazeller arasına bir rubai koymuştur. Seyyid Vehbî'nin Nefî gibi kendisine üstat addettiği Nâbî üslubu olan hikemi tarzı da benimsediği bir vakıadır. Bu çalışmada Seyyid Vehbî'nin Divanı'ındaki "Naʿt-ı Resūl-i Ḫudā ʿAleyhi's-Selām" başlıklı ilk naʿtını ele alıp çözümleyecek ve naʿtın hikemi tarz ile ilişkisi üzerinde duracağız. Naʿtın beyitlerinde geçen mazmunları; Divan Edebiyatındaki ve tasavvuftaki anlamları ile birlikte şairin *Divan*'ı içerisindeki anlamları üzerinden değerlendireceğiz. Ayrıca ele alınan mazmunlarla beytin diğer kelimeleri arasındaki ilişkileri gösterecek ve yapılan söz sanatlarına değineceğiz. Şairin, naʿtında nasıl bir üslup takip ettiğini ve diğer naʿtlarında benzer ifadelerin olup olmadığını ortaya koyacağız. Seyyid Vehbî'nin, bu naʿtında regâib gecesini tasvir ettiği ve metnin bir yönüyle regâibiye özelliği taşıdığı 9. beyte kadar müşahede edilmektedir. Hz. Peygamber, yolu beklenilen bir sevgiliye benzetilmektedir. Yanı sıra naʿtta Hz. Peygamber yöneticilik ve savaşçılık vasıflarıyla ele alınmış; Cemşid, Husrev ve İskender-i Zülkarneyn ile karşılaştırılmıştır. Şairin istişfa kısmının bir beyitte kapalı şekilde bulunması yine bu naʿtı ilginç kılan unsurlardandır.

Anahtar Kelimeler: Türk İslam Edebiyatı, Seyyid Vehbi, Naʿt, Hikemi Üslup

ABSTRACT

Sayyid Wahbī (d. 1149/1736), whose birth name was Hoseyin, was a prominent 17th-century poet from the scholarly class, having studied under renowned scholars of his time, such as Mirzā-zāde Sheikh Mehmed Efendi. He caught the attention and won the acclaim of Sultan Ahmed III with the poems he composed during the Moscow campaign of 1123/1711. Throughout his life, he held various state positions, serving as a mudarris, naib (substitute judge), and cadi (judge). His *Diwan*, with 52 identified copies, contains his naʿts written in the form of 4 qasides and 43 rubais. *The Diwan* also features a miraciye (a poem on the Prophet's Ascension) in the qaside form. Sayyid Wahbi composed tahmises (quintains) based on one qaside and two gazals by Nābī, and wrote nazires (parallel poems) in response to Nābī's work. He was also influenced by Nābī's diwan organization, inserting a rubai between gazals whenever the rhyme letter changed. It is an established fact that Sayyid Wahbī adopted the hikami (philosophical/didactic) style characteristic of Nābī, whom he regarded as a master alongside Nafʿī. This study examines and analyzes the first naʿt in Sayyid Wahbī's *Diwan*,

titled “Naʿt-ı Resūl-i Ḫudā ʿAleyhi’s-Selām,” with a particular focus on its relationship to the hikāmi style. The literary proposition within the couplets are evaluated through their meanings in diwan literature and sufism, as well as their contextual usage within the poet's own *Diwan*. Furthermore, the study explain the relationships between these propositions and the other lexical elements of the couplets, highlighting the employed figures of speech. This work delineates the stylistic approach the poet pursued in this naʿt and investigates whether similar expressions can be found in his other naʿts. Up until the ninth couplet, it is observed that Sayyid Wahbī depicts the Night of Raghaib, lending the text the characteristics of a regaibiyye in certain aspects. The Prophet Muhammad is likened to a long-awaited beloved. Additionally, the naʿt portrays the Prophet with administrative and martial attributes, drawing comparisons with Jamshid, Khosrow, and Dhul-Qarnayn. Another intriguing element that renders this naʿt noteworthy is that the poet's istishfa (plea for intercession) section is implicitly embedded within a single couplet.

Keywords: Turkish-Islamic Literature, Sayyid Wahbi, Naʿt, Hikami (Philosophical/Didactic) Style

GİRİŞ

“Naʿt” kelimesi “bir şeyi nitelemek, iyi ve güzel yanlarını abartarak anlatmak, özellik, vasıf, iyi cins at” gibi anlamlarının yanı sıra terim olarak Hz. Peygamber’i övücü manzum veya mensur eserlere verilen isimdir. Bu nazım türü, İslam edebiyatında en fazla eser verilen türdür. Arap yarımadasında doğan tür, Farslar ve Türklerce benimsenmiş, İslami kitap tertibi dolayısıyla besmele, hamdeleden sonra gelen salvele kısmında kahir ekseriyetle naʿt türünde eserlerle kitaba başlanılmıştır. Bu türün yazılmasında peygamber sevgisi ve saygısı öne çıkmakla birlikte Hz. Peygamber’in -Kaʿb b. Züheyr’i affı ve taltifinde olduğu şekliyle- ahirette şefaatine nail olmak arzusu şairin maksadıdır. Hz. Peygamber bu tür şiirlerde kâinatla, diğer peygamberlerle, Miraç dolayısıyla meleklerle kıyaslanmış, onun; diğer varlıklar karşısında üstünlüğü naʿtlarda vurgulanmış, mucizeleriyle bu tür içerisinde anılmıştır. Şairler bir yerde illa kendi günahlarından bahisle meseleyi ahirette karşılaşmaları mümkün olan azap ve ikaba getirmiş ve Hz. Peygamber’den sığınılacak bir melce aramış ve onun merhamet ve şefaatine nail olmayı arzulamışlardır.[1] Naʿtların yanı sıra Hz. Peygamber’in yaşamını konu alan gazavatnâme, siyer-i nebî, mevlid, miʿrâciye gibi onun kişiliğini öne çıkaran hilye ve sözlerini ilgili dile çeviren kırk hadis gibi türler doğmuştur. Bunlardan bir tanesi de yine Hz. Peygamber’in kâinat karşısındaki değerini, genel itibarla Hakikat-ı Muhammediye ve nûr-ı Muhammedî çerçevesinde anlatan ve Hz. Peygamber’in anne karnına düştüğü farz edilen Receb ayının ilk cuma gecesi Regaib kandili hakkında da bir tür doğmuştur. Bu, oldukça sınırlı bir şair çevresi tarafından kaleme alınmış bir türdür. Naʿt neredeyse bütün şairlerin ilgi alanına girmekte iken regâibiye Selâhaddin-i Uşşâkî (öl. 1197/1783), Ârif Süleyman (öl. 1183/1769), Şâkir (öl. ?), Edirneli Mehmed Fevzi (öl. 1900), Üsküdarlı Sâfî (öl. 1901), Receb Vahyî (1922) gibi az sayıda şairin beyitlerine konu olmuştur.[2]

Seyyid Vehbî (öl. 1149/1736) 18. yüzyıl şairlerinden olup İstanbul’da doğmuş ve eğitimini burada Mirzâ-zâde Mehmed Efendi ve Abdülbâkî Ârif Efendi gibi âlim ve arif zatların rahle-i tedrisinde görmüştür. Babası İmam-zâde Mehmed Efendi’nin kethüdası Hacı Ahmed Efendi’dir. İlmiye sınıfında devam edip mektupçuluk, tezkirecilik, kassamlık, mülazımlık,

[1] Emine Yeniterzi, *Divan Şiirinde Na’t* (Ankara: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, 1993), 1-3; Emine Yeniterzi, “Na’t”, *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi* (İstanbul: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, 2006); Mustafa Çiçekler, “Na’t”, *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi* (İstanbul: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, 2006).
[2] Halim Yar, “Ârif Süleyman’ın Regâibiyyesi (İnceleme, Tahkik ve Tercüme)”, *Tahkik Dergisi* 5/2 (2022), 316-317.

müderrislik, kadılık gibi görevleri ifa etmiştir. 1149/1736 senesinde Hac farizasını gerçekleştirip İstanbul'a avdetinde hastalanmış ve vefat etmiştir. Onun hayatında ve eserlerinde kendisine üstat bildiği ve "Vehbī naẓımda Nābī'ye ḫayru'l-ḫalef benem/ʿİrs ile girdi żabṭuma mülk-i suḫanveri" şeklinde kendini onun varisi olarak zikrettiği Yusuf Nâbî ile koşutluklar mevcuttur. Meselâ ikisi de bir seferde -Nâbî Lehistan seferi, Vehbî Rusya seferi dolayısıyla- söyledikleri şiirle padişahın dikkat ve takdirini kazanmışlardır. İkisi de *Sûrnâme* yazmış ve *Hadis-i Erbâîn*'i tercüme etmiştir. Ayrıca Nâbî'nin IV. Mehmed'in Lehistan seferini anlattığı *Fetihnâme-i Kamaniçe*'sine mukabil Vehbî'nin Pasarofça Antlaşması ile Belgrad'ın kaybedilişini anlatan *Risale-i Sulhiyye* isimli eseri mevcuttur. Bununla birlikte Seyyid Vehbî; Nedim ve Nef'î gibi şairlerin etkisinde de şiirler husule getirmiş; divanında Fuzûlî, Bâkî, Neylî, Râşid gibi şairlere nazireler yazmıştır. Bahsedilen eserleri dışında Kafzâde Fâizî'nin (öl. 1031/1622) kaleme aldığı *Leylâ vü Mecnûn*'unu tamamlamıştır.[3]

Seyyid Vehbî'nin şiirlerinde günlük kelimeler, atasözleri, deyimler kullanılmıştır. Şair divan edebiyatı mazmunlarını rahatlıkla kullanmakla birlikte bu mazmunlara kendi damgasını vuramamıştır. Onun bir Nâbî muakkibi şeklinde anılması, hikemî tarzda şiirler yazma iştiyakıyla ve Nâbî'yi kendine açıkça üstat seçmesiyle ilişkilendirilebilir.[4]

Seyyid Vehbî Divanı'nda 4 adet kaside nazım biçiminde; 43 adet rubâî nazım biçiminde naʿt ve 1 miʿrâciye bulunmaktadır. Kaside naʿtlar 6, 9, 18 ve 14 beyitten müteşekkildir. Şair Hz. Peygamber ile lâdînî edebiyatta -hususen gazelde- karşılaşılan klasik sevgili tipini birleştirmiştir. Bu geçişkenlik naʿt adına şiire duygusal bir hususiyet katmamış, Seyyid Vehbî'nin naʿtlarında sevgiliye yazılan şiir ile Hz. Peygamber'e yazılan naʿt arasındaki en ayırt edici özellik Hz. Peygamber'in isminin zikredilmesi ve ona ait bazı vasıfların beyte dâhil edilmesiyle kayıtlı kalmıştır. Şair naʿt kasidelerinde Hz. Peygamber'i, yüzünün güzelliğiyle felekleri birbirine katan, melekleri şaşırtan, teninin beyazlığıyla Hz. Musa'nın yed-i beyzâ mucizesini hatırlatan kişi şeklinde tasvir eder. Felek, kim ona kötü nazarla bakarsa o kişinin gözlerini oyar. O, gökyüzünün yıldızları önüne halı deseni gibi serilen, güneşi yüzünün parlaklığıyla kıskandırandır. Hz. Peygamber -sevgiliyi düşündüren sözlerle- gonca dudağının açılmasıyla, mahallesinden haber beklenmesiyle, ondan ayrılığın inme gibi aşığın dünyasını karartmasıyla, aşığın sinesini dövmeden ona ulaşamamasıyla şiirde geçer. Şair kalemini ancak Hz. Peygamber'i övme maksadıyla eline aldığını dile getirir. Vehbî atlas göğünün onun makamına ancak çul olabileceğini, ona boyun eğmek ve salât ve selam getirmenin elzemliğini söz konusu eder. Onun bir başka naʿtında ise Kâbe ile matla beytine başlanmış, şair diğer iki naʿttan bu naʿtında ayrılmıştır. Kâbe burada tekkeye benzetilmiş, onun süpürücüsünün Hz. Cebrail olduğu söylenmiş, Kâbe örtüsünün meleklerin göz kapakları olduğu belirtilmiştir. Orada masivanın çeri çöpü görülemez. Kâbe'nin eşiğine gökyüzünün dokuz kat merdiveni dayansa varılamaz, ehil olmayan o makama eremez. Kâbe'nin kapısının anahtarı ancak Hz. Peygamber'e naʿt yazan kalemdir. Hz. Peygamber peygamberlik hilatinin ve yücelik makamının bezeğidir. O peygamberliğin süslü mührüdür. Varlık kitabının başlangıcı ve peygamberliğin sonudur. Yüceliğinden ötürü güneşten âlidir ve bundan dolayı onun gölgesi yere düşmez. Ümmetinin azığı ilahi feyzidir, onlara gökten sofralar indirilmesi akla aykırı gelmez. Onun söz bahçesindeki en değersiz sözün kokusu bile Hz. İsa'nın nefesi gibi hayat bahşedicidir. Onun mucize ağacının bir dalı Hz. Musa'nın asasıdır. Kurân insanlar için apaçık delildir. Hz. Peygamber peygamberlik fermanının tuğrasıdır.[5]

[3] Hamit Dikmen, "Seyyid Vehbî", *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi* (74-75, 2009), 37/74-75.
[4] Hamit Dikmen, "Seyyid Vehbî Divanı'nın Şekil ve İfade Özellikleri Yönünden Analizi", *Çukurova Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi* 3/1 (2003), 125-126.
[5] Hamit Dikmen, *Seyyid Vehbi ve Divanının Karşılaştırmalı Metni* (Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 1991), 3-24.

Çözümlenilecek naʿt ise bu sınıftan ilkine daha yakındır. Şair bir sevgili hakkında bilgi verir gibi şiirine başlar, regâibiye gibi devam eder, nihayetinde Hz. Peygamber'i Fars hükümdarlarıyla karşılaştırır ve yöneticiliğini vurgular.

1. Seyyid Vehbî'nin "Naʿt-ı Resūl-i Ḫudā ʿAleyhi's-Selām" İsimli Naʿtının İzahı

1.1. Leylī-i siyeh ḫayme-i raḥmet ki bu şebdür
Mecnūn gibi sevdā-zedesi ḳavm-i ʿArabdur

"Siyah gece rahmet çadırıdır ki o bu gecedir. Onun sevdalısı Arap kavmi, Mecnun gibidir."

Beyitte Hz. Peygamber anlatılırken iki hayal birlikte düşünülmüştür. Bunlara sebep Leyla ve Mecnun hikâyesinin metinde anılmasıdır. "Leylī" hem "Leyla" hem de "gece" manasına gelir. Hz. Peygamber'le ilişkilendirildiğinde "**ḫayme**/çadır", "**ḳavm-i ʿArab**/Arap kavmi" bu beyitte mühimdir. Hz. Peygamber'in içinde bulunduğu kavmin Arap kavmi olması ve onun ilkin bu kavmi küfrün karanlığından kurtarması onu Arapların ve haddizatında bütün insanlığın sevgilisi rütbesine yükseltmiştir. Bu gece ile Hz. Peygamber'in ilişkisi Receb ayındaki Regaib Kandili olmasına binaendir. Bu husus sonraki beyitten anlaşılmaktadır. Hz. Peygamber bu gecede rahm-i madere düşmüş ve insanlık onun getirdiği nişanla şereflenmiş, insanlar iman nimetine mazhar olmuştur. "**Ḫayme-i raḥmet**/rahmet çadırı" ifadesi Hz. Peygamber'in siyaneti ve şefaatine dairdir. Araplarda "kubbe, mizalle, hıbâ, bicâd" isimlerinde, istifade amacı ve yapıldığı malzeme farklı çadırlar bulunmaktadır. İbnü'l-Kelbî'nin sözüyle, Arapların ev dediği yapıların dördü bunlardır. Cins ismi içinse "**ḫayme**" kullanılır. Kabileler bu çadırlar içerisinde yolculukta konakladıklarında yaşamakta ve hayatlarını sürdürmekte idiler. [6]

Seyyid Vehbî Divanı'nda "**ḫayme**" kelimesi şeklinden dolayı kabarcığa benzetilir; ordunun seferde konakladıklarında kurulan çadırlarla ilişkilendirilir. Çadırlarda kalan cesur askerlere binaen bu çadırlar, gökteki aslan burcuna teşbih edilir, İskender gibi büyük komutanların ordusu beyitlere konu olur. Şair ayrıca Nemrut'un yaptırdığı düşünülen Babil kulesiyle ve gökte ay ve güneşi çadırın üzerindeki iki topa benzeterek karşılaştırır. Bu yönüyle Seyyid Vehbî'nin şiirinde "**ḫayme**" ordunun konakladığı yer nehir veya deniz kenarı olmasından ötürü su kabarcığı; ada, büyüklüğü ve memduhun yüceliğinden dolayı gök ve gökküreleri, savaş meydanı olmasından dolayı ova ve güneş altında sığınılan yer olmasından dolayı gölge ile birlikte zikredilir. Kelime "ḫayme-i çerḫ/gökyüzü çadırı", "ḫayme-i dār-ı selām/Cennet çadırı", "ḫayme-i pādişāh-ı luṭf-penāh/Lütuf ve keremin sığınağı olan o padişahın çadırı", "ḫayme-i tevbe/tövbe çadırı" tamlamalarında geçer.[7]

Ḳurıldı cūy kenārında ḫaymeler yir yir

Ḥabāb-ı lücce gibi oldı ḫāric-i taʿdād (Kaside 5, 53)[8]

(Irmak kenarında yer yer çadırlar kuruldu. Nehrin üzerindeki su kabarcıkları denli çok oldu.)

Kelime *Seyyid Vehbî Divanı*'nda genellikle padişah gibi bir yönetici veya onun ordusu için söz konusu edilir ve sığınılacak yer olması öne çıkarılır.

---

[6] Nebi Bozkurt, "Çadır", *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi* (İstanbul: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, 1993), 8/158-159.
[7] İpek Taşdemir, *Seyyid Vehbî Divanı'nın Bağlamlı Dizin ve İşlevsel Sözlüğü* (Eskişehir: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 2020), 1828-1829.
[8] Dikmen, *Seyyid Vehbi ve Divanının Karşılaştırmalı Metni*, 57.

"**Leylī**" hem bu şekilde hem de "**Leylā**" şeklinde okunabilir. Divanda da kelime bu ikili anlamıyla kullanılmış ve Mecnun söz konusu edilmiştir. "**Leylā**/leylī" divanda sevgilinin saçıyla, delileri bağlamak için kullanılan zincire benzetilen kakülüyle ilişkilendirilmiştir. Kelime "leylī-i deşt-i naḥvet/nazlılık çölünün leylası", "leyliyān-ı ḥüsn/güzellik Leylā'ları" tamlamalarında yer alır.[9]

Sen pūye-kār-ı deşt-i ġam ol leyliyān-ı ḥüsn

Dirse ʿaceb mi Vehbī-i Mecnūn-meniş budur (Gazel 37, 5)[10]

(O güzellik Leylâ'ları, senin için gam çölünde koşturup duran o Mecnun huylu kişi, Vehbî işte budur, denilse buna şaşılır mı?

Seyyid Vehbî "**leylī**"yi sevgiliyi hep karşılayacak şekilde gelmiştir. Gecenin "**leylī**" ve "**şeb**" şeklinde iki kere bahis konusu edilmesi, Hz. Peygamber'in anne rahmine düştüğü geceye, Regâib gecesine yöneliktir. Leyla geceden ötürü siyah saçıyla divandaki gibi anılır. Bununla birlikte "**sevdā-zede**" ifadesi de kelime olarak siyahı karşılar. Zira "**sevdā**" kelimesi Arapça "esved/kara" kelimesinin müennes şeklidir. "**Sevdā-zede**" ise "sevdaya düşmüş, âşık, sevdalı" manasına gelir. Kelime bu haliyle şu beyitte de yer almıştır:

Sevdā-zede-i zülf o ḳara baḫtlular içre

Bir bencileyin tāliʿ-i efrūz olımaz hiç (Gazel 18, 2)[11]

(Sevgilinin o simsiyah saçına vurulmuş o kara bahtlılar arasında; talih yıldızı benim gibi parıldayan başka birisi olamaz!)

Mecnun'un Leyla'ya aşkı, düşkünlüğü çıldıracak seviyededir. Onu görmek ve ona ram olmak ister. İşte Hz. Peygamber "**Leylā**" şeklinde düşünüldüğünde Arap kavmi de Mecnun yerine konulmaktadır. Aslında Hz. Peygamber'in beklenildiği ve ona meftun şekilde onun gelmesi, kendisini göstermesi istenildiği sonucuna ulaşılır. Zira ahir zaman peygamberi o dönemde beklenmekteydi.

Toparlanacak olursa "**leylī**" kelimesi ile hem Hz. Peygamber'in doğduğu geceye atıf yapılmış hem de Hz. Peygamber'in Mecnun gibi Arap kavimleri tarafından beklenildiği dile getirilmiştir. Divan edebiyatında "**ḫayme-i ḫaḍrā**/yeşil çadır" ile gök kastedilmiştir. Şair de şiirinde birçok yerde gök ile çadırı bir arada zikretmiştir. "**Leylī**" kelimesi gece manasıyla alındığında sanki gece çadırın örtüsü olmuştur. Çadır Seyyid Vehbi tarafından beyitlerde çoğunlukla padişahın ordusu anıldığında söz konusu edilmiştir. Çadırın büyüklüğü ve azameti tasvirinde ise gök küreler anlatıya katılmıştır. Çadırın ikinci olarak gök olduğu söylenmiştir. Yani Hz. Peygamber o kutlu gecede rahm-i madere düşmüştür. Çadırın bir özelliği de siyanet etmek, korumak kollamaktır. "**Ḫayme-i raḥmet**" rahmet çadırı ile Hz. Peygamber'in hem âlemlere rahmet olarak geldiğini ifade eden ayet: ""e hem de onun korunup kollandığına atıf yapılmıştır. O kutlu gece, göğün rahmeti celp edilmiştir.

1.2. Tercīh olınur rūz-ı neşāt-āver-i ʿiyde
Bu şeb şeb-i āẕīne-i ūlā-yı Recebdür

[9] Taşdemir, *Seyyid Vehbî Divanı'nın Bağlamlı Dizin ve İşlevsel Sözlüğü*, 2601-2602.
[10] Dikmen, *Seyyid Vehbi ve Divanının Karşılaştırmalı Metni*, 538.
[11] Dikmen, *Seyyid Vehbi ve Divanının Karşılaştırmalı Metni*, 523.

"Bu gece bayramın sevinç veren gününe müreccahtır. Zira Receb'in birinci cumasıdır."

Şair regâib kandilini tanımlamıştır. Hz. Peygamber'in rahm-i madere düştüğü varsayılan gün Regâib Kandili, Receb'in ilk cumasıdır. Şair bu günü üç ayların sonu olan Ramazan bayramından daha güzel görmektedir. Receb kamerî ayların yedincisi olup üç ayların başlangıcıdır. Bu Hz. Peygamber'in üç aylar için okuduğu duayı akla getirmektedir: " اللهم بارك لنا فى رجب و شعبان وبلغنا رمضان/Allah'ım Receb ve Şaban aylarını bize mübarek kıl ve bizi Ramazan ayına kavuştur." "**Receb**" ayı *Seyyid Vehbî Divanı*'nda başka iki yerde daha bulunmaktadır. Bunlardan biri şudur:

Yine Ḥışn-ı İnebolı Receb ayında feth oldı

Hilāl-āsā sipihre aṣdı seyfin bu ʿAlī Pāşā (Tarih 88, 1)[12]

(İnebolu Receb ayında tekrar fethedildi. Ali Paşa'nın kılıcı hilal gibi gökyüzüne asıldı.)

Receb ayı divanda, ya Ramazan'la karşılaştırılarak yahut gökteki ay ile birlikte beyte konu olmaktadır. Çözümlenilen beyitte ise zamanın "gece" vaktine dairliği şeklinde görülmektedir. Kişi için önemli olan ise onu ahiret hayatında ateşten kurtaracak Hz. Peygamber'in bu günde rahm-i madere düşmüş olmasıdır.

"**Rūz**" gündüz, "**şeb**" gece manalarına gelerek tezat sanatı yapılmıştır. Yani hususen -tam tersi bir düşünce olmasına rağmen- bu gece gündüzden daha güzeldir, denilmiştir.

1.3. Meryem gibi Rūḥu'l-ḳudūs-i feyż-i seḥerden Ābisten-i cān olsan neden cāy-ı ʿacebdür

"Eğer sen de Hz. Meryem gibi kuşluk vaktinin Hz. Cebrail'i andıran ilahi bereketiyle bir ruha hamile olsan bu garip bir şey değildir."

Beytin neredeyse bütün kelimeleri tenasüplüdür: "**Feyż-i seḥer**", "**Meryem**", "**Rūḥu'l-ḳudūs**", "**ābisten-i cān**".

Burada Hz. Meryem'in hamileliğine telmih yapılmıştır. Hz. Meryem'in yenine üflenmiş ve o mucizevî bir şekilde hamile kalmıştır. Hz. Meryem'in hamile kalmasıyla alakalı *Kurân-ı Kerîm*'de şu ayetler mevcuttur: "*Onlarla kendi arasına bir perde çekmişti. Derken, ona ruhumuzu gönderdik; ruh ona tam bir insan şeklinde göründü.*"[13] "*İffetini korumuş olan kadını da an! Ona ruhumuzdan üfledik; onu ve oğlunu cümle âlem için bir işaret kıldık.*"[14]

İlk mısrada doğrudan bu ayetlere tedai vardır. Mesele Hz. İsa'nın rahm-ı mâdere düşmesidir. O rahm-ı mâdere ayette ruh diye nitelenen Hz. Cebrâil'in üflemesiyle düşmüştür. Bu ise "**feyż-ı seḥer**"le karşılaştırılmıştır. "**Feyż**" kelimesi oldukça fazla tamlama oluşturup *Seyyid Vehbî Divanı*'nda "bereket, bolluk, ilim, güzellik; mutluluk kaynağı, bir şeyi bahşetmek, ilham" gibi anlamlara gelmektedir.[15] "**Feyż**" beyitteki gibi sabahla şu iki beyitte ilişkilendirilmiştir:

Ḫurşīd-ṣıfat itse n'ola ḳaṭʿ-i menāzil

Feyż-i nefes-i ṣubḥla merdān-ı seḥer-ḫīz (Gazel 96, 3)[16]

---

[12] Dikmen, *Seyyid Vehbi ve Divanının Karşılaştırmalı Metni*, 415.
[13] *Kurân Yolu* (Erişim 21 Haziran 2026), Meryem 19/17.
[14] *Kurân Yolu*, Enbiya 21/91.
[15] Taşdemir, *Seyyid Vehbî Divanı'nın Bağlamlı Dizin ve İşlevsel Sözlüğü*, 1414-1421.
[16] Dikmen, *Seyyid Vehbi ve Divanının Karşılaştırmalı Metni*, 573.

(Sabah vaktinin ilahi nefesi bereketiyle seher vaktinde uyanan veliler, güneş gibi manevi mesafeleri aşıp geçse buna şaşılır mı?)

Rūzenüñ gerçi kesel yoḳ degül eyyāmında

Līk feyż-i seḥer-ı ʿıyd var aḫşāmında (Kaside 46, 3)[17]

(Oruç gününün insan üzerinde bıraktığı bitkinlik yok sayılamaz. Lakin bayram sabahının feyzi, bereketi arefe akşamında hissedilir.)

Bu iki beyitte de kuşluk vaktinin nefesi, rüzgârının insana yepyeni bir hayat bahşettiği, dile getirilmiştir. Böylelikle beyitteki anlamıyla "**feyż-i seher**" kişinin yeniden iman getirmesi şeklinde anlaşılabilir. İnsan o gecenin sabahını görünce yani o geceyi ihya edip ibadetle donatınca ona -Hz. Cebrail'in Hz. İsa'ya ruh bağışlaması- gibi yepyeni bir iman ve hayat bahşedilir, denilmektedir. Şair gazel 96,3'te geçen "n'ola" tabirine benzer şekilde söz konusu beyitte de "**neden cāy-ı ʿacebdür?**" diyerek istifham sanatı yapmıştır. Böylece aslında bunun ihtimal dâhilinde, akla yatkın olduğu belirtilmiştir.

İkinci mana olarak da Hakikat-ı Muhammedî söz konusu edilebilir. Buna binaen hadisteki ifade "*İlk yaratılan benim ruhumdur.*" rivayetine atıf vardır. Böylece Hz. Meryem'in Ruhu'l-kudüs tarafından bir nefha ile hamile bırakılması gibi Hz. Peygamber'in ruhundan âlemdeki bütün ruhların yaratıldığına tedai olduğu söylenebilir. Bu şöyle bir karşılaştırmadır. Hz. Cibril nutfe olmadan Hz. İsa'nın yaratılmasına vesile olmuştur. Hakikat-ı Muhammediye görüşüne göre Hz. Peygamber'in de ruhların yaratılmasına Allah'ın izniyle sebep olduğu beyitten çıkarılabilir.

Ayrıca üçüncü anlam olarak Hz. Peygamber'in Regâib gecesinde rahm-i madere düşmesinde herhangi bir akıl dışılık görülemez manası bağlam dolayısıyla mevcuttur.

1.4. Düşdi ṣadef-i rahme bu şeb bir dürr-i yektā
Kim münteḫab-ı mā-ḥaṣal-i dürc-i edebdür

"Rahim sedefine bu gece bir yekta inci düştü. Keza edep mücevher kutusunun hâsılı, seçkini odur."

Beytin birinci mısraı divan edebiyatı mazmun anlayışı için harcıâlem bir ifadedir. Sadef ve rahim, edebiyatta inci ve çocuk karşılaştırması bulunmaktadır. Bu beytin ayrılan yönü ikinci mısradaki "**münteḫāb-ı mā-ḥaṣal-ı dürc-i edeb**/edeb mücevher kutusunun en değerli seçkini" ifadesidir. Bununla Hz. Peygamber nitelenmektedir. Nisan yağmurunun tek damlası sadefe düşünce inci olur, meni kadın rahmine ulaşınca çocuk olur. Bu çocuk da Hz. Peygamber'dir ki onun vasıflarından birisi de "**dürr-i yetim**"dir. Regâib gecesinin özelliği de budur. Tek bir damla anne karnında kâinatın incisi olan çocuğun, Hz. Peygamber'in dünyaya gelmesine vesile olmuştur. Hz. Peygamber'in lakaplarından birisinin "dürr-i yekta/yekta/tek inci" olması yine buna mukabildir. Sadef burada rahme dolaylı olarak benzetildiği gibi *Seyyid Vehbî Divanı*'nda sevgilinin ağzına, açıldığında kulağa ve göğüs kafesinin yapısından dolayı sineye benzetilir. Nisan yağmuru divanda; deniz, dalgalar, gerdanlık gibi kelimelerle ilişkilendirilir. Kelime ile Farsça "-āsā" ile "ṣadef-āsā/sadef gibi" birleşik isim oluştururken "ṣadefçe-i fem ü dendān-ı yār/sevgilinin sadefe benzeyen ağzı ve dişleri", "ṣadef-i dehr/dünya sadefi", "ṣadef-i ḳulzüm-i īcād/icat denizinin sadefi", "ṣadef-i silk-i şeref/şeref gerdanlığının

[17] Dikmen, *Seyyid Vehbi ve Divanının Karşılaştırmalı Metni*, 202.

sadefi", "ṣadef-i sine/gönül sadefi", "ṣadef-pīrā-yı ʿiṣmet/namus sadefinin süsü" gibi tamlamalar yapılmıştır.[18]

Hz. Peygamber en yüksek ahlak üzere olması dolayısıyla da burada söz konusu edilmiştir. Onun yüksek bir ahlakla ahlaklandığı ayette geçmektedir: "Şüphesiz sen, yüce bir ahlâk üzeresin."[19] Bununla birlikte metinde "**dürc-i edeb**" tamlaması hem edep mahfazası, hokkası gibi manalara gelmekte hem de "**dürc**"ün divan edebiyatında sevgilinin ağzına benzetilmesi dolayısıyla edebin nerede gizli olduğu fikri oluşmaktadır.[20] Bu fikre şairin şu iki beytinden ulaşılabilir:

Ger şebīh olmasa ey dil dehen-i yāre ṣadef

Cāy-gāh olmaz idi gevher-i şeh-vāre ṣadef (Gazel 121, 1)[21]

(Ey gönül sadef eğer sevgilinin ağzına benzemeseydi o şahlara layık inci sadefin içini yuva edinmezdi.)

Ṣadefçe-i fem ü dendān-ı yāredür naẓarum

Ne laʿl-i ḥoḳḳa gerek ne dür-i yetīm baña (Gazel 7, 4)[22]

(Gözüm sevgilinin o küçük sadefe benzeyen ağzı ve inci gibi dişlerine/sözüne dikilmiştir. Benim ne yakut mücevher kutusuna ne de yekta inciye ihtiyacım vardır.)

Buna binaen denilebilir ki Hz. Peygamber'in ağzından dökülenler inci gibi hakikatlerdir. O sözler ya Allah'a atfedilir ya kendisine... Her iki durumda da bu sözler nasstır.

1.5. Tevlīd idüp māder-i şeb ṭıfl-ı hilālin
Ḳandīl donanmasına ol şevḳ sebebdür

"Gecenin annesi o hilalin çocuğunu, doğurması zamanın şevklenmesine, kandil şenliğine vesile olmuştur."

Beyitte "**tevlīd**/doğurma" kelimesi en önemli mevkidedir. Kelime şairin Sultan Ahmed'i ve Damad İbrahim Paşa'yı övdüğü kasidesinde şöyle geçmektedir:

Māder-i dehr oldı tevlīd-i nazīründe ʿaḳīm

Nuh-ṣadefden çıḳmadı sen gibi dürr-i şāh-vār (Kaside 6, 4)[23]

(Dünya anası, senin benzerini doğurmakta kısır kaldı. Dokuz sedefinden/dokuz kat tabakasından senin gibi şahlara layık bir inci çıkmamıştı.)

[18] Taşdemir, *Seyyid Vehbî Divanı'nın Bağlamlı Dizin ve İşlevsel Sözlüğü*, 3506-3509.
[19] *Kurân Yolu*, Kalem 68/4.
[20] İskender Pala, *Ansiklopedik Divan Edebiyatı Sözlüğü* (İstanbul: L&M Yayınları, 2002), "Dürc", 126.
[21] Dikmen, *Seyyid Vehbi ve Divanının Karşılaştırmalı Metni*, 588.
[22] Dikmen, *Seyyid Vehbi ve Divanının Karşılaştırmalı Metni*, 515.
[23] Dikmen, *Seyyid Vehbi ve Divanının Karşılaştırmalı Metni*, 61.

Şair bir önceki beyitte de yine göğe dair bir hususu annelik ile ilişkilendirmekte ve memduhun üstünlüğünü buna yormaktaydı. Böylelikle "**şeb**/gece" ile kastedilen Regâib gecesi olduğundan o gecenin nelere gebe olduğu söz konusu edilmek istenmiştir. Ayın ilk durumu ile ilgili bir husus buraya taşınmış ve onun üzerinden hayal tamamlanmıştır. Hz. Peygamber'in rahm-i mâdere düşüşü ile gecenin bir hilal doğurması birbirine koşutmuş gibi gösterilmiştir. Doğan hilal daha kemale varmadığından anne karnındaki cenin şeklindedir. Regâib kandili, Receb ayının ilk cuma gecesidir, muhtemelen şair şiirini yazdığında bu ilk güne denk gelmiştir. Bu bile kandil şenliği şeklinde kutlanması gereken bir hususdur. İlk mısradaki "**tevlīd, māder, ṭıfl**" ve "**şeb, hilāl**" birbiriyle tenasüplüdür. "**Ḳandīl**" de geceyi aydınlatan bir alet olması hasebiyle buraya dâhil olmuştur. Zira hilal şekli itibariyle kandile benzer. Ayrıca "ḳandīl" mecazımürselle Regâib Kandilini karşılamıştır. "**Ḳandīl donanması**" tabiri hakkındaysa Pakalın şunları söylemiştir:

"Muhtelif şenlik vesileleriyle resmi binaların, evlerin, dükkânların ve meydanların donatılması münasebetiyle kullanılan bir tâbirdir. Binalar bayraklarla donatıldığı gibi geceleri kandiller de yakılırdı. Eskiden donanma harpteki bir muvaffakiyet üzerine yapıldığı gibi padişahların doğum, tahta çıkış günleri için de yapılırdı. Padişahların çocuklarının doğumları üzerine dahi şenlikler tertibedilirdi. Donanmalarda yalnız binaların süslenmesi ve kandiller yakılması ile iktifa edilmez, şehirlerin meydanlarında "elʿab-ı nariye" adı verilen fişekler ve diğer eğlenceli vasıtalar da patlatılırdı."[24]

"**Ḳandīl donanması**" ifadesi "Ḳaṣīde-i İʿdiyye" isimli bir başka beyitte şu şekilde geçmiştir:

Ḳandīl donanması degil ʿıyd donandı

Pür-zīnet-i zīb oldu ser-ā-pāy-ı zamāne (Kaside 38, 7)[25]

(Bu yalnız bir kandil gecesi şenliği değil, adeta bayram kutlamasıdır! Devir baştanbaşa süs ve bezekle doldu taştı.)

Bu beyitte de kutlama yapılan zamanın bayramla kıyaslanmış ve zamanın önemine dikkat çekilmiştir. Kandilin önemli günlerin akşamı olması ve halkın bu şenliğe katılması da bu minvaldedir.

Hilal ayrıca İslam'ı temsil etmesi dolayısıyla beyitte dikkate şayan bir yorum oluşturur. Bir yerde sancakta hilal ve hilalli alemler varsa bu oranın İslam memleketi olduğuna, orada İslam'ın muzaffer olduğuna delalet eder. Şair şunu hayal ettirmektedir: Sanki bir savaşa girilmiş ve kazanılmış, savaş sonucu küffarın memleketi İslam memleketi haline getirilmiştir. İşte bu İslam alameti, yani Hz. Peygamber'in doğacağı müjdesi bile insanları kandil donanması yapmasına şevklendirmiştir. Zira Hz. Peygamber'in gelişiyle İslam tamama ermiş ve insanlar İslam'la müşerref olabilmiştir.

Burada "**şevḳ**" kelimesinin eskiden kullanılan "şavk, yansıma"[26] anlamları da beyit için kullanılabilir. Böylece hilalin doğup ufacık bir şavkı, yansımasının bile görünmesi bile insanların kandil donanması yapmasına vesile olmuştur manasına ulaşılır. Şair ilk beyitte söz konusu ettiği yönetme ve fetih vasıflarını buraya da taşımıştır. Bunu bir bayram yerinde anması ise bir başka bayramı akla getirmiş ve onunla kıyası mevzu haline getirmiş olmalıdır.

[24] Mehmet Zeki Pakalın, *Osmanlı Tarih Deyimleri ve Terimleri Sözlüğü* (İstanbul: Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, 1993), "Donanma", 1/474.
[25] Dikmen, *Seyyid Vehbi ve Divanının Karşılaştırmalı Metni*, 168.
[26] İlhan Ayverdi, *Kubbealtı Lugati* (İstanbul: Kubbealtı Neşriyatı, 2011), "Şevk", 3/2980.

1.6. Nevrūz-ı ʿAcem ol şebe nisbet dem-i mātem

Zīrā ki o şeb sūr-ı şafā ʿıyd-ı ṭarabdur

"İran Nevruz'u o geceye nispetle ağıt zamanıdır. Zira ki o gece eğlence şöleni, şenlik bayramıdır."

Nevruz 21 Mart'a denk gelmektedir. Çeşitli kültürlerde tabiatın uyanışı olduğu ve yılın ilk günü farz edildiğinden ötürü kutlanılan bu gün İranlılar nezdinde "**nevrūz**" yani "yeni gün" şeklinde isimlendirilmiştir. Bugünde şenlik yapılır, adet olduğu üzere ateş üzerinden atlanılır. *Seyyid Vehbî Divanı*'nda "**nevrūz**" kelimesinin "o günlerde macun dağıtılması, tabiatın o zamanda gençleşmesi ve süslenmiş bir geline benzemesi, o günlerde çevgan oynanması, keyif yapma vakti olduğu, düzenlenen bir eğlenceye kıyaslanması, insanın gönlüne neşe vermesi, muzaffer bir pehlivana benzemesi, memduhun bulunduğu devir olması yönleriyle beyitlerde işlenir.[27]

Devr-i ʿadlinde zamāne şād u ḫurrem şöyle kim

ʿĀlemüñ nev-rūz u ʿıydı reşk ider eyyāmına (Kaside 16, 9)[28]

(Onun hüküm sürdüğü dönemde insanlar ve doğa öyle sevinçli ve mutludur ki bütün dünyanın nevruz ve bayramları o günlere günlerine kıskanarak bakar.)

Söz konusu beyitte yine nevruzla -yukarıda padişahın bulunduğu zamanla nevruz karşılaştırılıp padişahın devri üstün tutulduğu gibi- Regâib gecesi karşılaştırılıyor ve Regaib'in nevruzdan üstün olduğu dile getiriliyor.

Beyitte "**nevrūz-ı ʿAcem**" denilmesi nevruzu ilk kutlayan İranlı hükümdar Cem dolayısıyla olabilir. Burada çok öncelerden beri kutlanılan baharın habercisi nevruz ile Hz. Peygamber'in gelişi müjdesinin yaşandığı o zaman dilimini karşılaştırmakla kalmamakta, sanki Arapların Farslara üstünlüğünü de dile getirilmektedir.

Nevruz aynı zamanda Türk musikisinde en eski makamlardan birinin adıdır. Nevrûz-ı ʿAcem veya Nevrûz-ʿAcem ise şöyle nitelendirilmiştir:

"*Türk Musikisi'nde takrîben 5.5 asırlık bir makam. II. Murad'ın (1421-1451) zamanına ait bir isim olması ihtimali kuvvetlidir*."[29]

Bu bilgi dolayısıyla metinde kutlamanın musiki ile bir yapıldığı hayali mevcuttur.

1.7. Şehr-i Receb içre açılur Ḳaʿbe-i maḳṣūd

Māh-ı nevi miftāh-ı der-i ḫāne-i Rab'dur

"Receb ayı içinde maksat olan Kâbe açılır, yeni ay Rabb'in hanesi kapısı anahtarıdır."

Bu beyit için aşağıdaki Seyyid Vehbî'ye ait beyit alıntılanılabilir:

Rehber oldı saña bu lāyıḥa-i ġaybiyye

Kaʿbe-i maṭlaba çün āhene-i ḳıble-nümā (Tarih 61, 8)[30]

[27] Taşdemir, *Seyyid Vehbî Divanı'nın Bağlamlı Dizin ve İşlevsel Sözlüğü*, 3076-3077.
[28] Dikmen, *Seyyid Vehbi ve Divanının Karşılaştırmalı Metni*, 99.
[29] Yılmaz Öztuna, *Büyük Türk Musikisi Ansiklopedisi* (Ankara: Kültür Bakanlığı Yayınları, 1990), 2/115.
[30] Dikmen, *Seyyid Vehbi ve Divanının Karşılaştırmalı Metni*, 391.

(Aynı pusula iğnesinin kıbleye/Kabe'ye yönelmesi gibi o gayb âleminden gelen ilahi levhalar/ayetler de senin Kabe'ye ulaşmanda rehber oldu.)

Her iki beyitte de bir maksat vardır ve maksada bazı araçlarla varılabilir. İnsanlar eğer Kâbe'ye, Allah'ın dinine ulaşmak istiyorlarsa Hz. Peygamber'in doğumuna muntazır olmalıdır. Zira o kılavuzdur gibi bir manaya bu ikinci beyitle ulaşılabilir.

Divan edebiyatında "**māh-ı nev**/hilâl" anahtara benzetilmiştir. *Seyyid Vehbi Divanı*'nda "**māh-ı nev**" ayrıca "sevgilinin kaşına, sürme kabına, muskaya, çevgana, hançere, tırnağa, gemi, somun parçası, elbise yakası ve ibriğe" benzetilmiştir.[31] Üç aylarla ilgili bir başka beyit alıntısı da şu olabilir:

Māh-ı nev olup ḥāline ʿıydde çevgān

Şevvāl rūbāyende-i kūy-i Ramażāndur (Kaside 34, 12)[32]

(Bayram gününde gökteki hilal bir çevgân sopası oldu/çevgan sopasına döndü. Zira Şevval ayı, Ramazan mahallesini/sokağını süpüren, ortadan kaldırandır.)

Receb ayı ile üç aylara girilir. Üç aylar günahların affedildiği bir aydır. Bu ayların başlangıcındaki yeni ay, yani hilalse Allah'ın evi diye tesmiye edilen Kâbe'nin kapılarını, yani rahmet kapılarını açar. Hz. Peygamber doğmadan önce Kâbe'nin anahtarlarının da onun kabilesine emanet edildiği bu bilgiler arasında zikredilebilir. Yani Kâbe'yi açıcı kişi o zaman diliminde gelecektir.

Metinde "**Şehr-i Receb**" ile "**Māh-ı nev**ʿ", "**açılur**" ile "**miftāh**" ve "**Kaʿbe**" ile "**ḫāne-i Rab**" birbiriyle tenasüplüdür. Dolayısıyla bunların sıralı gelmesi leffüneşir-i mürettep sanatını oluşturmuştur.

1.8. Güş eylemez ol şehr-i aşamm cürm-i ʿibādı
Māh-ı Ramażan daḫi görüp mühr be-lebdür

"Sağır/Sessiz ay kulların günahına kulak vermez. Ramazan ayı dahi o ayı görüp ağzını kapatır."

Beyitte Receb ayı ile Ramazan ayı -önceden bayram ve kandil üzerinden olduğu gibi- karşılaştırılmış, kendilerine has özellikleri dile getirilmiştir. Receb ayında önceden işlenmiş günahlar görmezden gelinir, kulak ardı edilir, affedilirken Ramazan ayı bu mahviyeti görür ve ağzını kapatır. "**Aşamm**" hem sağır hem de sessiz manasına gelir. Ramazan sanki sessizlik olsun diye ağzını kapatmış, susmuştur. Receb ayının Ramazandan önce gelmesi burada etken sebep gibi gösterilmiştir. Ramazan günaha sağır kalınmasına şaşırmış, bir nevi nutku tutulmuş ya da kendine örnek almış, Receb kulağını kapatınca Ramazan da ağzını kapatmıştır. Hâlbuki Ramazan ayında ağzı kapalılık oruçtan dolayıdır. Böylece hüsn-i talil yapılmış ve aylar kişileştirilmiştir. Burada hilalin divan edebiyatında kulağa benzetildiği hatırlanabilir.[33] Dolayısıyla beytin içinde "**hilal**" mazmunu mevcuttur.

"**Aşamm**" kelimesi işitmeye dair iken bir harf farkla "aṣamm" Arapça günah manasına gelen "iṣm"in çoğuludur. Eğer mısra bu kelime ile gelseydi "güş eylemez ol şehr aṣamm u cürm-i ʿibādı" olurdu ki böylece mısraın manası "O ay, kulların günah ve cürmlerine kulak vermezdi, önemsemezdi." olurdu. Denilebilir ki şair belki de bunu düşünmüş ve sonradan değiştirmiştir.

[31] Taşdemir, *Seyyid Vehbî Divanı'nın Bağlamlı Dizin ve İşlevsel Sözlüğü*, 2639-2640.
[32] Dikmen, *Seyyid Vehbi ve Divanının Karşılaştırmalı Metni*, 150.
[33] Ahmet Atilla Şentürk, *Osmanlı Şiiri Kılavuzu* (İstanbul: DBY Yayınları, 2022), "Hilal", 6/495.

1.9. Ger lāl ü ker olmazsa da anlar çi ġam ey dil

ʿÖẕr-āverümüz çünki o sulṭān-ı ʿArab'dur

"Gerçi onlar dilsiz ve sağır olmazsa da ne gam ey gönül, özrümüzü ulaştıran o Araplar Sultanı'dır."

Beyitte geçen "**lāl ü ker**" birbiriyle tenasüplüdür. *Seyyid Vehbi Divanı*'nda "**lāl**/dilsiz" "nida, nale, gür sesiyle meşhur şair Accâc, kalemin dili, ünlü şair Muhteşem'in sözü, perişanlık" gibi kavram ve isimlerle birlikte gelir ve memduh için çoğunlukla uygun sözün bulunamaması yönüyle şiirde yer alır.[34] "**Ker**/sağır" ise şu beyitte geçmektedir:

İltica eylediler dār-ı şifā-yı ġayba

Didiler hep bize gelsün ker ü renc ü seḳam (Kaside 42, 25)[35]

(Onlar o gayb âleminin şifa evine sığındılar ve bütün sağır edici dertler ve hastalıklar hep bize varsın, dediler.)

Beyitte bir önceki beyte atıf vardır. Ramazan ağzına parmağını götürdüğünden "**lāl**/dilsiz", Receb ise kulağını kapadığından "**ker**/sağır"dır. Dolayısıyla bu eylemlerin kelime olarak karşılıkları verilmiştir.

Şair bu -zat gibi düşünülerek kişileştirilen- aylar bu özelliklere sahip değilseler bile yani kişi bu zamanlarda affa mazhar olamasa da dert değildir demektedir. Çünkü birisi Hz. Peygamber'in ümmetindense bu yeterlidir, o kişi için gam çekmeye gerek yoktur. Şairin özrünü huzur-ı İlâhî'ye ulaştıran Hz. Peygamber'dir. Bu beyit övgüye geçiş yerindedir.

1.10. Yaʿnī şeh-i ḳudsī-sipeh-i dīn-i Muḥammed

Kim şāh-ı Ḳureyşī-neseb ü pāk-ḥasebdür

"Yani Muhammed dinin mukaddes ordusuna komutandır. O, Kureyş soyundan ve pak asaletli bir padişahtır."

Bu beyitle birlikte ilk beyitten beri gelen Hz. Peygamber'in yöneticilik ve komutanlık vasfı öne çıkarılmaktadır. Ayrıca Hz. Peygamber'in doğumu, öncesinde söz konusu edildiğinden bu beyitte onun soyu hakkında bilgi verilmiştir. Ailesi de Arap kabileleri arasında pek mümtaz bir konumdadır. "**Şeh**" ile "**şāh**" ikisi de aynı kelime olmasına rağmen metin içerisinde tekrara düşülmemek için "**şeh**" ile kelimenin muhaffefi kullanılmıştır. Şair Hz. Peygamber'i tavsifle onun hususiyetini göstermeye, onu tanıtmaya başlamıştır.

1.11. ʿAllāme-i esrār-ı Rab "ʿiḳrā"la muḫāṭāb

Ümmī-laḳab ol ḫāce-i pākīze-nesebdür

"Rabb'in sırlarının allamesi, "oku!"ya muhataptır. Ümmilik lakabı iken temiz soyun efendisidir/hocasıdır."

Hz. Peygamber Allah Teâlâ'nın kâinattaki ayet ve işaretlerini anlayıp sırlarına vakıf olandır. Buradaki önemli kelime "'**allāme-i esrār-ı Rab**" terkibindeki "'**allāme**"dir. Bu kelim *Seyyid*

[34] Taşdemir, *Seyyid Vehbî Divanı'nın Bağlamlı Dizin ve İşlevsel Sözlüğü*, 2577.
[35] Dikmen, *Seyyid Vehbi ve Divanının Karşılaştırmalı Metni*, 193.

Vehbî Divanı'nda ʿallāme-i dāniş-ver/âlimlerin âlimi", "ʿallāme-i ḫafīd/torunların en akıllısı", "ʿallāme-i her-fen; ʿallāme-i ẕū-fünūn/hezarfen her ilimde behresi olan" gibi tamlamalarda kullanılmıştır. (334-335) Beyitteki "**esrār-ı Rab**" ise eşyanın hakikati şeklinde anlaşılabilir. Yani Hz. Peygamber eşyanın hakikatini, eşyanın var oluş gayesini anlayabilecek nitelikte birisidir. "**Esrār**" *Seyyid Vehbî Divanı*'nda "gönül, sevgilinin yanağındaki hat/yüzü, sevgilinin saçı, kader, Miraç hadisesi"[36] ile birlikte gelip yalnız birkaç kişiye açılan ve nasip olan manasını almaktadır. Burada "ayna" istiaresiyle sırrın açığa çıktığı yer bazen gönül olur. Bu açıdan o aynaya sırrın vurması, yani dışarıdan bir iltifatla sırrın ortaya çıkması mevzu bahistir. Yani sır haddizatında vehbî/verilmiş, Allah tarafından nasip edilmiş bir mevzudur.

Nice mülhem dimesün kim nice esrār-ı ḥükm

Aña rūşen görinüp ʿāleme mübhem geldi (Kaside 58, 35)[37]

(Ona İlâhî hükümlerin, sırların kapalı olduğu söylenmesin. Zira o cümle âlemin bilmediği birçok şeyi apaçık bilmektedir.)

Yukarıdaki beyitte şair övgüye mazhar olan memduh için bunları söylediği gibi yaklaşık manayı söz konusu beyitte de dile getirmiştir. Hz. Peygamber Allah'ın hükümlerine, sırlarına vakıftır. Burada "Hak" kelimesi yerine "**Rabb**"in kullanılması ise ayetteki "*Yaratan Rabb'inin adı ile oku!*"[38] ifadesinde "Rabb"in geçmesine matuftur. Bu ayet *Kurân-ı Kerîm*'in ilk ayetidir. Bu ayetle birlikte Hz. Peygamber'in seçkinliği tescillenmiş ve biset ona nasip edilmiştir. "ʿ**İḳra**ʾ/oku!"ya muhatap olan kişi odur ve kâinatın sırları bu ayetle birlikte ona açılmıştır. Şair akabinde Hz. Peygamber'in sıfatlarından "**ümmī-laḳab**"ı zikrederek hadisenin devamına atıf yapmıştır. Hz. Cebrâil'in ayeti bildirmesine rağmen Hz. Peygamber, ben okuma bilmem yani ben ümmiyim demiştir. Bunun üzerine Hz. Peygamber "*O insanı alaktan yaratmıştır. Oku! Kalemle yazmayı öğreten, böylece insana bilmediğini bildiren rabbin sonsuz kerem sahibidir.*"[39] hitabıyla karşılaşmıştır. Şair aslında "ʿ**iḳra**ʾ" ayetini tercüme etmiş, Hz. Peygamber'in ne okuyacağını söylemiştir. Hz. Peygamber'den kâinatın sırlarını okuması istenmiştir.

"ʿ**Allāme, ʿiḳrā, ümmī, ḫāce**" kelimeleri ilimle alakalı ve birbirleriyle tenasüplüdür. "**Ḫāce**" kelimesi hem "efendi" hem de "muallim" manasına gelir.[40] Şair yakın anlam olan efendi ile birlikte muallimi de kastetmiş ve tevriye sanatı yapmıştır. Zira Hz. Peygamber Allah'ın ayetlerini ve sırlarını insanlara öğreten ve insanların en hayırlısı yani âlemlerin efendisidir.

1.12. ʿUḳbāda penāhum benüm ol melceʾ-i ʿālem
Dünyāda efendüm şeh-i Cemşīd-laḳabdur

"Ahirette sığınacak yerim o, âlemin sığınağıdır. Dünyada efendim Cemşit lakaplı şahtır."

"**Penāh**" ve "**melce**ʾ" sığınılacak yer manasına gelen birbirinin müteradifi kelimelerdir. Şair ahirette sığınılacak yerin kendisine has olmadığını, "**melce**ʾ**-i ʿālem**" tamlamasıyla belirtmektedir. Şairin dünyada sığındığı yer ise "**Cemşid**" sıfatlı olan birisidir. Bu ilk bakışta dönemin padişahı şeklinde anlaşılabilir. Ancak devam eden beyitlere göz atıldığında şairin

[36] Taşdemir, *Seyyid Vehbî Divanı'nın Bağlamlı Dizin ve İşlevsel Sözlüğü*, 1315-1316.
[37] Dikmen, *Seyyid Vehbi ve Divanının Karşılaştırmalı Metni*, 226.
[38] *Kurân Yolu*, Alak 1/1.
[39] *Kurân Yolu*, Alak 1/2-4.
[40] Taşdemir, *Seyyid Vehbî Divanı'nın Bağlamlı Dizin ve İşlevsel Sözlüğü*, 1700-1701.

kastının Hz. Peygamber olduğu âşikar hale gelmektedir. Seyyid Vehbi Hz. Peygamber'i yöneticilik vasfıyla da önemli bir mevkiye koymaktadır.

Şair ahirette şefaatine nail olması yönüyle Hz. Peygamber'e "**penāhum**/sığınacak yerim" demektedir. "**Penāh**" *Seyyid Vehbî Divanı*'nda "sabredilecek durum, belalar ve felaket karşısında yardım istenilen, af talep edilen merci" manasında kahir ekseriyetle dönemin padişahı övülürken şiirlere konu olmuştur. "Penāh-ı ʿālem, penāh-ı ḫalḳ/milletin sığınağı", "penāh-ı emn/güvenli yer", "penāh-ı mülk ü millet/devlet ve milletin koruyucusu", "penāh-ı salṭanat-ṣadr/sadrazamlık mevkisi".[41]

Dūçār olduḳda āḫir çār-mevc-i ḳahr-ı ḫiẕlāna

Penāh itdi yine limān-ı ʿafv-ı şāh-ı devrānı (Kaside 12, 32)[42]

(O perişanlık ve çaresizliğin dört bir yanı saran dalgalarına yakalandığında yine o dönemin şahına, o ulu kişinin affının limanına sığındı.)

Yukarıdaki beyitte de görüldüğü üzere birine sığınmak afla birlikte anılmaktadır. Hz. Peygamber'in kendisine sığınan ümmete en büyük rahmeti de onların affına vesile olmasıdır.

Şairin bu beyitte Hz. Peygamber'in yöneticiliği ile karşılaştırdığı şahıs, İran hükümdarları arasından Cemşid'dir. "**Cemşid**" -kısa ismi ile- Cem, Perslerin Pişdâdiyân sülalesine mensup dördüncü ve en büyük hükümdarıdır. Tahmurs'un oğlu olup demirden silah yapmış, kumaşı icat etmiş, tuğlayla bina imar ettirmiş, kıymetli taşları işlemiş, güzel kokuları bulmuş, hastalıkların nasıl sağaltılacağını keşf etmiştir. Bu yönüyle Cem, medeniyetin banisi gibi anılmıştır. Cem büyük padişah, "-şid" eki ışık manasına gelir. O dünyayı dolaşmış ve kendisinden büyük birinin olmadığına kani olunca durulmuş ve kendine layık büyük bir taht yaptırmış, oturduğu tahttan güneşin tacından yansıması olağanüstü bir işaret sayılmış, ona mücevherler sunulmuş ve bu güne nevruz denilmiştir. Cem bunların yanı sıra şarabın da mucidi olarak görülmüştür.[43] Anlaşıldığı kadarıyla Hz. Peygamber'le İran hükümdarlarından Cemşid'in karşılaştırılması 6. beyte bir atıf içermektedir. Orada da Regâib Kandili ile nevruz karşılaştırılmış ve Regâib gecesi daha üstün tutulmuştu. Burada ise "**nevrūz**"un bir nevi mucidi olan Cemşid ile Hz. Peygamber kıyaslanmış ve üstü kapalı şekilde Hz. Peygamber'in yöneticilikte daha üstün olduğu vurgulanmıştır. Zira Hz. Peygamber insanları öteki dünyada şefaatiyle kurtardığı gibi bu dünyada da şeriatıyla, yani kanunlarıyla dahi güzel bir hayat yaşamalarına imkân tanımış ve onları kurtarmıştır.

Şair bu tanımlarıyla aslında divan edebiyatının klasik evrede beslendiği Fars mitolojisine geri dönmüş, Hz. Peygamber'in kâinatın yaratılması bahsi dışında dünya hayatındaki etkisini ve cihangirliğini karşılamak babında eski İran yöneticilerine atıf yapmıştır.

1.13. Ol ḫüsrev-i ġāzī ki olup mülḥaḳ-ı mülki
Ger Yeṯrīb ü Baṭḥā vü eger Şām u Ḥaleb'dür

"O padişah ki mülküne Medine ve Mekke, Şam ve Halep mülkünün katılmasıyla gazi olmuştur."

[41] Taşdemir, *Seyyid Vehbî Divanı'nın Bağlamlı Dizin ve İşlevsel Sözlüğü*, 3334-3335.
[42] Dikmen, *Seyyid Vehbi ve Divanının Karşılaştırmalı Metni*, 86.
[43] Dursunali Tökel, *Divan Şiirinde Mitolojik Unsurlar* (Ankara: Akçağ Yayınevi, 2000), 125-126; Gencay Zavotçu, *Divan Edebiyatı Kişiler-Kişilikler Sözlüğü* (Ankara: Aydın Kitapevi, 2006), "Cem", 88.

Şair İran hükümdarlarından devam ederek "**Ḫusrev**"i zikretmektedir. "**Ḫusrev**" hem cins isim olarak padişah manasını hem de özelde İran'ın efsanevi bir padişahını karşılar. "Hüsrev" Nuşirevân'ın torunu olup "perviz/üstün gelen" lakabını alan padişahtır. Hayatı saray entrikalarıyla bir kaçıp bir tahta çıkmakla geçen Hüsrev, Taberî'nin söylediğine göre malı mülkü önceden birisine nasip olmayan biri olup bir mektupla kendine gelen İslam davetini yırtmış ve kısa zaman sonra oğlu Şiruyeh tarafından öldürülmüştür.[44] "**Ḫusrev**" kelimesi *Seyyid Vehbî Divanı*'nda bir kaç yerde "Cem", "Rüstem", "Sam", "İskender" ile birlikte yöneticilik ve savaşkanlık vasıfları mevzuunda memduhu üstün tutmak adına gelmiştir, ayrıca mesnevi olan "Ḫusrev ü Şîrîn"e atıf yapılmıştır. "Ḫusrev-i ʿādil/adaletli padişah", "ḫusrev-i ālī-tebār/yüce soylu padişah", "ḫusrev-i cem-cāh, ḫusrev-i cem-mesned/Cem rütbesinde padişah", "ḫusrev-i cem-çāker, ḫusrev-i cem-ḫadem /kölesi Cem olan hükümdar", "ḫüsrev-i çarḫ-āsitān/makamı gökyüzü olan hükümdar", "ḫüsrev-i dāniş-ḳarīn/bilge padişah" gibi tamlamalarda, yönetici için övgü minvalli beyitlerin içinde bulunur.[45] İlgili "**ḫusrev-i ġāzī**/gazi, cengaver yönetici" vasfı bir başka beyitte şöyle gelmiştir:

Ne semte itse taʿyīn-i sipeh ol ḫüsrev-i ġāzī

İder āyāt-ı nuṣret daʿvet içün dest-cünbānı (Kaside 3, 67)[46]

(O gazi padişah ordusunu hangi yöne tayin etse orada zafer işaretleri davet etmek için elini sallar, gel der.)

Şair "**Ḫüsrev**"i genellikle "**Cem**" ile beraber yöneticilik hususunda mısralarında anmış ve tamlama yapmıştır. Önceki beyitte "**Cem**"in burada "**Ḫusrev**"in zikredilmesi dikkati şayandır. Yani şairin yöneticilik hususunda en üstün gördüğü Fars edebiyatındaki hükümdarlar bunlar olsa gerektir. Bu padişahların adalet ve cihangirlik sıfatları öne çıkmaktadır.

Hüsrev-i Perviz'in çalkantılı hayatına "**ġāzī**" sıfatıyla işaret etmiş olabilir. Gazi savaşa katılan manasında bir kelimedir. Ancak "Hüsrev"in zikredilmesinde kendisine sıfat olan "perviz/muzaffer" burada örtük şekilde bulunmaktadır. Hz. Peygamber de çeşitli savaşlara katılıp komutanlık etmiş ve biri dışında hepsinde ordusu muzaffer olmuştur. Ayrıca "**mülk**" çokluğu yani müreffehlik ve zenginlik bu beyitte söz konusu edilmiş olabilir. Zira Hz. Peygamber'in ve ümmetinin kısa sürede eline; Medine, Mekke, Şam ve Halep geçmiş, buralar fethedilmiştir. Bir nevi Hüsrev'in malı mülkü kadar mal mülk kısa zamanda elde edilmiştir, manasına buradan ulaşılabilir.

1.14. Teshīr idüp şarḳ ile ġarbı çü Sikender Şāhenşeh-i Rūm u ʿAcem ü Hind ü ʿArab'dur

"O, doğu ve batıyı İskender gibi zapt ederek Anadolu ve İran'ın, Hindistan ve Arabistan'ın hükümdarı olmuştur."

Hz. Peygamber bu sefer yöneticiliği ve savaşkanlığından ziyade cihangirliği ile öne çıkmaktadır. Onun devlet sınırlarının İskender-i Zülkarneyn gibi dört bir yana yayıldığı söylenilmiştir. Divan edebiyatında İskender söz konusu edilince *Kurân-ı Kerîm*'deki Zülkarneyn yani iki boynuzlu/doğu ve batıya hâkim hükümdar kastedilir.[47] O, ayetlerdeki

[44] Tökel, *Divan Şiirinde Mitolojik Unsurlar*, 177-178.
[45] Taşdemir, *Seyyid Vehbî Divanı'nın Bağlamlı Dizin ve İşlevsel Sözlüğü*, 2005-2009.
[46] Dikmen, *Seyyid Vehbi ve Divanının Karşılaştırmalı Metni*, 49.
[47] Pala, "İskender", 236-237.

anlatıyla atını doğu ve batıya sürmüş, Yecüc ve Mecüc'e karşı set yapmış, büyük ve âlim bir hükümdardır. Kelime *Seyyid Vehbî Divanı*'nda "sikenderāne/İskender gibi", "sikender-cāh/İskender makamlı" tabirleriyle birlikte gelmiştir. İskender; Yecüc ve Mecüc'e sed çekmesi ve her memleketi baktığında gördüğü düşünülen aynası dolayısıyla beyitlerde geçmiştir. Bunun gibi bilginliği, değeri, şöhretinden ötürü beyitlere konu olmuştur.[48]

"Ẕü'l-ḳarneyn/iki boynuzlu" tabiri burada zikredilmese de "**şarḳ ile ġarb**", "**Rūm u ʿAcem**", "**Hind ü ʿArab**" ikilemeleriyle burada üstü kapalı şekilde mevcuttur. *Seyyid Vehbî Divanı*'nda buna benzer şöyle bir beyit mevcuttur:

Mālik olmaḳ çoḳ mıdur Ḫırān degül Tūrān'a sen

Ḫüsrevā bildürdüñ İskenderlügüñ devrāna sen (Tahmis 1, 16)[49]

(Ey padişah! Senin İran'a değil Turan topraklarına da malik olman şaşılacak şey değildir. Zira sen, İskender gibi bir cihan fatihi olduğunu tüm dünyaya ilan ettin, gösterdin.)

Naʿtın bu beyitle bitmesi gariptir. Şair kendinden bahsetmemiş ve duayla şefaat talebinde bulunmamıştır. Bu yönleriyle klasik naʿt örneklerinden ayrılmaktadır.

SONUÇ

Seyyid Vehbî Divanı'ndaki "Naʿt-ı Resūl-i Ḫudā ʿAleyhi's-Selām" başlıklı ilk naʿt; biçim ve muhteva yönünden klasik naʿt örneklerinden ayrılmaktadır. Seyyid Vehbî'nin diğer iki naʿtında olduğu gibi burada da -gazel nazım biçimindeki gibi- sevgilinin övülmesine benzer bir övgü mevcuttur. Naʿtın dokuzuncu beytine kadar şiir bir regâibiye karakteri taşımaktadır. Naʿt Receb ayının manevi övgüsüyle başlamıştır. Hz. Peygamber anlatılırken bir taraftan sevgiliye ait mazmunlar işlenmiş, diğer taraftan da Hz. Peygamber'in komutanlık özellikleri söz konusu edilmiştir. Son beyitlerde ise Hz. Peygamber övgüsü tamamen dünyevî siyasi, askeri ve cihangirane bir liderlik tasvirine dönüşmüştür. Şair naʿtta mazmunları yerinde kullanmıştır. Ancak bazen düşünce tekrarı mevcuttur. Bu meyanda 2. beyitte Regâib gecesiyle Ramazan bayramının kıyası, 6. beyitte Regâib gecesiyle nevruz karşılaştırması örnek getirilebilir. Naʿtların çoğunluğunda var olan, şairin kendi acziyetini belirtip af dilediği geniş bir dua ve istişfa kısmı burada bir mısrada vardır. Seyyid Vehbî'nin övgüsünü, nihayetinde Hz. Peygamber'in hükümdarlığına bağlaması, naʿtını yaşayan bir padişahı öven kasideye benzetmiştir.

KAYNAKÇA

Ayverdi, İlhan. *Kubbealtı Lugati*. 3 Cilt. İstanbul: Kubbealtı Neşriyatı, 2011.

Bozkurt, Nebi. "Çadır". *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi*. 8/158-162. İstanbul: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, 1993.

Çiçekler, Mustafa. "Na't". *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi*. 32/435-436. İstanbul: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, 2006.

Dikmen, Hamit. "Seyyid Vehbî". *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi*. C. 37. 74-75, 2009.

Dikmen, Hamit. "Seyyid Vehbî Divanı'nın Şekil ve İfade Özellikleri Yönünden Analizi". *Çukurova Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi* 3/1 (2003), 103-126.

[48] Taşdemir, *Seyyid Vehbî Divanı'nın Bağlamlı Dizin ve İşlevsel Sözlüğü*, 3707-3709.
[49] Dikmen, *Seyyid Vehbi ve Divanının Karşılaştırmalı Metni*, 464.

Dikmen, Hamit. *Seyyid Vehbi ve Divanının Karşılaştırmalı Metni*. Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 1991.
Öztuna, Yılmaz. *Büyük Türk Musikisi Ansiklopedisi*. Ankara: Kültür Bakanlığı Yayınları, 1990.
Pakalın, Mehmet Zeki. *Osmanlı Tarih Deyimleri ve Terimleri Sözlüğü*. 3 Cilt. İstanbul: Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, 1993.
Pala, İskender. *Ansiklopedik Divan Edebiyatı Sözlüğü*. İstanbul: L&M Yayınları, 2002.
Şentürk, Ahmet Atilla. *Osmanlı Şiiri Kılavuzu*. 8 Cilt. İstanbul: DBY Yayınları, 2022.
Taşdemir, İpek. *Seyyid Vehbî Divanı'nın Bağlamlı Dizin ve İşlevsel Sözlüğü*. Eskişehir: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 2020.
Tökel, Dursunali. *Divan Şiirinde Mitolojik Unsurlar*. Ankara: Akçağ Yayınevi, 2000.
Yar, Halim. "Ârif Süleyman'ın Regâibiyyesi (İnceleme, Tahkik ve Tercüme)". *Tahkik Dergisi* 5/2 (2022), 313-369.
Yeniterzi, Emine. *Divan Şiirinde Na't*. Ankara: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, 1993.
Yeniterzi, Emine. "Na't". *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi*. 32/436-437. İstanbul: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, 2006.
Zavotçu, Gencay. *Divan Edebiyatı Kişiler-Kişilikler Sözlüğü*. Ankara: Aydın Kitapevi, 2006.
Kurân Yolu. Erişim 21 Haziran 2026. https://kuran.diyanet.gov.tr/Tefsir

PSEUDOMONAS AERUGINOSA'DAN PİYOSİYANİN PİGMENTİ ELDE EDİLMESİ: ÜRETİM VE EKSTRAKSİYON SÜRECİ

Hilal YILMAZ ŞİMŞEK
Yüksek Lisans Öğrencisi, Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Orcid Number: 0009-0008-1593-1250
Emel ÇALIŞKAN
Prof. Dr., Düzce Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Orcid Number: 0000-0002-9451-7865
Demet ERDÖNMEZ
Doç. Dr., Düzce Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Temel Eczacılık Bilimleri Bölümü Farmasötik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Orcid Number: 0000-0002-5331-2206
Duygu POLAT
Araştırma Görevlisi, Düzce Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Temel Eczacılık Bilimleri Bölümü Farmasötik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Orcid Number: 0000-0001-5958-8310
Halil İbrahim ŞİMŞEK
Araştırma Görevlisi, Düzce Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Orcid Number: 0000-0003-4026-9218

ÖZET

Piyosiyanin, *Pseudomonas aeruginosa* tarafından sentezlenen fenazin türevi, mavi-yeşil renkli bir pigment olup bakteri için önemli bir virülans faktörüdür. Son yıllarda bu pigmentin diğer bakteri türleri üzerindeki inhibitör etkisi ve çeşitli kanser hücre hatlarında büyümeyi baskılayıcı etkileri üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bu çalışmada, literatürdeki mevcut yöntemler modifiye edilerek piyosiyanin pigmentinin elde edilmesi ve ekstraksiyon sürecinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, Düzce Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Laboratuvarı'nda bronkoalveoler lavaj (BAL), plevra sıvısı ve idrar kültürü örneklerinden izole edilen üç ayrı *P. aeruginosa* suşu ile ATCC 27853 referans suşu kullanılmıştır. Piyosiyanin üretimi amacıyla suşlar King's A Broth besiyerinde 37°C'de çalkalamalı inkübatörde (150 rpm) 72 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında kültürler 10.000 × g'de 10°C'de 20 dakika santrifüjlenerek hücrelerden ayrılmış ve süpernatant ekstraksiyonda kullanılmıştır. Süpernatant eşit hacimde kloroform ile muamele edilmiş ve işlem iki kez tekrarlanmıştır; piyosiyanin içeren kloroform fazının mavi renk aldığı gözlenmiştir. Birleştirilen kloroform fazları 1/5 hacim oranında 0,2 M HCl ile yeniden ekstrakte edilmiş, pigmentin asidik sulu faza geçerek kırmızı renge döndüğü görülmüştür. Ayrılan asidik sulu fazın pH'sı fosfat tamponlu salin (PBS) ile 6,8'e ayarlanmış ve pigmentin yeniden mavi renk aldığı gözlenmiştir. Bu çözelti eşit hacimde kloroform ile ekstrakte edilerek pigment yeniden organik faza alınmış ve rotary evaporatörde konsantre edilmiştir. Elde edilen ham piyosiyanin ekstraktı, son konsantrasyon 100 mg/mL olacak şekilde distile su ile sulandırılmış ve 0,22 µm gözenek çaplı steril filtreden geçirilmiştir. Pigmentlerin karakterizasyonu 200-900 nm aralığında UV-Vis spektrofotometre ile yapılmıştır. Çalışmaya dahil edilen tüm suşlardan piyosiyanin pigmenti elde edilmiş, suşlara ait spektrumlarda ~689 nm ve ~378 nm'de karakteristik absorbans pikleri saptanmıştır. Uygulanan sıvı-sıvı ekstraksiyon yöntemiyle, farklı enfeksiyon bölgelerinden izole edilen *P. aeruginosa* suşlarından piyosiyanin pigmentinin başarılı biçimde elde edilebildiği ve ileri saflaştırma öncesinde konsantre edilebildiği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Pseudomonas aeruginosa*, Piyosiyanin, Pigment, Ekstraksiyon, Sıvı-Sıvı Ekstraksiyon

ABSTRACT
Pyocyanin is a blue-green phenazine-derived pigment synthesized by *Pseudomonas aeruginosa* and is an important virulence factor of the bacterium. In recent years, increasing attention has been given to the inhibitory effects of pyocyanin on other bacterial species and its growth-suppressive effects on various cancer cell lines. This study aimed to obtain pyocyanin pigment and evaluate the extraction process by modifying existing methods reported in the literature. Three *P. aeruginosa* strains isolated from bronchoalveolar lavage (BAL), pleural fluid, and urine culture specimens in the Medical Microbiology Laboratory of Düzce University Faculty of Medicine, together with the ATCC 27853 reference strain, were included in the study. For pyocyanin production, the strains were incubated in King's A Broth at 37°C for 72 h in a shaking incubator at 150 rpm. Following incubation, the cultures were centrifuged at 10,000 × g for 20 min at 10°C, and the resulting supernatants were used for extraction. The supernatants were treated with an equal volume of chloroform, and the procedure was repeated twice. The chloroform phase containing pyocyanin exhibited a blue color. The combined chloroform phases were re-extracted with 0.2 M HCl at a ratio of 1/5 volume, resulting in transfer of the pigment into the acidic aqueous phase and a change in color to red. The pH of the separated acidic aqueous phase was adjusted to 6.8 using phosphate-buffered saline (PBS), upon which the pigment regained its blue color. The resulting solution was extracted with an equal volume of chloroform to transfer the pigment back into the organic phase and was subsequently concentrated using a rotary evaporator. The crude pyocyanin extract was diluted with distilled water to a final concentration of 100 mg/mL and sterilized by filtration through a 0.22-µm pore-size membrane filter. Pigment characterization was performed using UV–Vis spectrophotometry over the wavelength range of 200–900 nm. Pyocyanin pigment was successfully obtained from all strains included in the study, and characteristic absorbance peaks were detected at approximately 689 nm and 378 nm in the spectra of the strains. The applied liquid–liquid extraction method demonstrated that pyocyanin pigment could be obtained from *P. aeruginosa* strains isolated from different infection sites and concentrated prior to further purification.
Keywords: *Pseudomonas aeruginosa*, Pyocyanin, Pigment, Extraction, Liquid–Liquid Extraction

GİRİŞ

Pseudomonas aeruginosa, çevrede yaygın bulunan, Gram-negatif ve fırsatçı patojen özellik gösteren bir bakteridir (Abdelaziz ve ark., 2023). Özellikle hastane enfeksiyonlarında ve bağışıklık sistemi baskılanmış bireylerde klinik öneme sahip enfeksiyonlara yol açmaktadır. Bakterinin patojenitesinde rol oynayan faktörler arasında salgılanan enzimler, toksinler, biyofilm oluşumu ve fenazin türevi sekonder metabolitler yer almaktadır (Chadha ve ark., 2022). Bu metabolitlerden biri olan piyosiyanin, *P. aeruginosa* virülansına katkıda bulunan ve konak hücrelerde oksidatif stres ile hücresel hasara neden olabilen önemli bir virülans faktörüdür (Hall ve ark., 2016).

Piyosiyanin, *P. aeruginosa* tarafından sentezlenen, karakteristik mavi-yeşil renge sahip, redoks-aktif bir fenazin türevi pigmenttir (Abdelaziz ve ark., 2023). Piyosiyanin biyosentezinde fenazin öncüllerinin enzimatik dönüşümleri gerçekleşmekte ve phzM ile phzS genleri bu süreçte önemli rol oynamaktadır. Ayrıca üretimi, bakterinin hücre yoğunluğuna bağlı gen düzenleme mekanizmalarından biri olan çoğunluk algılama (quorum sensing) sistemiyle ilişkilidir (Chadha ve ark., 2022). Reaktif oksijen türlerinin oluşumunu destekleyen piyosiyanin, konak hücrelerde oksidatif strese neden olabilmekte ve bu özelliğiyle bakterinin virülansına katkıda bulunmaktadır (Rada ve Leto, 2013). Öte yandan çeşitli bakteri türleri üzerindeki inhibitör etkileri ile farklı kanser hücre hatlarında gözlenen sitotoksik etkileri, piyosiyaninin

biyoteknolojik ve biyomedikal araştırmalarda da ilgi görmesine yol açmaktadır (Mudaliar ve Prasad, 2024).

Piyosiyaninin biyolojik özelliklerinin ve olası uygulama alanlarının araştırılabilmesi için pigmentin uygun koşullarda üretilmesi ve kültür ortamından ayrıştırılması gerekmektedir. Pigment üretimi; besiyerinin bileşimi, karbon ve azot kaynakları, sıcaklık, pH, havalandırma ve inkübasyon süresi gibi çeşitli değişkenlerden etkilenebilmektedir (Jabłońska ve ark., 2023). Bu nedenle üretim koşullarının belirlenmesi, pigmentin elde edilmesi ve sonraki analizlerde kullanılabilecek bir ekstrakt hazırlanması açısından önem taşımaktadır. Literatürde piyosiyaninin elde edilmesinde sıvı-sıvı ekstraksiyon gibi çözücü temelli yöntemlerden yararlanılmaktadır (Abdelaziz ve ark., 2023). Bu yöntemde pigmentin organik ve sulu fazlar arasındaki dağılımından ve pH değişimine bağlı renk dönüşümünden yararlanılarak kültür süpernatantından ayrıştırılması sağlanabilmektedir (Marey ve ark., 2024). Klinik ve çevresel *P. aeruginosa* izolatlarından elde edilen piyosiyaninin saflaştırılması ve karakterizasyonunu inceleyen araştırmalarda da ekstraksiyon işlemleriyle birlikte ince tabaka kromatografisi (TLC) ve UV-Vis spektrofotometrisi gibi analiz yöntemlerinden yararlanılmıştır (Shouman ve ark., 2023).

Ekstraksiyon sonrasında elde edilen pigmentin değerlendirilmesinde UV-Vis spektrofotometrisi, örneğin belirli dalga boylarındaki absorbans özelliklerinin incelenmesine olanak sağlayan yöntemlerden biridir (Marey ve ark., 2024). Piyosiyaninin absorpsiyon spektrumu; çözücü bileşimi, pH ve analiz koşulları gibi faktörlerden etkilenebildiğinden, spektral bulguların ilgili literatür verileri ve deney koşulları dikkate alınarak yorumlanması gerekmektedir (Abdelaziz ve ark., 2023). Bu yöntem pigmentin karakteristik absorbans özelliklerinin değerlendirilmesini sağlasa da kimyasal saflığın kesin olarak doğrulanması için tek başına yeterli değildir. Bu nedenle piyosiyaninin karakterizasyonunda TLC gibi kromatografik yöntemlerin ve gerektiğinde FTIR, NMR veya kütle spektrometrisi gibi tamamlayıcı analizlerin kullanılması daha kapsamlı bir değerlendirme sağlayabilir (Shouman ve ark., 2023).

Bu çalışmada, Düzce Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Laboratuvarında bronkoalveoler lavaj (BAL), plevra sıvısı ve idrar kültürü örneklerinden izole edilen üç *P. aeruginosa* suşu ile ATCC 27853 referans suşu kullanılarak piyosiyanin pigmentinin elde edilmesi ve ekstraksiyon sürecinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

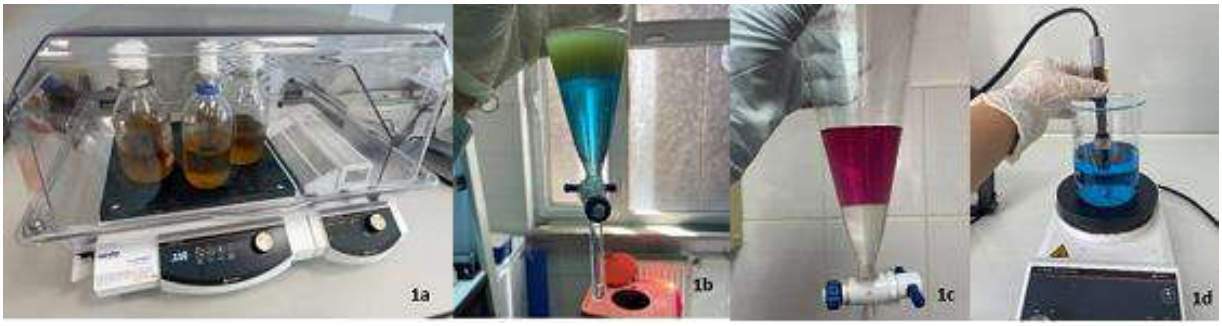
ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Mikroorganizma ve Kültür Koşulları

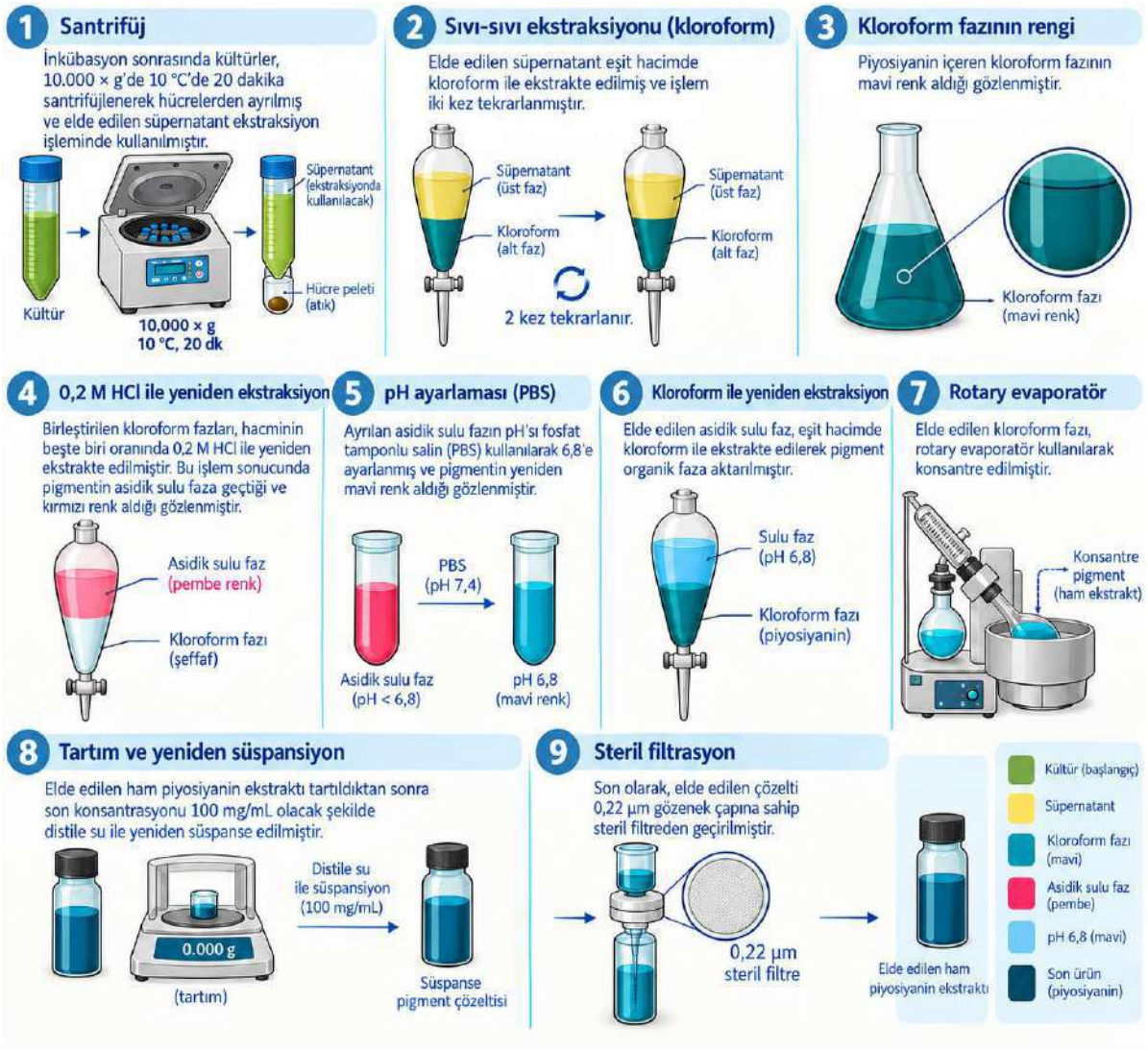
Çalışmada, Düzce Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Laboratuvarına Mart–Nisan 2026 tarihleri arasında gönderilen bronkoalveoler lavaj (BAL), plevra sıvısı ve idrar kültürü örneklerinden izole edilen üç *Pseudomonas aeruginosa* suşu ile ATCC 27853 referans suşu kullanılmıştır. Suşlar, uzun süreli saklama amacıyla %15 gliserol içeren Tryptic Soy Broth (TSB) besiyerinde −80 °C'de muhafaza edilmiştir. Dondurulmuş stoklardan aktif kültürler elde etmek amacıyla, 24 saatlik kültürden 20 µL alınarak kanlı agar besiyerine inoküle edilmiş ve besiyerleri 37 °C'de 24 saat inkübe edilmiştir. Bu koşullarda üreyen kolonilerin morfolojik özellikleri ve pigment oluşumu gözlemlenmiş, ardından seçilen koloniler Tryptic Soy Broth besiyerine aktarılarak piyosiyanin üretimi için sıvı kültür hazırlanmıştır (Oves ve ark., 2024). Piyosiyanin üretimi amacıyla laboratuvarımızda hazırlanan King's A Broth besiyeri kullanılmıştır. Besiyeri; proteoz pepton (20 g/L), gliserol (10 mL/L), potasyum sülfat (K_2SO_4; 10 g/L) ve magnezyum klorür hekzahidrat ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$; 3,5 g/L) içerecek şekilde hazırlanmış ve pH'sı 25 °C'de 7,2–7,4 olarak ayarlanmıştır (Atlas, 2005). Elde edilen aktif kültürlerden 100 µL alınarak besiyerine inoküle edilmiş ve kültürler 37 °C'de, çalkalamalı etüvde 150 rpm hızda 72 saat inkübe edilmiştir.

Piyosiyanin Ekstraksiyonu

İnkübasyon sonrasında kültürler 10.000 × g'de, 10 °C'de 20 dakika santrifüj edilerek hücrelerden ayrılmış ve elde edilen süpernatant ekstraksiyon işleminde kullanılmıştır. Süpernatant eşit hacimde kloroform ile ekstrakte edilmiş, işlem iki kez tekrarlanmış ve piyosiyanin içeren kloroform fazının mavi renk aldığı gözlenmiştir (Şekil 1b). Birleştirilen kloroform fazları, hacminin beşte biri oranında 0,2 M HCl ile yeniden ekstrakte edilmiştir. Bu basamakta pigmentin asidik sulu faza geçtiği ve kırmızı renk aldığı gözlenmiştir (Şekil 1c). Ayrılan asidik sulu fazın pH'sı fosfat tamponlu salin kullanılarak 6,8'e ayarlanmış ve pigmentin yeniden mavi renk aldığı gözlenmiştir (Şekil 1d). Elde edilen çözelti eşit hacimde kloroform ile ekstrakte edilerek pigment organik faza aktarılmış ve rotary evaporatör kullanılarak konsantre edilmiştir. Elde edilen ham piyosiyanin ekstraktı tartıldıktan sonra son konsantrasyonu 100 mg/mL olacak şekilde distile suda yeniden süspanse edilmiş ve 0,22 µm gözenek çapına sahip steril filtreden geçirilmiştir (Falkeborg ve ark., 2017; Siddiqa ve ark., 2024).



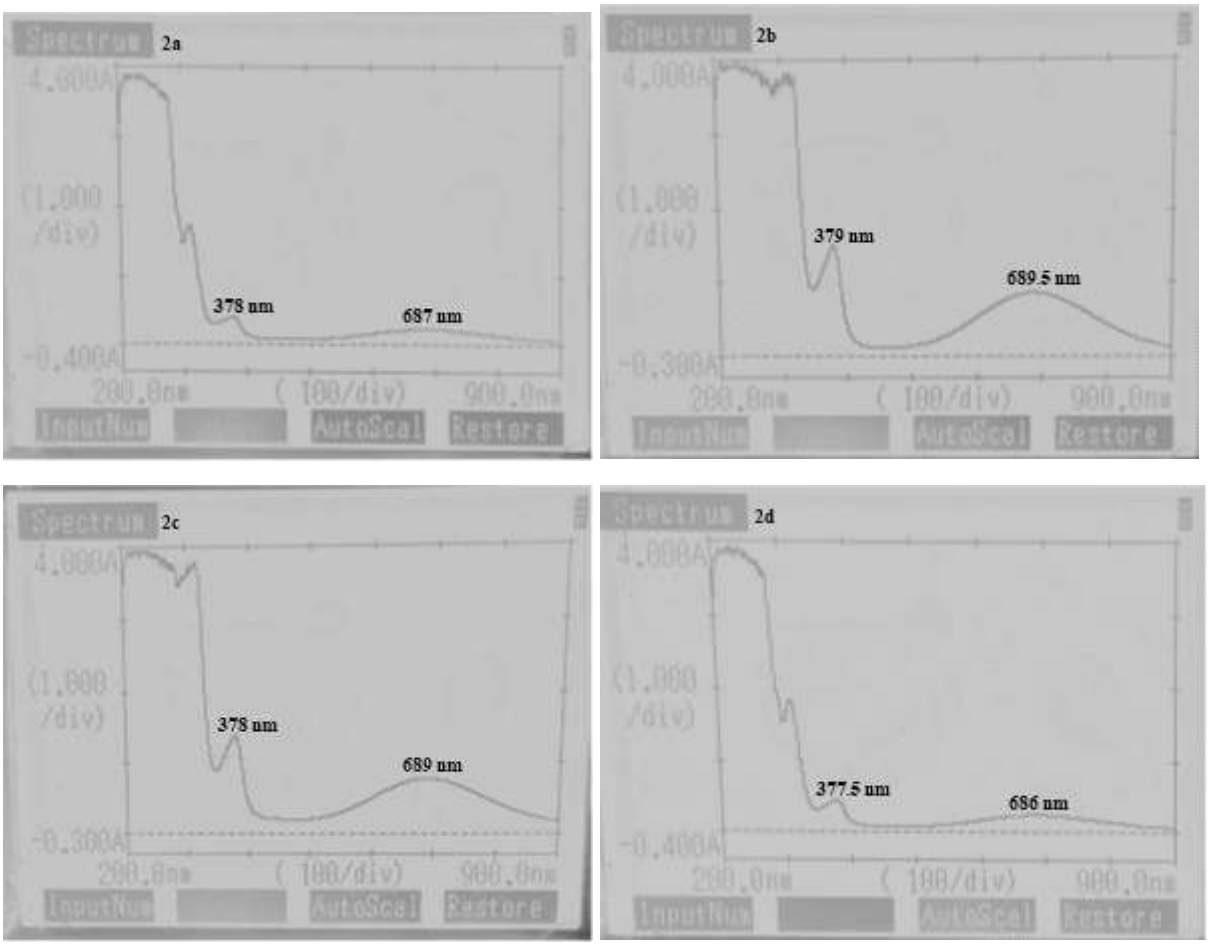
Şekil 1. Piyosiyanin pigmentinin ekstraksiyonu.



Şekil 2. Piyosiyanin pigmenti eldesinin basamakları. (Görsel, ChatGPT kullanılarak oluşturulmuştur.)

Piyosiyanin Karakterizasyonu

UV-Vis spektrofotometrik analizinde, ATCC 27853 referans suşu ile idrar, plevra sıvısı ve bronkoalveoler lavaj (BAL) örneklerinden izole edilen *P. aeruginosa* suşlarından elde edilen pigment ekstraktlarının spektrumları 200–900 nm aralığında incelenmiştir. Spektrumlarda ATCC 27853 suşunda 378 ve 687 nm; idrar izolatında 379 ve 689,5 nm; plevra sıvısı izolatında 378 ve 689 nm; BAL izolatında ise 377,5 ve 686 nm dalga boylarında işaretlenmiş absorbans özellikleri gözlenmiştir. Dört suşun spektrumlarında benzer dalga boyu bölgelerinde sinyaller elde edilmesi, ekstraktların spektral özelliklerinin birbirine benzer olduğunu göstermiştir (Şekil 3).



Şekil 3. ATCC 27853 referans suşu (2a) ile idrar (2b), plevra sıvısı (2c) ve BAL (2d) örneklerinden izole edilen *Pseudomonas aeruginosa* suşlarından elde edilen piyosiyanin ekstraktlarının 200–900 nm aralığındaki UV-Vis absorpsiyon spektrumları.

İnce Tabaka Kromatografisi (TLC) Bulguları

Piyosiyanin ekstraktlarının kromatografik özelliklerinin değerlendirilmesi amacıyla ince tabaka kromatografisi (TLC) uygulanmıştır. Mobil faz olarak kloroform, metanol ve asidin sırasıyla 45:5:1 oranlarında karıştırılmasıyla hazırlanan çözücü sistemi kullanılmıştır. Analiz sonucunda, ATCC 27853 referans suşu ile idrar, plevra sıvısı ve bronkoalveoler lavaj (BAL) örneklerinden izole edilen *P. aeruginosa* suşlarına ait ekstraktlarda mavi renkli tek bant gözlenmiştir. Bantların kromatografik plak üzerindeki konumlarının dört örnekte de benzer olduğu belirlenmiştir. Bu gözlem, örneklerdeki pigment bileşenlerinin kullanılan kromatografik koşullar altında benzer göç davranışı sergilediğini göstermektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Piyosiyanin, *P. aeruginosa* tarafından üretilen ve tıp, tarım ve çevre alanlarında çeşitli amaçlarla kullanılma potansiyeli taşıyan mavi-yeşil bir fenazin pigmentidir (DeBritto ve ark., 2020). Bu geniş uygulama alanı, pigmentin yalnızca bir bakteri metaboliti değil, değerli bir biyomolekül olarak incelenmesi gerektiğini göstermektedir. Özellikle antibiyotik direncinin giderek arttığı günümüzde, piyosiyaninin mikroorganizmalar üzerindeki inhibe edici etkisi araştırmacıların önemli bir inceleme konusu hâline gelmiştir. Nitekim metisiline dirençli *Staphylococcus aureus*, *E. coli*, *Bacillus* spp., *Aspergillus niger* ve *Aspergillus fumigatus*, *Cryptococcus neoformans*, *Candida tropicalis*, *C. albicans* gibi birçok mikroorganizma üzerinde antimikrobiyal etkisi gösterilmiştir (Kamer ve ark., 2023; Abdul-Hussein & Atia,

2016). Bu etki spektrumunun genişliği, pigmentin elde edilme yönteminin standardize edilmesini ve ekstraksiyon verimliliğinin ayrıntılı biçimde değerlendirilmesini önemli kılmaktadır.

Piyosiyanin pigmentinin elde edilmesinde sıvı-sıvı ekstraksiyon yöntemi çoğunlukla kullanılmaktadır. Ancak santrifüj, ekstraksiyon ve çözme koşullarının çalışmalar arasında farklılık göstermesi, elde edilen verimin ve spektral bulguların karşılaştırılmasını güçleştirmektedir. Bu bağlamda çalışmamızda King's A Broth besiyerinde üretilen kültürler, 10.000 × g'de 10 °C'de 20 dakika santrifüjlenerek hücrelerden ayrılmış ve süpernatant eşit hacimde kloroform ile muamele edilmiştir. Daha sonra hacminin beşte biri oranında 0,2 M HCl ile yeniden ekstrakte edilmiştir. Elde edilen pigmentin çözünmesinde ise distile su kullanılmıştır. Farklı çalışmalarda santrifüj işleminin 12.000 × g'de 4 °C'de uygulandığı, 0,2 M HCl ile bire bir oranında ekstraksiyon yapıldığı, pigmentin çözünmesinde metanol ve 0,1 N HCl kullanıldığı bildirilmektedir (Abdelaziz ve ark., 2023; Shouman ve ark., 2023). Bu koşullar arasındaki farklılıklar, uygulanan protokolün literatürle karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır.

Çalışmaya dahil edilen dört farklı suşun UV-Vis absorpsiyon spektrumlarında birbirleriyle ve diğer çalışmalarla benzer dalga boyu bölgelerinde (375–690 nm) sinyaller elde edilmiştir. Bu tutarlılık, farklı klinik kaynaklardan izole edilen suşların ve referans suşun benzer spektral özellikte pigment ürettiğine dair bulguyu desteklemekte ve kullanılan ekstraksiyon yönteminin tutarlılığına ilişkin ön kanıt sunmaktadır.

Sonuç olarak, literatürde bildirilen yöntemler modifiye edilerek sıvı besiyerinde pigment üretimi gerçekleştirilmiş ve ardından sıvı-sıvı ekstraksiyon yöntemi uygulanmıştır. Elde edilen ham pigment ekstraktlarının UV-Vis spektrofotometrisiyle 200–900 nm aralığında incelenmesiyle absorbans özellikleri değerlendirilmiş; ayrıca ekstraktın kromatografik özellikleri TLC yöntemiyle incelenmiştir. Böylece farklı klinik örneklerden izole edilen suşlar ile referans suştan piyosiyanin elde edilebilirliği gösterilmiştir.

KAYNAKÇA

Abdelaziz, A. A., Kamer, A. M. A., Al-Monofy, K. B., & Al-Madboly, L. A. (2023). Pseudomonas aeruginosa's greenish-blue pigment pyocyanin: its production and biological activities. *Microbial cell factories*, *22*(1), 110. https://doi.org/10.1186/s12934-023-02122-1

Abdul-Hussein, Z. R., & Atia, S. S. (2016). Antimicrobial effect of pyocyanin extracted from Pseudomonas aeruginosa. European Journal of Experimental Biology, 6(6), Article 3.

Atlas, R. M. (2005). *Handbook of media for environmental microbiology*. CRC press.

Chadha, J., Harjai, K., & Chhibber, S. (2022). Revisiting the virulence hallmarks of Pseudomonas aeruginosa: a chronicle through the perspective of quorum sensing. *Environmental microbiology*, *24*(6), 2630–2656. https://doi.org/10.1111/1462-2920.15784

DeBritto, S., Gajbar, T. D., Satapute, P., Sundaram, L., Lakshmikantha, R. Y., Jogaiah, S., & Ito, S. I. (2020). Isolation and characterization of nutrient dependent pyocyanin from Pseudomonas aeruginosa and its dye and agrochemical properties. *Scientific reports*, *10*(1), 1542. https://doi.org/10.1038/s41598-020-58335-6

Falkeborg, M., Roda-Serrat, M. C., Burnæs, K. L., & Nielsen, A. L. (2017). Stabilising phycocyanin by anionic micelles. University of Southern Denmark Research Portal (University of Southern Denmark), 239, 771–780. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.007

Hall, S., McDermott, C., Anoopkumar-Dukie, S., McFarland, A. J., Forbes, A., Perkins, A. V., Davey, A. K., Chess-Williams, R., Kiefel, M. J., Arora, D., & Grant, G. D. (2016). Cellular Effects of Pyocyanin, a Secreted Virulence Factor of Pseudomonas aeruginosa. *Toxins*, *8*(8), 236. https://doi.org/10.3390/toxins8080236

Hamad, M. N. F., Marrez, D. A., & El-Sherbieny, S. M. R. (2020). Toxicity evaluation and antimicrobial activity of purified pyocyanin from Pseudomonas aeruginosa. Biointerface

Research in Applied Chemistry, 10(6), 6974–6990. https://doi.org/10.33263/BRIAC106.69746990

Jabłońska, J., Augustyniak, A., Dubrowska, K. *et al.* The two faces of pyocyanin - why and how to steer its production?. *World J Microbiol Biotechnol* 39, 103 (2023). https://doi.org/10.1007/s11274-023-03548-w

Kamer, A. M. A., Abdelaziz, A. A., Al-Monofy, K. B., & Al-Madboly, L. A. (2023). Antibacterial, antibiofilm, and anti-quorum sensing activities of pyocyanin against methicillin-resistant Staphylococcus aureus: in vitro and in vivo study. *BMC microbiology*, *23*(1), 116. https://doi.org/10.1186/s12866-023-02861-6

Marey, M.A., Abozahra, R., El-Nikhely, N.A. *et al.* Transforming microbial pigment into therapeutic revelation: extraction and characterization of pyocyanin from *Pseudomonas aeruginosa* and its therapeutic potential as an antibacterial and anticancer agent. *Microb Cell Fact* 23, 174 (2024). https://doi.org/10.1186/s12934-024-02438-6

Mudaliar, S.B., Bharath Prasad, A.S. A biomedical perspective of pyocyanin from *Pseudomonas aeruginosa*: its applications and challenges. *World J Microbiol Biotechnol* 40, 90 (2024). https://doi.org/10.1007/s11274-024-03889-0

Oves, M., Khan, M. S., Al-Shaeri, M., & Khan, M. S. (2024). Antifungal potential of multi-drug-resistant Pseudomonas aeruginosa: harnessing pyocyanin for candida growth inhibition. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology, 14, 1375872. https://doi.org/10.3389/fcimb.2024.1375872

Rada, B., & Leto, T. L. (2013). Pyocyanin effects on respiratory epithelium: relevance in Pseudomonas aeruginosa airway infections. *Trends in microbiology*, *21*(2), 73–81. https://doi.org/10.1016/j.tim.2012.10.004

Shouman, H., Said, H.S., Kenawy, H.I. *et al.* Molecular and biological characterization of pyocyanin from clinical and environmental *Pseudomonas aeruginosa*. *Microb Cell Fact* 22, 166 (2023). https://doi.org/10.1186/s12934-023-02169-0

Siddiqa, A., Jayaram, S., & Nair, P. (2024). Extraction of Bacterial Pigments and Analysing Their Potential as Natural Food Colourants. ACTA SCIENTIFIC MICROBIOLOGY, 87–105. https://doi.org/10.31080/asmi.2024.07.1409

THE CONCEPTUAL FRAMEWORK OF THE DETERMINANTS OF 21ST-CENTURY LEARNING AND INNOVATIVE SKILLS AMONG PRE-SERVICE COLLEGE OF EDUCATION SCIENCE TEACHERS IN NIGER STATE, NIGERIA

Ibrahim Umar[1] and Dr. Baba Wachiko[2] Ahmed Yusuf Mundi[3]
Mohammed Bashir Is'mail[4]
[1], [2, ,3,4] Department of Primary Education, Umaru Sanda Ahmadu College of Education, Niger State, Minna, Nigeria
ORCID: 0009-0003-9397-521X

Abstract
Teacher education institutions are increasingly expected to graduate teachers who are digitally competent, creative, and able to think critically, yet many Nigerian teacher preparation programmes continue to produce candidates with limited digital competence, weak exposure to innovative pedagogy, and inadequate institutional support. This study developed and empirically validated a conceptual framework explaining the individual, instructional, and institutional determinants of 21st-century learning and innovative skills among pre-service College of Education students in Niger State, Nigeria. A descriptive correlational design was adopted, and data were collected from 376 randomly sampled pre-service teachers using a structured, validated questionnaire, and analyzed through descriptive statistics, Pearson correlation, multiple regression, and Partial Least Squares Structural Equation Modelling (PLS-SEM). Results showed that digital literacy competence, creativity, critical thinking, teacher educators' pedagogical competence, and institutional support significantly predicted 21st-century learning outcomes, jointly accounting for 61.2% of the variance. The findings imply that Colleges of Education should strengthen digital infrastructure, redesign curricula around innovative pedagogy, and build supportive institutional environments to prepare future-ready teachers.
Keywords: *21st-century skills; digital literacy; innovative learning; pre-service teachers; teacher education; conceptual framework; Niger State, Nigeria*

Introduction

Education in the 21st century has been reshaped by rapid technological advancement, globalization, and shifting labour-market demands, requiring learners who can analyze information, solve complex problems, collaborate, communicate, and innovate rather than merely reproduce content (World Economic Forum [WEF], 2023). These competencies, broadly termed 21st-century learning skills, have become fundamental requirements for functioning effectively in knowledge-driven societies.

Teacher education institutions occupy a strategic position in cultivating these competencies because teachers act as facilitators of learning and agents of educational transformation. The effectiveness of future teachers depends not only on subject-matter mastery but also on their ability to apply innovative teaching strategies, integrate digital technologies, and promote creativity and critical thinking among learners (Darling-Hammond *et al*., 2020). Colleges of Education, which provide professional preparation for Nigerian teachers, are therefore expected to equip pre-service teachers with the knowledge, attitudes, and skills required for effective 21st-century classroom practice.

The Nigerian National Commission for Colleges of Education (NCCE) has revised the Nigerian Certificate in Education (NCE) curriculum to emphasize information and communication technology (ICT), entrepreneurship education, reflective practice, and learner-

centred approaches. Despite these reforms, evidence suggests that many graduating teachers still demonstrate limited competence in technology integration, creativity, and innovative instructional practice (Adu and Oladipo, 2022; Yusuf and Balogun, 2021). This study therefore develops and validates a conceptual framework explaining the determinants of 21st-century learning and innovative skills among pre-service College of Education students in Niger State, Nigeria.

Background to the Study

The emergence of the knowledge economy has changed the expectations placed on educational institutions, which are now required to produce graduates who can think critically, adapt to technological change, communicate effectively, and generate innovative solutions (Organization for Economic Co-operation and Development [OECD], 2021). International frameworks, notably that of the Partnership for 21st Century Learning (P21), classify these competencies into learning and innovation skills, information and technology skills, and life and career skills. Within the learning and innovation domain, the "4Cs"—critical thinking, creativity, communication, and collaboration have received particular attention because of their relevance to effective teaching (Battelle for Kids, 2019).

Globally, teacher education programmes have incorporated digital technologies and innovative pedagogies, including blended learning, artificial intelligence tools, and collaborative digital platforms, to strengthen pre-service teachers' professional competencies (Redecker, 2020). The success of this transformation, however, depends on teachers' digital competence and institutional readiness. In Nigeria, teacher preparation continues to be constrained by inadequate ICT infrastructure, unreliable internet access, limited professional development, and instructional approaches that emphasize memorization over inquiry and creativity (Adamu and Musa, 2023). Niger State, in common with much of the country, continues to expand access to teacher education through its Colleges of Education, yet questions remain about whether graduating pre-service teachers possess the competencies required for digital transformation and learner-centred education.

Statement of the Problem

The rapid transformation of education through digital technologies and innovative pedagogy has created new professional expectations for teachers, who are now required to facilitate inquiry-based learning, integrate technology, and develop learners' problem-solving abilities rather than merely transmit knowledge. However, many pre-service teachers in Nigerian Colleges of Education appear inadequately prepared to meet these expectations. Prior studies report persistent weaknesses in digital literacy, critical thinking, creativity, collaborative learning experience, and technology-supported instructional practice among Nigerian pre-service teachers (Eze *et al.,* 2021; Yusuf and Balogun, 2021), weaknesses that may compromise the quality of teaching subsequently delivered in primary and secondary schools.

The problem is compounded by variation in institutional resources, teacher educators' competencies, students' personal learning characteristics, and exposure to innovative teaching environments. While previous research has generally examined single determinants, such as digital competence, in isolation, limited attention has been paid to an integrated framework explaining the combined influence of personal, pedagogical, and institutional factors on 21st-century learning and innovative skills within Nigerian Colleges of Education. This gap in empirical understanding constitutes the central problem addressed by the present study: without clear evidence on these determinants, efforts to reform teacher preparation programmes risk remaining fragmented and less effective.

Objectives of the Study

The main objective of this study is to develop and empirically validate a conceptual framework explaining the determinants of 21st-century learning and innovative skills among

pre-service College of Education students in Niger State, Nigeria. Specifically, the study seeks to:

- Examine the level of 21st-century learning and innovative skills possessed by pre-service College of Education students in Niger State.
- Determine the relationship between digital literacy competence and 21st-century learning skills among pre-service teachers.
- Investigate the influence of teacher educators' innovative pedagogical practices on students' acquisition of innovative learning skills.
- Examine the contribution of institutional learning environment and technological support to the development of 21st-century competencies.
- Determine the influence of self-regulated learning and learner motivation on pre-service teachers' innovative skills.
- Develop and validate a predictive conceptual framework explaining the determinants of 21st-century learning and innovative skills among pre-service teachers.

Research Questions

- What is the level of 21st-century learning and innovative skills among pre-service College of Education students in Niger State?
- What relationship exists between digital literacy competence and 21st-century learning skills among pre-service teachers?
- To what extent do teacher educators' innovative pedagogical practices influence pre-service teachers' acquisition of innovative skills?
- How does the institutional learning environment contribute to the development of 21st-century learning competencies?
- What influence do self-regulated learning and motivation have on pre-service teachers' innovative skills?
- What conceptual model best explains the determinants of 21st-century learning and innovative skills among pre-service College of Education students?

Literature Review

Conceptual Review

The Concept of 21st-Century Learning Skills

The concept of 21st-century learning skills marks a shift from traditional, memorization-centred education toward competency-based learning that emphasizes knowledge application, innovation, collaboration, and lifelong learning (OECD, 2021). The P21 framework identifies three broad skill domains learning and innovation skills, information/media/technology skills, and life and career skills of which the "4Cs" (critical thinking, creativity, communication, and collaboration) are considered essential for participation in technologically advanced, complex societies (Battelle for Kids, 2019). For pre-service teachers, these competencies are especially significant because a teacher who possesses strong critical thinking, creativity, collaboration, and communication ability is better positioned to design learner-centred activities and promote higher-order thinking among pupils. The World Economic Forum (2023) similarly identifies critical thinking, creativity, technological literacy, and adaptability among the most important skills required in contemporary workplaces.

Innovative Learning Skills among Pre-Service Teachers

Innovative learning skills refer to learners' ability to generate new ideas, adopt creative approaches, apply knowledge to unfamiliar situations, and use available resources to improve learning outcomes. Among pre-service teachers, such skills include designing creative instructional activities, integrating emerging technologies, applying problem- and inquiry-based strategies, and collaborating with colleagues to develop solutions. Teacher education programmes that promote innovation prepare future teachers to become change agents; however, research indicates that many programmes in developing countries, including

Nigeria, still rely heavily on teacher-centred instruction, which constrains creativity and independent learning (Adu and Oladipo, 2022).

Digital Literacy Competence

Digital literacy the ability to locate, evaluate, create, communicate, and use digital information effectively and responsibly—has become fundamental to teacher competence. For teachers, digital literacy extends beyond basic computer operation to the pedagogical application of digital tools (European Commission, 2022). In Nigeria, digital literacy among pre-service teachers remains constrained by inadequate facilities, unstable internet connectivity, and limited practical ICT training, restricting their capacity to implement innovative instructional approaches.

Critical Thinking, Creativity, Collaboration, and Communication

Critical thinking the ability to analyze information objectively, evaluate evidence, and reason logically enables teachers to make continuous instructional decisions and adopt reflective practice; inquiry-based, problem-based, and collaborative learning have been shown to enhance it among teacher trainees (Zhou et al., 2022). Creativity, the generation of original and valuable ideas, enables pre-service teachers to develop alternative teaching methods and adapt to diverse classroom contexts, and can itself be cultivated through supportive learning environments (Runco and Acar, 2021). Collaboration and communication competence, meanwhile, support peer learning, teamwork, and effective classroom interaction, and have been extended by digital platforms that enable online discussion and virtual collaboration.

Teacher Educators' Pedagogical Competence and Institutional Support

Teacher educators shape pre-service teachers' professional identity through the instructional approaches they model; those who adopt inquiry-based, collaborative, or project-based methods provide practical exemplars for future teachers, and their technological pedagogical content knowledge (TPACK) significantly influences student teachers' readiness to integrate technology (Koehler *et al.,* 2021). At the institutional level, ICT infrastructure, digital resources, supportive policy, and professional development opportunities create the enabling conditions within which students can practice and internalize 21st-century competencies; many Nigerian Colleges of Education, however, continue to experience inadequate infrastructure and funding constraints that limit this support.

Theoretical Grounding

This study is anchored on three complementary theories that jointly explain how personal, technological, and self-directed processes give rise to innovative learning.

Constructivist Learning Theory

Associated with Piaget and Vygotsky, constructivist theory holds that learners actively construct knowledge through interaction with their environment, prior experience, and social interaction, supporting learner-centred approaches involving inquiry, collaboration, and problem-solving. In this study, constructivism explains how active engagement in teaching strategies and collaborative learning environments contributes to the development of innovative competencies among pre-service teachers.

Connectivism Theory

Connectivism, proposed by Siemens (2020), explains learning in the digital age as the capacity to create, maintain, and draw on networks of information and knowledge, requiring skills for navigating digital environments and evaluating information sources. The theory is directly relevant here because digital literacy and technology integration are central elements of 21st-century learning, and it explains the importance of digital competence and online collaboration for pre-service teachers.

Self-Regulated Learning Theory

Self-regulated learning theory explains how learners plan, monitor, evaluate, and adjust their own cognition, motivation, and behaviour to achieve learning goals. Because innovation

requires independent thinking, persistence, and adaptability, self-regulation is theorized to support pre-service teachers' engagement in lifelong learning and continued professional competence development.

Conceptual Framework

Integrating the theoretical perspectives above with the empirical literature, the study proposes that 21st-century learning and innovative skills are jointly determined by individual factors (digital literacy competence, creativity orientation, critical thinking ability, self-regulated learning, and learning motivation), instructional factors (teacher educators' pedagogical competence, innovative teaching strategies, inquiry-based learning, and collaborative learning practices), and institutional factors (ICT infrastructure, learning resources, curriculum implementation, and institutional support). These determinants are theorized to operate through mediating variables technology acceptance, learner engagement, motivation, and digital confidence to shape the outcome variable of 21st-century learning and innovative skills, measured through critical thinking, creativity, communication, collaboration, digital competence, and problem-solving ability. Figure 1 depicts this hypothesized structure.

Figure 1. Conceptual Framework of the Determinants of 21st-Century Learning and Innovative Skills

Determinant Category	Constituent Factors
Individual factors	Digital literacy; creativity; critical thinking; self-regulation; motivation
Instructional factors	Teacher educators' competence; innovative pedagogy; inquiry-based learning; collaboration
Institutional factors	ICT facilities; learning environment; curriculum support; policy framework
Mediating factors	Technology acceptance; learner engagement; digital confidence
Outcome variable	21st-century learning and innovative skills: critical thinking, creativity, communication, collaboration, digital competence, problem-solving

Empirical Review (2020–2026)

Recent empirical work supports the plausibility of the proposed determinants. Yusuf and Balogun (2021) found that digital competence significantly predicts Nigerian pre-service teachers' readiness to integrate technology into classroom practice, and identified limited ICT exposure as a major barrier. Eze *et al*. (2021) reported that collaborative learning and digital learning environments positively influenced critical thinking and problem-solving among teacher trainees and recommended wider adoption of learner-centred approaches. Adu and Oladipo (2022) found that inquiry-, project-, and technology-based instructional methods among Nigerian teacher educators enhanced students' creativity and engagement. At the international level, OECD (2021) and WEF (2023) report that education systems achieving strong 21st-century skills outcomes typically combine supportive learning environments, digital infrastructure, and experiential learning opportunities. Because most existing studies examine these determinants separately, an integrated framework combining personal, pedagogical, and institutional factors within the Nigerian College of Education context remains a clear gap in the literature, which this study addresses.

Methodology

Research Design

The study adopted a descriptive correlational research design, appropriate for examining relationships among the identified determinants without manipulating the study environment (Creswell & Creswell, 2023). Because the study focuses on naturally occurring characteristics of pre-service teacher's digital literacy, creativity, critical thinking, pedagogical exposure, and

institutional support this design provided an appropriate basis for testing and validating the proposed predictive framework. The study was conducted in selected Colleges of Education in Niger State, Nigeria, offering the Nigerian Certificate in Education (NCE).

Population, Sample, and Sampling Procedure

The population comprised all pre-service College of Education students enrolled in NCE programmes in Niger State across the School of Education, School of Sciences, School of Arts and Social Sciences, School of Vocational and Technical Education, and School of Languages. A multi-stage sampling procedure was used: Colleges of Education were purposively selected based on programme availability, student population, and accessibility; departments within each college were selected by stratified sampling to ensure disciplinary representation; and individual respondents were then selected by simple random sampling. A sample of 400 pre-service teachers was drawn, consistent with recommendations for correlational studies involving multiple regression analysis (Hair et al., 2022).

College of Education	Number of Students	Percentage (%)
College A	150	37.5
College B	130	32.5
College C	120	30.0
Total	400	100.0

Table 1. Distribution of sample participants across the sampled Colleges of Education.

Data Collection

Data were collected using a structured instrument titled the Determinants of 21st-Century Learning and Innovative Skills Questionnaire (D21CLISQ), developed from an extensive review of literature on 21st-century competencies, digital competence frameworks, and innovative learning theory. The instrument comprised seven sections: (A) demographic information; (B) digital literacy competence, adapted from the European Digital Competence Framework for Educators (Dig Comp Edu); (C) critical thinking and problem-solving; (D) creativity and innovation skills; (E) teacher educators' pedagogical competence; (F) institutional support; and (G) the 21st-century learning and innovative skills outcome scale. All items used a five-point Likert scale (Strongly Agree = 5 to Strongly Disagree = 1).

Face and content validity were established by experts in Science Education, Educational Technology, Measurement and Evaluation, and Teacher Education, who evaluated item relevance, clarity, coverage, and alignment with the research objectives; their recommendations were incorporated before final administration. A pilot study among 50 pre-service teachers from a College of Education outside the sampled area established internal consistency reliability via Cronbach's alpha, with an overall coefficient of 0.87, exceeding the 0.70 threshold recommended for educational research instruments (Taber, 2018), as summarised in Table 2.

Variable	No. of Items	Cronbach's Alpha
Digital Literacy Competence	10	0.86
Critical Thinking Skills	8	0.84
Creativity and Innovation	10	0.88
Teacher Educators' Competence	8	0.82

Variable	No. of Items	Cronbach's Alpha
Institutional Support	8	0.85
21st-Century Skills Outcome	12	0.90
Overall Reliability	56	0.87

Table 2. Reliability coefficients of the research instrument (pilot n = 50).

Permission was obtained from the authorities of the selected Colleges of Education prior to data collection, and trained research assistants administered the questionnaires physically and electronically, following ethical procedures for informed consent, confidentiality, and voluntary participation. Of 400 questionnaires distributed, 376 properly completed copies were retrieved and used for analysis, representing a 94% response rate.

Analytical Tools and Reproducibility

Data were analyzed using IBM SPSS Statistics (Version 29) for descriptive and regression analyses, and Smart PLS 4 for structural equation modelling, enabling independent replication of all reported procedures. The following analytical steps were applied in sequence:

- Descriptive statistics (mean, standard deviation) to determine the level of 21st-century skills, digital literacy, and institutional support, interpreted against a five-band decision rule (1.00–1.49 Very Low to 4.50–5.00 Very High).
- Pearson Product Moment Correlation to determine bivariate relationships between each independent variable and 21st-century learning skills, interpreted on a standard scale from 0.00–0.19 (very weak) to 0.80–1.00 (very strong).
- Multiple regression analysis, specified as $Y = \beta0 + \beta1DL + \beta2CT + \beta3CR + \beta4TP + \beta5IS + \varepsilon$, where Y is 21st-century learning and innovative skills, DL is digital literacy competence, CT is critical thinking, CR is creativity and innovation, TP is teacher educators' pedagogical competence, IS is institutional support, and ε is the error term.
- PLS-SEM to validate the conceptual framework, assessing the measurement model (factor loadings > 0.70, composite reliability > 0.70, average variance extracted [AVE] > 0.50, discriminant validity) and the structural model (path coefficients, R^2, f^2, Q^2, and significance via bootstrapping with 5,000 resamples).

Ethical approval procedures ensured informed consent, confidentiality, anonymity, voluntary participation, and use of data strictly for academic purposes.

Results

This section presents the empirical findings based on data from 376 valid respondents, organized according to the research questions and analyzed using descriptive statistics, Pearson correlation, multiple regression, and PLS-SEM.

Demographic Characteristics of Respondents

Variable	Category	Frequency	Percentage (%)
Gender	Male	211	56.1
	Female	165	43.9
Age	Below 20 years	74	19.7
	20–25 years	205	54.5
	26–30 years	73	19.4
	Above 30 years	24	6.4
Level of Study	NCE II	189	50.3

Variable	Category	Frequency	Percentage (%)
	NCE III	187	49.7
Programme Area	Science Education	122	32.4
	Arts/Social Sciences	136	36.2
	Vocational Education	118	31.4

Table 3. Distribution of respondents by demographic characteristics (n = 376).

Male respondents constituted 56.1% of the sample and females 43.9%. Most respondents (54.5%) were aged 20–25 years, indicating that the majority fell within the active learning age group, and academic programmes were broadly represented across the three disciplinary areas sampled.

Level of 21st-Century Learning and Innovative Skills (RQ1)

Dimension	Mean	SD	Decision
Critical Thinking Ability	4.02	0.71	High
Creativity and Innovation	3.89	0.76	High
Communication Skills	4.11	0.65	High
Collaboration Skills	4.05	0.69	High
Digital Competence	3.62	0.83	High
Problem-Solving Ability	3.94	0.73	High
Overall Mean	3.94	0.73	High

Table 4. Level of 21st-century learning and innovative skills.

Pre-service teachers reported a generally high level of 21st-century learning and innovative skills overall ($M = 3.94$, $SD = 0.73$). Communication recorded the highest mean ($M = 4.11$), followed by collaboration ($M = 4.05$), while digital competence recorded the lowest mean ($M = 3.62$), suggesting that although students possess technological awareness, practical digital application skills remain an area for improvement.

Digital Literacy Competence and 21st-Century Learning Skills (RQ2)

A significant positive relationship was found between digital literacy competence ($M = 3.78$, $SD = 0.83$) and 21st-century learning skills ($M = 3.94$, $SD = 0.73$), $r(374) = .641$, $p < .001$, indicating that students with stronger digital competence tended to report higher creativity, collaboration, communication, and critical thinking.

Teacher Educators' Pedagogical Competence and Innovative Skills (RQ3)

Teacher educators' pedagogical competence ($M = 3.86$, $SD = 0.77$) was significantly and positively related to pre-service teachers' innovative learning skills ($M = 3.92$, $SD = 0.72$), $r(374) = .587$, $p < .001$, suggesting that exposure to innovative instructional approaches enhances students' creativity, problem-solving, and collaboration.

Institutional Support and 21st-Century Competencies (RQ4)

Institutional support ($M = 3.54$, $SD = 0.81$) showed a significant, moderate positive relationship with 21st-century learning skills, $r(374) = .552$, $p < .001$, indicating that ICT facilities, learning resources, and supportive educational environments contribute meaningfully to skills development.

Multiple Regression Analysis (RQ5)

Predictor Variable	B	t	p
Digital Literacy Competence	0.312	6.84	< .001
Critical Thinking Ability	0.245	5.37	< .001
Creativity Orientation	0.281	6.12	< .001
Teacher Educators' Competence	0.198	4.41	.001
Institutional Support	0.167	3.72	.002

Table 8. Multiple regression analysis predicting 21st-century learning and innovative skills ($R = .782$, $R^2 = .612$, Adjusted $R^2 = .606$, $F(5, 370) = 116.42$, $p < .001$).

The five predictors jointly explained 61.2% of the variance in pre-service teachers' 21st-century learning and innovative skills. Digital literacy competence was the strongest predictor (β = 0.312), followed by creativity orientation (β = 0.281) and critical thinking ability (β = 0.245), with teacher educators' competence and institutional support contributing smaller but statistically significant increments.

Structural Equation Model (PLS-SEM) Results

The measurement model met recommended thresholds across all constructs: factor loadings ranged from 0.71–0.92, composite reliability from 0.87–0.94, and AVE from 0.58–0.70, exceeding the 0.50 minimum (Hair et al., 2022), confirming construct reliability and convergent validity.

Relationship	B	t	p	Decision
Digital Literacy → Innovative Skills	0.34	7.21	< .001	Significant
Critical Thinking → Innovative Skills	0.27	5.86	< .001	Significant
Creativity → Innovative Skills	0.31	6.55	< .001	Significant
Teacher Competence → Innovative Skills	0.21	4.39	.001	Significant
Institutional Support → Innovative Skills	0.18	3.91	.002	Significant

Table 10. Path coefficients of the validated structural model.

All five hypothesized paths were statistically significant, confirming that individual, instructional, and institutional factors—operating through mediating variables such as motivation, technology acceptance, and learner engagement—jointly and directly predict 21st-century learning and innovative skills, thereby providing empirical support for the proposed conceptual framework.

Discussion

Interpretation of Findings

Pre-service College of Education students demonstrated a generally high level of 21st-century learning and innovative skills, with communication and collaboration rated most favourably, likely reflecting the interactive nature of teacher preparation, including group assignments, teaching practice, and seminars. Digital competence recorded the lowest mean, echoing prior evidence that inadequate ICT infrastructure and limited practical exposure constrain technology integration among Nigerian pre-service teachers (Eze *et al.,* 2021; Yusuf and Balogun, 2021), and reinforcing the Connectivism Theory's emphasis on the ability to effectively use, not merely access, technological networks (Siemens, 2020).

Digital literacy competence emerged as the strongest predictor of 21st-century learning skills, consistent with the European Commission's (2022) Digital Competence Framework for Educators and with Redecker (2020), both of which argue that digitally competent educators are better positioned to design innovative learning environments. Critical thinking and creativity also contributed substantially, supporting the Constructivist Learning Theory's proposition that learners actively construct competence through inquiry, reflection, and problem-solving, and aligning with the World Economic Forum's (2023) identification of analytical thinking and creativity as core contemporary workplace skills.

Teacher educators' pedagogical competence significantly predicted innovative skills, underscoring their role as professional models whose adoption of inquiry-based, collaborative, and project-based methods shapes how student teachers approach their own future practice, consistent with the TPACK perspective of Koehler et al. (2021). Institutional support, while contributing a smaller but still significant increment, confirms that functional ICT facilities, reliable internet access, and innovation-oriented policy create the enabling conditions described by OECD (2021) as necessary for the acquisition of transferable, future-ready skills. Collectively, the validated structural model demonstrates that individual, instructional, and institutional determinants operate jointly, rather than in isolation, to shape pre-service teachers' innovative competencies extending prior Nigerian studies that examined these factors separately (Adu and Oladipo, 2022; Eze *et al.,* 2021; Yusuf and Balogun, 2021).

Policy and Development Implications

Implications for the National Commission for Colleges of Education (NCCE)

The NCCE should strengthen digital competence requirements within the NCE curriculum, integrate artificial intelligence and emerging digital pedagogy into teacher preparation, develop competency-based assessment systems for 21st-century skills, and encourage the adoption of innovative teaching models across Colleges of Education.

Implications for Colleges of Education

Institutional administrators should provide functional ICT facilities, establish innovation and digital learning centres, support blended learning, encourage research-based teaching practice, and organize continuous professional development for lecturers, so that institutional policy actively promotes experimentation, creativity, and collaboration.

Implications for Teacher Educators and Pre-Service Teachers

Teacher educators should continuously develop their own digital pedagogy, instructional technology, and collaborative assessment competencies so as to model the practices expected of future teachers, while pre-service teachers should be encouraged to actively cultivate digital competence, critical thinking, creativity, communication, and lifelong learning habits, viewing technology as a tool for improving, not merely supplementing, classroom practice.

Conclusion

This study developed and empirically validated a conceptual framework showing that the development of future-ready teachers among pre-service College of Education students in Niger State, Nigeria, is jointly shaped by individual factors (particularly digital literacy competence, creativity, and critical thinking), instructional factors (teacher educators' pedagogical competence), and institutional factors (ICT infrastructure and institutional support), which together explained 61.2% of the variance in 21st-century learning and innovative skills. Preparing teachers for the demands of the 21st century therefore requires an integrated approach combining technology, learner-centred pedagogy, supportive institutional environments, and continuous professional development, consistent with the aims of Sustainable Development Goal 4 on inclusive and quality education.

Recommendations

- Colleges of Education should integrate advanced digital literacy courses into all teacher preparation programmes.
- Teacher educators should adopt innovative teaching strategies that encourage creativity, inquiry, collaboration, and critical thinking.
- Government and educational agencies should improve ICT infrastructure and digital learning resources in Colleges of Education.
- The NCCE should strengthen monitoring mechanisms to ensure effective implementation of competency-based 21st-century teacher education.
- Regular professional development programmes should be organized for teacher educators to improve technological and pedagogical competence.
- Pre-service teachers should be encouraged to participate in innovation projects, research activities, and technology-based learning experiences.

References

Adamu, A., & Musa, M. (2023). Digital transformation and teacher education development in Nigeria: Challenges and opportunities for sustainable learning. Journal of Educational Technology Development and Exchange, 16(2), 45–61.

Adu, E. O., & Oladipo, O. (2022). Innovative pedagogical approaches and professional competence development among teacher educators in Nigerian higher institutions. International Journal of Education and Practice, 10(3), 215–229.

Akinwale, Y. O., & Adepoju, T. L. (2024). Artificial intelligence integration and future-ready skills development in higher education: Implications for teacher preparation. Education and Information Technologies, 29, 5511–5532.

Alamri, H., Watson, S., & Watson, W. (2021). Learning technology models that support personalised learning in higher education. Computers & Education, 165, 104149.

Anyanwu, J. C., & Okeke, C. I. (2022). Preparing teachers for digital transformation: Evidence from Nigerian Colleges of Education. International Journal of Instruction, 15(4), 741–758.

Battelle for Kids. (2019). Framework for 21st century learning. Partnership for 21st Century Learning.

Bervell, B., & Umar, I. N. (2021). Blended learning adoption among higher education students: The role of digital competence. Education and Information Technologies, 26, 3451–3470.

Bozkurt, A., & Sharma, R. C. (2021). Emergency remote teaching in a time of global crisis. Asian Journal of Distance Education, 16(1), 1–6.

Cai, J., & Gut, D. (2022). Digital competence and innovative teaching practices among teacher candidates. Teaching and Teacher Education, 110, 103574.

Chai, C. S., & Kong, S. C. (2021). Professional learning for teachers' technological pedagogical content knowledge development. Educational Technology & Society, 24(3), 1–15.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (6th ed.). SAGE Publications.

Darling-Hammond, L., Flook, L., Cook-Harvey, C., Barron, B., & Osher, D. (2020). Implications for educational practice of the science of learning and development. Applied Developmental Science, 24(2), 97–140.

European Commission. (2022). Digital competence framework for educators: DigCompEdu update. Publications Office of the European Union.

Eze, S. G., Chijioke, O., & Okeke, C. (2021). Digital learning environments and development of critical thinking skills among pre-service teachers in Nigeria. Journal of Teacher Education and Educators, 10(2), 157–176.

Falloon, G. (2020). From digital literacy to digital competence: The teacher digital competency framework. Education and Information Technologies, 25, 2449–2472.

Fitriah, F., & Mulyadi, D. (2021). Digital literacy and innovative teaching competence among pre-service teachers. Journal of Education and Learning, 15(2), 218–226.

Ghavifekr, S., & Rosdy, W. A. W. (2021). Teaching and learning with technology: Effectiveness of ICT integration. International Journal of Research in Education and Science, 7(2), 175–191.

Häkkinen, P., Järvelä, S., & Mäkitalo-Siegl, K. (2022). Collaborative learning and technology-enhanced learning environments. Educational Technology Research and Development, 70, 143–162.

Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M., Danks, N. P., & Ray, S. (2022). Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) using R: A workbook. Springer.

Kivunja, C. (2021). Innovative pedagogies for developing 21st-century skills. Creative Education, 12(5), 1112–1128.

Koehler, M. J., Mishra, P., & Cain, W. (2021). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? Journal of Education, 193(3), 13–19.

Laar, E. V., Deursen, A. V., Dijk, J. V., & Haan, J. (2020). Determinants of 21st-century digital skills. Computers in Human Behavior, 101, 102115.

Liu, Z., Tretyakova, N., Fedorov, V., & Kharakhordina, M. (2022). Digital literacy and professional competence development in teacher education. Education Sciences, 12(2), 1–15.

Lucas, M., Bem-Haja, P., Siddiq, F., Moreira, A., & Redecker, C. (2021). The relation between in-service teachers' digital competence and innovative teaching practices. Computers & Education, 170, 104223.

Mishra, P. (2023). Digital creativity and the future of teacher education. TechTrends, 67, 15–23.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2021). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. Teachers College Record, 108(6), 1017–1054.

National Commission for Colleges of Education. (2022). Minimum standards for Nigerian Certificate in Education (NCE) programmes. NCCE.

Nouri, J., Ebner, M., & Högfeldt, A. K. (2021). Learning analytics and digital competence in higher education. British Journal of Educational Technology, 52(5), 1927–1942.

Ogunode, N. J., & Adah, S. (2022). Educational technology and teacher preparation challenges in Nigerian higher institutions. International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development, 11(1), 45–58.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2021). OECD skills outlook 2021: Learning for life. OECD Publishing.

Partnership for 21st Century Learning. (2021). Frameworks for 21st century learning. Battelle for Kids.

Pellegrino, J. W., & Hilton, M. L. (2020). Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century. National Academies Press.

Redecker, C. (2020). European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu. Publications Office of the European Union.

Runco, M. A., & Acar, S. (2021). Divergent thinking as an indicator of creative potential. Creativity Research Journal, 33(3), 220–231.

Sailer, M., Stadler, M., Schultz-Pernice, F., Franke, U., & Fischer, F. (2021). Technology-related teaching skills and digital learning environments. Computers & Education, 172, 104264.

Scherer, R., Siddiq, F., & Tondeur, J. (2021). The technology acceptance model in education: A meta-analysis. Computers & Education, 157, 103967.

Siemens, G. (2020). Connectivism: A learning theory for the digital age. International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 17(3), 3–10.

Taber, K. S. (2018). The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. Research in Science Education, 48, 1273–1296.

Trust, T., Whalen, J., & Mouza, C. (2021). Professional learning communities and digital transformation in education. Educational Technology Research and Development, 69, 1425–1445.

UNESCO. (2021). AI and education: Guidance for policy-makers. UNESCO Publishing.

UNESCO. (2023). Global education monitoring report: Technology in education. UNESCO.

Vuorikari, R., Kluzer, S., & Punie, Y. (2022). DigComp 2.2: The digital competence framework for citizens. European Commission.

World Economic Forum. (2023). The future of jobs report 2023. World Economic Forum.

Yusuf, M. O., & Balogun, M. R. (2021). Student-teachers' competence and attitude towards information and communication technology: A case study in Nigerian teacher education. Educational Research and Reviews, 16(5), 180–188.

Zhou, Q., Ma, L., & Yang, N. (2022). Inquiry-based learning and development of higher-order thinking skills among university students. Thinking Skills and Creativity, 45, 101112.

SIMMEL'IN MODERNLIK VE TOPLUMSAL MESAFE ÇÖZÜMLEMELERİ ÜZERİNDEN YABANCILAŞMANIN YENİDEN YORUMLANMASI: SOSYAL MEDYA ÜZERİNE KARŞILAŞTIRMALI BİR İNCELEME (REINTERPRETING ALIENATION THROUGH SIMMEL'S ANALYSES OF MODERNITY AND SOCIAL DISTANCE: A COMPARATIVE STUDY OF SOCIAL MEDIA)

Dr. Öğretim Üyesi İlhan BİNGÖL
Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler MYO, Medya ve İletişim Programı

Öz

Alman sosyolog Georg Simmel'in modern toplum çözümlemeleri, dijitalleşmeyle birlikte dönüşen toplumsal ilişkileri anlamlandırmak açısından önemli bir kuramsal imkân sunmaktadır. Simmel'in metropol yaşamı, bireyselleşme, toplumsal mesafe, yabancı, blasé tavrı (uyaranlara karşı duyarsızlaşma), sosyallik ve nesnel kültür kavramları, günümüz sosyal medya ortamlarının oluşturduğu yeni etkileşim biçimlerinin sosyolojik açıdan değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu çalışma, Simmel'in modern kent deneyimine ilişkin kavramsal yaklaşımını sosyal medya pratikleriyle karşılaştırmalı olarak ele almayı amaçlamaktadır. Çalışmanın temel hareket noktası, Simmel'in metropol yaşamında ortaya koyduğu yoğun uyarıcı akışı, ilişkilerde mesafe, bireyselleşme ve niceliksel değerleme eğilimlerinin dijital iletişim ortamlarında farklı biçimlerde yeniden ortaya çıkmasıdır.

Çalışma, kavramsal çözümlemeye dayalı karşılaştırmalı bir inceleme olarak tasarlanmıştır. Bu doğrultuda Simmel'in temel eserleri, sosyal medya, dijital etkileşim, yalnızlık, toplumsal izolasyon ve yabancılaşma üzerine gerçekleştirilen güncel araştırmalarla birlikte değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda, modern kentte fiziksel yakınlık ile zihinsel mesafe arasında ortaya çıkan gerilimin, sosyal medya ortamlarında dijital erişilebilirlik ile duygusal ve toplumsal mesafe arasındaki farklı bir ilişki biçimine dönüştüğü görülmektedir. Sosyal medya, bireyin çok sayıda kişiyle eşzamanlı ve sürekli temas kurmasına imkân sağlarken, etkileşimlerin yüzeyselleşmesi, sürekli uyarılma ve niceliksel görünürlük ölçütlerinin öne çıkması yeni mesafe biçimlerini ortaya çıkarabilmektedir. Bununla birlikte dijital iletişimin toplumsal bağlar üzerindeki etkisi tek yönlü değildir. Etkileşimin niteliği, kullanım biçimleri ve bireyin mevcut sosyal ilişkileri, sosyal medyanın toplumsal bağları güçlendirme veya zayıflatma potansiyelini farklılaştırmaktadır. Bu çerçevede Simmel'in kavramları, dijital çağda yakınlık, mesafe ve bireyselleşme arasındaki değişen ilişkileri açıklamak için işlevsel bir sosyolojik perspektif sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Georg Simmel, sosyal medya, yabancılaşma, toplumsal mesafe, metropol, bireyselleşme, dijital toplum.

ABSTRACT

The analyses of modern society by German sociologist Georg Simmel offer an important theoretical possibility for making sense of social relations transformed with digitalization. Simmel's concepts of metropolitan life, individualization, social distance, the stranger, the blasé attitude (desensitization to stimuli), sociability, and objective culture enable the sociological evaluation of new forms of interaction created by contemporary social media environments. This study aims to comparatively examine Simmel's conceptual approach to the modern urban experience and social media practices. The main starting point of the study is that the intense flow of stimuli, distance in relationships, individualization, and tendencies toward quantitative

valuation that Simmel identified in metropolitan life re-emerge in different forms in digital communication environments.
The study is designed as a comparative examination based on conceptual analysis. Accordingly, Simmel's major works have been evaluated together with current studies on social media, digital interaction, loneliness, social isolation, and alienation. The analysis shows that the tension between physical proximity and mental distance emerging in the modern city is transformed into a different form of relationship between digital accessibility and emotional and social distance in social media environments. While social media enables individuals to establish simultaneous and continuous contact with a large number of people, the superficiality of interactions, constant stimulation, and the prominence of quantitative visibility criteria may give rise to new forms of distance. However, the effect of digital communication on social ties is not one-directional. The quality of interaction, patterns of use, and the individual's existing social relationships differentiate the potential of social media to strengthen or weaken social ties. Within this framework, Simmel's concepts offer a functional sociological perspective for explaining the changing relationships among proximity, distance, and individualization in the digital age.
Keywords: Georg Simmel, social media, alienation, social distance, metropolis, individualization, digital society.

1. GİRİŞ

Modern toplumun en karakteristik özelliklerinden biri, bireyin diğer insanlarla kurduğu ilişkilerin giderek daha karmaşık, hızlı ve aracılı hâle gelmesidir. Sanayileşme, kentleşme, para ekonomisinin yaygınlaşması ve iş bölümünün gelişmesi, bir yandan bireyin toplumsal çevresini genişletirken, diğer taraftan da kişilerarası ilişkilerin niteliğini de değiştirmiştir. Alman sosyolog Simmel, modern toplumun bu dönüşümünü sadece ekonomik veya kurumsal değişimler üzerinden değil, bireyin gündelik yaşamındaki deneyimleri üzerinden inceleyen klasik sosyologlardan biridir.
Simmel (2023)'e göre metropol, sürekli değişen uyaranların yoğunluğuyla karakterize edilen bir mekândır. Metropolde yaşayan birey, bu yoğunlukla başa çıkabilmek için rasyonel bir savunma mekanizması geliştirir. Simmel, bu durumu "sinirler üzerindeki uyarıcıların yoğunluğu" kavramıyla açıklar ve metropol hayatının ruhsal yanımızı tatmin edemediğini, bunun sonucunda "nevrastenik kişiliğin" ortaya çıktığını belirtir. Ona göre metropol hayatı zihnimize adapte olur ancak ruhsal yanımız çıkış yolu bulamaz; bu durum onun deyimiyle "nevrastenik kişiliği" yaratır. Allan ve Daynes ise bu kavramı güncel bir okumayla ele alarak metropol deneyiminin psikolojik sonuçlarını tartışır. Metropolde yaşayan bireyin geliştirdiği en belirgin tutumlardan biri bıkkınlıktır. Onlara göre bıkkınlık, "haz veya yaşama karşı ilgisiz olma" durumunu ifade eder ve bireyin sürekli uyarıcı akışına karşı geliştirdiği bir koruma kalkanıdır (Allan ve Daynes, 2017). Buradan hareketle Simmel'e göre bıkkınlık tavrı, yoğun ve sürekli uyarıcıların etkisi altında kalan modern kentlinin çevresine ve toplumsal etkileşimlere karşı geliştirdiği tipik duygusal kayıtsızlık durumunu ifade etmektedir.
Simmel'in özellikle *The Metropolis and Mental Life* (1903), *The Philosophy of Money* (1900) ve *Sociology* (1908) adlı çalışmalarında geliştirdiği kavramlar, modern bireyin toplumla kurduğu ilişkinin çelişkili niteliğini anlamak bakımından önem taşımaktadır. Simmel'e göre modern metropol, bireye daha fazla özgürlük ve farklılaşma imkânı sağlamakla birlikte aşırı uyarılma, kayıtsızlık, toplumsal mesafe ve yalnızlık gibi sonuçlar da doğurabilmektedir. Büyük kentte birey, çok sayıda insanla fiziksel olarak aynı mekânı paylaşırken onlarla duygusal veya zihinsel açıdan uzak ilişkiler kurabilmektedir.
Bu noktada Simmel'in düşüncesi doğrudan Marx'ın yabancılaşma kuramıyla özdeşleştirilmemelidir. Simmel, Marx gibi yabancılaşmayı kapitalist üretim ilişkilerinin merkezî bir sonucu olarak sistematik biçimde kavramsallaştırmaz. Simmel'in modern bireyin

kendi ürettiği nesnel kültür, ekonomik ilişkiler ve toplumsal biçimler karşısında giderek artan mesafesine ilişkin değerlendirmeleri, yabancılaşma tartışmaları açısından önemli bir açıklama imkânı sağlamaktadır. Nitekim Simmel üzerine yapılan yorumlarda onun modern kültüre ilişkin çözümlemeleri, öznel kültür ile nesnel kültür arasındaki açılmanın yarattığı kültürel yabancılaşma problemiyle ilişkilendirilmiştir (Frisby, 1992).

Simmel'in çalışmaları, özellikle metropol hayatının birey üzerindeki etkileri, para ekonomisinin toplumsal ilişkileri dönüştürücü rolü ve modern bireyin içsel çatışmaları üzerine odaklanmıştır (Simmel, 2004). Onun "metropol tipi kişilik" analizi, yoğun uyarıcı akışına maruz kalan bireyin geliştirdiği savunma mekanizmalarını ve bu mekanizmaların toplumsal sonuçlarını ortaya koyar. Sosyal medyanın yaygınlaşmasıyla birlikte, araştırmacılar Simmel'in kavramlarının dijital ortamlardaki geçerliliğini sorgulamaya başlamışlardır. Feldman (2012), Simmel'in "yabancı" kavramının sosyal medya öznelliğini anlamada merkezi bir araç olabileceğini öne sürerken, Frei (2025), bıkkınlık tutumunun dijital platformlardaki yansımalarını incelemiştir. Bu çalışma, söz konusu literatürü sistematik bir karşılaştırma çerçevesinde değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Günümüzde sosyal ağ platformları, bireyin sosyal çevresini fiziksel mekânın sınırlarının ötesine taşımaktadır. Ancak burada ortaya çıkan temel soru şudur: İnsanların birbirleriyle daha fazla bağlantı kurması, onların birbirlerine daha fazla yakınlaştıkları anlamına gelmekte midir? Bu çalışma, söz konusu sorudan hareketle Simmel'in modern kent toplumuna ilişkin çözümlemeleri ile sosyal medya çağında ortaya çıkan yabancılaşma biçimleri arasında karşılaştırmalı bir ilişki kurmayı amaçlamaktadır.

ARAŞTIRMANIN METODOLOJİSİ

Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın temel amacı, klasik sosyolog Georg Simmel'in modern metropol yaşamı ve toplumsal mesafeye ilişkin kavramsal yaklaşımlarını günümüz sosyal medya pratikleriyle karşılaştırmalı olarak incelemektir. Çalışma; metropolde gözlemlenen yoğun uyarıcı akışı, bireyselleşme, nesnel kültürün tahakkümü ve ilişkilerdeki mesafe dinamiklerinin dijital iletişim ortamlarında nasıl yeniden üretildiğini ve bu çerçevede yabancılaşmanın dijital çağda nasıl farklılaştığını ortaya koymayı hedeflemektedir.

Araştırmanın Önemi

Sosyal medya ve dijitalleşme süreçlerinin getirdiği yeni etkileşim pratiklerini anlamada, klasik sosyolojik teorilerin sunduğu kuramsal imkânları test etmesi bakımından çalışma özgün bir değere sahiptir. Dijital platformların sürekli bağlantı ve temas sunmasına karşın, etkileşimlerin yüzeyselleşmesi ve sayısallaşmasıyla ortaya çıkan yeni toplumsal mesafe ve yabancılaşma türleri Simmel'in kavramsal araçlarıyla (blasé tavrı, yabancı figürü, nesnel kültürün baskısı vb.) açıklanmaktadır. Böylece çalışma, iletişim olanaklarındaki niceliksel artışın duygusal ve niteliksel yakınlık üretmediği yönündeki çağdaş paradoksu sosyolojik bir temele oturtması açısından literatüre katkı sağlamaktadır.

Araştırmanın Yöntemi

Nitel araştırma yaklaşımı doğrultusunda kavramsal ve karşılaştırmalı bir inceleme olarak tasarlanan bu çalışmada, veri toplama tekniği olarak doküman incelemesinden yararlanılmıştır. Araştırma sürecinin ilk aşamasında Georg Simmel'in metropol, kültür, yabancı, para ekonomisi ve toplumsal mesafe kavramlarına odaklanan temel eserleri incelenmiş; ikinci aşamasında ise sosyal medya kullanımı, dijital etkileşim, yalnızlık ve toplumsal yabancılaşma konularını ele alan güncel akademik literatür taranmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda klasik kuramsal yaklaşımlar ile çağdaş dijital toplum pratikleri arasındaki karşılaştırmalı analiz; "fiziksel yakınlık ve toplumsal mesafe", "bireyselleşme ve kimlik sunumu", "niceliksel iletişim ve niteliksel ilişki" ile "nesnel kültür ve dijital ortamların birey üzerindeki etkisi" olmak üzere dört temel eksen üzerinden yürütülmüştür.

SİMMEL'DE MODERNLİK, METROPOL VE TOPLUMSAL MESAFE

Simmel'in kenti; fiziksel sınırları, mekânsal örgütlenmesi ve maddi özellikleri üzerinden açıklamak yerine, toplumsal ilişkilerin ve etkileşim biçimlerinin şekillendirdiği dinamik bir sosyolojik oluşum olarak değerlendirmektedir. Bu yaklaşımda kent, içerisinde gerçekleşen toplumsal etkileşimleri etkileyen özgün bir mekânsal yapı olmanın ötesinde, toplumsal ilişkiler aracılığıyla anlam ve biçim kazanan bir oluşumdur. Bu çerçevede metropol; toplumsal farklılaşmanın, yoğunlaşan etkileşimlerin ve karmaşık ilişki ağlarının bir arada bulunduğu bir yaşam alanıdır. Aynı zamanda farklı toplumsal grupların, geçici karşılaşmaların, kalabalıkların ve çeşitli etkileşim biçimlerinin kesiştiği metropol, sınırları kesin olarak çizilemeyen, sürekli değişen ve yeniden üretilen dinamik bir sosyal mekân niteliği taşımaktadır. (Simmel, 2012: 25).

Simmel'in modern toplum analizinin önemli başlangıç noktalarından biri metropoldür. Büyük kent, yalnızca nüfusun yoğunlaştığı fiziksel bir mekân olmakla birlikte aynı zamanda bireyin duyusal ve zihinsel dünyasını dönüştüren bir toplumsal ortamdır. Kent yaşamında birey çok sayıda insan, olay, uyaran ve ekonomik ilişkiyle karşılaşmaktadır. Bu yoğunluk, bireyin bütün uyaranlara aynı düzeyde tepki vermesini mümkün olmaktan çıkarır.

Simmel'e göre metropol yaşamının yoğunluğu bireyde bir tür zihinsel savunma mekanizmasının gelişmesine yol açmaktadır. Bunun en belirgin biçimlerinden biri *blasé* tavrıdır. Birey, sürekli karşılaştığı farklı uyaranlar karşısında giderek daha kayıtsız ve duyarsız bir tutum geliştirebilir. Bu durum bireysel psikolojiyle açıklanmakla birlikte; modern kentin toplumsal ve ekonomik yapısıyla da bağlantılıdır. Para, birbirinden niteliksel olarak farklı nesne ve ilişkileri niceliksel bir ölçüye dönüştürme eğilimindedir. O'nun ifadesiyle para, farklı şeyleri ortak bir ölçü altında karşılaştırılabilir hâle getirir. Böylece özgünlük ve nitelik yerine miktar ve değişim değeri öne çıkar (Simmel, 2004). Bu yaklaşım sosyal ilişkilerin niteliğini de etkiler. Modern birey, karşısındaki kişiyi yalnızca kişisel özelliklerinin yanı sıra sahip olduğu toplumsal konum, ekonomik değer veya işlev üzerinden değerlendirmeye başlayabilir. Dolayısıyla modern toplumda ilişkilerin giderek daha hesaplanabilir, rasyonel ve mesafeli hâle gelmesi söz konusu olur.

Simmel'in "yabancı" kavramı da bu noktada önem kazanmaktadır. Yabancı, tamamen dışarıda bulunan kişi değildir. Aksine grup içerisinde bulunan, fakat grupla tam anlamıyla özdeşleşmeyen kişidir. Yabancının konumu, yakınlık ile uzaklığın aynı anda bulunmasıyla karakterize edilir (Simmel, 2008). Bu ikili konum, yabancının yalnızca grup içerisindeki yerini değil, aynı zamanda mekânsal ve toplumsal ilişkilerle kurduğu özgün ilişki biçimini de açıklamaktadır. Simmel'e göre yabancı, bir gruba bütünüyle dışarıdan gelen kişi ile gruba tam anlamıyla bağlı olan kişi arasındaki konumu ifade eder. Yabancı, mekânsal ve toplumsal hareketlilik ile belirli bir yere ve gruba aidiyet arasındaki gerilimin taşıyıcısıdır. Bu nedenle yabancılık, yalnızca fiziksel bir uzaklığı değil, aynı zamanda yakınlık ile mesafenin aynı toplumsal ilişkide birlikte var olmasını ifade eden özgün bir sosyolojik konumu ortaya koyar. Yabancı, gruba sonradan katılmış olmasına rağmen grubun ilişkileri ve etkileşimleri içerisinde yer alır; dolayısıyla hem grubun bir parçasıdır hem de ona belirli bir mesafede durur. Bu ikili konum, yabancının grup üyeleriyle kurduğu ilişkilerde dışarıdan bakabilme ve içeriden deneyimleyebilme imkânı yaratır. Simmel açısından yabancının sosyolojik özgünlüğü de tam olarak bu aidiyet ile mesafe arasındaki birliktelikten kaynaklanmaktadır (Simmel, 2009: 149).

Dolayısıyla yabancı, fiziksel veya toplumsal olarak "içeride" olduğu hâlde duygusal ve kültürel olarak belirli bir mesafeyi koruyan kişidir. Bu özellik, günümüz sosyal medya ilişkilerinin anlaşılması açısından dikkat çekici bir analoji sunmaktadır. Sosyal medya kullanıcısı binlerce kişinin oluşturduğu bir ağın içerisinde bulunabilir; ancak bu kişilerin büyük bölümüyle yüz yüze, derin ve karşılıklı ilişkiler geliştirmeyebilir.

SİMMEL'DE YABANCILAŞMA SORUNU: ÖZNEL VE NESNEL KÜLTÜR

Simmel'in modernlik analizinin önemli bir boyutu, öznel kültür ile nesnel kültür arasındaki gerilimdir. İnsanlar tarafından üretilen bilgi, teknoloji, sanat, hukuk, kurumlar ve çeşitli kültürel ürünler zaman içerisinde bireyin tek başına sahip olabileceği kültürel kapasiteyi aşan bir büyüklüğe ulaşmaktadır. Simmel'in "kültür trajedisi" kavramı, nesnel kültürün öznel kültür üzerindeki tahakkümünü ifade eder; öznel kültür günlük hayatta anlamlı deneyimlerle ilişkili olan şeyleri kapsarken, nesnel kültür genel ve soyuttur ve anlamlı deneyimi tehdit eder (Blasi vd., 2009). Bu nedenle kültür trajedisi, bireyin ürettiği kültürel dünyanın giderek bireyin onu anlamlandırma ve içselleştirme kapasitesini aşarak birey ile kültürel dünya arasındaki mesafenin derinleşmesine işaret etmektedir.

Modernite, nesnel kültürün hızla genişlemesine karşılık bireyin bu kültürel birikimi anlamlandırma kapasitesinin aynı ölçüde gelişememesiyle karakterize edilmektedir. Simmel'e göre bireyin ürettiği kültürel unsurlar zamanla bağımsızlaşarak birey üzerinde belirleyici bir güç hâline gelebilmektedir. Dijital toplumda bu durum, sosyal medyanın sürekli içerik üreten, dolaşıma sokan ve görünürlüğü niceliksel göstergelerle ölçen bir nesnel kültür alanına dönüşmesiyle daha belirgin hâle gelmektedir. Beğeni, takipçi, izlenme ve etkileşim gibi ölçütler, bireysel görünürlüğü sayısallaştırarak bireyin kendisini ölçülebilir bir dijital nesne olarak sunmasına zemin hazırlamaktadır (Blasi vd., 2009). Bu açıdan dijital ortamlar, bireyin ürettiği kültürel içeriklerin bireyin kendisini aşarak bağımsız ölçüm, değerlendirme ve görünürlük mekanizmalarına dönüşmesi bakımından Simmel'in kültür trajedisi kavramının güncel bir görünümünü ortaya koymaktadır.

SOSYAL MEDYA VE YENİ YABANCILAŞMA BİÇİMLERİ

Kaplan ve Haenlein, sosyal medyayı "kullanıcı tarafından oluşturulan içerik üretimine ve paylaşımına olanak veren, Web 2.0'ın ideolojik ve teknolojik temelleri üzerine inşa edilmiş internet tabanlı uygulamalar grubu" olarak tanımlamıştır (Kaplan & Haenlein, 2010). Bu tanım, sosyal medyanın teknik altyapısını ve içerik üretimindeki kullanıcı rolünü öne çıkarmaktadır.

Sosyal ağ siteleri ise daha özel bir sosyal medya türü olarak tanımlanabilir: bireylerin sınırlı bir sistem içerisinde açık veya yarı açık bir profil oluşturmasına, bağlantıda oldukları diğer kullanıcıların profillerini listelemelerine ve takip etmelerine imkân veren web tabanlı servislerdir. Ellison ve Boyd (2013), bu tanımı genişleterek profillerin kullanıcı tarafından sağlanan içerik, diğer kullanıcıların sağladığı içerik ve sistem düzeyindeki verilerden oluştuğunu; katılımcıların bağlantılarını kamusal olarak ifade edebildiğini ve bu bağlantılar üzerinden içerik tüketip üretebildiğini belirtmektedir.

Simmel'in nesnel ve öznel kültür arasındaki gerilim yaklaşımı çerçevesinde sosyal medya, sürekli içerik üreten ve görünürlüğü niceliksel göstergelerle değerlendiren bir nesnel kültür alanı olarak ele alınabilir. Para ekonomisindeki niceliksel değerleme eğilimi, dijital ortamda beğeni, yorum, izlenme ve takipçi sayıları üzerinden yeniden biçimlenmektedir. Bu göstergeler, bireysel ifade ve görünürlüğü ölçülebilir bir değere dönüştürerek üretilen içeriklerin bireysel öznenin ötesinde bağımsız bir değerlendirme sistemine dâhil olmasına zemin hazırlamaktadır. (Blasi vd., 2009).

Sosyal medya, fiziksel ve coğrafi sınırları aşarak bireyler arasındaki iletişim ve etkileşim olanaklarını genişletmektedir. Bununla birlikte dijital bağlantıların artması, toplumsal yakınlığın aynı ölçüde güçlendiği anlamına gelmemektedir. Sosyal medya kullanımının yalnızlık ve sosyal izolasyonla ilişkisi, kullanım biçimine ve bireylerin sosyal ihtiyaçlarına göre farklılaşabilmektedir. (O'Day ve Heimberg, 2021). Güncel araştırmalar, sosyal medya ile yalnızlık arasındaki ilişkinin tek yönlü olmadığını; özellikle sorunlu kullanımın yalnızlıkla ilişkili olduğunu, kullanım süresinin ise tek başına belirleyici olmadığını göstermektedir (Feng vd., 2026). (Feng vd., 2026). Bu bulgular Simmel'in yaklaşımı açısından önemlidir. Çünkü

Simmel açısından sorun yalnızca insanların birbirleriyle ne kadar temas ettikleri değildir; temasın niteliği ve bireylerin birbirleriyle kurdukları ilişkinin biçimi önem taşımaktadır.

SİMMEL VE SOSYAL MEDYA: YAKINLIK, BİREYSELLEŞME VE TOPLUMSAL İLİŞKİLER

Simmel, modern metropolde "bedensel yakınlık ile zihinsel uzaklık" arasında bir gerilim olduğunu göstermiştir. İnsanlar aynı caddede, aynı ulaşım aracında veya aynı meydanda bulunabilir; fakat birbirleriyle herhangi bir anlamlı ilişki kurmayabilirler. Sosyal medyada bu durum tersine çevrilmiş bir biçimde ortaya çıkmaktadır. İnsanlar fiziksel olarak birbirlerinden uzak olabilir, ancak dijital olarak sürekli bağlantı hâlinde bulunabilirler. Böylece modern kentteki "fiziksel yakınlık–zihinsel uzaklık" ilişkisi, dijital toplumda "fiziksel uzaklık–dijital yakınlık" biçimine dönüşebilmektedir (Castells, 2013). Dijital bağlantıların artması, duygusal yakınlığın da aynı ölçüde güçlendiği anlamına gelmemektedir. Bu nedenle sosyal medya, genişleyen ancak ilişkisel açıdan sınırlı kalabilen sosyal çevreler oluşturabilmektedir. Böylece modern kentteki "fiziksel yakınlık–zihinsel uzaklık" ilişkisi, dijital toplumda "fiziksel uzaklık–dijital yakınlık" biçimine dönüşebilmektedir. Ancak dijital yakınlık her zaman duygusal yakınlık anlamına gelmez. Bir kişinin yüzlerce veya binlerce takipçisi bulunması, bu kişilerin onun sosyal yaşamında gerçek anlamda yakın ilişki kurduğu anlamına gelmemektedir.

Simmel, modern kentte bireyin farklılaşmasını aynı zamanda özgürleşmenin bir boyutu olarak değerlendirmiştir. Büyük kent bireye daha geniş bir hareket alanı sağlamakta, birey geleneksel küçük toplulukların yoğun kontrolünden kısmen uzaklaşabilmektedir. Sosyal medya da bireyin kendisini ifade etme ve farklı kimlik unsurlarını görünür kılma kapasitesini genişletmektedir. Kullanıcı kendi profilini oluşturmakta, hangi fotoğrafı paylaşacağına, hangi düşüncelerini göstereceğine ve hangi içerikleri görünür kılacağına karar verebilmektedir (Marwick & Boyd, 2011). Ancak burada yeni bir çelişki ortaya çıkmaktadır. Birey kendisini özgürce ifade ettiğini düşünürken aynı zamanda dijital ortamların görünürlük ve beğeni mekanizmalarına uyum sağlamak zorunda kalabilmektedir. Böylece özgünlük arayışı ile sosyal onay arayışı arasında bir gerilim oluşmaktadır (Ranieri &van Dijck, 2013). Bireyin "kendisi olma" arzusu, başkalarının değerlendirmesine daha fazla bağımlı hâle gelebilmektedir.

Simmel'in, para analizinde niceliksel ölçünün niteliksel farklılıkları geri plana itmesi önemli bir noktadır. Sosyal medyada da iletişimin bazı göstergeler aracılığıyla nicelleştirilmesi benzer bir mantık ortaya çıkarabilir (Grosser, 2014). Bir paylaşımın kaç kişi tarafından beğenildiği, kaç kez izlendiği veya kaç kişi tarafından paylaşıldığı görünür hâle gelir. Böylece toplumsal kabul, niceliksel göstergeler üzerinden değerlendirilebilir. Çok sayıda dijital bağlantıya sahip olmak, bireyin anlaşılmış, değer görmüş veya ait hissetmiş olduğu anlamına gelmemektedir. Sosyal medya, sosyal ilişkinin niceliğini artırırken ilişkinin niteliğini aynı oranda artırmayabilir.

SİMMEL'İN "YABANCI" KAVRAMI VE SOSYAL MEDYA KULLANICISI

Simmel'in "yabancı" figürü hem içeride hem dışarıda olma paradoksunu temsil eder. Yabancı, yakınlık ve uzaklığın eşzamanlılığıyla tanımlanır. Sosyallik ise, pratik çıkarlardan arınmış, "oyun biçiminde" bir toplumsallaşma formudur (Simmel, 1949). Simmel'e göre sosyallik, "ideal sosyolojik bir dünya" yaratır ve katılımcıların karşılıklı haz aldığı bir etkileşim alanı sunar.

Simmel'in yabancı figürü, sosyolojinin en kalıcı kavramlarından biridir. Bu figür, sosyal bilimlerde bugüne dek belirgin storbysosyolojik (Metropol/kent sosyolojisi) yaklaşımların metropol yaşamını yorumlama biçimini şekillendirmiş; yabancı, "yakın-ve-uzak" oluşunun yarattığı belirsizlik nedeniyle potansiyel bir düzensizlik kaynağı olarak okunmuştur

(Overgaard, 2015). Bu noktada Simmel'in "yabancısı" bir düzen sorunu olmanın ötesinde bir ilişki biçimidir.

Yabancı, fiziksel olarak yakın bir konumda bulunmasına rağmen simgesel ve mekânsal anlamda taşıdığı uzaklık, yakınlığı gölgeler ancak onu bütünüyle dışlamaz. Yabancılar, grup içinde özel ve kimi zaman istenmeyen roller üstlenirken, üyelerle kurdukları ilişkiler farklı etkileşim imkânları yaratabilir; ancak aynı konum, onları dışlanma ve günah keçisi ilan edilme riskiyle de karşı karşıya bırakabilir (Karakayalı, 2003). Modern metropol yaşamında birey, içinde bulunduğu toplumsal çevrenin bir parçası olmasına rağmen giderek yabancılaşmakta; kendisini geçici, köksüz ve aidiyet bağları zayıflamış bir özne olarak deneyimleyebilmektedir.

Simmel'in yabancı kavramı, sosyal medya toplumunu anlamak açısından özellikle verimli bir kavramsal araçtır. Simmel'in yabancısı, toplumsal grubun tamamen dışında değildir; grubun içerisinde bulunmasına rağmen ona tam anlamıyla ait değildir.

İnternet, Simmel'in metropolünün dijital uzama taşınmış hâli gibi işlev görür; bu nedenle Simmel'in yabancı ve blasé tutum kavramları, dijital uzamın analizinde yeniden merkezî hâle gelir (Hardy, 2022). Nitekim blasé tutumun mekanizması siber ortamda da dönüşerek varlığını sürdürmekte, hatta bir "blasé tutum tuzağı" yaratmaktadır. Bu durumda gerilimi azaltmak için harcanan çaba, istenen sonuca ulaşmadığı gibi entelektüel yükü artırabilmektedir (Prokofyeva & Somkhishvili, 2023).

Sosyal medyanın yarattığı yabancıyı ayırt eden başlıca özellikler şunlardır:

Yabancıyla daha çok iletişim, yabancı olarak daha çok kalma: Dijital dünya iki şeyi birlikte mümkün kılar: (1) yabancılarla çok daha fazla iletişim kurmak, (2) bu iletişim boyunca büyük ölçüde yabancı olarak kalmak, çünkü çevrimiçi iletişimde kimliğin büyük kısımları gerçek hayatta mümkün olmayan biçimde gizlenebilir (Ventham, 2025).

Anonimlik ve önsel güven: Bazı çevrimiçi pratiklerde mahremiyet, yalnızca sanal ve anonim katılımcılara emanet edilir; yani "önceden varsayılan bir güven" söz konusudur, oysa bilinen kimliklere sahip "yabancı olmayanlar" kuşkuyla karşılanır (Laat, 2008)

Zayıf bağlar ve ağ bireyciliği: Çevrimiçi ilişkiler güçlü bağlardan çok zayıf bağlar olarak kurulur; çevrimiçi sosyal ağlar daha anlık, hafif ve çeşitlilik gösteren ilişkilerden oluşur ve bu, topluluk biriminin "grup"tan "birey"e kaydığı ağ bireyciliği (ile örtüşür (Park & Gerrits, 2021)

Yabancıya güven: Kullanıcılar, anonim yabancıların tavsiyelerine bağımlı hâle gelir ve gelişen sosyal güven, belirli bireylerden çok "soyut başkalarına" veya kurumlara yönelir (Mathwick et al., 2008).

Sosyal medya, bireyin aynı anda farklı toplumsal ağlara katılmasına ve bu ağlar arasında hızla geçiş yapmasına olanak sağlamaktadır. Bu durum, bireyin farklı sosyal ortamlarda farklı kimlik ve roller üstlenmesine imkân tanırken, söz konusu çevrelerle kurduğu aidiyet ve mesafe ilişkilerinin de çeşitlenmesine yol açmaktadır. Bu nedenle Simmel'in "yabancı" figürü ile sosyal medya kullanıcısı arasında doğrudan bir özdeşlik kurmak mümkün değildir; ancak her iki durumda da bireyin bir toplumsal çevreye dâhil olurken aynı zamanda belirli bir mesafeyi koruyabilmesi dikkat çekmektedir.

METROPOLDEKİ BLASÉ TAVIRDAN DİJİTAL KAYITSIZLIĞA

Simmel'in *blasé (bıkkınlık)* kavramı, modern kentte aşırı uyaran karşısında gelişen kayıtsızlık ve duyarsızlık hâlini ifade etmektedir (Uyurkulak, 2023). Büyük kentte birey sürekli olarak farklı insanlarla, görüntülerle, seslerle, reklâmlarla ve ekonomik uyarıcılarla karşılaşmaktadır (Ramos, 2017). Yoğun ve sürekli değişen uyaranlar karşısında bireyin her bir uyarana eşit düzeyde dikkat yöneltmesi ve tepki vermesi olanaklı değildir.

Günümüzde hayatımıza yoğun şekilde nüfuz eden sosyal medya, bu uyarıcı yoğunluğunu daha da artırabilmektedir. Kullanıcı kısa bir süre içerisinde çok sayıda haber, fotoğraf, video, reklam, yorum ve kişisel paylaşım ile karşılaşmaktadır. Bu içeriklerin önemli bir bölümü saniyeler içerisinde tüketilmekte ve ardından yeni bir içerik ekrana gelmektedir (Le, 2020). Bu durum

Simmel'in metropolde gözlemlediği uyarıcı yoğunluğunun dijital bir karşılığı olarak yorumlanabilir (Prokofyeva & Somkhishvili, 2023).
Bununla birlikte, burada önemli olan husus, söz konusu durumun Simmel tarafından doğrudan öngörülmüş bir gelişme olarak değerlendirilmemesidir. Simmel'in çözümlemeleri, kendi döneminin modern metropol yaşamını ve bu yaşam biçiminin bireyin algılama, düşünme ve toplumsal ilişkilenme biçimleri üzerindeki etkilerini açıklamaya yönelik olmaktadır. Bu durumda Simmel'in kavramlarının sosyal medya ortamına uyarlanması, özgün kuramsal çerçevenin doğrudan bir öngörüsü olmanın ötesinde, günümüz iletişim ve etkileşim biçimlerini anlamaya yönelik sosyolojik bir yeniden yorumlama olarak ele alınmalıdır.
Dijital ortamda sürekli içerik tüketimi, bireyin karşılaştığı olaylara yönelik dikkatini parçalayabilir. Bu yönüyle Simmel'in para ekonomisinde ortaya koyduğu "niteliklerin niceliğe indirgenmesi" düşüncesi, dijital iletişim ortamlarının bazı özelliklerini anlamak için kullanılabilir.

SONUÇ

Simmel'in modernlik ve metropol çözümlemeleri, dijital iletişim ortamlarında ortaya çıkan toplumsal ilişkileri anlamak için önemli bir kuramsal çerçeve sunmaktadır. Metropol, toplumsal mesafe, blasé tavır, bireyselleşme ve nesnel kültür kavramları, artan etkileşim olanakları ile toplumsal ilişkilerdeki mesafe arasındaki gerilimi açıklamaya yardımcı olmaktadır.
Simmel'in metropol çözümlemesinde birey, çok sayıda insan ve uyaranla karşı karşıya kalırken bu yoğunlukla başa çıkabilmek için seçici bir dikkat ve mesafe geliştirmektedir. Böylece fiziksel yakınlık ile toplumsal ve zihinsel uzaklık aynı toplumsal ortam içerisinde varlık gösterebilmektedir. Sosyal medya ortamlarında da benzer bir çelişkinin farklı bir biçimde ortaya çıktığı görülmektedir. Birey çok sayıda kişiyle aynı anda bağlantı kurabilmekte, ancak bağlantıların niceliksel olarak artması ilişkilerin duygusal ve toplumsal açıdan derinleşmesini zorunlu olarak beraberinde getirmemektedir. Bu durum, dijital iletişimde bağlantı sayısı ile toplumsal yakınlık arasındaki ayrımın önemini ortaya koymaktadır.
Simmel'in para ekonomisine ilişkin çözümlemeleri de günümüz sosyal medya ortamlarının anlaşılması bakımından karşılaştırmalı bir perspektif sağlamaktadır. Para ekonomisinde farklı niteliklere sahip değerlerin niceliksel bir ölçü üzerinden ifade edilebilir hâle gelmesine benzer şekilde, sosyal medya ortamlarında toplumsal görünürlük ve beğeni çeşitli sayısal göstergeler aracılığıyla ölçülebilmektedir. Takipçi sayısı, beğeni, paylaşım ve izlenme gibi göstergeler, dijital ortamda bireyin görünürlüğünün ve toplumsal karşılığının değerlendirilmesinde belirleyici hâle gelebilmektedir. Böylece toplumsal değerin niceliksel göstergeler üzerinden algılanması, Simmel'in para ekonomisi bağlamında tartıştığı değer ilişkileriyle karşılaştırılabilecek yeni bir görünüm kazanmaktadır.
Bununla birlikte sosyal medya ile Simmel'in metropol toplumu arasında doğrudan bir özdeşlik kurmak doğru değildir. Simmel'in çözümlemeleri, modern metropolün tarihsel ve toplumsal koşulları içerisinde şekillenmiş olup sosyal medya çağını doğrudan açıklamaya yönelik değildir. Bu nedenle Simmel'in kavramlarının dijital topluma uygulanması, klasik kuramsal çerçevenin günümüz koşullarında yeniden yorumlanması olarak değerlendirilmelidir. Buradaki amaç, Simmel'in öngörülerini günümüz teknolojik gelişmeleriyle birebir örtüştürmek değil, onun geliştirdiği kavramsal araçların dijitalleşen toplumsal ilişkilerin belirli özelliklerini açıklamadaki imkânlarını ortaya koymaktır.
Metropol ile sosyal medya arasındaki önemli ayrımlardan biri mekânsallıkla ilişkilidir. Simmel'in analizinde fiziksel kent mekânı, bireyin toplumsal deneyiminin temel unsurlarından biridir. Sosyal medya ise etkileşimin fiziksel mekâna bağımlılığını önemli ölçüde azaltarak farklı coğrafi konumlarda bulunan bireylerin aynı iletişim ortamında buluşmasına olanak sağlamaktadır. Bu nedenle metropoldeki fiziksel karşılaşmaların yerini dijital ortamda gerçekleşen eşzamanlı veya eşzamansız etkileşimler alabilmektedir. Böylece toplumsal

mesafenin niteliği değişmekte; fiziksel uzaklık, dijital bağlantının kurulmasına engel olmaktan çıkmaktadır.

Bir diğer farklılık, iletişimin sürekliliğidir. Metropol deneyimi belirli mekânsal ve zamansal koşullar içerisinde yoğunlaşırken sosyal medya, bireyin gündelik yaşamına sürekli biçimde eşlik edebilen bir iletişim ortamı oluşturmaktadır. Birey yalnızca belirli zamanlarda değil, günün farklı anlarında dijital ağlara erişebilmekte ve toplumsal etkileşimlerini sürdürebilmektedir. Bu süreklilik, sosyal uyaranların yoğunluğunu artırmakta ve bireyin dikkatini sürekli olarak yeni mesaj, bildirim ve içeriklere yöneltmektedir.

Sosyal medya ortamlarının bir diğer ayırt edici özelliği ise bireyin yalnızca iletişim sürecine katılan bir aktör olmaktan çıkarak aynı zamanda kendisini sürekli biçimde temsil eden bir özne hâline gelmesidir. Kullanıcı, paylaştığı içerikler, oluşturduğu profil, tercihleri ve etkileşimleri aracılığıyla dijital ortamda belirli bir benlik sunumu gerçekleştirmektedir. Bu nedenle sosyal medya, kişilerarası iletişimin yanı sıra bireyin kendi görünürlüğünü düzenlediği ve toplumsal karşılığını takip edebildiği bir alan niteliği de taşımaktadır.

Bu çerçevede sosyal medya kaynaklı yabancılaşmayı Simmel'in modernlik çözümlemelerinin doğrudan bir devamı olarak görmek yerine, onun ortaya koyduğu kavramların dijital toplumun koşulları altında yeniden değerlendirilmesi gereken bir toplumsal olgu olarak ele almak daha isabetlidir. Metropol yaşamında kalabalık içerisinde ortaya çıkan mesafe ve kayıtsızlık, dijital toplumda farklı bir toplumsal biçim kazanabilmektedir. Birey çok sayıda kişiyle sürekli bağlantı hâlinde bulunmasına rağmen ilişkilerin yüzeyselliği, karşılaştırma baskısı ve sürekli görünür olma ihtiyacı nedeniyle toplumsal açıdan mesafeli veya yalnız hissedebilmektedir.

Bununla birlikte sosyal medyayı yalnızca yabancılaşma üreten bir ortam olarak değerlendirmek de yeterli değildir. Dijital iletişim, bireylerin mevcut toplumsal bağlarını sürdürmelerine, farklı sosyal çevrelerle iletişim kurmalarına ve yeni ilişkiler geliştirmelerine olanak sağlayabilmektedir. Dolayısıyla sosyal medyanın birey üzerindeki etkisi, yalnızca teknolojik ortamın özellikleriyle değil, kullanım biçimi, etkileşimin niteliği ve bireyin mevcut toplumsal ilişkileriyle birlikte değerlendirilmelidir.

Sonuç olarak Simmel'in modernlik çözümlemeleri ile günümüz sosyal medya toplumunun karşılaştırılması, iki dönem arasındaki tarihsel ve teknolojik farklılıklara rağmen bazı temel toplumsal gerilimlerin farklı biçimlerde yeniden ortaya çıkabildiğini göstermektedir. İletişim olanaklarının genişlemesi her zaman toplumsal yakınlığın artması anlamına gelmemekte; niceliksel bağlantıların çoğalması ilişkilerin niteliğini kendiliğinden güçlendirmemektedir. Bu nedenle dijital çağın temel paradokslarından biri, bireyin aynı anda hem daha fazla insanla bağlantı kurabilmesi hem de bu yoğun bağlantılar içerisinde toplumsal mesafe ve yalnızlık deneyimi yaşayabilmesidir.

Bu açıdan günümüz dijital toplumunda yabancılaşma, bireyin toplumdan bütünüyle kopması şeklinde değil, toplumsal ağlara yoğun biçimde dâhil olduğu hâlde ilişkilerin niteliği bakımından mesafe yaşaması şeklinde yeniden düşünülmelidir. Simmel'in kavramsal yaklaşımı, bu çelişkinin anlaşılması açısından önemli bir başlangıç noktası sunmaktadır. Bununla birlikte sosyal medya ortamlarının özgün özellikleri dikkate alındığında, dijital yabancılaşmanın klasik modernlik deneyiminin basit bir tekrarı olmadığı; mekân, zaman,

görünürlük, benlik sunumu ve sürekli bağlantılılık gibi yeni unsurların etkisiyle farklılaşan bir toplumsal ilişki biçimi olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

KAYNAKÇA

Allan, K., & Daynes, S. (2017). Explorations in classical sociological theory: Seeing the social world. *SAGE Publications, Inc.*

Blasi, A. J., Jacobs, A. K., & Kanjirathinkal, M. (2009). Sociology: Inquiries into the construction of social forms.

Castells, M. (2013). Networks of outrage and hope: Social movements in the Internet age. *John Wiley & Sons.*

De Laat, P. B. (2008). Online diaries: Reflections on trust, privacy, and exhibitionism. *Ethics and information technology*, *10*(1), 57-69.

Ellison, N. B., & Boyd, D. (2013). Sociality through social network sites. *The Oxford handbook of internet studies*, *1*, 151-172.

Feldman, Z. (2012). Simmel in cyberspace**.** *Information, Communication & Society***,** *15*(2), 297–319

Feng, H. P., Lien, Y. J., Cian, S. Y., Wang, W. Y., Li, Y. T., Chen, C. H., & Wu, Y. Y. (2026). Exploring the relationship between social media use and loneliness in adolescents and young adults: a systematic review and meta-analysis. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology,* 1-15.

Frei, R. (2025). Digital Blocking as Visual Control: Revisiting Simmel's Blasé Attitude and Goffman's Civil Inattention in Social Media: R. Frei**.** *International Journal of Politics, Culture, and Society*, 1-21.

Frisby, D. S. (1992). Since: Essays on Georg Simmel's Social Theory. *Sociology: Cultural studies. Routledge.*

Grosser, B. (2014). What do metrics want? How quantification prescribes social interaction on Facebook. *Computational Culture*, (4).

Hardy, J. (2022). The Simmelian digital metropolis: A cultural perspective on the Internet age. In *Simmel and Beyond* (pp. 150-167). *Routledge.*

Kaplan, A. M., & Haenlein, M. (2010). Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media. ***Business Horizons***, *53*(1), 59–68. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2009.09.003.

Karakayalı, M. N. (2003). Simmel's stranger: in theory and in practice. *National Library of Canada.*

Le, H. (2020). Blasé attitude, hyperreality, and social media. *Crossing Borders: Student Reflections on Global Social Issues*, *2*(1).

Marwick, A. E., & Boyd, D. (2011). I tweet honestly, I tweet passionately: Twitter users, context collapse, and the imagined audience. *New media & society*, *13*(1), 114-133.

Mathwick, C., Wiertz, C., & De Ruyter, K. (2008). Social capital production in a virtual P3 community. *Journal of consumer research*, *34*(6), 832-849.

O'Day, E. B., & Heimberg, R. G. (2021). Social media use, social anxiety, and loneliness: A systematic review. *Computers in Human Behavior Reports*, *3*, 100070.

Overgaard, A. V. (2015). Grupper af fremmede-at sidde alene på café i København. *Dansk Sociologi*, *26*(3), 35-53.
Park, S., & Gerrits, L. (2021). How migrants manifest their transnational identity through online social networks: comparative findings from a case of Koreans in Germany. *Comparative Migration Studies*, *9*(1), 10.
Prokofyeva, A. V., & Somkhishvili, K. O. (2023). Blasé attitude and the modern digital city. *Вестник Пермского университета. Философия. Психология. Социология***,** (3), 382–395. https://doi.org/10.17072/2078-7898/2023-3-382-395.
Prokofyeva, A. V., & Somkhishvili, K. O. (2023). Blasé attitude and the modern digital city. *ФИЛОСОФИЯ. ПСИХОЛОГИЯ. СОЦИОЛОГИЯ 2023*, 383.
Ramos, S., O. (2017). The senses as a resource of meaning in the construction of the Stranger: an approach from Georg Simmel's relational sociology. *Simmel Studies*, *21*(1), 15-41.
Ranieri, M., & van Dijck, J. (2013). The Culture of Connectivity. A Critical History of Social Media. *Oxford University Press.*
Simmel, G. (1949). The sociology of sociability (Trans: E. C. Hughes,). *American Journal of Sociology*, *55*(3), 254–261.
Simmel, G. (2004). *The Philosophy of Money*. London: Routledge.
Simmel, G. (2008). The stranger. In The cultural geography reader, (Ed: Timothy Oakes, Patricia L. Price). pp. 323-327. *Routledge.*
Simmel, G. (2009). Bireysellik ve Kültür, (Çev: Tuncay Birkan), *Metis Yayınları: İstanbul.*
Simmel, G. (2012). Modern Kültürde Çatışma**,** *İletişim Yayınları: İstanbul,* 8. Baskı.
Simmel, G. (2023). The metropolis and mental life. *In Social theory re-wired* (pp. 438-445). *Routledge.*
Uyurkulak, S. (2023). Ezra Pound And Ah Tanpınar: Two Modes Of Authentıcıty In Modernıst World Lıterature. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi***,** 25(1), 134-150.
Ventham, E. (2025). Beyond the social value of privacy. *Philosophy & Technology,* 38(4), 158.

SICAKLIK VE YAĞIŞ PARAMETRELERİ AÇISINDAN SAMSUN KENT İKLİMİNE BİR BAKIŞ

AN OVERVIEW OF THE URBAN CLIMATE OF SAMSUN IN TERMS OF TEMPERATURE AND PRECIPITATION PARAMETERS

İlker ERDÖNMEZ
Doktora Öğrencisi, Karabük Üniversitesi, Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı,
ORCID: 0000-0003-0453-3368

ÖZET

İklim değişikliğinin etkileri, nüfusun ve ekonomik faaliyetlerin yoğunlaştığı kentlerde daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Orta Karadeniz kıyısında önemli bir liman ve sanayi merkezi olan Samsun, bu etkilerin izlenmesi gereken yerleşimlerden biridir. Bu çalışma, Samsun ilinde sıcaklık ve yağış parametrelerinin son 61 yıldaki eğilimlerini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait Samsun istasyonu (17030) için 1965-2025 yılları arasındaki ortalama sıcaklık, ortalama maksimum ve ortalama minimum sıcaklıklar ile günlük toplam yağış verileri kullanılmıştır. Yıllık ve mevsimlik serilerdeki eğilim Mann-Kendall testi kullanılarak belirlenmiş olup, eğilimin büyüklüğü Sen'in eğim yöntemiyle tayin edilmiştir. Dizilerdeki değişim noktası Pettitt testi ile tespit edilmiştir. Günlük sıcaklık verilerinden yaz günü, tropikal gün, tropikal gece ve donlu gün sayıları hesaplanmıştır. Bulgulara göre, yıllık ortalama sıcaklık her 10 yılda 0,34 °C artış göstermiştir ve bu artış istatistiksel olarak anlamlıdır. Günlük en yüksek ve en düşük sıcaklıkların yıllık ortalamaları da sırasıyla 10 yılda 0,34 °C ve 0,31 °C yükselmiştir. En hızlı ısınma yaz mevsiminde görülmüştür. Yaz ortalama sıcaklığı 10 yılda 0,53 °C artmıştır. Yıllık ortalama sıcaklık dizisinde değişim noktası 1997 yılı olmuştur. 1996-2025 yılları arasındaki dönemin ortalama sıcaklığı, 1966-1995 dönemine göre 1,14 °C daha yüksektir. En düşük sıcaklığın 20 °C'nin üzerinde olduğu tropikal gece sayısı, yıllık ortalamada 19,6 günden 47,2 güne yükselmiştir. En yüksek sıcaklığın 30 °C'ye ulaştığı tropikal gün sayısı ise 3,2 günden 13,4 güne çıkmıştır. Yağışta ise yıllık ve mevsimsel ölçekte anlamlı bir eğilim tespit edilmemiştir. Sonuçlar, Samsun kentinde ısınmanın özellikle yaz aylarında ve gece sıcaklıklarında belirgin şekilde arttığını ortaya koymaktadır. Serinin en sıcak on yılından dokuzunun 2010 ve sonrasında yaşanması, Samsun kentindeki ısınmanın küresel iklim değişikliğiyle uyumlu olduğunu teyit etmektedir. Bu durum, kentin sıcak dönemlere yönelik uyum stratejilerinin önemini artırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Samsun, kent iklimi, sıcaklık ve yağış trendi, iklim değişikliği °C

ABSTRACT

The effects of climate change are more pronounced in cities, where population and economic activity are concentrated. Samsun, an important port and industrial centre on the Central Black Sea coast, is one of the settlements where these impacts should be monitored. This study aims to examine changes in temperature and precipitation in Samsun over the past 61 years. In the study, average temperature, average maximum and minimum temperatures, and daily total precipitation data for the Samsun station (17030) operated by the General Directorate of Meteorology were used for the years 1965-2025. The trend in annual and seasonal series was determined using the Mann-Kendall test, and the magnitude of the trend was assessed with Sen's slope method. The change point in the series was detected using the Pettitt test. From the daily temperature data, the number of tropical days, tropical nights, and frost days was calculated for the summer days. According to the findings, the annual average temperature increased by 0.34°C per decade, a statistically significant change. The annual

averages of the daily maximum and minimum temperatures also increased by 0.34℃ and 0.31℃, respectively, over 10 years. The fastest warming occurred in summer, with the average summer temperature increasing by 0.53℃ over 10 years. The change point in the annual average temperature series occurred in 1997. The average temperature for the period between 1996 and 2025 is 1.14℃ higher than the 1966-1995 period. The number of tropical nights, where the lowest temperature exceeds 20℃, increased from an annual average of 19.6 days to 47.2 days. The number of tropical days, where the highest temperature reaches 30℃, increased from 3.2 days to 13.4 days. No significant trend was detected in annual and seasonal precipitation. The results show that warming in Samsun has increased notably, especially during the summer months and at night. The fact that nine of the ten warmest years in the series occurred after 2010 confirms that the warming in Samsun is consistent with global climate change. This situation emphasises the importance of the city's adaptation strategies for hot periods.
Keywords: Samsun, urban climate, temperature and precipitation trend, climate change

GİRİŞ

İklim değişikliği, doğal ortamı ve insan yaşamını etkileyen küresel bir süreçtir. Küresel yüzey sıcaklığı, 2011-2020 yılları arasında 1850-1900 dönemine göre 1,09 ℃ daha yüksektir (Hükümetlerarası İklim Değişikliği paneli [IPCC], 2021). Sıcak hava dalgaları da dâhil olmak üzere sıcak ekstrem olaylar, 1950'lerden itibaren karaların büyük bir bölümünde daha sık ve daha şiddetli hale gelmiştir (IPCC, 2021). Türkiye'de de ısınma eğilimi açıkça izlenmektedir. 2024 yılında Türkiye'nin ortalama sıcaklığı 15,6 ℃ olarak kaydedilmiş olup, 1991-2020 dönemine ait ortalama değer olan 13,9 ℃'yi 1,7 ℃ aşmıştır. Bu değer son 54 yılın en yüksek sıcaklık kaydını göstermektedir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü [MGM], 2025). 2025 yılı, 15,1 ℃ ile son 55 yılın en sıcak beşinci yılı olmuştur (MGM, 2026).

Isınmanın etkileri, nüfus yoğunluğu ve yapılaşmanın fazla olduğu kentlerde daha belirgin biçimde hissedilmektedir. Kentler, insan kaynaklı ısınmayı yerel seviyede arttırmaktadır. Kentleşmenin devam etmesi ve sıcak uç olayların artması, sıcak hava dalgalarının yoğunluğunu da artıracaktır (IPCC, 2021). Bu nedenle, kentlerde sıcaklık ve yağıştaki değişimi tespit için uzun vadeli gözlemler gerçekleştirilmelidir. Neticede kentin iklim değişikliğine uyumu için iklim eylem planlarının hazırlanması önemli olacaktır.

Orta Karadeniz kıyı kuşağında yer alan Samsun kentinin sıcaklık ve yağış koşulları çeşitli yöntemler kullanılarak detaylı bir biçimde incelenmiştir. Ülke ve Özkoca (2018), 1975-2013 dönemine ait ortalama sıcaklık verileri üzerinde yaptığı analizlerde Samsun için istatistiksel olarak anlamlı bir artış eğilimi tespit etmiştir. Keskin ve arkadaşları (2018), Samsun istasyonunun 1980-2015 yıllarını kapsayan verilerinde yıllık ortalama sıcaklık ile yıllık toplam yağışta anlamlı artışlar saptamışlardır. Beden ve ekibi (2020), 1960-2015 dönemine ait hesaplamalarını yaptığı kuraklık endekslerinde artış yönünde eğilimler göstermişlerdir; ancak bu eğilimlerin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını belirtmişlerdir. Efe ve Gözet (2021), 1990-2019 yıllarını kapsayan dönem içerisinde turizm iklim endeksi değerlerinde Samsun istasyonunda Mayıs ve Eylül aylarında artış eğilimi izlemişlerdir. Güneş ve Efe (2022) ise aynı zaman diliminde Samsun'da sıcak hava dalgası sayısının ilk 15 yılda 5 iken, son 15 yılda 22'ye yükseldiğini belirtmişlerdir. Öllükçü ve Katipoğlu (2025), Samsun'un da dahil olduğu Yeşilırmak havzasındaki 1979-2022 yıllarını kapsayan dönem kuraklık eğilimlerini detaylı bir biçimde incelemişlerdir.

Samsun'da kentin yüzey sıcaklığını uydu görüntüleriyle inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır. Çevik Değerli ve Çetin (2023), 2000 ve 2020 yıllarına ait Landsat görüntüleri aracılığıyla Samsun'un kıyı bölgesinde kentsel ısı adası etkisinin iki on yıl içerisinde arttığını ortaya koymuştur. Kara vd. (2025), 2014 ve 2023 yıllarına ait görüntülerle yapılaşmış

alanlarda yüzey sıcaklığının yaklaşık 25 °C'den 31 °C'nin üzerine çıktığını tespit etmişlerdir. Belirtilen araştırmalar, meteoroloji istasyonunda ölçülen hava sıcaklığını değil, uydu aracılığıyla tespit edilen yüzey sıcaklığını esas almaktadır.

İstasyon verilerine dayanan Samsun hakkındaki çalışmaların büyük bir bölümü 2013-2015 yılları arasında tamamlanmıştır. Bu çalışmalar kapsamında yaz ayları, tropikal günler, tropikal geceler ve donlu günler gibi günlük sıcaklık göstergelerine yer verilmemiştir. Bu araştırmanın amacı, Samsun kentinde sıcaklık ve yağış parametrelerinin 1965-2025 dönemine ait aylık ve günlük veriler ışığında değişimini ortaya çıkarmaktır. Çalışmada, yıllık ve mevsimlik trendler, değişim noktaları, iki farklı 30 yıllık dönem karşılaştırmaları ve günlük sıcaklık göstergeleri birlikte ele alınmıştır.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

İklim Değişikliği ve Kent İklimi

Kentler, binaların çevresindeki hava akışını, sıcaklığı, yağışı ve hava kirliliğini etkilemektedir. Kent iklimi bilimi, bu değişimleri ve değişimleri oluşturan fiziksel süreçleri inceler (Oke vd., 2017). Kentlerde iklim değişikliği, kentin kendi yarattığı bu değişimlerle birlikte kendini göstermektedir. Kentler insan kaynaklı ısınmayı yerel ölçekte güçlendiren önemli bir faktördür (IPCC, 2021).

Bu çalışmada "kent iklimi", kent içinde yer alan bir meteoroloji istasyonunda kaydedilen sıcaklık ve yağış verilerinin oluşturduğu iklimi ifade etmek için kullanılmıştır. Tek bir istasyonla kentin kırsal çevresinden ne kadar farklılaştığını anlamak için fikir verse de yeterli değildir. Bu yüzden bulgularda, kente özgü iklim koşullarındaki değişime odaklanılmıştır.

Sıcaklık Ekstrem İndisleri

Sıcaklık ekstrem indisleri, günlük sıcaklık gözlemlerinin belirli eşiklerin üzerinde ya da altında kaldığı günleri belirleyerek iklimdeki değişimi gösteren ölçütlerdir. Bu indisler uluslararası düzeyde ortak tanımlarla hesaplanır ve ekstrem olaylardaki değişimin farklı bölgelerde karşılaştırılmasını sağlar (Zhang vd., 2011).

Çalışma kapsamında dört indis kullanılmıştır. Yaz günü, günlük en yüksek sıcaklığın (Tmax) 25 °C'nin üzerinde olduğu günlerin yıllık sayısıdır. Tropikal gece, günlük en düşük sıcaklığın (Tmin) 20 °C'nin üzerinde kaldığı günlerin yıllık sayısıdır. Donlu gün ise Tmin değerinin 0 °C'nin altına düştüğü günlerin yıllık sayısıdır (Expert Team on Climate Change Detection and Indices [ETCCDI], 2009). Tropikal gün, Tmax değerinin 30 °C ve üzerinde olduğu gündür (Deniz, 2014). Her indis, bir yıl içinde eşik koşulunu karşılayan günlerin belirlenmesiyle hesaplanır ve birimi gündür.

Türkiye'de bu indislerle yapılan çalışmalar, ısınmanın ekstrem değerlerde de açıkça izlendiğini göstermektedir. Erlat ve Türkeş (2012), 1950-2010 döneminde 72 istasyonun çoğunda yıllık donlu gün sayısının azaldığını tespit etmişlerdir. Erlat ve Türkeş (2013), aynı dönemde 97 istasyonun 64'ünde yaz günü, 71'inde tropikal gün sayısında anlamlı artış bulmuştur. Deniz (2014), 1970-2006 döneminde tropikal gün sayılarının artma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Erlat ve Türkeş (2017) ise 1950-2016 döneminde 92 istasyonun 87'sinde tropikal gece sayısında anlamlı artış belirlemişlerdir. Bu artış 1985'ten sonra güçlenmiş ve kıyı istasyonlarında daha çok belirginleşmiştir.

YÖNTEM

Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Orta Karadeniz kıyısında yer alan Samsun kentidir. Kentin sıcaklık ve yağış koşulları, Meteoroloji Genel Müdürlüğüne (MGM) ait Samsun meteoroloji istasyonunun verileriyle incelenmiştir. Tablo 1'de görüldüğü üzere istasyon kent içinde, deniz seviyesinden 4 m yükseklikte yer almaktadır. Bu yüzden iklim parametrelerini içeren ölçümler, yaşayanların karşılaştığı sıcaklık ve yağış koşullarını yansıtmaktadır.

Tablo 1. Samsun meteoroloji istasyonunun lokasyon bilgileri

İstasyon	İstasyon no	Enlem	Boylam	Yükseklik	Konum	Veri dönemi
Samsun	17030	41,34° K	36,26° D	4 m	Kent içi	1965-2025

Not. MGM verilerinden derlenmiştir. K: kuzey, D: doğu.

Veri

Çalışmada Samsun istasyonunun 1965-2025 dönemine ait 61 yıllık verileri kullanılmıştır. Aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış MGM'nin aylık veri ürününden alınmıştır. Aylık toplam yağış, günlük toplam yağışların ay boyunca toplamıdır. Ortalama en yüksek (Tmax) ve ortalama en düşük (Tmin) sıcaklıklar ise günlük değerlerin aylık ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Aylık serilerde eksik ay yoktur. Günlük sıcaklık serilerinde yalnız bir gün eksiktir. Günlük yağış kayıtlarında yağışsız günler boş bırakıldığı için eksik gün ile yağışsız gün ayırt edilememiştir. Bu nedenle günlük yağış indisleri hesaplanmamıştır.

Mevsimler meteorolojik takvime göre oluşturulmuştur. Kış Aralık-Şubat, ilkbahar Mart-Mayıs, yaz Haziran-Ağustos, sonbahar ise Eylül-Kasım aylarını kapsar. Kış mevsimine önceki yılın Aralık ayı dâhil edildiğinden kış serisi 60 yıldır. Değişimin büyüklüğünü göstermek için seri ayrıca 1966-1995 ve 1996-2025 olmak üzere iki 30 yıllık döneme ayrılmıştır. 30 yıllık süre, iklim normallerinde esas alınan standart süredir (World Meteorological Organization [WMO], 2017).

Analiz Yöntemleri

Yöntemler, Samsun ve Türkiye'de yapılan benzer çalışmalara göre seçilmiştir. Bu çalışmalarda eğilim en sık Mann-Kendall testiyle sınanmıştır (Beden vd., 2020; Efe ve Gözet, 2021; Erlat ve Türkeş, 2017; Keskin vd., 2018). Eğilimin büyüklüğü Sen'in eğim yöntemiyle (Hadi ve Tombul, 2018; Ülke ve Özkoca, 2018; Yaman ve Ertuğrul, 2020), ortalamanın değiştiği yıl ise Pettitt testiyle belirlenmiştir (Hadi ve Tombul, 2018; Keskin vd., 2018; Yaman ve Ertuğrul, 2020). Bu çalışmada da sonuçların karşılaştırılabilmesi için bu üç yöntem birlikte kullanılmıştır.

Mann-Kendall testi, bir zaman serisinde düzenli bir artış ya da azalış olup olmadığını, verinin dağılım biçimine bağlı kalmadan sınayan parametrik olmayan bir testtir (Kendall, 1975; Mann, 1945). Testin S istatistiği, serideki bütün değer çiftlerinin karşılaştırılmasıyla hesaplanır (Eşitlik 1).

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} \operatorname{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

Eşitlikte n yıl sayısını, x_j ve x_k ise j ve k yıllarındaki değerleri gösterir. sgn işlevi, fark pozitifse 1, sıfırsa 0, negatifse −1 değerini alır. S istatistiğinin varyansı ve standart normal test istatistiği Z, Eşitlik 2 ve Eşitlik 3 ile hesaplanır.

$$\operatorname{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^{q} t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18} \quad (2)$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\operatorname{Var}(S)}}, \mathrm{S} > 0 \text{ ise} \\ 0, \mathrm{S} = 0 \text{ ise} \\ \frac{S+1}{\sqrt{\operatorname{Var}(S)}}, \mathrm{S} < 0 \text{ ise} \end{cases} \quad (3)$$

Eşitlikte q birbirine eşit değerlerden oluşan grupların sayısını, t_p ise p. gruptaki değer sayısını gösterir. Z değerinin pozitif olması artışı, negatif olması azalışı gösterir. |Z| > 1,96 olduğunda eğilim 0,05 düzeyinde anlamlıdır. Eğilimin büyüklüğü Sen'in eğim yöntemiyle hesaplanmıştır (Sen, 1968). Bu yöntemde bütün değer çiftleri için eğim bulunur ve bu eğimlerin ortancası serinin eğimi kabul edilir (Eşitlik 4). Eğimler 10 yıldaki değişim olarak verilmiştir.

$$Q = \text{medyan}\left(\frac{x_j - x_k}{j-k}\right), j > k \quad (4)$$

Serilerde ortalamanın belirgin biçimde değiştiği yıl Pettitt testiyle aranmıştır (Pettitt, 1979). Test, seriyi her yıl için ikiye bölerek iki parçanın birbirinden farkını ölçer (Eşitlik 5 ve Eşitlik 6).

$$U_t = \sum_{i=1}^{t}\sum_{j=t+1}^{n} \text{sgn}(x_i - x_j) \quad (5)$$

$$K = \text{maks}|U_t|, p \approx 2\exp\left(\frac{-6K^2}{n^3+n^2}\right) \quad (6)$$

En büyük $|U_t|$ değerinin elde edildiği t yılı değişim noktasıdır ve $p < 0,05$ olduğunda anlamlı kabul edilmiştir. Aynı testler yıllık ve mevsimlik serilere ve dört indise uygulanmıştır. Hesaplar Python 3 (pandas, NumPy) ile yapılmış ve ham verilerden ayrı bir programla doğrulanmıştır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Samsun'un Genel Sıcaklık ve Yağış Özellikleri

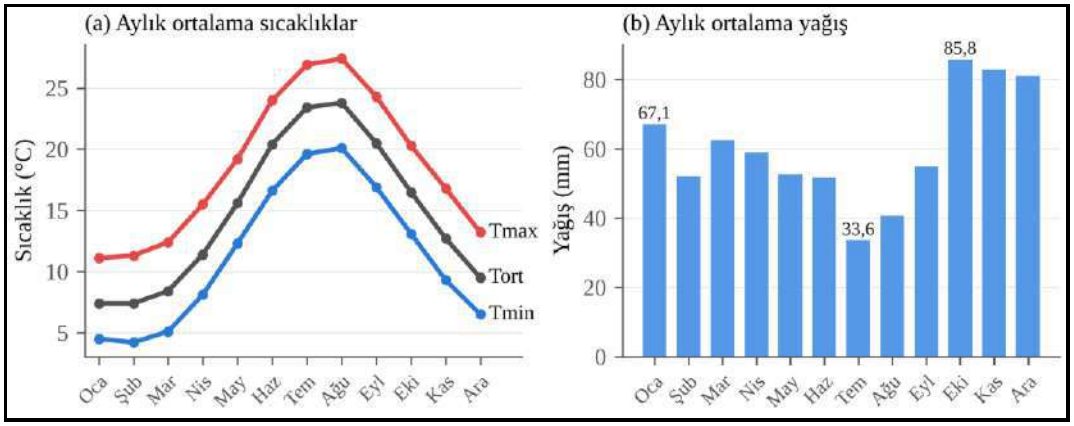
Tablo 2 ve Şekil 1a'da görüldüğü üzere Samsun'da yıllık ortalama sıcaklık 14,7 °C'dir. En sıcak ay 23,8 °C ile Ağustos, en soğuk aylar 7,4 °C ile Ocak ve Şubat'tır. Ortalama en yüksek sıcaklık Ağustos'ta 27,4 °C'ye çıkmaktadır. Ortalama en düşük sıcaklık ise en soğuk ayda bile 4,2 °C'dir.

Şekil 1b'de görüldüğü üzere yıllık ortalama yağış 723,5 mm'dir. En yağışlı ay 85,8 mm ile Ekim, en az yağış alan ay 33,6 mm ile Temmuz'dur. Yağışın %30,9'u sonbaharda, %27,7'si kışta, %24,0'ı ilkbaharda ve %17,4'ü yazda düşmektedir.

Tablo 2. Samsun istasyonunda aylık ve yıllık ortalama sıcaklık ve yağış değerleri (1965-2025)

Parametre	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıllık
Tort (°C)	7,4	7,4	8,4	11,4	15,6	20,4	23,4	23,8	20,5	16,5	12,7	9,5	14,7
Tmax (°C)	11,1	11,3	12,4	15,5	19,2	24,0	26,9	27,4	24,3	20,3	16,8	13,2	18,5
Tmin (°C)	4,5	4,2	5,1	8,1	12,3	16,6	19,6	20,1	16,9	13,1	9,3	6,5	11,4
Yağış (mm)	67,1	52,0	62,5	58,9	52,6	51,7	33,6	40,6	54,9	85,8	82,8	81,1	723,5

Not. Tort: ortalama sıcaklık, Tmax: ortalama en yüksek sıcaklık, Tmin: ortalama en düşük sıcaklık. MGM verilerinden hesaplanmıştır.



Şekil 1. Samsun istasyonunda aylık ortalama sıcaklıklar (a) ve aylık ortalama yağış (b).

Sıcaklık Eğilimleri

Tablo 3'te görüldüğü üzere yıllık ortalama sıcaklıkta anlamlı bir artış eğilimi vardır ($Z = 5,15$, $p < 0,001$). Sen eğimine göre yıllık ortalama sıcaklık her 10 yılda 0,34 °C artmıştır. Ortalama en yüksek sıcaklık 0,34 °C, ortalama en düşük sıcaklık 0,31 °C artmıştır ve her iki artış da anlamlıdır. Şekil 2'de görüldüğü üzere üç seri birlikte hareket etmekte ve 1990'ların sonundan itibaren belirgin biçimde artmaktadır.

Dört mevsimin hepsinde sıcaklık anlamlı biçimde yükselmiştir. En hızlı ısınma yazda görülmüş, yaz ortalama sıcaklığı her 10 yılda 0,53 °C artmıştır (Z = 6,82). Yazı sonbahar (0,36 °C), kış (0,32 °C) ve ilkbahar (0,19 °C) takip etmektedir.

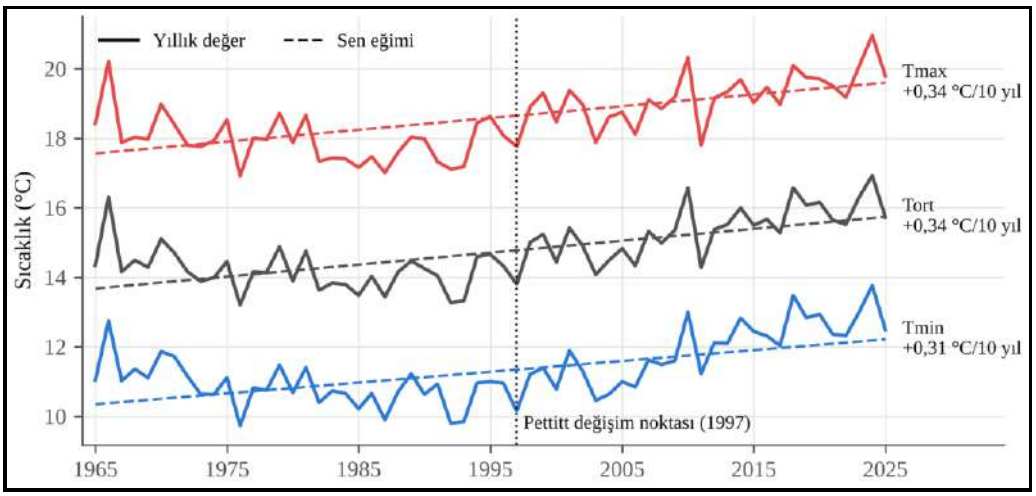
Pettitt testine göre yıllık ortalama ve ortalama en yüksek sıcaklıkta, ayrıca ilkbahar, yaz ve sonbahar sıcaklıklarında değişim zamanı 1997 yılıdır. Ortalama en düşük sıcaklıkta değişim 2006, kış sıcaklığında 2008 yılında olmuştur. Bütün değişim noktaları anlamlıdır. Buna göre ısınma 1990'ların sonunda belirgin bir sıçrama yaşanmış, en düşük sıcaklıklar ve kış mevsiminde bu değişime daha geç başlamıştır.

Serinin en sıcak yılı 16,9 °C ile 2024 yılı olmuştur. En sıcak on yılın dokuzu 2010 ve sonrasında gerçekleştirilmiştir. 1980-1989 döneminde 13,9 °C olan on yıllık ortalama sıcaklık, 2010-2019 döneminde 15,7 °C'ye çıkmıştır.

Tablo 3. Sıcaklık ve yağış serilerinde Mann-Kendall, Sen eğimi ve Pettitt testi sonuçları

Parametre	Dönem	Ortalama	Kendall τ	Z	p	Sen eğimi (10 yılda)	Pettitt yılı (p)
Ortalama sıcaklık (°C)	Yıllık	14,7	0,452	5,15*	<0,001	0,34	1997 (<0,001)
	Kış	8,1	0,238	2,69*	0,007	0,32	2008 (0,003)
	İlkbahar	11,8	0,190	2,15*	0,031	0,19	1997 (0,025)
	Yaz	22,5	0,599	6,82*	<0,001	0,53	1997 (<0,001)
	Sonbahar	16,6	0,389	4,42*	<0,001	0,36	1997 (<0,001)
Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)	Yıllık	18,5	0,445	5,07*	<0,001	0,34	1997 (<0,001)
Ortalama en düşük sıcaklık (°C)	Yıllık	11,4	0,383	4,35*	<0,001	0,31	2006 (<0,001)
Toplam yağış (mm)	Yıllık	723,5	0,145	1,65	0,099	16,4	2002 (0,144)
	Kış	199,6	0,166	1,87	0,062	9,8	1999 (0,095)
	İlkbahar	173,9	0,055	0,62	0,538	2,5	1994 (0,994)
	Yaz	125,9	0,136	1,54	0,124	6,6	1989 (0,436)
	Sonbahar	223,5	−0,037	−0,42	0,677	−2,2	1996 (0,782)

Not. * p < 0,05 düzeyinde anlamlı. Kış mevsimi önceki yılın Aralık ayı ile Ocak ve Şubat aylarını kapsar (n = 60). Ortalama en yüksek ve en düşük sıcaklık için yalnız yıllık sonuçlar verilmiştir.



Şekil 2. Samsun istasyonunda yıllık ortalama, ortalama en yüksek ve ortalama en düşük sıcaklıklar ile Sen eğim doğruları

Not. MGM Samsun istasyonu (17030) verilerinden hesaplanmıştır.

Dönemsel Değişim ve Sıcaklık Ekstrem Değer İndisleri

Tablo 4'te görüldüğü üzere 1996-2025 döneminin ortalama sıcaklığı 1966-1995 dönemine göre 1,14 °C daha yüksektir. Bu fark ortalama en yüksek sıcaklıkta 1,22 °C, ortalama en

düşük sıcaklıkta 1,02 °C'dir. Yıllık ortalama yağış da 699,4 mm'den 750,2 mm'ye yükselmiştir.

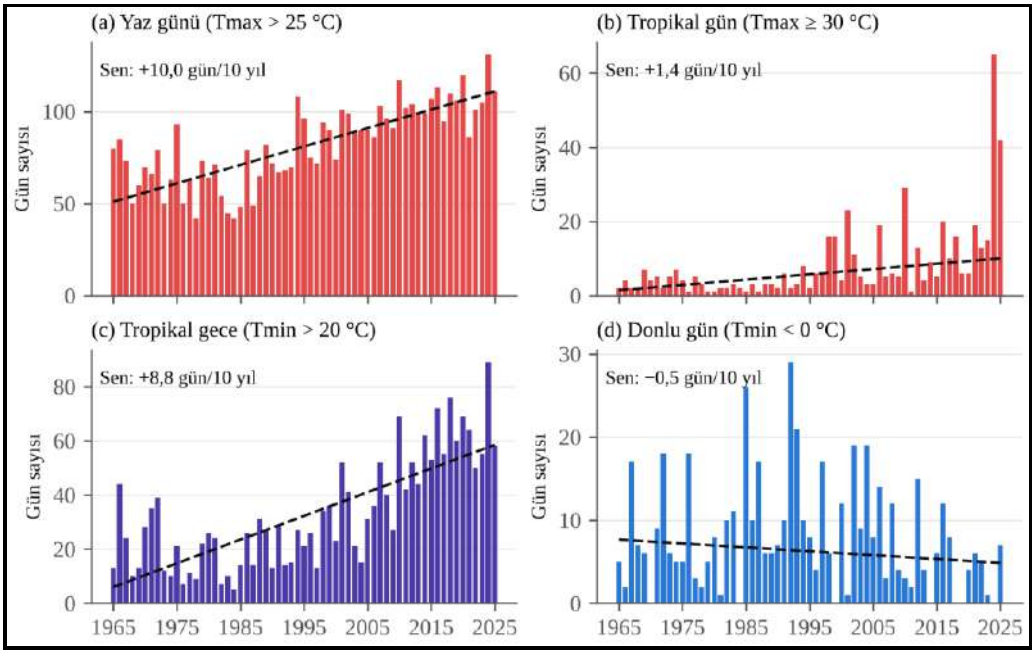
Sıcaklık uç değer indislerindeki değişim çok daha fazladır. Yaz günü sayısı yılda ortalama 66,6 günden 98,5 güne yükselmiştir. Tropikal gün sayısı 3,2 günden 13,4 güne yükselerek yaklaşık dört katına çıkmıştır. Tropikal gece sayısı ise 19,6 günden 47,2 güne çıkmıştır. Bu üç indisteki artış anlamlıdır ($p < 0,001$). Ortalama sıcaklıktaki 1,14 °C'lik artışa karşılık tropikal gece sayısının %141 artması dikkat çekicidir. Tablo 2'de görüldüğü üzere Temmuz ve Ağustos aylarında ortalama en düşük sıcaklık 20 °C eşiğine çok yakındır. Bu nedenle ortalamadaki küçük bir yükselme, eşiğin çok daha sık aşılmasına neden olmaktadır.

Şekil 3'te görüldüğü üzere bu indisler 1990'ların ortasından itibaren artmaya başlamış ve 2010'lu yıllarda belirgin biçimde artmıştır. Pettitt testine göre değişim noktası yaz günü sayısında 1993, tropikal gün sayısında 1995, tropikal gece sayısında 1997 yılıdır. 2024 yılı yaz günü (131), tropikal gün (65) ve tropikal gece (89) sayılarında serinin en yüksek değerlerine ulaşmıştır. Donlu gün sayısı ise 9,4 günden 6,7 güne inmiş olmasına rağmen bu azalma anlamlı bulunmamıştır ($p = 0,221$).

Tablo 4. 1966-1995 ve 1996-2025 dönemlerinde sıcaklık, yağış ve sıcaklık uç değer indislerinin ortalamaları

Parametre	1966-1995	1996-2025	Fark	Sen eğimi (10 yılda, 1965-2025)	p
Ortalama sıcaklık (°C)	14,2	15,3	+1,1	+0,34	<0,001*
Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)	17,9	19,1	+1,2	+0,34	<0,001*
Ortalama en düşük sıcaklık (°C)	10,9	11,9	+1,0	+0,31	<0,001*
Toplam yağış (mm)	699,4	750,2	+50,8	+16,4	0,099
Yaz günü (gün)	66,6	98,5	+31,9	+10,0	<0,001*
Tropikal gün (gün)	3,2	13,4	+10,2	+1,4	<0,001*
Tropikal gece (gün)	19,6	47,2	+27,6	+8,8	<0,001*
Donlu gün (gün)	9,4	6,7	−2,7	−0,5	0,221

Not. * $p < 0,05$ düzeyinde anlamlı. Yaz günü: Tmax > 25 °C; tropikal gün: Tmax ≥ 30 °C; tropikal gece: Tmin > 20 °C; donlu gün: Tmin < 0 °C.



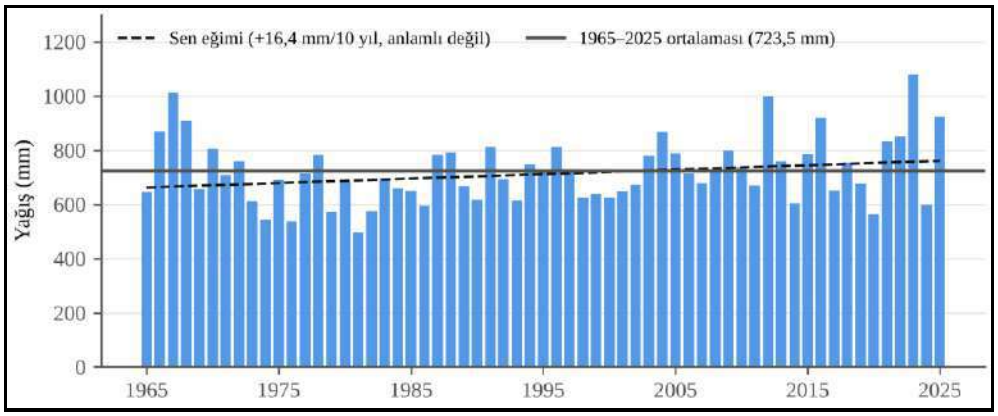
Şekil 3. Samsun istasyonunda yaz günü (a), tropikal gün (b), tropikal gece (c) ve donlu gün (d) sayıları

Not. MGM Samsun istasyonu (17030) verilerinden hesaplanmıştır.

Yağış Eğilimleri

Şekil 4'te görüldüğü üzere yıllık yağış yıldan yıla büyük değişiklikler görülmemektedir. En yağışlı yıl 1078,0 mm ile 2023, en kurak yıl 496,7 mm ile 1981 yılı olmuştur. Sen eğimine göre yıllık yağış her 10 yılda 16,4 mm artmaktadır. Ancak Tablo 3'te görüldüğü üzere bu eğilim anlamlı değildir ($p = 0,099$). Pettitt testinin gösterdiği 2002 yılındaki değişim de anlamlı değildir ($p = 0,144$). Mevsimlik yağışların hiçbirinde anlamlı eğilim görülmemektedir.

Serinin başındaki 1966 ve 1967 yılları çok yağışlı geçmiştir. 1967 yılı 1012,2 mm ile serinin en yağışlı ikinci yılıdır. Seri 1968'den başlatıldığında yıllık yağıştaki artış anlamlı hâle gelmektedir ($Z = 2,27$, $p = 0,023$). Bu durum, yağış eğiliminin incelenen döneme özgü olduğunu göstermektedir.



Şekil 4. Samsun istasyonunda yıllık toplam yağış ve Sen eğim doğrusu

Not. MGM Samsun istasyonu (17030) verilerinden hesaplanmıştır.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Samsun kentinde 1965-2025 döneminde sıcaklık ve yağışta görülen değişim ele alınmıştır. Sonuçlar, sıcaklığın son 61 yılda anlamlı biçimde yükseldiğini, yağışta ise anlamlı bir eğilimin olmadığını göstermektedir. Isınma en çok yaz mevsiminde belirginleşmiş ve 1990'ların sonunda hızlanmıştır. Serinin en sıcak on yılından dokuzunun 2010 ve sonrasında yaşanması, ısınmanın küresel iklim değişikliğiyle paralel olarak hareket ettiğini göstermektedir. Küresel yüzey sıcaklığı 2011-2020 döneminde 1850-1900 dönemine göre 1,09 °C daha yüksektir (IPCC, 2021). Türkiye'de 2024 yılı son 54 yılın en sıcak yılı olmuştur (MGM, 2025). Samsun'da da serinin en sıcak yılı 2024 yılıdır.

Bulgular, Samsun için yapılan alanyazındaki önceki çalışmalarla uyumludur. Ülke ve Özkoca (2018) 1975-2013, Keskin vd. (2018) ise 1980-2015 döneminde Samsun'un yıllık ortalama sıcaklığında anlamlı artış tespit etmiştir. Bu çalışma, artışın 2015 sonrasında da devam ettiğini göstermiştir. Hadi ve Tombul (2018) da Türkiye genelinde en güçlü ısınmanın yazın görüldüğünü ve sıcaklıkta en olası değişim yılının 1993 olduğunu saptamıştır.

Ekstrem indislerindeki artış da literatürle örtüşmektedir. Deniz (2014), 1970-2006 döneminde Samsun'u tropikal gün sayısında kuvvetli artış görülen istasyonlar arasında göstermiştir. Erlat ve Türkeş (2017), tropikal gece sayısındaki artışın 1985'ten sonra güçlendiğini ve kıyı istasyonlarında belirginleştiğini saptamıştır. Güneş ve Efe (2022) de Samsun'da sıcak hava dalgası sayısının son 15 yılda arttığını bulmuştur. Tropikal gece sayısının 2,4 katına çıkması, Samsun kentinde yaz gecelerinde havanın eskisi kadar serinlemediğini ortaya koymaktadır.

Yağışta ise Keskin vd. (2018), 1980-2015 dönemi için anlamlı bir artış etmişlerdir ($Z = 2,220$). Bu çalışmanın verileriyle aynı dönem sınandığında da benzer bir sonuç elde edilmiştir ($Z = 2,28$, $p = 0,023$). 1965-2025 döneminde eğilimin anlamsız çıkması, serinin başındaki çok

yağışlı yıllardan kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla Samsun'da yağış eğilimi, sıcaklık eğilimi kadar kararlılık göstermemektedir.

Samsun'da uydu görüntüleriyle yapılan çalışmalarla, yapılaşmış alanlarda yüzey sıcaklığının arttığı saptanmıştır (Çevik Değerli ve Çetin, 2023; Kara vd., 2025). Bu çalışma ise tek bir kent istasyonunda ölçülen hava sıcaklığına dayanmaktadır. Kırsal karşılaştırma istasyonu kullanılmadığı için bulgular, kentin kendi etkisini bölgesel ısınmadan ayırmamaktadır. Samsun sıcaklık serisinin homojenliği konusunda da farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Keskin vd. (2018) seriyi homojen bulmuş, Ülke ve Özkoca (2018) ise 1975-2013 serisini "oldukça şüpheli" sınıfında değerlendirmiştir. Bu nedenle belirlenen değişim dönemleri, iklimdeki değişimin yanında istasyon koşullarındaki değişimleri de yansıtıyor olabilir.

Sonraki çalışmalarda kırsal istasyonlarla karşılaştırma yapılması ve serilerin homojenlik testleriyle denetlenmesi önerilmektedir. Sonuçlar, Samsun kent çalışmalarında kullanılan yenilikçi trend analiziyle de karşılaştırılabilir (Efe ve Gözet, 2021; Keskin vd., 2018). Tropikal gün ve tropikal gece sayılarındaki hızlı artış, Samsun'da sıcak dönemlere yönelik uyum planlamasının önemini vurgulamaktadır.

KAYNAKÇA

Beden, N., Demir, V., & Keskin, A. Ü. (2020). Samsun ilinde SPI ve PNI kuraklık indekslerinin eğilim analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 22*(64), 107-116. https://doi.org/10.21205/deufmd.2020226411

Çevik Değerli, B., & Çetin, M. (2023). Evaluation of UTFVI index effect on climate change in terms of urbanization. *Environmental Science and Pollution Research, 30*(30), 75273-75280. https://doi.org/10.1007/s11356-023-27613-x

Deniz, Z. (2014). Türkiye'de yaz mevsimindeki sıcak günler ve sıcak günlerin eğilimleri (1970-2006). *Türk Coğrafya Dergisi*, (61), 1-10. https://doi.org/10.17211/tcd.39352

Efe, B., & Gözet, E. (2021). Samsun ilinin turizm iklim indeksi değerlerinin trend analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11*(4), 1164-1176. https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.876949

Erlat, E., & Türkeş, M. (2012). Analysis of observed variability and trends in numbers of frost days in Turkey for the period 1950-2010. *International Journal of Climatology, 32*(12), 1889-1898. https://doi.org/10.1002/joc.2403

Erlat, E., & Türkeş, M. (2013). Observed changes and trends in numbers of summer and tropical days, and the 2010 hot summer in Turkey. *International Journal of Climatology, 33*(8), 1898-1908. https://doi.org/10.1002/joc.3556

Erlat, E., & Türkeş, M. (2017). Türkiye'de tropikal gece sayılarında gözlenen değişmeler ve eğilimler. *Ege Coğrafya Dergisi, 26*(2), 95-106. https://dergipark.org.tr/tr/pub/ecd/article/371235

Expert Team on Climate Change Detection and Indices. (2009). *Climate change indices: Definitions of the 27 core indices*. https://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml

Güneş, S., & Efe, B. (2022). Samsun ili için sıcak hava ve soğuk hava dalgalarının zamansal analizleri. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 8*(2), 359-367. https://doi.org/10.21324/dacd.1064235

Hadi, S. J., & Tombul, M. (2018). Long-term spatiotemporal trend analysis of precipitation and temperature over Turkey. *Meteorological Applications, 25*(3), 445-455. https://doi.org/10.1002/met.1712

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). Summary for policymakers. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Eds.), *Climate change*

2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (pp. 3-32). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157896.001

Kara, Y., Yavuz, V., & Lupo, A. R. (2025). Multi-index assessment of surface urban heat island (SUHI) dynamics in Samsun using Google Earth Engine. *Atmosphere, 16*(6), Article 712. https://doi.org/10.3390/atmos16060712

Kendall, M. G. (1975). *Rank correlation methods* (4th ed.). Griffin.

Keskin, A. Ü., Beden, N., & Demir, V. (2018). Analysis of annual, seasonal and monthly trends of climatic data: A case study of Samsun. *Nature Sciences (NWSANS), 13*(3), 51-70. https://doi.org/10.12739/NWSA.2018.13.3.4A0060

Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica, 13*(3), 245-259. https://doi.org/10.2307/1907187

Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2025). *2024 yılı iklim değerlendirmesi*. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. https://mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2024-iklim-raporu.pdf

Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2026). *Türkiye 2025 yılı iklim değerlendirmesi*. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2025-iklim-raporu.pdf

Oke, T. R., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. A. (2017). *Urban climates*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781139016476

Öllükçü, M. N., & Katipoğlu, O. M. (2025). Hydroclimatic drought trends and change point detection in the Yeşilirmak basin: A comprehensive evaluation using SPI, SPEI, DMI indices and ITA, SQMK, IPTA approaches. *Theoretical and Applied Climatology, 156*(5), Article 270. https://doi.org/10.1007/s00704-025-05502-2

Pettitt, A. N. (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics), 28*(2), 126-135. https://doi.org/10.2307/2346729

Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association, 63*(324), 1379-1389. https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934

Ülke, A., & Özkoca, T. (2018). Sinop, Ordu ve Samsun illerinin sıcaklık verilerinde trend analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8*(2), 455-463. https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.351294

World Meteorological Organization. (2017). *WMO guidelines on the calculation of climate normals* (WMO-No. 1203). https://www.ncei.noaa.gov/pub/data/normals/WMO/Guidelines%20for%20the%20Calculation%20of%20Climate%20Normals.WMO%20No1203_en.pdf

Yaman, B., & Ertuğrul, M. (2020). Change-point detection and trend analysis in monthly, seasonal and annual air temperature and precipitation series in Bartın province in the western Black Sea region of Turkey. *Geology, Geophysics and Environment, 46*(3), 223-237. https://doi.org/10.7494/geol.2020.46.3.223

Zhang, X., Alexander, L., Hegerl, G. C., Jones, P., Klein Tank, A., Peterson, T. C., Trewin, B., & Zwiers, F. W. (2011). Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. *WIREs Climate Change, 2*(6), 851-870. https://doi.org/10.1002/wcc.147

MESLEKİ MÜZİK EĞİTİMİ ALAN LİSANS ÖĞRENCİLERİNİN GİRİŞİMCİLİK VE KARİYER GELİŞİMİ DERSİNE YÖNELİK GÖRÜŞLERİNİN İNCELENMESİ

AN EXAMINATION OF UNDERGRADUATE STUDENTS' VIEWS ON THE ENTREPRENEURSHIP AND CAREER DEVELOPMENT COURSE IN PROFESSIONAL MUSIC EDUCATION

İmren Öz Keser
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
ORCID: 0009-0008-6237-4610
Prof. Dr. Uğur Türkmen
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Müzik ve Sahne Sanatları Fakültesi
ORCID: 0000-0002-0847-779X

ÖZET

Birçok meslek grubunda olduğu gibi, müzik alanında da değişen çalışma koşulları ve çeşitlenen kariyer olanakları, mesleki müzik eğitimi alan bireylerin sanatsal ve pedagojik birikimlerinin yanında proje geliştirme, mesleki ilişkiler kurma ve farklı bakış açıları edinerek kariyerlerini yönetme becerilerini de gerekli kılmaktadır. Bu araştırma, mesleki müzik eğitimi alan lisans öğrencilerinin girişimcilik algılarını, girişimcilik dersi deneyimleri ve kariyer gelişimi bağlamında incelemeyi amaçlamaktadır. Müzik eğitimi, işletme ve kariyer gelişimi alanlarını bir araya getirmeyi amaçlayan bu çalışma, öğrencilerin sanatsal üretim ile ekonomik sürdürülebilirlik arasındaki ilişkiye nasıl yaklaştıklarına odaklanmaya çalışmaktadır.

Çalışmada, nitel araştırma yöntemlerinden faydalanılmıştır. Çalışmanın katılımcılarını, lisans üçüncü sınıfta girişimcilik dersini tamamlamış ve dördüncü sınıfta öğrenim görmekte olan, yakın bir zamanda iş hayatına atılacak ve çeşitli alanlarda istihdam edilecek olan öğrenciler oluşturmaktadır. Bu grubun seçilmesinde, öğrencilerin ders deneyimlerini mesleğe geçiş sürecindeki beklenti ve kaygılarıyla birlikte değerlendirebilecek bir aşamada bulunmaları ve mevcut yeteneklerinin, potansiyellerinin farkında olarak diğer alanlarla birleştirebilme durumlarını ortaya koymaya çalışma belirleyici olmuştur. Yarı yapılandırılmış görüşmeler aracılığıyla toplanan veriler tematik analizle çözümlenmiştir. Görüşmelerde öğrencilerin girişimciliğe yükledikleri anlamlar, aldıkları eğitimin mesleki ihtiyaçlarına ne ölçüde karşılık verdiğine ilişkin düşünceleri, girişim geliştirme konusunda kendilerini nasıl değerlendirdikleri ve alanları ile ilgili kariyer planları ele alınmıştır.

Bağımsız proje üretimi, dijital platformların kullanımı, alternatif çalışma olanakları ve kariyer kararlarında bağımsızlık da araştırmanın inceleme alanları arasında yer almaktadır. Araştırmayla öğrencilerin girişimcilik dersinde edindikleri bilgi ve deneyimleri müzik alanındaki mesleki gelecekleriyle nasıl ilişkilendirdiklerinin anlaşılması hedeflenmektedir. Çalışmanın, öğrenci görüşlerinden hareketle girişimcilik derslerinin içeriğinin geliştirilmesine ve mesleki müzik eğitiminde kariyer desteğine yönelik uygulamaların planlanmasına katkı sunması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mesleki Müzik Eğitimi, Girişimcilik Algısı, Kariyer Gelişimi, Müzik Girişimciliği

ABSTRACT

As in many professions, changing working conditions and increasingly diverse career opportunities in music require individuals pursuing professional music education to develop skills in project development, professional networking, and career management informed by diverse perspectives, alongside their artistic and pedagogical expertise. This study aims to

examine undergraduate students' perceptions of entrepreneurship in professional music education in relation to their experiences of an entrepreneurship course and their career development. Bringing together music education, business, and career development, the study explores how students approach the relationship between artistic production and economic sustainability.
The study employed a qualitative research approach. Participants were fourth-year undergraduate students who had completed an entrepreneurship course in their third year and were approaching entry into professional life and employment in various fields. This group was selected because the students were at a stage where they could evaluate their course experiences alongside their expectations and concerns about the transition to professional life. Their selection also reflected the aim of exploring their awareness of their abilities and potential, and their capacity to integrate these with other fields. Data collected through semi-structured interviews were analysed using thematic analysis. The interviews explored the meanings students attributed to entrepreneurship, their views on the extent to which their education addressed their professional needs, their self-assessments regarding entrepreneurial initiative development, and their career plans within their fields.
Independent project development, the use of digital platforms, alternative employment opportunities, and autonomy in career decision-making were also examined. The research seeks to understand how students relate the knowledge and experiences gained in the entrepreneurship course to their professional futures in music. Drawing on students' perspectives, the study is expected to contribute to the development of entrepreneurship course content and the planning of career support practices within professional music education.
Keywords: Professional Music Education, Perceptions of Entrepreneurship, Career Development, Music Entrepreneurship

GİRİŞ

Müzik alanında mesleki yaşamın sürdürülebilirliği, sanatsal bilgi ve becerilerin mesleki olanaklarla buluşturulmasını gerektirmektedir. Müzisyenlerin üretimlerini dinleyicilere ulaştırmaları, mesleki ilişkiler geliştirmeleri ve çalışmalarını ekonomik açıdan sürdürebilmeleri, girişimcilik becerilerinin müzik eğitimi içerisindeki yerini gündeme getirmektedir. (Wall-Andrews; 2022). Müzik endüstrisine yönelik literatür incelemesinde, yaratıcılığın yanında fırsatları değerlendirme, pazarlama, mesleki ilişki ağları oluşturma ve kaynak yönetimi gibi becerilerin önemini vurgulamaktadır. Bu çerçevede mesleki müzik eğitiminin, öğrencilerin sanatsal gelişimleri ile çalışma yaşamına hazırlıkları arasındaki ilişki üzerinden değerlendirilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir.
Türkiye'de mesleki müzik eğitimi ile istihdam arasındaki ilişki, eğitim programlarının yapılanması ve mezunların çalışma olanakları bakımından tartışılmaktadır. Gök (2018), Türkiye'de mesleki müzik eğitimi veren lisans programlarını incelediği araştırmasında, çalışmanın kapsadığı dönemde programların kuruluş biçimleri, içerikleri, çıktıları ve eğitim-istihdam ilişkileri arasında tutarsızlıklar bulunduğunu belirlemiştir. Bu bulgu, öğrencilerin mesleki hazırlıklarının yalnızca programda yer alan derslerle değil, edindikleri birikimi çalışma yaşamında nasıl değerlendirebilecekleriyle birlikte ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Dolayısıyla öğrencilerin kariyer beklentilerinin, kendilerine açık gördükleri çalışma alanlarının ve bu alanlara hazırlanırken ihtiyaç duydukları desteğin incelenmesi anlamlı görünmektedir.
Müzik alanında girişimcilik, yalnızca işletme kurma amacıyla sınırlandırılmayan bir öğrenme ve mesleki gelişim alanı olarak değerlendirilebilir. (Toscher, 2019), sanat alanında varlık gösteren girişimci öğrenmeye ilişkin kavramsal çerçevesinde, girişimcilik eğitiminin yeni girişimler oluşturmanın yanında farklı mesleki ortamlarda kullanılabilecek yeterliklerin geliştirilmesiyle de ilişkili olduğunu belirtmektedir. Bu yaklaşım, müzik öğrencilerinin

fikirlerini projelere dönüştürmeleri, mevcut kaynakları değerlendirmeleri ve mesleki olanakları fark etmeleri açısından önemlidir. Bu araştırmada da girişimcilik, öğrencilerin kendi işlerini kurmaya ilişkin düşüncelerinin yanı sıra müziksel birikimlerini farklı çalışma alanlarında değerlendirme biçimlerini kapsayan bir çerçevede ele alınmaktadır.

Dijitalleşme, müzik alanındaki girişimcilik faaliyetlerinin kapsamını genişleten bir diğer unsurdur. (Wall-Andrews, 2022), müzisyenlerin dijitalleşen müzik endüstrisindeki olanakları değerlendirebilmeleri için dijital dağıtım ve telif hakları gibi sektöre özgü konularda bilgiye ihtiyaç duyduklarını ifade etmektedir. Bu bağlamda öğrencilerin dijital platformları nasıl değerlendirdikleri, müziksel bilgi ve becerilerini başka alanlarla nasıl ilişkilendirdikleri ve bağımsız projeler geliştirmeye yönelik düşünceleri önem kazanmaktadır. Söz konusu konuların öğrenci görüşleri üzerinden incelenmesi, girişimcilik derslerinin mesleki ihtiyaçlarla bağlantısının anlaşılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Müzik alanında girişimcilik tartışmalarının bir başka boyutunu, sanatsal üretim ile ekonomik sürdürülebilirlik arasındaki ilişki oluşturmaktadır. (Udo vd, 2025), popüler müzik sanatçılarının girişimcilik yönelimleri ile başarıları arasındaki ilişkiyi inceledikleri araştırmada, başarıyı finansal sonuçların yanında tanınırlık ve müzik grubu içerisindeki karşılıklı yarar sağlayan ilişkiler üzerinden değerlendirmiştir. Araştırmada girişimcilik yöneliminin tanınırlık ve grup içi karşılıklı yarar boyutlarıyla olumlu ilişkili bulunması, müzik alanındaki başarının birden fazla boyut içerdiğini göstermektedir. Bu nedenle öğrencilerin sanatsal üretimden gelir elde etmeye ilişkin görüşlerinin, sanatsal hedefleri ve mesleki başarıya yükledikleri anlamlarla birlikte ele alınması önemlidir.

Girişimcilik eğitiminin müzik öğrencileri açısından anlamlı olması, öğrenme etkinliklerinin öğrencilerin mesleki bağlamları ve kariyer hedefleriyle ilişkilendirilmesini gerektirmektedir. (Toscher, 2019)'a göre, girişimci öğrenmede öğrenciyi merkeze almanın, öğrencilerin kendi kararları doğrultusunda hareket etmelerine olanak tanımanın ve keşfetmeye dayalı öğrenme süreçlerini desteklemenin önemini vurgulamaktadır. Bu bakış açısından hareketle, bir girişimcilik dersinin değerlendirilmesinde ders içeriğinin yanı sıra öğrencilerin bu içeriği kendi mesleki gelecekleriyle nasıl ilişkilendirdiklerinin de incelenmesi gerekir. Öğrencilerin yararlı buldukları öğrenme deneyimleri, uygulamada karşılaşabileceklerini düşündükleri güçlükler ve ihtiyaç duydukları destekler, dersin geliştirilmesine yönelik bilgi sağlayabilir.

Bu araştırmada, öğrencilerin girişimciliğe ilişkin algıları, girişim geliştirme konusundaki öz değerlendirmeleri ve kariyer beklentileri, birbiriyle ilişkili olmakla birlikte ayrı ayrı incelenen boyutlar olarak ele alınmıştır. Öğrencilerin girişimcilik hakkında bilgi sahibi olmaları, kendilerini bir proje başlatmaya hazır hissetmeleri ve girişimciliği kariyer seçenekleri arasında değerlendirmeleri aynı anlama gelmemektedir. Bu boyutların birlikte incelenmesi, ders deneyiminin öğrencilerin mesleki geleceklerini anlamlandırma süreçlerindeki yerini ortaya koyabilir. Mezuniyete yaklaşan öğrencilerin görüşleri, öğrenim sırasında edinilen bilgi ve deneyimlerin mesleki beklentilerle nasıl ilişkilendirildiğinin anlaşılması bakımından önem taşımaktadır.

Bu doğrultuda araştırmanın amacı, mesleki müzik eğitimi alan ve lisansın üçüncü sınıfında girişimcilik dersini tamamlamış dördüncü sınıf öğrencilerinin girişimcilik algılarını, ders deneyimleri ve kariyer gelişimi bağlamında incelemektir. Araştırmada öğrencilerin müzik alanında girişimciliğe yükledikleri anlamlar, aldıkları dersi mesleki ihtiyaçları açısından değerlendirme biçimleri, girişim geliştirmeye ilişkin yeterlik ve destek algıları ile kariyer planlarını etkileyen etkenler ele alınmaktadır. Çalışmanın, öğrenci görüşlerinden hareketle girişimcilik derslerinin içeriğinin geliştirilmesine ve mesleki müzik eğitiminde kariyer desteğine yönelik uygulamaların planlanmasına katkı sunması beklenmektedir.

EĞİTİM, ÖĞRETİM VE MESLEKİ MÜZİK EĞİTİMİ

Eğitim; bireyin bilgi, beceri, tutum ve istendik yönde davranış değişikliği oluşturmak amacıyla, okul içinde veya okul dışında gerçekleştirilen uzun bir süreçtir. Öğretim ise bu süreç içerisinde

belirli öğrenme hedeflerine ulaşmak amacıyla etkinliklerin planlı, programlı ve sistemli biçimde düzenlenmesini ve uygulanmasını ifade etmektedir. Bu bakımdan eğitim bireyin çok yönlü gelişimini kapsarken öğretim, öğrenmenin belirlenmiş amaçlar doğrultusunda düzenlenmesi boyutunu oluşturan bir anlam taşımaktadır (Çetintaş vd., 2018, s. 12). Bu bağlamda eğitim, bireyin bilgi ve beceri kazanmasının yanında değişen koşullara uyum sağlamsına ve karşılaştığı değişimleri yönetebilmesine katkıda bulunan bir süreç olarak da değerlendirilebilmektedir. "Nilson (1990) da eğitimi, insanların değişimi kontrol etmesinde ya da yönetmesinde yardımcı olacak temel yaklaşımlardan biri olarak görür. Çünkü eğitim, eğitilenlerin yeni bilgi, tutum ve becerilere sahip olmalarını sağlamak için düzenlenir". (Akt. Altınışık; 2006). Bu açıdan da eğitim, bireylerin bilgi ve becerilerini geliştirmesinin yanında değişen hem toplumsal hem de mesleki koşullara uyum sağlamasında ve geleceğe yönelik kararlarını şekillendirmesinde önemli bir rol üstlenmektedir.

Eğitim programı; insan davranışlarını sosyal, politik ve ekonomik düzende etkinlik sağlayacak biçimde geliştirmek için uygulanan bir araç olarak tanımlanmakta; öğrenene okulda ve okul dışında planlanmış etkinlikler yoluyla sağlanan öğrenme yaşantıları düzeneğini ifade etmektedir (Akt. Çetintaş vd., 2018, s. 12). Eğitim programlarının bireyin gelişimini ve toplumsal yaşama katılımını destekleyen bu işlevi, mesleki eğitim alanında da önem kazanmaktadır. Bu doğrultuda mesleki müzik eğitimi, bireylerin müzik alanındaki bilgi ve becerilerini geliştirmelerine ve mesleki yaşama hazırlanmalarına yönelik planlı bir eğitim süreci olarak değerlendirilebilir. Yalçın (2017), ülkemizde mesleki müzik eğitimi veren kurumların yapılanmalarını; konservatuvarların ilkokul, ortaokul ve lise düzeyleri, güzel sanatlar liselerinin müzik bölümleri ve lisans düzeyinde mesleki müzik eğitimi veren kurumlar çerçevesinde ele almıştır. Buradan hareketle mesleki müzik eğitiminin, daha lisans döneminden bir hazırlık ve eğitim süreciyle ele alındığı söylenebilir.

Lisans düzeyindeki yapılanmada konservatuvarlar, güzel sanatlar fakültelerinin müzik bölümleri ve eğitim fakültelerinin güzel sanatlar eğitimi bölümleri bünyesindeki müzik eğitimi anabilim dalları öne çıkmaktadır. Çoban (2013), bu kurumların farklı mesleki alanlara insan kaynağı yetiştirme amaçları doğrultusunda yapılandığını belirtmektedir. Konservatuvarlar sanatçı yetiştirme; güzel sanatlar fakültelerindeki müzik bölümleri müzik alanında sanatsal ve bilimsel çalışmalar yürütme; eğitim fakültelerindeki ilgili programlar ise müzik öğretmeni yetiştirme yönelimleriyle ele alınmaktadır. Türkiye'de konservatuvarlar, güzel sanatlar fakülteleri ve eğitim fakülteleri bünyesinde çok sayıda kurum mesleki müzik eğitimi vermektedir. Bu çeşitlilik, farklı program yönelimlerinden mezun olan öğrencilerin benzer çalışma alanlarına yönelebilmesini de beraberinde getirmektedir.

Gök (2018) ise mesleki müzik eğitimi veren kurumların yapılanmalarının; program içerikleri, alana yönelik derslerin planlanması, müfredatın hazırlanması ve mezun öğrencilerin yönelebilecekleri çalışma alanları gibi açılardan da değerlendirilmesinin gerekliliğine değinmiştir. Nitekim Gök (2018), yeni açılan üniversiteler ve programlar bağlamında mesleki müzik eğitimini inceleyerek kuruluş biçimleri, program içerikleri, program çıktıları ve eğitim-istihdam ilişkileri arasında tutarsızlıklar bulunduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgudan hareketle, mesleki müzik eğitimi alan öğrencilerin kariyer gelişimine ilişkin görüşlerinin, öğrenim gördükleri programın amaçları ve sunduğu mesleki hazırlık olanaklarıyla birlikte incelenmesi anlamlı görünmektedir.

Mesleki müzik eğitimi veren kurumların amaçları farklılık göstermekte, buna rağmen mezunların istihdam alanlarında bu ayrım her zaman korunmamaktadır. Demirci (2017)'ye göre farklı uzmanlık alanlarından mezun olan adayların aynı kadrolara başvurabilmesinin, sınırlı kontenjanlar üzerindeki yığılmayı artırdığını belirtmektedir. Demirci, çalışmanın ele aldığı dönemde, gerekli pedagojik formasyon koşullarını yerine getiren farklı müzik programı mezunlarının da öğretmenliğe yönelebildiğine dikkat çekmektedir. Bu durum, öğrencilerin kariyer planlarını yalnızca eğitim aldıkları uzmanlık alanına göre değil, ulaşabilecekleri çalışma

olanaklarını da dikkate alarak şekillendirmeleri açısından düşündürücüdür. Bu çerçevede, mesleki müzik eğitimi alan öğrencilerin kariyer gelişimine ve kendi mesleki olanaklarını oluşturma bağlamında girişimciliğe ilişkin görüşlerinin incelenmesi önem kazanmaktadır.

HİZMET İÇİ EĞİTİM VE KARİYER GELİŞİMİ

Hizmet içi eğitim (HİE), yaygın eğitim kapsamında değerlendirilen (Aslangil, 2000; akt. Eren vd., 2007) ve bireyin çalışma yaşamı boyunca aldığı eğitimi ifade eden bir süreçtir.

Yaygın eğitim kapsamında ele alınan (Aslangil, 2000) ve kişinin hizmeti süresince gördüğü eğitim anlamına gelen hizmet içi eğitim (HİE), yaşam boyu eğitim içerisinde yer alan bir alt süreçtir (Akt. Eren, Özen ve Karabacak, 2007). Gerek öğretmen gerekse okul odaklı olarak bakıldığında değişim, kariyer, ihtiyaç, performans ve öğrenme gibi unsurların HİE'de ön planda yer aldığı söylenebilir. Nitekim bu unsurlar, hangi alana yönelik olursa olsun, genelde eğitim özelde ise HİE sürecinde temel konulardır (Connor, 1994; Taymaz, 1997; Akt. Eren, Özen ve Karabacak, 2007). Buna dayanarak, hizmet içi eğitimin, bireylerin mesleki bilgi ve becerilerini geliştirmelerinin yanında değişen koşullara uyum sağlamalarına, mesleki ihtiyaçlarını karşılamalarına ve kariyer gelişimlerini sürdürmelerine katkı sağlayan bir süreç olduğu söylenebilir.

(Kuzgun, 2000)' a göre; kariyer kavramı, bir kimsenin yaşamı boyunca yaptığı işler, yaşamını oluşturan olaylar dizisi ve yaşam rollerinin örüntüsü olarak ifade edilebilir Kariyer geliştirme ise bireylerin kariyerlerini yönetmelerine yardımcı olmak amacıyla düzenlenen bir süreç olarak tanımlanabilir (De Cenzo ve Robbins, 1996; Argon ve Eren, 2004). Yapılandırmacı yaklaşımla kariyer, insanların uzun erimdeki davranışlarını düzenlemek için kullandıkları bir yapı olarak tanımlanmaktadır (Young ve Valach, 2004; Akt. Eren, Özen ve Karabacak, 2007). Yine bu bilgilerden hareketle kariyerin, bireyin yaşamı boyunca edindiği deneyim, üstlendiği roller ve mesleki tercihlerini kapsayan bir süreç olduğu, kariyer gelişiminin ise bu süreçte kendi ilgi, yetenek ve hedefleri doğrultusunda kararlar alabilmesini, mesleki geleceğini şekillendirmesini desteklediği söylenebilir.

Bireylerin kariyer yönetim planları ve bu planların gelişim süreçleri, kurumların ya da işletmelerin kariyer yönetim sistemleriyle yakından ilişkilidir. Bireylerin önünde iki seçenek bulunmaktadır: ya kurumların kariyer planları ve hedefleri doğrultusunda kendi kariyer planlarını yaparlar ya da kendi kariyer planları doğrultusunda mesleklerini seçerler. Her iki durumda da arzu edilen, kurumların net ve anlaşılır biçimde kariyer hedeflerini belirlemesidir (Doğan, 2023). Müzik alanında ise mesleki yolların çeşitliliği ve serbest/bağımsız çalışma biçimlerinin yaygınlığı, bireyin kendi kariyer planını oluşturmasını ve bu süreçte girişimci bir tutum geliştirmesini daha da önemli kılmaktadır.

GİRİŞİMCİLİK VE MÜZİK GİRİŞİMCİLİĞİ

Girişimcilik, en genel anlamıyla fırsatların fark edilmesi, krizlerin fırsata çevrilmesi, kaynakların bir araya getirilmesi ve bir fikrin değer üreten bir uygulamaya dönüştürülmesi süreci olarak ele alınmaktadır. Literatürde girişimciliğin yeni bir işletme kurmkla beraber, yaratıcı düşünme, risk alma, fırsatları değerlendirme ve kaynakları etkin biçimde yönetme gibi birbiriyle ilişkili yeterlikleri de kapsadığı söylenebilir. Sanat alanında girişimcilik ise bu genel çerçevenin, sanatsal üretimin kendine özgü koşullarıyla yeniden yorumlandığı bir alt alan olarak değerlendirilebilir.

(Toscher 2019), sanat girişimciliği eğitimine ilişkin kavramsal çerçevesinde girişimciliği, yeni girişimler oluşturmanın ötesinde, farklı mesleki ortamlarda kullanılabilecek aktarılabilir yeterliklerin geliştirilmesiyle ilişkilendirmektedir. Bu yaklaşımda girişimci öğrenme; öğrencinin kendi kararları doğrultusunda hareket etmesine, keşfederek öğrenmesine ve edindiği bilgiyi kendi sanatsal bağlamına uyarlamasına dayanmaktadır. Müzik öğrencileri açısından bu durum; fikirlerin projelere dönüştürülmesi, mevcut kaynakların değerlendirilmesi ve müziksel birikimin farklı çalışma alanlarına taşınabilmesi anlamına gelmektedir. Bu bağlamda müzik alanında girişimcilik eğitiminin, öğrencilerin sanatsal bilgi ve becerilerini meslek hayatlarında

nasıl değerlendirebileceklerini fark etmelerine, yeni çalışma olanaklarını aramalarına ve kendi kariyerlerini şekillendirmelerine katkı sağlayabileceği düşünülebilir. Bunun yanında öğrencilerin eğitim süreçlerinde kazandıkları birikimi farklı projelere dönüştürebilmeleri ve kendi mesleki olanaklarını oluşturabilmeleri açısından girişimcilik eğitiminin ve derslerinin önemli olduğu söylenebilir.

Müzik girişimciliği (music entrepreneurship), müzisyenin sanatsal kimliğini koruyarak üretimini sürdürülebilir bir mesleki yapıya dönüştürme çabasını içermektedir. Wall-Andrews (2022), dijitalleşen müzik endüstrisinde müzisyenlerin dijital dağıtım, telif hakları ve içerik üretimi gibi sektöre özgü konularda yetkinlik kazanmalarının mesleki sürdürülebilirlik açısından giderek daha belirleyici hâle geldiğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda müzik girişimciliği; geleneksel sahne ve eğitim odaklı meslek tanımlarının yanında, dijital içerik üretimi, prodüksiyon, proje geliştirme ve çok yönlü çalışma biçimlerini de kapsayan genişlemiş bir mesleki alanı işaret etmektedir.

Sanatsal üretim ile ekonomik kazanç arasındaki ilişki, müzik girişimciliği tartışmalarının merkezinde yer almaktadır. Udo ve diğerleri (2025), müzik sanatçılarının girişimcilik yönelimlerini inceledikleri araştırmada başarıyı yalnızca finansal sonuçlarla değil; tanınırlık ve mesleki ilişkiler içindeki karşılıklı yararla da ilişkilendirmiştir. Bu bulgu, müzik alanında girişimciliğin sanatsal değerle çatışan değil, onu sürdürülebilir kılabilecek bir boyut olarak değerlendirilebileceğini akıllara getirmektedir. Dolayısıyla müzik eğitiminde girişimciliğin, sanatsal üretimin yerini alan değil, onu mesleki yaşama taşıyan bir yeterlik alanı olarak ele alınması olarak da görülebilir.

PROBLEM DURUMU

Çalışmanın problem durumunu; müzik alanında eğitim görmekte olan öğrencilerin girişimcilik ve kariyer gelişimine yönelik algıları, bu dersleri mesleki ihtiyaçları açısından değerlendirebilmeleri, girişim geliştirmeye yönelik öz değerlendirmeleri ve kariyer planlarına olan etkilerinin hangi boyutta olduğunun anlaşılmaya çalışılması oluşturmaktadır.

YÖNTEM

Bu araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden faydalanılmıştır. Öğrencilerin girişimciliğe yükledikleri anlamları, ders deneyimlerini ve kariyer beklentilerini kendi ifadeleri üzerinden derinlemesine anlamayı amaçladığından, çalışma olgubilim (fenomenoloji) desenine dayalı olarak yürütülmüştür. Bu desen, bireylerin bir olguya ilişkin deneyim ve algılarını ayrıntılı biçimde betimlemeyi ve yorumlamayı olanaklı kılmaktadır. (Yıldırm ve Şimşek, 2018)'e göre "olgubilim deseni, farkında olduğumuz ancak derinlemesine ve ayrıntılı bir anlayışa sahip olmadığımız olgulara odaklanan nitel araştırma desenlerinden biridir".

Araştırmanın çalışma grubunu, mesleki müzik eğitimi veren bir lisans programında öğrenim gören ve üçüncü sınıfta girişimcilik dersini tamamlamış, yakında meslek yaşıma dahil olacak olan 12 dördüncü sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Katılımcılar, dersi tamamlamış olma ve mezuniyete yaklaşmış olma ölçütleri doğrultusunda amaçlı örnekleme yöntemiyle belirlenmiştir. Çalışmaya katılım gönüllülük esasına dayanarak; katılımın ya da verilen yanıtların ders notunu veya akademik değerlendirmeyi etkilemeyeceği katılımcılara önceden bildirilmiştir. Öğrenci kimliklerinin gizliliğini sağlamak amacıyla katılımcılar Ö1, Ö2, …, Ö12 biçiminde kodlanmış ve bulgularda bu kodlarla ifade edilmiştir.

Veriler, araştırmacı tarafından geliştirilen yarı yapılandırılmış görüşme formu aracılığıyla toplanmıştır. Form, "girişimciliğe yönelik görüşler" ve "kariyer gelişimine yönelik görüşler" olmak üzere birbiriyle ilişkili iki başlıkta toplam on açık uçlu sorudan oluşmaktadır. Soruların doğru ya da yanlış bir yanıtı bulunmadığı belirtilmiş; öğrencilerden görüşlerini örneklerle, mümkün olduğunca açık ve ayrıntılı biçimde paylaşmaları istenmiştir. Görüşme formunda yer alan sorular aşağıda sunulmuştur.

Girişimciliğe yönelik görüşler

1. Müzik alanında girişimcilik sizin için ne anlama geliyor? Girişimcilik dersini almadan önceki düşüncelerinizle karşılaştırdığınızda bir değişiklik oldu mu?
2. Aldığınız girişimcilik dersini müzik alanındaki mesleki ihtiyaçlarınız açısından nasıl değerlendiriyorsunuz?
3. Müzik alanında kendi projenizi veya işinizi başlatmayı nasıl değerlendiriyorsunuz? Böyle bir girişim için hangi yönlerinizi yeterli görürsünüz.
4. Aldığınız girişimcilik dersini müzik alanındaki mesleki ihtiyaçlarınız açısından nasıl değerlendiriyorsunuz? Yararlı bulduğunuz veya eksik kaldığını düşündüğünüz yönlere örnek verebilir misiniz?
5. Müzik alanındaki bilgi ve becerilerinizi başka alanlarla ya da dijital platformlarla nasıl birleştirebileceğinizi düşünüyorsunuz?
6. Sanatsal üretim yapmak ile bu üretimden gelir elde etmek arasındaki ilişkiyi nasıl değerlendiriyorsunuz?

Kariyer gelişimine yönelik görüşler

7. Mezuniyet sonrasında müzik alanındaki mesleki yaşamınızı nasıl hayal ediyorsunuz? Hangi çalışma alanlarını düşünüyorsunuz?
8. Kariyer hedeflerinize ulaşmanızı kolaylaştırabilecek veya zorlaştırabilecek etkenler nelerdir? Aldığınız eğitimin, mevcut deneyimlerinizin ve erişebildiğiniz olanakların bu süreçteki yerini nasıl değerlendiriyorsunuz?
9. Mesleki geleceğinize hazırlanmak için şimdiye kadar neler yaptınız ve bundan sonra neler yapmayı düşünüyorsunuz? Bu süreçte ne tür eğitim veya desteğe ihtiyaç duyuyorsunuz?
10. Konuyla ilgili eklemek istediğiniz başka bir şey var mı?

VERİLERİN ANALİZİ

Görüşme formuyla elde edilen veriler tematik analiz yoluyla çözümlenmiştir. Bu kapsamda yanıtlar birden fazla ve derinlemesine okunmuş, anlam taşıyan sık vurgulanan ifadeler kodlanmış ve birbiriyle ilişkili kodlar ortak temalar altında toplanmıştır. Çözümleme sonucunda dört ana tema belirlenmiştir. Bunlar: Girişimcilik algısındaki dönüşüm ve mesleki farkındalık, girişim geliştirme, dijitalleşme ve becerilerin yeni alanlarla birleştirilmesi, sanatsal üretim ve gelir dengesi ve ekonomik sürdürülebilirlik, kariyer planı ve mesleki gelecek beklentileri. Bulgular bu temalar altında açıklanmaya çalışılırken gerekli yerlerde öğrenci ifadelerinden doğrudan alıntı yapılarak desteklenmeye çalışılmıştır.

BULGULAR

1. Girişimcilik Algısındaki Dönüşüm ve Mesleki Farkındalık

Öğrencilerin tamamına yakını, girişimcilik dersini almadan önceki algılarının değiştiğini belirtmiştir. En belirgin ifadeler, girişimciliği “şirket kurma” veya “ticaret” olarak gören bakıştan; müzikte kendi projesini üretme, risk alma ve fırsat yaratma olarak gören bir bakış açısına evrilen anlam değişimidir. Öğrenciler ayrıca müzisyenlik için teknik yeterliliğin tek başına yeterli olmadığına ilişkin bir mesleki farkındalık geliştirdiklerini ifade etmiştir.

Tema / kod	Öğrenci	Örnek ifade
Algı dönüşümü: şirket/ticaret algısından müzikte proje üretmeye	6 / 12	*“Önceden ticari bir kavram olarak düşünürken, artık kendi projelerini üretmeyi de girişimcilik olarak görüyorum.” (Ö9)*
İyi çalmak tek başına yeterli olamama hali: tanıtım, proje, sektör bilgisi	6 / 12	*“Enstrümanı çok iyi çalmak yetmiyor; proje hâline getirmek için bilgi gerekiyor.” (Ö11)*

Tema / kod	Öğrenci	Örnek ifade
Kazanım: girişimci bakış açısı, fikri projeye dönüştürme	6 / 12	*"En faydalı taraflardan biri bir fikrin nasıl projeye dönüştürülebileceğini düşünmekti." (Ö8)*
Eksik yön: ders fazla teorik, müzik-özelinde örnek az	6 / 12	*"Tek eksik kısmı uygulamadan çok teoride kalmasıydı." (Ö4)*

Öğrencilerin ifadeleri, dersin kavramsal bir dönüşüm sağladığını göstermektedir. Bir öğrenci bu değişimi, "Dersten önce girişimciliği daha çok maddi bir yatırım yaparak işletme kurmak olarak düşünüyordum; ders sayesinde bunun bir fikri ortaya koymak, risk almak ve kendi imkânlarını oluşturmak olduğunu fark ettim" (Ö8) biçiminde dile getirmiştir. Benzer biçimde dersin mesleki farkındalık boyutu, "Okulda sadece nasıl çalacağımızı öğretiyorlar; bu ders sayesinde mesleki bakış açım genişledi" (Ö7) ifadesiyle vurgulanmıştır. Bununla birlikte öğrenciler, bu etkinin güçlenmesi için dersin daha uygulamalı olması ve müzik alanına özgü örneklerle zenginleştirilmesi gerektiğini ortak bir öneri olarak dile getirmiştir (Ö4, Ö8, Ö12).

2. Girişim Geliştirme, Dijitalleşme ve Becerilerin Yeni Alanlarla Birleştirilmesi

Öğrencilerin büyük çoğunluğu kendi projesini veya işini başlatmaya olumlu bakmaktadır. Yeterli gördükleri yönler ağırlıkla kişisel becerilerdir; ihtiyaç duydukları destek ise finansal, hukuki ve pazarlama boyutlarında yoğunlaşmaktadır. Becerilerini başka alanlarla birleştirme konusunda ise dijital ve sosyal medya platformları neredeyse tüm öğrenciler tarafından temel araç olarak görülmektedir.

Tema / kod	Öğrenci	Örnek ifade
Dijital/sosyal medya ile paylaşım-tanıtım (Spotify, YouTube, Instagram)	11 / 12	*"Performanslarımı dijital platformlarda paylaşarak daha geniş bir kitleye ulaşabilirim." (Ö9)*
Online müzik eğitimi / içerik üretimi	4 / 12	*"Çevrim içi eğitim içerikleri, kısa müzik eğitim videoları hazırlanabilir." (Ö8)*
Müzik teknolojileri / prodüksiyon / yapay zekâ	3 / 12	*"Nota yazım ve prodüksiyon programları, yapay zekâ müzik alanında kullanılabilir." (Ö10)*
Yeterli görülen yönler: özgüven, iletişim, liderlik, çalışkanlık	6 / 12	*"Özgüven, çalışkanlık, iletişim ve liderlik gibi yönlerimi yeterli görüyorum." (Ö8)*
İhtiyaç duyulan destek: finans, pazarlama/tanıtım, hukuki/telif	8 / 12	*"İşin finansal, hukuki ve pazarlama taraflarında daha fazla desteğe ihtiyacım var." (Ö10)*

Öğrenciler, müziksel birikimlerini dijital ortamla birleştirmeyi hem görünürlük hem de gelir ve eğitim üretimi açısından değerlendirmektedir. Bir öğrenci bu bütünleşmeyi, "Hem müzisyenlik hem de dijital içerik üretimini bir arada kullanabilirim" (Ö9) sözleriyle ifade etmiştir. Kendi girişimine ilişkin yeterlik algısı güçlü olmakla birlikte, öğrenciler işin ekonomik ve hukuki boyutlarında desteğe gereksinim duyduklarını belirtmiştir: "Maddi planlama, reklam ve pazarlama, sosyal medya yönetimi ve işin hukuki tarafında deneyimli kişilerden destek almak faydalı olurdu" (Ö8). Bu bulgular, dersin öğrencilerde proje geliştirmeye yönelik olumlu bir tutum oluşturduğunu; ancak uygulamaya dönük yeterliklerin daha fazla desteklenmesi gerektiğini göstermektedir.

3. Sanatsal Üretim ve Gelir Dengesi, Ekonomik Sürdürülebilirlik

Öğrencilerin sanatsal üretim ile gelir arasındaki ilişkiye yaklaşımında baskın görüş, bu ikisinin birbirine zıt olmadığı yönündedir. Gelir, mesleğin sürdürülebilirliği için gerekli görülmekte; ancak "gelir kaygısının sanatın önüne geçmemesi" gerektiği sıklıkla vurgulanmaktadır. Öğrenciler aynı zamanda mesleki geleceklerindeki ekonomik riskleri açıkça ortaya koymaktadır.

Tema / kod	Öğrenci	Örnek ifade
Denge görüşü: gelir gerekli ama sanatın/özgünlüğün önüne geçmemeli	6 / 12	*"Önemli olan gelir elde etme kaygısının sanatsal üretimin önüne geçmemesi." (Ö10)*
Gelir gereklidir / emeğin karşılığı	5 / 12	*"Yaptığımız işte en öncelikli gelen şeylerden biri gelir elde etmek." (Ö5)*
Eleştirel: yalnızca gelir odaklı üretim özgünlüğü düşürür	3 / 12	*"Sadece para için olduğunda içeriği boş şeyler olma olasılığı artar." (Ö6)*
Ekonomik engel: maddi imkânsızlık, rekabet, sınırlı iş olanağı	8 / 12	*"Maddi imkânlar, çalışma koşulları ve fırsatlara ulaşmak zorlayıcı olabiliyor." (Ö3)*

Öğrenci ifadeleri, sanatsal değer ile ekonomik sürdürülebilirlik arasında bilinçli bir denge kurma eğilimine işaret etmektedir: "Bir sanatçının üretiminin karşılığında gelir elde edebilmesi hem mesleğini sürdürebilmesi hem de kendini geliştirebilmesi açısından önemli; ancak gelir kaygısı sanatın önüne geçmemeli" (Ö3). Ekonomik şartlar, rekabet ve sınırlı iş olanakları ise öğrencilerin neredeyse tamamınca mesleki geleceğin temel riski olarak görülmektedir. Bu durum, girişimcilik dersinin ekonomik sürdürülebilirlik konusunda bir farkındalık oluşturduğunu; öğrencilerin bu alanda somut destek beklediğini ortaya koymaktadır.

4. Kariyer Planı ve Mesleki Gelecek Beklentileri

Öğrencilerin kariyer beklentilerinde eğitimcilik ve sahne-performans en sık düşünülen alanlar olarak öne çıkmaktadır; akademik kariyer de belirgin bir seçenektir. Dikkat çeken ortak eğilim, tek bir alana bağlı kalmak yerine çok yönlü bir mesleki yaşam kurma arzusudur. Öğrenciler aldıkları eğitimi kariyerlerini kolaylaştıran temel etken olarak değerlendirmekte; bundan sonrası için uygulamalı girişimcilik desteği beklemektedir.

Tema / kod	Öğrenci	Örnek ifade
Eğitimcilik / öğretmenlik (özel ders, okul)	7 / 12	*"Güzel sanatlar lisesinde öğretmen olup ayrıca özel ders vermeyi düşünüyorum." (Ö6)*
Sahne / performans / solistlik / orkestra	6 / 12	*"Profesyonel bir senfoni orkestrasında keman sanatçısı olarak çalışmak." (Ö9)*
Akademik kariyer (yüksek lisans, doktora)	3 / 12	*"Akademik kariyer yaparak akademisyenlik yolunda ilerlemek." (Ö3)*
Çok yönlü ilerleme / tek alana bağlı kalmama	3 / 12	*"Tek bir alana bağlı kalmak yerine müziğin farklı alanlarını bir arada kullanmak." (Ö8)*
Kolaylaştırıcı: aldığı eğitim, sahne deneyimi, disiplin	8 / 12	*"Aldığım konservatuvar eğitimi, sahne ve orkestra deneyimlerim önemli etkenler." (Ö9)*
Gelecek için ihtiyaç: girişimcilik, proje yönetimi, finans, mentorluk	5 / 11	*"Girişimcilik, proje yönetimi ve pazarlama konularında uygulamalı eğitime ve mentorluğa ihtiyaç duyuyorum." (Ö10)*

Öğrenciler mesleki geleceklerini çoğunlukla birden fazla çalışma alanını kapsayacak biçimde kurgulamaktadır. Bu çok yönlülük, mesleki gelişim ve ekonomik sürdürülebilirlik gerekçesiyle tercih edilmektedir: "Tek bir alana bağlı kalmak yerine müziğin farklı alanlarını bir arada kullanmanın bana daha uygun olduğunu düşünüyorum" (Ö8). Öğrenciler aldıkları eğitimi ve sahne deneyimlerini güçlü bir temel olarak görmekte; dersin kazandırdığı girişimcilik bakışının uygulamalı eğitim ve mentörlükle derinleştirilmesini beklemektedir. (Dokuzuncu soruyu 11 öğrenci yanıtlamıştır.)

TARTIŞMA VE SONUÇ

Araştırmanın bulguları, girişimcilik dersinin mesleki müzik eğitimi alan öğrenciler üzerinde birbirini tamamlayan dört etki alanı oluşturduğunu göstermektedir. İlk ve en belirgin etki, girişimcilik algısındaki bakış açısının değişimidir. Öğrenciler girişimciliği şirket kurma/ticaret yapma olarak gören dar bir bakıştan, müzikte kendi projesini üretme ve fırsat yaratma olarak gören kendi becerilerini girişimcilik özelliklerini kullanarak fırsata çevirebilme gibi daha geniş bir bakışa geçtiklerini belirtmiştir. Bu bulgu, Toscher'in (2019) girişimciliği yeni işletmeler kurmanın ötesinde aktarılabilir yeterliklerin, daha açık bir ifade ile; bir alanda sahip olunan bilgi ve becerilerin başka mesleki alanlarda ve durumlarda kullanılabilmesi becerisinin geliştirilmesiyle ilişkilendiren kavramsal çerçevesiyle örtüşmektedir.

İkinci olarak, öğrencilerin becerilerini dijital platformlarla birleştirmeye yönelik güçlü bir yönelim sergilediği görülmüştür. Sosyal medya ve dijital alanlar; görünürlük, gelir ve eğitim üretiminin ortak zemini olarak değerlendirilmektedir. Bu sonuç, Wall-Andrews'un (2022) dijitalleşen müzik endüstrisinde sektöre özgü yetkinliklerin önemine ilişkin vurgusuyla tutarlıdır ve öğrencilerin bu alanda, özellikle telif hakları ve dijital dağıtım gibi konularda, desteğe ihtiyaç duyduğunu ortaya koymaktadır.

Üçüncü etki alanı, sanatsal üretim ile gelir arasındaki ilişkiye dair daha bilinçli bir denge arayışıdır. Öğrenciler geliri mesleğin sürdürülebilirliği için gerekli görmekte, ancak sanatsal özgünlüğün korunması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu yaklaşım, Udo ve diğerlerinin (2025) başarıyı finansal sonuçların yanında, tanınırlık ve mesleki işbirlikleriyle de ilişkilendiren bulgularıyla paralellik göstermektedir. Dördüncü olarak öğrenciler, kariyerlerini tek bir meslek yerine eğitimcilik, performans, akademi ve dijital üretimi kapsayan birden fazla alanlarla kurgulayarak; ekonomik şartları, rekabet ve sınırlı iş olanaklarını ise temel risk olarak tanımlamaktadır. Bu durum, Gök'ün (2018) eğitim-istihdam ilişkisindeki tutarsızlıklara dair bulgularıyla birlikte değerlendirildiğinde, öğrencilerin kendi mesleki olanaklarını oluşturma gereksinimini daha da belirgin kılmaktadır.

Genel olarak araştırma, girişimcilik dersinin öğrencilerin mesleki farkındalığını artırdığını ve kariyerlerini daha bağımsız ve çok yönlü biçimde düşünmelerine katkı sağladığını göstermektedir. Mesleki müzik eğitimi alan öğrencilerin, bu alandaki bilgi, beceri, yeteneklerini farklı çalışma alanlarında kullanabilmeleri açısından girişimcilik dersinin katkı sağladığını vurguladıkları söylenebilir. Girişimcilik dersleri, öğrencilerin mevcut istihdam olanaklarının dışında kendi mesleki fırsatlarını oluşturabileceklerini fark etmeleri, fark yaratmaları, yaratıcı fikirlerini projelere dönüştürmelerini ve karşılaşabilecekleri mesleki sorunlara çözüm üretmeleri açısından önem taşımaktadır. Ayrıca bu dersin öğrencilerin özgüven, bağımsız karar verebilme, risk alma, risklere katlanma ve girişimde bulunma konusundaki farkındalıklarını destekleyebileceği söylenebilir. Buna dayanarak; girişimcilik dersinin müzik öğrencilerinin sanat gelişimlerinin yanı sıra mesleki yaşama hazırlanmaları ve kariyerlerini planlamaları açısından da yararlı olduğu sonuçlarına ulaşılabilir.

KAYNAKÇA

Altınışık, S. (2006). Hizmet içi eğitimin işlevlerine ilişkin görüş ve tutumlar. Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi, (13), 362-372.

Çetintaş, R., Burun, Z., Türk, C., & Tamer, Ö. (2018). Kübik programın yapısı ve özellikleri. Eğitim Yansımaları, 2(2), 11-24.

Çoban, S. (2013). Türkiye'de mesleki müzik eğitimi ve müzik öğretmeni adaylarının iş istihdamı. Cumhuriyet International Journal of Education, 2(3), 28-38.

Demirci, B. (2017). Türkiye'de müzik öğretmeni yetiştirme politikaları ve temel sorunlar. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 21(3), 1061-1077.

Doğan, M. (2023). İtfaiye teşkilatlarında hizmet içi eğitim ve kariyer yönetim sisteminin değerlendirilmesi ve Türkiye için yeni bir model önerisi [Doktora tezi, Marmara Üniversitesi]. Marmara Üniversitesi Açık Erişim Sistemi.

Eren, A., Özen, R., & Karabacak, K. (2007). Yapılandırmacı bakış açısıyla hizmet içi eğitim: İhtiyaç, kariyer, öğrenme ve motivasyon boyutları. Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi, 24(2), 29-48.

Gök, M. (2018). Türkiye'de mesleki müzik eğitiminin yeni açılan üniversiteler, fakülteler ve bölümler bağlamında incelenmesi. Yükseköğretim ve Bilim Dergisi, 8(2), 280-297. https://doi.org/10.5961/jhes.2018.271

Toscher, B. (2019). Entrepreneurial learning in arts entrepreneurship education: A conceptual framework. Artivate: A Journal of Entrepreneurship in the Arts, 8(1), 3-22. https://doi.org/10.1353/artv.2019.0003

Udo, R., Loots, E., Thurik, R., & van Teeffelen, L. (2025). Simply the best? Entrepreneurial orientation and success of music artists. International Entrepreneurship and Management Journal, 21, Article 109. https://doi.org/10.1007/s11365-025-01131-3

Wall-Andrews, C. (2022). Meta-analysis on the importance of entrepreneurship in Canada's music industry. Artivate: A Journal of Entrepreneurship in the Arts, 11(2), 1-23. https://doi.org/10.34053/artivate.11.2.162

Yalçın, H. (2017). Türkiye'de mesleki müzik eğitimi veren kurumların mevcut durumları. Online Journal of Music Sciences, 2(3), 37-66.

Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2018). Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri (11. baskı). A nkara: Seçkin Yayıncılık.

SOIL-DERIVED MICROORGANISMS FOR GREEN SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES

Ishanityasri Balasubramaniam[1]
[1] Nilai University, Faculty of Intelligent Healthcare Technologies, Department of Biotechnology, Negeri Sembilan, Malaysia,
Assoc. Prof. Dr. Evyan Yang Chia-Yan [2*]
[2] Nilai University, Department of Research and Innovation, Negeri Sembilan, Malaysia,
ORCİD: 0000-0003-0619-1103

Abstract
Silver nanoparticles (AgNPs) have attracted considerable attention because of their strong antimicrobial properties and wide range of applications in biomedical, environmental, and food-related fields. The conventional physical and chemical synthesis methods often involve countless limitations that caused high energy consumption, costly processes, and potentially toxic reducing or stabilizing agents. These can be definitely improved by proven green synthesis method. One of the green synthesis methods that are using microorganisms provides a more sustainable alternative. The microorganisms not only a as microbial enzymes and biomolecules that can reduce silver ions, they simultaneously contribute to nanoparticle for stabilization purposes. Soil-derived bacteria are particularly promising because soil environments contain diverse microorganisms, including metal-tolerant species with the ability to transform and reduce metal ions among microbial sources. This review focuses on the green synthesis of AgNPs using microorganisms isolated from soil, with particular emphasis on bacterial-mediated biosynthesis. The mechanisms involved in silver ion reduction and factors influencing AgNP formation, including pH, temperature, reaction time, silver ion concentration, bacterial growth conditions, and soil characteristics are discussed. The review also highlights the use of spectroscopic and microscopic techniques for nanoparticle characterization and discusses the antimicrobial potential and sustainable applications of bacteriogenic AgNPs. The diversity of soil microorganisms also provides an opportunity to identify bacterial strains with distinct biosynthetic capabilities and potentially improve the properties of AgNP production. Despite considerable progress, variations in synthesis protocols and limited understanding of the influence of soil origin and bacterial diversity remain major challenges. Moving towards sustainability, a greater standardization and systematic optimization are required to establish reproducible relationships between soil-derived microorganisms, synthesis conditions, nanoparticle characteristics, and antimicrobial performance.
Keywords: biosynthesis, conventional, sustainable, bacteriogenic, optimization

Introduction: Silver Nanoparticles and the Emerging Trend of Sustainable Biosynthesis

Nanotechnology, as one of the most emerging and dynamic scientific area, has grown exponentially over the last two decades, encompassing number of applications in life and environmental sciences and industries, including food industry. At the nanoscale size, materials exhibit novel properties which are quite distinct from their bulk form. The size of the materials at the nanoscale is reduced to 1–100 nm and as a result; the higher surface area-to-volume ratio, enhanced reactivity and high interactions with bio-objects are obtained.

Silver nanoparticles or AgNPs have gained immense attention of scientific community due to their strong antimicrobial, antioxidant and anti-inflammatory activities. Silver has been known for its antimicrobial activity for long; however, activity of silver gets enhanced at the nanoscale (Khan et al., 2022; Singh et al., 2021). This is mainly due to high surface area to volume ratio of the nanoparticles and faster release of silver ions from the smaller particles.

Because of these properties, silver and silver-based nanostructures are now being widely used in medicine, such as in wound dressings and surgical implants, as well as in everyday applications like water purification systems and food packaging.

In recent years, nanoparticle synthesis using biological sources such as plants and fungi has gained increasing attention because these methods are more sustainable and environmentally friendly compared to conventional approaches. Traditional chemical and physical methods often depend on toxic chemicals and high energy consumption, which raise environmental concerns. As a result, green synthesis approaches using biological systems have emerged as an important and growing area of research. In particular, many recent studies focus on microbial synthesis, where bacteria act as natural reducing and stabilising agents for the production of various metal and metal oxide nanoparticles, following the principles of green chemistry (Roy et al., 2023; Singh et al., 2021).

This review is aimed to assess the current state of knowledge about biological green synthesis of silver nanoparticles by soil microorganisms, their reduction mechanisms, influencing factors, characterization, their applications and environmental impact.

From Conventional Synthesis Methods to Bacterial Nanomanufacturing

Synthesis of Silver Nanoparticles (AgNPs) can be achieved through physical, chemical as well as biological approaches. Each approach has its own advantages as well as disadvantages. Physical methods of Silver Nanoparticles synthesis such as laser ablation and evaporation–condensation methods are able to generate highly pure nanoparticles. However, these approaches generally require high end sophisticated instruments, have high energy requirements as well as high cost of operation thus limiting their applications for mass production (Khan et al., 2022; Guilger-Casagrande and de Lima, 2019).

A chemical synthesis approach to the production of silver NPs is one of the most often used, mainly due to an opportunity to control size, shape, and a large yield of nanoparticles that are formed by means of chemical reducing agents, for example, by sodium borohydride, citrate, etc. Chemical production of NPs is easy to scale up and, in many cases, does not need special equipment and is cost-effective; however, many of the chemical reducing agents and stabilization agents that are commonly used are toxic, and by-products that are formed during the reactions can have hazardous effects on the environment and on human health (Roy et al., 2023; Ovais et al., 2022).

However, to overcome the aforementioned challenges and to develop more sustainable method of NPs synthesis, the interest has been directed towards the greener and more eco-friendly approach, often termed as green synthesis. The approach utilizes microorganisms that are able to convert metal ions into NPs through their metabolic processes. This approach is environment-friendly, cost-effective and has been increasingly adopted in various fields (Bogas et al., 2022; Jeevanandam et al., 2022).

In past few years various microorganisms have been investigated for the green synthesis of silver nanoparticles. Bacterial-mediated nanoparticle synthesis has numerous advantages. To start with, the simple requirement for growth medium and ease of manipulation of bacterial cultures under laboratory conditions provide advantages over other microbial approaches. Moreover, the ability of bacteria to divide and produce offspring at an incredibly fast rate, leads to production of nanoparticles in a consistent and larger quantities. All these advantages collectively, favor the use of bacterial approach for the eco-friendly production of Ag NPs for industrial and biomedical applications. The conventional and microbial-mediated synthesis approaches for silver nanoparticles can be compared based on their advantages and limitations as in 1.

Bacterial Mechanisms in AgNP Biosynthesis

Biosynthesis of silver nanoparticles using bacteria involves both enzymatic and non-enzymatic reactions. A variety of studies have shown that nitrate reductase plays a crucial role in reduction of silver ions (Ag^+) to form silver nanoparticles (Ag^0). It catalyses the electron transfer from NADH and other cellular reducing agents in enzyme mediated process (Gupta et al., 2021; Basu et al., 2022). The reduction of silver ions into elemental silver nanoparticles can be represented by the following reaction:

$$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag^0 \quad (1)$$

Some bacteria do not only produce enzymes which are used for the reduction of metal ions to metal nanoparticles but they also produce other natural biomolecules of the bio-system like proteins, amino acids and carbohydrates. These bio-molecules are involved in the formation of nanoparticles and besides reducing metal ions to their corresponding metal nanoparticles some of them act as stabilizers / capping agents (Gahlawat & Choudhury, 2020).

Silver nanoparticles can be synthesized by bacteria by two methods which are intracellular and extracellular methods. In the intracellular method, after the synthesis of silver nanoparticles, they have to be extracted and purified. On the other hand, in the extracellular method, it is easy to harvest the synthesized silver nanoparticles. The mechanisms of using bacteria to synthesis AgNPs based on enzymes or non-enzymes is schematized in Figure 1.

Table1: Comparison between conventional and microbial-mediated synthesis method for silver nanoparticles

Synthesis Method	Principle/ Approach	Advantages	Limitations	Reference
Physical synthesis (Conventional)	Nanoparticles are produced using physical processes such as laser ablation and evaporation-condensation	Produces highly pure nanoparticles without chemical contamination	Requires expensive equipment, high energy consumption, and high operational cost	(Khan et al., 2022)
Chemical synthesis (Conventional)	Silver ions are reduced into nanoparticles using chemical reding agents such as sodium borohydride and citrate	Better control over nanoparticles shape, size, and yield	Uses toxic chemicals and may produce hazardous by-products that can affect the environment and human health	(Roy et al., 2023)
Bacterial-mediated synthesis	Bacteria convert silver ions into nanoparticles through metabolic and enzymatic activities	Rapid growth, easy cultivation, cost-effective, and suitable for scalable production	Some bacterial strain may produce lower nanoparticles yield and require optimization of culture conditions	(Roy et al., 2023)
Fungal-mediated synthesis	Fungi produce extracellular enzymes and proteins that reduce metal ions into nanoparticles	High nanoparticles yield, good stability and easier downstream processing due to high biomass production	Slower growth rate compared to bacteria and possible contamination issues	(Roy et al., 2023)
Actinomycetes mediated-synthesis	Actinomycetes synthesize nanoparticles using bioactive metabolites and enzymes	Strong metal ions reduction capability and adaptable to various environmental conditions	Isolation and maintenance can be more complex compared to common bacteria	(Ovais et al., 2022)
Yeast-mediated synthesis	Yeast synthesis nanoparticles through intracellular and extracellular enzymatic mechanisms	Simple cultivation and environmentally friendly synthesis	Nanoparticles synthesise may require longer incubation time	(Ovais et al., 2022)
Algae/Cyanobacteria-mediated synthesis	Bioactive compounds, pigments, and polysaccharides act as reducing and stabilizing agents	Sustainable, eco-friendly, and requires minimal nutrients for growth	Growth conditions can be highly dependant on light, temperature and environmental factors	(Khan et al., 2022)

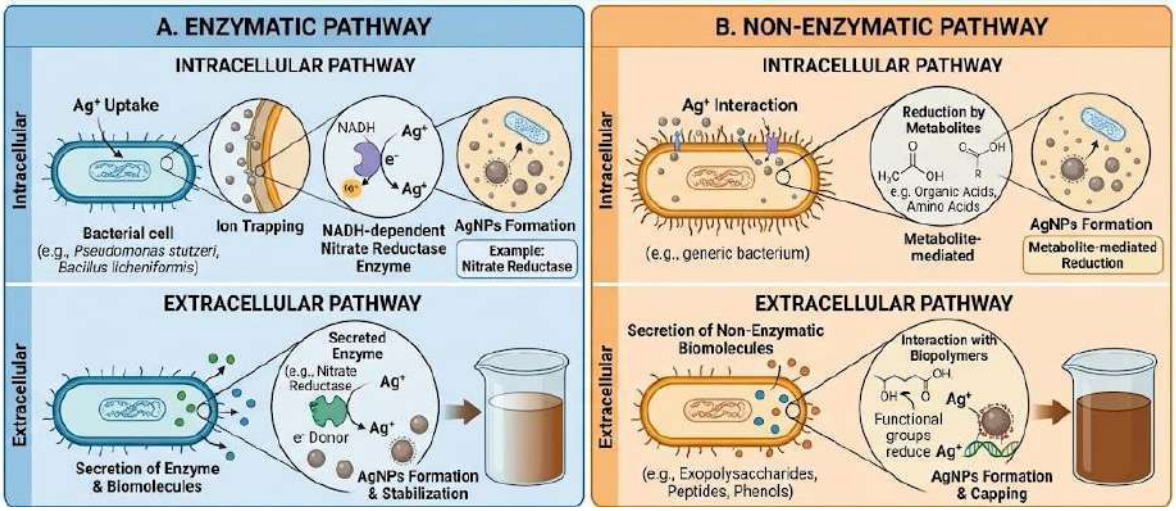


Figure 1: Mechanisms of synthesis silver nanoparticles follow enzymatic pathway and non-enzymatic pathway.

Factors Affecting the Green Synthesis of AgNPs

Soil environment comprises diverse population of microorganisms with potential for synthesis of nanoparticles. Many soil bacteria are resistant to heavy metals and in order to survive in such environment, they have developed different strategies to tolerate and reduce metal ions. These metal resistant bacteria can be used for biosynthesis of nanoparticles (Tiwari et al., 2021; Kumar et al., 2022). Most of the recent studies indicate that various species of bacteria such as Bacillus, Pseudomonas, Klebsiella, Enterobacter and many others are efficient producers of silver (Ag) NPs (Ovais et al., 2022; Gupta et al., 2021). These bacteria form NPs either intracellularly or in the medium depending on their metabolism and the environment in which they are suspended.

Another factor influencing the process of nanoparticle production is the type of soil. Since organic soils, for example, have higher levels of nutrients and organic matter than non-organic soils, they can harbour a greater diversity of microorganisms which in turn could enhance the efficiency of nanoparticle production. A comparison between organic and non-organic soils relevant to this study is shown in Table 2.

Synthesis of silver nanoparticles in biological systems is influenced by various environmental factors such as temperature, presence of reducing and capping agents, certain biochemicals, air and experimental conditions like pH. pH is most significant factor as it affects bio-reduction, enzymatic activity and stability of silver nanoparticles. Generally, alkaline conditions catalyze redox reaction resulting in the formation of stable and smaller silver nanoparticles, whereas acidic conditions often cause slower rate of reaction and larger size of silver nanoparticles due to aggregation. Figure 2 summarizes the factors affecting synthesis of AgNPs via green route.

Table 2: Comparison between organic and non-organic soil characteristics relevant to AgNP biosynthesis

Charecteristics	Organic Soil	Non-Organic Soil	Possible Effect on AgNP Biosynthesis
Organic matter content	High	Low	Influences microbial growth and metabolism
Nutrient availability	Rich in nutrients	Limited nutrients	Affects bacterial activity and enzyme production
Microbial diversity	Higher	Lower	May influence nanoparticle synthesis efficiency

Biological activity	High	Low	Can affect reduction of Ag^+ ions
Soil microbial environment	More active and diverse	Less active and less diverse	May affect nanoparticle yield and stability

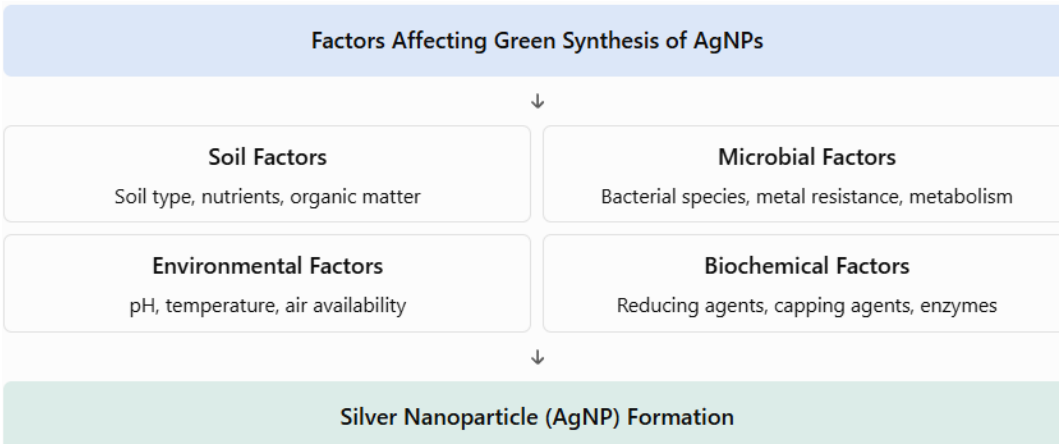


Figure 2: Factors affecting green synthesis of AgNPs

For bacterial synthesis, a neutral to slightly alkaline medium is preferred in terms of microbial growth and enzymatic activity. Other factors like temperature, reaction time and silver ion concentration also play important roles in the synthesis process. An increase in temperature can accelerate the rate of reaction. However, it may also have a negative effect on the stability of the synthesized nanoparticles. In addition to these parameters, the reaction time can also influence the size and uniformity with which nanoparticles are produced (Gupta et al., 2021; Gahlawat & Choudhury, 2020).

Synthesis of nanoparticles also can be enhanced by employing various approaches. Soil composition which governs diversity and activity of microbial community also can play significant role for this approach. Since organic soils are rich in nutrients, therefore, they contain more active microorganisms than non-organic soils. This parameter also needs to be controlled and optimized for consistent and reproducible results (Kumar et al., 2022; Roy et al., 2023.

Biotechnological Applications of AgNPs

Silver nanoparticles (AgNPs) have been observed to possess antimicrobial properties due to their multiple mechanisms of action. While antibiotics target only a single target site in the bacterial cell, nanoparticles have been shown to affect microbial cells at multiple sites. These effects include damage to the bacterial cell membrane, production of reactive oxygen species (ROS), interference with DNA functions and inhibition of enzymes. It has been observed that due to their small size and large surface area, the nanoparticles get strongly attached to the microbial cell wall and cause damage to the cell membrane and result in increased membrane permeability, which leads to microbial death. The ROS produced by the nanoparticles generate oxidative stress in the microbes, causing damage to proteins, lipids and DNA. The silver ions released from the nanoparticles interact with the thiol groups of enzymes and proteins, thereby inhibiting their biological functions and thus affecting the microbial metabolic processes.

Because of their wide spectrum of activity, silver nanoparticles (AgNPs) have emerged as promising candidates in the fight against the growing global problem of antimicrobial resistance (AMR). Their effectiveness towards multi-drug resistant (MDR) bacteria like Escherichia coli and Staphylococcus aureus has been demonstrated in many studies. E. coli is commonly associated with hospital acquired infections, whereas S. aureus is a major human pathogen associated with a growing number of antibiotic-resistant infections for which treatments have been compromised. In contrast to conventional antibiotics that target a single site in bacteria,

thereby presenting the possibility of resistance development, the bacteria can be targeted by AgNPs through a number of effective pathways thereby reducing the chances of the development of AMR. Therefore, AgNPs may provide new therapeutic alternatives or complementary to conventional antibiotics to combat an increasing number of infections.
Although silver nanoparticles (AgNPs) have already been used in a large number of medical applications their biocidal properties have triggered a high amount of interest in the agricultural and environmental communities. So in this review we are going to investigate the effect of using silver nanoparticles in agriculture on various fungal plant pathogens. In addition to that, we are also investigating how it can affect seed germination and plant defence mechanisms. Our investigation showed that the silver nanoparticles indeed possessed high antimicrobial activity against many pathogenic fungi and bacteria and therefore they could be contributing largely to reducing crop loss caused by them thereby increasing the agricultural productivity in a sustainable manner. In addition, controlled release of AgNPs can be used to improve seed vigor and to protect seedlings from harsh environmental conditions until they become strong enough to withstand them.
In an attempt to investigate environmental fate of the AgNPs, stated that the AgNPs were applied in wastewater treatment and purification of contaminated soil. The catalytic characteristics of the nanoparticles revealed the effectiveness of the degradation of the contaminants like petroleum hydrocarbons and pesticide residues. The high surface area reactivity of the nanoparticles, attributed to their high adsorption and degradation of contaminants, makes them potential candidate for tertiary treatment systems.
Due to their varied antimicrobial and catalytic properties, silver nanoparticles have been named as multifunctional molecules having a vast biotechnological application. However, their optimum use must be ensured in such a way that their adverse impacts on the environment are reduced to the possible extent and their release into the environment should not pose any ecological threat in the long term, especially during their large-scale applications.

Limitations and Opportunities

Although considerable progress has been made in the green synthesis of silver nanoparticles (AgNPs), several scientific and technological challenges remain before microbial-mediated synthesis can be developed into a reliable and commercially viable process. These limitations also present opportunities for further research, particularly in exploring the microbial diversity of soil, improving synthesis conditions, and developing standardized production methods.
One major limitation is the limited exploration of soil microbial diversity. Although several bacterial and fungal genera have been investigated for AgNP synthesis, many soil microorganisms remain unidentified or poorly characterized in terms of their nanoparticle-producing capabilities. Different soil environments contain microorganisms with diverse metabolic activities, enzyme systems and extracellular metabolites that may contribute to silver-ion reduction and nanoparticle stabilization. Consequently, investigating bacteria isolated from soils with different characteristics may reveal strains with improved biosynthetic potential. In particular, comparing bacteria from organic-rich soils, such as vermicompost, with bacteria from soils receiving limited organic inputs may help identify differences in their ability to produce AgNPs. However, soil type alone does not establish the biosynthetic potential of a bacterial strain; experimental investigation is required to determine its actual performance (Bamal et al., 2021; Zhang et al., 2022).
Another important challenge is the incomplete understanding of the biochemical mechanisms involved in nanoparticle formation. Microbial synthesis may involve enzymes, proteins and other metabolites that participate in the reduction of silver ions and the stabilization of newly formed nanoparticles. However, the precise contribution of individual biomolecules and their interactions with synthesis conditions is not fully established across different microorganisms.

This limits the ability to predict nanoparticle formation and deliberately control their physicochemical properties. Future studies could employ genomic, proteomic and metabolomic approaches to identify the genes, enzymes and metabolic pathways associated with AgNP production. Such investigations may support the development of microbial strains with improved synthesis efficiency and more consistent nanoparticle characteristics (Dawadi et al., 2021; Vidyasagar et al., 2023).

Reproducibility and batch-to-batch variation also remain significant limitations of biological synthesis. The composition of bacterial culture supernatants can vary according to microbial strain, growth phase, nutrient availability, incubation conditions and other environmental factors. These variations may alter the rate of silver-ion reduction and the biomolecules available for nanoparticle stabilization, resulting in differences in nanoparticle size, shape, aggregation and yield. Therefore, a synthesis procedure that produces satisfactory results in one experiment may not necessarily produce identical results in subsequent batches. Repeated experiments, consistent inoculum preparation, controlled reaction conditions and clearly documented procedures are necessary to improve reproducibility. For studies comparing bacteria from different soil sources, standardized procedures are particularly important because they help distinguish the influence of microbial origin from the effects of experimental variation (Bamal et al., 2021; Dawadi et al., 2021).

In characterization of AgNPs, parameters such as pH, temperature, silver nitrate concentration, incubation time and the ratio of bacterial supernatant to silver nitrate can influence nanoparticle formation. For example, pH may affect the activity of microbial biomolecules and the interactions between silver ions and reducing agents. However, the optimum condition for one bacterial isolate may not be suitable for another isolate because their biochemical properties differ. In addition, the appearance of a characteristic surface plasmon resonance (SPR) band in UV–Visible spectroscopy provides evidence consistent with AgNP formation, but it cannot independently confirm particle size, morphology, crystallinity or purity. Complementary techniques, including X-ray diffraction (XRD), transmission electron microscopy (TEM), scanning electron microscopy (SEM) and Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), provide additional information about the properties and composition of the synthesized material. The availability and cost of these analytical techniques may limit the extent of characterization in some laboratories (Dawadi et al., 2021; Khan et al., 2023).

The absence of standardized protocols for antimicrobial evaluation further complicates comparisons between published studies. Differences in nanoparticle concentration, purification procedures, storage conditions, bacterial inoculum density, test microorganisms and antimicrobial assay methods can influence the observed inhibitory effects. Future investigations should use clearly defined experimental conditions, appropriate controls and replicate measurements. Where possible, additional assessments, such as minimum inhibitory concentration (MIC) testing, may provide a more quantitative comparison of antimicrobial effectiveness (Zhang et al., 2022; Vidyasagar et al., 2023).

Another major concern is the potential toxicity of AgNPs to non-target organisms and the environment. Although green synthesis may reduce the need for certain hazardous reducing agents, it does not automatically make the final nanoparticles harmless. Their biological effects depend on several factors, including particle size, surface properties, concentration, aggregation and the release of silver ions. Their long-term fate, accumulation, transformation and ecological effects therefore require further investigation. Future research should assess cytotoxicity, ecotoxicity and environmental persistence alongside antimicrobial performance to establish safer application conditions (Nie et al., 2023; Khan et al., 2023).

In addition, antimicrobial effectiveness and safety must be evaluated together. AgNPs have demonstrated inhibitory activity against various Gram-positive and Gram-negative bacteria, making them promising candidates for antimicrobial applications. Nevertheless, their

effectiveness may vary with nanoparticle characteristics, bacterial species and exposure conditions. Concerns also remain regarding the potential development of microbial tolerance or resistance to silver-based antimicrobial agents, particularly when exposure is prolonged or poorly controlled. Therefore, the use of AgNPs should not be considered a universal solution to antimicrobial resistance. Future research should investigate their mechanisms of action, evaluate possible resistance-related responses and determine concentrations that provide effective inhibition without causing unnecessary exposure to humans or the environment (Zhang et al., 2022; Dawadi et al., 2021).

Finally, scaling up microbial AgNP production remains a major barrier to commercialization. Conditions that are effective in small laboratory vessels may not be maintained uniformly in larger bioreactors. Changes in mixing, oxygen transfer, temperature distribution, nutrient availability and pH control can affect microbial growth and nanoparticle formation. Furthermore, the recovery and purification of AgNPs may increase processing time, material losses and production costs. Residual microbial components and unreacted silver ions may also require careful removal or quantification, depending on the intended application. To overcome these challenges, future studies should focus on optimizing fermentation and reaction conditions, developing efficient purification methods, and evaluating production yield, quality consistency, cost and environmental impact at progressively larger scales (Dawadi et al., 2021; Khan et al., 2023).

Overall, these limitations provide several opportunities for future research. Exploring under-investigated soil bacteria, determining optimum synthesis conditions, improving nanoparticle characterization and standardizing antimicrobial testing could strengthen the scientific reliability of microbial AgNP synthesis. Integrating molecular biotechnology with process engineering and systematic safety evaluation may eventually enable more reproducible, scalable and environmentally responsible production.

Conclusion

The green synthesis of silver nanoparticles (AgNPs) using soil microorganisms represents a promising development in sustainable nanobiotechnology. Growing interest in environmentally responsible production methods has encouraged the investigation of biological systems as alternatives to conventional physical and chemical synthesis. Microorganisms offer potential advantages because their enzymes, proteins and metabolites can participate in silver-ion reduction and nanoparticle stabilization, potentially reducing the need for additional chemical reducing and capping agents. Nevertheless, the environmental benefits of microbial synthesis depend on the materials, energy, purification procedures and waste-management practices involved in the overall production process (Bamal et al., 2021; Huq et al., 2022).

The synthesis of AgNPs through microbial processes involves complex biochemical interactions that influence nanoparticle formation and physicochemical properties. Parameters such as pH, temperature, silver nitrate concentration, incubation time and microbial strain characteristics can affect nanoparticle yield, stability and antimicrobial activity. Therefore, identifying suitable microorganisms and optimizing reaction conditions are essential steps towards achieving consistent production. UV–Visible spectroscopy can provide preliminary evidence of nanoparticle formation through the detection of surface plasmon resonance, while complementary techniques such as XRD and electron microscopy can provide additional information about crystallinity, particle morphology and size.

The antimicrobial properties of AgNPs further highlight their potential applications in healthcare, food packaging and other biotechnology-related industries. Their antibacterial effects may involve disruption of bacterial membranes, generation of reactive oxygen species and interference with cellular proteins and nucleic acids. However, antimicrobial performance depends on nanoparticle characteristics and experimental conditions, meaning that the

effectiveness of AgNPs cannot be assumed to be identical across different microorganisms or applications. Standardized synthesis procedures, appropriate experimental controls and reliable antimicrobial evaluation methods are therefore necessary to establish meaningful comparisons between studies.

Despite these advantages, several challenges must be addressed before microbial AgNP synthesis can be widely implemented. These include limited understanding of the underlying biochemical mechanisms, inconsistent nanoparticle characteristics, difficulties in scaling up production and insufficient evidence regarding long-term environmental and biological safety. In particular, the ability of AgNPs to inhibit harmful bacteria must be considered alongside their possible effects on beneficial microorganisms, human cells and aquatic organisms. Green synthesis should therefore be regarded as a potentially more sustainable production approach rather than an automatic guarantee of nanoparticle safety (Nie et al., 2023; Khan et al., 2023).

Future research should prioritize the exploration of under-investigated soil bacteria, systematic optimization of synthesis parameters, improved nanoparticle characterization and the development of reproducible production protocols. Molecular biotechnology and metabolic engineering may eventually help identify and enhance the microbial pathways responsible for nanoparticle formation, while bioprocess engineering could support the transition from laboratory-scale experiments to larger production systems. Further studies on cytotoxicity, ecotoxicity and environmental persistence will also be important for determining the suitability of AgNPs for practical applications (Dawadi et al., 2021; Nie et al., 2023).

In conclusion, the green synthesis of AgNPs using soil microorganisms offers considerable potential for advancing sustainable nanotechnology. Investigating bacteria from different soil environments may provide valuable insights into microbial biosynthetic capabilities and the factors influencing nanoparticle production. By addressing existing limitations through systematic experimentation, improved characterization and comprehensive safety assessment, future research may contribute to the development of more reliable, efficient and environmentally responsible AgNP production methods.

References

Ahmed, T., Noman, M., Shahid, M., Niazi, M. B. K., & Mahmood, F. (2021). Green synthesis of silver nanoparticles and their applications as antimicrobial agents. Materials Today Communications, 28, Article 102613. https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2021.102613

Bamal, D., Singh, A., Chaudhary, G., Kumar, M., Singh, M., Rani, N., Mundlia, P., & Sehrawat, A. R. (2021). Silver nanoparticles biosynthesis, characterization, antimicrobial activities, applications, cytotoxicity and safety issues: An updated review. Nanomaterials, 11(8), Article 2086. https://doi.org/10.3390/nano11082086

Basu, A., Sarkar, A., & Maulik, U. (2022). Microbial synthesis of nanoparticles and their applications in environmental remediation. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, 18, Article 100673. https://doi.org/10.1016/j.enmm.2022.100673

Das, S., Das, J., & Samadder, A. (2021). Characterization techniques for silver nanoparticles and their applications. Journal of Nanomaterials, 2021, 1–15. https://doi.org/10.1155/2021/6690802

Dawadi, S., Katuwal, S., Gupta, A., Lamichhane, U., Thapa, R., Jaisi, S., Lamichhane, G., Bhattarai, D. P., & Parajuli, N. (2021). Current research on silver nanoparticles: Synthesis, characterization, and applications. Journal of Nanomaterials, 2021, Article 6687290. https://doi.org/10.1155/2021/6687290

Gahlawat, G., & Choudhury, A. R. (2020). A review on the biosynthesis of metal and metal salt nanoparticles by microorganisms. RSC Advances, 10(24), 1408–1421. https://doi.org/10.1039/C9RA08494A

Gupta, K., Chundawat, T. S., & Malviya, R. (2021). Green synthesis of silver nanoparticles using bacteria and their applications. Journal of Drug Delivery Science and Technology, 63, Article 102468. https://doi.org/10.1016/j.jddst.2021.102468

Huq, M. A., Ashrafudoulla, M., Rahman, M. M., Balusamy, S. R., & Akter, S. (2022). Green synthesis and potential antibacterial applications of bioactive silver nanoparticles: A review. Polymers, 14(4), Article 742. https://doi.org/10.3390/polym14040742

Khan, I., Saeed, K., & Khan, I. (2022). Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. Arabian Journal of Chemistry, 15(1), Article 103463. https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103463

Khan, M. R., Urmi, M. A., Kamaraj, C., Malafaia, G., Ragavendran, C., & Rahman, M. M. (2023). Green synthesis of silver nanoparticles with its bioactivity, toxicity and environmental applications: A comprehensive literature review. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, 20, Article 100872. https://doi.org/10.1016/j.enmm.2023.100872

Kumar, V., Yadav, S. K., & Yadav, S. C. (2022). Effect of pH on biosynthesis of silver nanoparticles using bacterial systems. Applied Nanoscience, 12(4), 1021–1034. https://doi.org/10.1007/s13204-021-01792-z

Mikhailova, E. O. (2020). Silver nanoparticles: Mechanism of action and probable bio-application. Journal of Functional Biomaterials, 11(4), Article 84. https://doi.org/10.3390/jfb11040084

Nie, P., Zhao, Y., & Xu, H. (2023). Synthesis, applications, toxicity and toxicity mechanisms of silver nanoparticles: A review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 253, Article 114636. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.114636

Ovais, M., Khalil, A. T., Raza, A., Ayaz, M., Ahmad, I., Islam, N. U., & Shinwari, Z. K. (2022). Biosynthesis of metal nanoparticles via microbial enzymes: A mechanistic approach. International Journal of Molecular Sciences, 23(3), Article 1125. https://doi.org/10.3390/ijms23031125

Rai, M., Yadav, A., & Gade, A. (2009). Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. Biotechnology Advances, 27(1), 76–83. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2008.09.002

Roy, A., Bulut, O., Some, S., Mandal, A. K., & Yilmaz, M. D. (2023). Green synthesis of silver nanoparticles: Biomolecule-nanoparticle organizations targeting antimicrobial activity. RSC Advances, 13(5), 2241–2260. https://doi.org/10.1039/D2RA07607A

Singh, J., Dutta, T., Kim, K. H., Rawat, M., Samddar, P., & Kumar, P. (2021). Green synthesis of metals and their oxide nanoparticles: Applications for environmental remediation. Journal of Nanobiotechnology, 19, Article 84. https://doi.org/10.1186/s12951-021-00834-3

Tiwari, D. K., Behari, J., & Sen, P. (2021). Application of nanoparticles in wastewater treatment. World Applied Sciences Journal, 3(3), 417–433.

Torsvik, V., & Øvreås, L. (2002). Microbial diversity and function in soil: From genes to ecosystems. Current Opinion in Microbiology, 5(3), 240–245. https://doi.org/10.1016/S1369-5274(02)00324-7

Vidyasagar, A., Patel, R. R., Singh, S. K., & Singh, M. (2023). Green synthesis of silver nanoparticles: Methods, biological applications, delivery and toxicity. Materials Advances, 4, 1831–1849. https://doi.org/10.1039/D2MA01105K

INTERGENERATIONAL SOLIDARITY AND SOCIAL PROTECTION IN AN AGEING SOCIETY: LEGAL CHALLENGES FOR YOUTH AND OLDER PERSONS – THE ALBANIAN PERSPECTIVE

Assoc. Prof. Dr. Juliana BYLYKBASHI
Lecturer, University of Tirana, Faculty of Law
Tildi ÇADRI
PhD candidate, University of Tirana, Faculty of Law

Abstract
Demographic ageing and the increasing mobility of younger generations are transforming the traditional foundations of intergenerational solidarity. While older persons increasingly depend on formal and informal systems of social protection, the migration of younger generations may weaken traditional family-based support and place additional pressure on public welfare systems. These developments raise important legal and policy questions concerning the fair distribution of rights, responsibilities and social resources between generations.
This article examines how law and social protection systems can preserve intergenerational solidarity in an ageing society, with particular attention to the Albanian context. It argues that the simultaneous processes of population ageing, youth migration and changing family structures are creating a distinctive intergenerational social protection gap in Albania. This gap cannot be addressed exclusively through family support or existing social security mechanisms. Rather, it requires a broader legal and policy approach capable of balancing the welfare needs of older persons with the social and economic rights of younger generations.
The article first examines intergenerational solidarity as a legal and social principle and considers its relationship with family protection, social rights and the responsibilities of the State. It then analyses the implications of demographic ageing and youth migration for pension systems, family-based care and social protection. Particular attention is given to Albania, where demographic change and sustained youth migration are significantly reshaping family structures and the relationship between generations. The Albanian framework is considered in light of relevant European human rights and social protection standards.
The article concludes that strengthening intergenerational solidarity requires a shift from a predominantly family-dependent model towards a more balanced system of shared responsibility between individuals, families and the State. Such an approach should protect the dignity and welfare of older persons while ensuring that younger generations are not subjected to disproportionate social and economic burdens. The Albanian experience demonstrates the need for integrated legal and social policies capable of responding simultaneously to ageing, migration and the changing structure of the family.
Keywords: Intergenerational solidarity; ageing society; youth migration; social protection; family protection; pension systems; Albania.

Introduction

Population ageing is one of the major challenges facing contemporary social protection systems. It affects not only the financial sustainability of pension schemes but also the organisation of long-term care and relationships between generations. Increasing life expectancy, declining fertility rates, emigration among the working-age population, and changes in family structures are gradually transforming the ways in which the needs of older persons are met. In this context, intergenerational solidarity can no longer be understood solely as a moral obligation or a family responsibility. It must also be examined as a matter of legal regulation, public policy, and the distribution of responsibilities among individuals, families,

the state, and local self-government units. This development is particularly significant in Albania, where data from the 2023 Population and Housing Census reveal a substantial increase in the proportion of the population aged 65 and over. This age group accounted for 19.7% of the population in 2023, compared with 11.3% in 2011 and 7.5% in 2001. These figures demonstrate a significant demographic transformation while also raising questions about the capacity of existing social protection mechanisms to respond to the needs of an ageing population. The challenge concerns not only the provision of income through pensions but also access to appropriate social services, home-based care, community support, and other forms of assistance for individuals who require ongoing support in their daily lives.

Within this debate, particular attention must be paid to the position of family members who care for their older parents or relatives. In many cases, informal care is provided by family members outside a formal employment relationship and without direct financial compensation. Care responsibilities may affect working hours, income, professional development opportunities and, in the longer term, the caregiver's social insurance record. Consequently, the protection of older persons and the protection of family caregivers should not be treated as two separate issues. A system may provide benefits for older persons yet still face significant challenges if the burden of care remains largely with families and is not accompanied by adequate social, professional, and economic support. This is precisely where the legal significance of intergenerational solidarity emerges. The organisation of care for older persons requires a balance between public and family responsibilities, without transferring the entire burden of care to families or disregarding the economic and social needs of younger generations. At the same time, the protection of older persons cannot be assessed solely by examining the formal existence of pensions or legally established social services. It must also be evaluated in terms of effective access to benefits, the actual availability of services, and coordination among the institutions responsible for their provision.

The Albanian legal framework contains provisions relating to social insurance, social care services, and the responsibilities of public institutions. However, the existence of these legal instruments is not, in itself, sufficient to conclude that the needs of older persons and family caregivers are fully and coherently addressed. Legal analysis must therefore distinguish between the guarantees established by legislation, their implementation in practice, and the outcomes they produce for individuals. This distinction is essential both to avoid unsupported claims that protection gaps necessarily exist and to prevent conclusions based solely on the formal content of legislation. At the international and European levels, the protection of older persons and access to long-term care have been addressed through legal instruments and social policy documents emphasising the importance of dignity, social protection, and appropriate services. In this regard, the Revised European Social Charter, particularly Article 23 on the right of older persons to social protection, is of particular relevance, alongside European developments concerning access to affordable and high-quality long-term care. These standards provide a framework for examining the Albanian system, while maintaining a clear distinction between the legal obligations arising from ratified instruments and European policy documents that primarily serve as comparative and policy guidance.

The purpose of this paper is to analyse whether, and to what extent, the Albanian legal and institutional framework connects the social protection of older persons with support for family members who assume responsibility for their care. The paper seeks to assess not only the existence of legal mechanisms concerning pensions and social services but also issues relating to access to these mechanisms, the impact of care responsibilities on employment and social insurance, and the allocation of responsibilities between public institutions and families. To achieve this purpose, the paper is guided by three research questions:

1. To what extent does the Albanian social protection system provide effective protection for older persons, beyond the formal provision of pensions and other statutory entitlements, particularly regarding access to care services?
2. To what extent are family members caring for older relatives supported by the legal and institutional framework, particularly when their care responsibilities affect employment, income, and continuity of social insurance contributions?
3. How are responsibilities distributed and coordinated among the state, local self-government units, and families, and what do the legal framework and available data reveal about the implementation of care policies and services?

The methodology is based primarily on a legal analysis of Albanian legislation governing social insurance, social care services, and employment relationships, together with an examination of relevant European standards and international academic literature. This analysis is complemented by official demographic data and an examination of social policy documents, to the extent that such materials are available and verifiable. International literature is used not only to identify potential policy approaches but also to engage with the debate on the most appropriate organisation of care, including public services, financial support for family caregivers, adjustments to working arrangements, and combinations of these mechanisms.

CHAPTER I. INTERGENERATIONAL SOLIDARITY IN AGEING SOCIETIES: FROM FAMILY RESPONSIBILITY TO SOCIAL PROTECTION

1.1. Demographic Ageing and the Reframing of the Issue of Solidarity

Demographic ageing is not merely a change in the age composition of the population. It affects the organisation of care, relationships between generations, and the way in which the costs of social protection are distributed. As the number of older persons increases, the issue extends beyond the financing of pension schemes to include the need for home-based services, community care, support for individuals experiencing a loss of autonomy, and measures that enable family members to reconcile employment with caregiving responsibilities.

In Albania, these developments are reflected in clear demographic data. According to the Institute of Statistics (INSTAT), the 2023 Population and Housing Census showed that people aged 65 and over accounted for 19.7% of the population, compared with 11.3% in 2011 and 7.5% in 2001. INSTAT attributes this change to low fertility rates, increased life expectancy, and the emigration of the population of reproductive age.[1] These figures demonstrate a demographic transformation, but they are not sufficient to determine the number of people who require long-term care or the number of family members who have left employment for this reason. This distinction is essential to legal analysis: demographic data identify potential pressures on the system, whereas an assessment of protection requires an examination of legal rights, available services, eligibility criteria, and implementation outcomes.

1.2. The Academic Debate: Who Should Bear the Burden of Care?

International literature offers different perspectives on the relationship between the family and the state. One tradition of welfare state scholarship, associated with Gøsta Esping-Andersen, examines how public institutions, markets, and families share responsibility for providing welfare.[2] This approach helps demonstrate that social protection depends not only on the level of monetary benefits but also on how services are organised and who performs the work of care.

A different perspective is offered by Mary Daly and Jane Lewis, who conceptualise social care as a domain in which the organisation of work, family relationships, and public policies

[1] INSTAT, Census of Population and Housing 2023, "*The Population Pyramid*", Instituti i Statistikave, Tiranë, https://www.instat.gov.al/en/statistical-literacy/the-population-pyramid/

[2] Gøsta Esping-Andersen, "*The Three Worlds of Welfare Capitalism*", Princeton University Press, Princeton, 1990, pg. 9-54

intersect.[3] From this perspective, care should not be viewed solely as a private relationship between parent and child. It is also an activity that requires time, resources, and institutional arrangements, while the way in which care responsibilities are distributed may generate economic and gender inequalities. These perspectives do not necessarily lead to the same conclusions. An approach that emphasises the role of the family may regard family care as an important source of solidarity and continuity between generations. By contrast, an approach centred on public responsibility highlights the risk that reliance on families may result in the transfer of costs from public institutions to individuals, particularly women and those with fewer economic resources. The issue, therefore, is not whether families should be excluded from caregiving. Rather, it is whether family care remains a genuine choice, supported by public services, or becomes a de facto obligation that forces caregivers to sacrifice their employment and economic security.

1.3. The Constitutional Framework and European Standards

In Albania, Article 52 of the Constitution provides for the right to social insurance in old age and in other cases prescribed by law. Article 59(1)(e) identifies care and assistance for older persons as a social objective of the state. Article 59(2) establishes the limits on the direct judicial enforceability of social objectives, except where otherwise provided by law.[4]

At the European level, Albania has ratified the Revised European Social Charter and accepted Article 23, which concerns the right of older persons to social protection.[5] This provision is particularly important because it links the protection of older persons not only to adequate income but also to the opportunity to remain active members of society for as long as possible and to access appropriate services. At the level of the European Union, Principle 18 of the European Pillar of Social Rights recognises the right to affordable and high-quality long-term care services, particularly home-based care and community services. This standard provides a useful reference point for discussions on care policies; however, it should not be presented as an EU provision that automatically and directly applies in Albania.[6] These instruments establish a framework for assessing social protection. Nevertheless, any conclusion as to whether the Albanian system provides effective protection must be grounded in an analysis of national legislation, institutional responsibilities, and evidence concerning implementation.

1.4. The Analytical Approach of the Paper

This paper examines intergenerational solidarity through three interrelated dimensions: the economic protection of older persons, the protection of family caregivers, and the allocation of responsibilities among the state, municipalities, and families. The central argument is that the quality of intergenerational solidarity should not be measured solely by the existence of pensions and social services, but also by the system's capacity to prevent situations in which the lack of available services places a disproportionate share of caregiving responsibilities on family members. This argument will be examined in the following chapters by distinguishing between the legal provisions in force, official data, and proposals for improving the existing framework.

---

[3] Mary Daly, Jane Lewis, "*The Concept of Social Care and the Analysis of Contemporary Welfare States*", The British Journal of Sociology, vol 51, no. 2, 2000, pg. 281–298, https://doi.org/10.1111/j.1468-4446.2000.00281.x.

[4] *Constitution of the Republic of Albania*, Articles 52 and 59, English-language text published by the Constitutional Court of the Republic of Albania, available at: https://www.gjk.gov.al/web/constitution_of_albania_1722.pdf.

[5] *Council of Europe*, Revised European Social Charter, Article 23 ("The Right of Older Persons to Social Protection"); Albania's ratification and status of accepted provisions, available at: https://www.coe.int/en/web/european-social-charter/albania.

[6] *European Commission,* European Pillar of Social Rights, Principle 18, "Long-term Care" (2017), available at: https://employment-social-affairs.ec.europa.eu/policies-and-activities/european-pillar-social-rights_en

CHAPTER II. THE PROTECTION OF OLDER PERSONS IN ALBANIA: FROM PENSIONS TO CARE SERVICES

2.1. Contributory Protection and the Social Pension

Law No. 7703, dated 11 May 1993, "On Social Insurance in the Republic of Albania," as amended, constitutes the principal legal basis for social insurance and pensions. Article 31 regulates the old-age pension, while Article 5/1 provides for the social pension for persons who meet the relevant statutory requirements.[7] These instruments aim to secure income in old age but operate according to different eligibility criteria. The contributory pension is linked to periods of insurance and statutory age requirements. The social pension, by contrast, seeks to provide support to categories of individuals who do not receive a pension under the compulsory social insurance scheme, provided that they satisfy the criteria established by law. Nevertheless, the existence of a pension does not necessarily mean that the needs of an older person have been fully met. Monetary income may be essential for subsistence, but it cannot replace assistance at home, personal care, or community-based services for individuals who have lost some degree of autonomy.

This highlights a fundamental distinction between income protection and protection through care. A system may provide a pension scheme while still facing unmet long-term care needs. The OECD report on social protection for long-term care demonstrates that, even in countries with well-developed systems, home-care services may leave individuals and families facing substantial out-of-pocket costs.[8] This international evidence does not establish that the same situation exists to the same extent in Albania. However, it illustrates why pension provision and care services should be assessed together.

2.2. Social Care Services and Institutional Responsibilities

Law No. 121/2016, "On Social Care Services in the Republic of Albania," as amended, establishes the framework for the organisation and provision of social care services.[9] These services include residential, community-based, and home-based forms of care. The law also recognises services that may provide temporary relief or replacement for caregivers. This aspect is particularly relevant to the subject of this paper. If the system recognises that family caregivers may need temporary relief, care is not treated exclusively as a private obligation but also as a need that may require institutional organisation and support. However, a distinction must be drawn between the legal existence of a category of service and its actual availability. To assess the effectiveness of protection, it is necessary to establish whether the service is available in the relevant municipality, what admission criteria apply, how many people benefit from it, and how many individuals in need remain without access to the service. This is why legal analysis must be complemented by administrative data and local social care plans. The statutory text alone can establish neither full implementation nor failure to implement the law.

2.3. The Right to Services and the Limits of Implementation

Legal protection does not end with the recognition of categories of services. It also encompasses application procedures, needs assessments, reasoned administrative decisions, and the possibility of appeal. When an older person applies for a service, it is necessary to examine whether the administrative decision has been made in accordance with the law and the applicable criteria. Where a service is unavailable in a particular locality, the legal question changes: it must be assessed whether the local authority has fulfilled its obligations concerning

---

[7] Republic of Albania, Law No. 7703, dated 11 May 1993, "*On Social Insurance in the Republic of Albania*," as amended, particularly Articles 5/1 and 31, Official Publications Centre, available at: https://qbz.gov.al/eli/ligj/1993/05/11/7703

[8] Tim Muir, Measuring Social Protection for Long-Term Care, OECD Health Working Papers, no. 93, OECD Publishing, Paris, 2017, https://doi.org/10.1787/a411500a-en.

[9] Republic of Albania, Law No. 121/2016, "On Social Care Services in the Republic of Albania," as amended, available at the Official Publications Centre : https://qbz.gov.al/alfresco/webdav/FZ/2016/236/fz-2016-236.pdf.

the identification of needs, service planning, and the allocation of funding. This distinction helps avoid two erroneous conclusions. On the one hand, not every instance of service unavailability automatically constitutes a violation of the law. On the other hand, formal compliance with planning obligations is not, in itself, sufficient to demonstrate effective protection.

2.4. Critical Assessment: Are Existing Mechanisms Sufficient?

At this point, international debate and the Albanian legal framework intersect. The OECD emphasises that long-term care protection should be assessed in light of individuals' actual needs and the costs that remain to be borne by individuals or families.[10] This approach suggests that an assessment of the Albanian system should not be limited to the number of pensioners or the formal existence of services, but should also examine the affordability, availability, and continuity of care. In Albania, such an assessment requires data on the number of beneficiaries of home-based and community care services, their distribution across municipalities, the number of rejected or unmet applications, and the costs borne directly by families. If these data are not available in a comparable form, this should be treated as a limitation of the available evidence rather than automatic proof that protection is absent. Ultimately, the Albanian legal framework contains instruments for income protection and the organisation of care. However, the extent to which these mechanisms complement one another must be assessed through their implementation and measurable outcomes.

CHAPTER III. FAMILY CAREGIVERS BETWEEN FAMILY RESPONSIBILITY, EMPLOYMENT, AND SOCIAL INSURANCE

3.1. Informal Care and the Risk of Transferring Costs to Families

Informal care encompasses assistance provided by family members and other close individuals who are not necessarily engaged in a formal employment relationship within the care sector. It can be an important source of support for older persons, but it also entails costs that are not fully reflected in public expenditure, including time, lost income, reduced employment opportunities, and long-term consequences for caregivers' economic security. In its report Supporting Informal Carers of Older People, the OECD emphasises that informal caregiving may constrain participation in the labour market and that support policies should aim to enable caregivers to combine employment with their caregiving responsibilities.[11] From this perspective, supporting caregivers is not merely a matter of individual well-being; it is also connected to the sustainability of labour supply and the distribution of care costs between families and public institutions. Nevertheless, financial compensation for family care also raises important dilemmas. A scheme that provides financial support to caregivers may alleviate their economic burden. However, if it is not accompanied by public services and opportunities to return to employment, it may reinforce families' long-term dependence on unpaid care. This concern is particularly relevant in societies where caregiving responsibilities may be distributed unequally between women and men. Consequently, the solution should not be sought solely through payments to caregivers. A combination of measures should be considered, including professional care services, home-based care, leave arrangements, flexible working hours, and protection of social insurance rights.

3.2. Protection of Caregivers under Albanian Labour Legislation

The Labour Code of the Republic of Albania, Law No. 7961, dated 12 July 1995, as amended, regulates rights and obligations arising from employment relationships, including the types of

[10] Rocard, Eileen, and Ana Llena-Nozal, "*Supporting Informal Carers of Older People*: *Policies to Leave No Carer*" Behind, OECD Health Working Papers, No. 140, OECD Publishing, Paris, 2022, https://doi.org/10.1787/0f0c0d52-en. See particularly the sections on combining work and caregiving, leave arrangements, financial support, and social insurance coverage.

[11] *See for more*: Supporting Informal Carers of Older People: "*Policies to Leave No Carer Behind"*, OECD Health Working Papers, No. 140, OECD Publishing, Paris, 2022,

leave available in specified circumstances.[12] However, for the purposes of this paper, it is essential to establish whether the legislation provides a clear and general entitlement to long-term paid leave for employees caring for an older parent. Not every form of leave for family-related circumstances should be equated with a right to be absent from work for extended periods to care for an older person. The applicability of a legal provision depends on its purpose, the categories of persons covered, its duration, and the conditions established by law. Similarly, flexible working arrangements or unpaid leave may depend on statutory provisions, the relevant agreement, or the circumstances of the employment relationship. For this reason, the final analysis must distinguish between: 1. rights arising directly from legislation; 2. options that may be available through an agreement with the employer; 3. proposals for establishing specific protection for long-term caregivers. This distinction is necessary to avoid the inaccurate claim that Albanian legislation either guarantees comprehensive protection or provides no form of protection whatsoever.

3.3. The Impact of Long-Term Care on Social Insurance

A further issue concerns continuity of social insurance coverage. Law No. 7703/1993, as amended, establishes the contributory scheme and provides for the possibility of voluntary insurance, subject to statutory conditions. However, these provisions do not automatically mean that time spent caring for an older parent is recognised as an insurance period.[13] If a caregiver reduces working hours or leaves employment, the consequences depend on their employment status, contributions paid, and eligibility to continue insurance under the applicable rules. The theoretical availability of voluntary insurance does not necessarily resolve the problem, since a person who has lost employment income may also struggle to afford the contributions.

Comparative literature shows that some countries have developed mechanisms for recognising certain periods of caregiving when calculating pension entitlements, usually subject to specific conditions.[14]These models may provide a starting point for analysing potential reforms, but they should not be presented as a universal standard or as solutions that can be transferred without considering the financing, administration, and specific characteristics of the Albanian system. The legal question, therefore, is whether sufficient mechanisms exist to prevent long-term caregiving from becoming a source of economic disadvantage for caregivers. Answering this question requires an examination of the applicable legal provisions and evidence concerning the actual consequences for employment and social insurance.

3.4. The International Debate: Financial Support or Public Services?

International literature does not endorse a single model of family care. Countries adopt different approaches, ranging from direct financial compensation for informal caregivers and cash benefits paid to care recipients to the provision of formal care services. These arrangements also differ in the extent to which they protect caregivers' social security and future pension

---

[12] Republic of Albania, Law No. 7961, dated 12 July 1995, "*Labour Code of the Republic of Albania*," as amended, text published by the Official Publications Centre , available at: https://qbz.gov.al/alfresco/webdav/Botime%20Zyrtare/Kodet/Kodi%20i%20punes%20-LIGJ-%202024.

[13] Albanian legislation is based on the principle of direct contributions or on specific legally recognised periods treated as equivalent insurance periods (e.g., periods of compulsory military service, periods during which unemployment benefits are received, or maternity leave). Informal or home-based care for an elderly family member is not automatically recognised as an insurance period (pensionable service) for pension purposes.
To have this period count towards pension entitlement, the person providing care must make use of the voluntary social insurance scheme. Under this scheme, the individual enters into an agreement with the Social Insurance Institute (ISSH) and pays the relevant contributions personally for the period concerned, thereby having that period recognised as an insurance period for pension purposes. See: Social Insurance Institute (ISSH), Voluntary Social Insurance

[14] See for more ; Eileen Rocard dhe Ana Llena-Nozal, Supporting Informal Carers of Older People: "*Policies to Leave No Carer Behind*", OECD Health Working Papers, nr. 140, OECD Publishing, Paris, 2022, https://doi.org/10.1787/0f0c0d52-en

entitlements.[15] One approach emphasises financial compensation and recognition of caregivers' contributions. Another cautions that poorly designed or insufficiently regulated cash benefits may increase dependence on family-based care, discourage the development of formal care services, or trap caregivers in low-paid informal roles, thereby limiting their participation in paid employment.[16]

The OECD argues that effective support should extend beyond monetary transfers to include care leave, flexible working arrangements, counselling, training, and respite care services.[17] This shifts the debate from the question "Should family caregivers be paid?" to the broader question: "How can caregivers be protected without making family care the only alternative to public services?"

This debate is particularly relevant to Albania. Evidence on the Albanian long-term care system highlights the central role of family caregivers and the challenges older persons face in accessing affordable formal care.[18] Where public services are unavailable or insufficient to meet an older person's needs, families may be compelled to assume a substantial share of the care responsibility. If caregivers lack appropriate mechanisms to maintain employment and preserve their contributory rights, part of the cost of the care system may effectively be transferred to them. This remains a risk requiring further empirical verification, rather than a conclusion that can be drawn solely from international literature.

3.5. Addressing the Second Research Question

An analysis of labour and social insurance legislation should establish whether family members caring for older persons have clear and enforceable rights to leave, workplace flexibility, and continuity of social insurance coverage. If these mechanisms are partial, conditional, or insufficient to address long-term caregiving, the need for supplementary measures should be examined. To establish whether family caregivers are, in practice, left without adequate protection, evidence is needed on individuals who reduce their working hours or leave employment because of caregiving responsibilities, their periods of social insurance coverage, and their access to public care services. Without such evidence, the most accurate conclusion is that integrated protection for family caregivers constitutes an important issue requiring further analysis, rather than that the extent of the protection gap has already been demonstrated.

CHAPTER IV. INSTITUTIONAL COORDINATION AND POTENTIAL PROTECTION GAPS: TOWARDS AN INTEGRATED CARE MODEL

4.1. The Responsibilities of the State and Municipalities in Organising Care

The effectiveness of long-term care depends not only on the recognition of social rights, but also on the institutional capacity to identify needs, organise services, allocate resources, and monitor outcomes. In Albania, the legal framework establishes responsibilities at both central and local levels. Law No. 121/2016 on Social Care Services, assigns municipalities a central

---

[15] Rocard, E., & Llena-Nozal, A. (2022). *Supporting Informal Carers of Older People: Policies to Leave No Carer Behind*. OECD Health Working Papers, No. 140. Paris: OECD Publishing, pp. 36–43 and 60–61, particularly the discussion of financial support, social security coverage, and pension entitlements. https://doi.org/10.1787/0f0c0d52-en

[16] Colombo, F., Llena-Nozal, A., Mercier, J., & Tjadens, F. (2011). "*Help Wanted? Providing and Paying for Long-Term Care*". OECD Health Policy Studies. Paris: OECD Publishing, pp. 21–23 and 135–137. See particularly the discussion of the risks that cash benefits may create dependence on the care recipient, discourage the development of formal care services, and trap family caregivers in low-paid roles. https://doi.org/10.1787/9789264097759-en

[17] Rocard, E., & Llena-Nozal, A. (2022), pp. 27–35 and 45–51. These sections examine counselling and training, respite care, care leave, and flexible working arrangements for informal caregivers. https://doi.org/10.1787/0f0c0d52-en

[18] United Nations Development Programme (UNDP) Albania. (2025). Aging in Albania: Insights into Long-Term Care for Older Adults, pp. 8–12 and 44–51, particularly the findings on reliance on family care, barriers to formal care, and the challenges faced by family caregivers. https://www.undp.org/albania/publications/aging-albania-insights-long-term-care-older-adults-202

role in identifying and assessing needs, preparing local social plans, programming local budgets, planning social care services, and coordinating with the State Social Service. Article 37 further assigns municipal social workers responsibilities relating to the verification of individual and family circumstances, the preparation of care plans, the monitoring of cases, and the collection of information and statistics. It also requires the maintenance of registers of beneficiaries of social care services.[19]

These provisions are important because they demonstrate that the Albanian legal framework does not lack institutional responsibilities or local mechanisms for recording beneficiaries. However, a register of people who already receive or formally enter the social care system is not necessarily equivalent to an integrated national register capable of identifying the wider population with long-term care needs, including those whose needs remain unmet. The distinction is particularly relevant for older persons who remain at home, depend exclusively on unpaid family care, or do not enter the formal service application process. Their needs may not be fully reflected in administrative records of existing service users. Consequently, the central institutional challenge is to connect the identification duties and local registers already provided for by law with a more comprehensive system for assessing needs, monitoring access, and identifying gaps in care provision.

4.2. Planning and Funding: The Significance of Council of Ministers Decision No. 224/2024

The financing framework provides a further basis for examining the relationship between legal obligations and practical implementation. Council of Ministers Decision No. 224 of 9 April 2024 establishes a methodology for calculating funding for social care services through the Social Fund. It requires local authorities to collect and analyse demographic information, the characteristics of vulnerable groups, the services already available, the number of beneficiaries, and existing financing arrangements. Local social plans are expected to identify existing and proposed services, their costs, and their respective funding sources. Financing applications at municipal level are also designed to cover a three-year period.[20] This framework offers a basis for linking public expenditure to assessed needs and local service priorities. Its practical effectiveness, however, depends on the completeness, comparability, and regular updating of the information used in planning. Where the number of people requiring care, the unmet demand for services, or the position of informal caregivers is not adequately documented, planning and resource allocation may not fully reflect the actual social burden.

The relevant issue, therefore, is not simply whether a funding mechanism exists. It is whether the mechanism is supported by sufficiently comprehensive evidence and whether funding decisions respond to the differences between municipalities in demographic structure, dependency levels, geographical isolation, and service capacity. Strengthening the implementation of Decision No. 224/2024 should consequently involve more systematic reporting on assessed care needs, waiting lists, rejected or unfulfilled applications, and the coverage of home-based and community services. These indicators would make it easier to assess whether public financing is reaching areas where the need for care is greatest.

4.3. European Standards and the Scope for Comparison

European standards provide a useful reference point for evaluating the development of Albania's long-term care system. Article 23 of the Revised European Social Charter, which Albania has accepted, concerns the right of older persons to social protection. It provides a

[19] Republic of Albania, Law No. 121/2016, dated 24 November 2016, "*On Social Care Services in the Republic of Albania,*" as amended by Law No. 99/2024. See, in particular, Articles 3, 12, 21–23, 36 and 37. Updated text available from the Official Publications Centre : https://qbz.gov.al/alfresco/api/-

[20] Council of Ministers of the Republic of Albania. (2024). Decision No. 224, dated 9 April 2024, "*On the methodology for calculating funding for social care services',* Official Publications Centre https://qbz.gov.al/eli/vendim/2024/04/09/224

relevant normative basis for examining their access to adequate resources, services, and support that enables them to remain active members of society.[21]

The European Pillar of Social Rights, particularly Principle 18 on long-term care, and the Council Recommendation of 8 December 2022 on access to affordable high-quality long-term care also offer useful policy benchmarks. They emphasise access to affordable and quality care, the development of home-based and community-based services, and the need to consider the position of informal caregivers. These European Union policy instruments do not automatically create directly enforceable rights in Albania; rather, they can inform policy development, comparative analysis, and the gradual alignment of national arrangements with European standards.[22] From this perspective, a modern long-term care system should be assessed not only by the number of residential institutions or the existence of statutory services, but also by the ability of individuals to obtain appropriate support before their needs become a crisis. It should also be assessed by whether families can provide care without being exposed to disproportionate economic insecurity or long-term exclusion from employment and social insurance.

4.4. Assessing Potential Protection Gaps in Albania: Available Evidence and Statistical Limitations

Available evidence highlights significant challenges in access to long-term care and the reliance on informal family support. The UNDP study *Ageing in Albania (2025): Insights into Long-Term Care for Older Adults*, based on research involving 790 households with older persons, found that 48% of older persons surveyed were independent or minimally dependent, 28% were partially dependent, and 24% were highly dependent. The study also reported that approximately 13% had no caregiver, while 84% considered private care unaffordable.[23] These findings illustrate the diversity of care needs and the financial barriers that may limit access to support. A further concern is the availability of integrated administrative data. Although Albanian legislation provides for the identification of people in need and the maintenance of local registers of social care beneficiaries, the publicly available evidence reviewed for this paper does not establish the existence of a comprehensive national system integrating information on all older persons requiring long-term care, unmet needs, services received, and family caregivers.[24] This should not be interpreted as evidence that local identification mechanisms or administrative records do not exist; rather, it points to a potential gap in the integration and comprehensiveness of national information.

The lack of comparable data makes it more difficult to assess service coverage, identify territorial inequalities, and allocate funding according to actual needs. Any integrated system should also comply with personal data protection legislation, particularly when processing health-related information.[25] Accordingly, the principal concern is the ability of existing legal and institutional mechanisms to identify needs systematically and translate them into accessible services.

---

[21] Council of Europe, "*Albania and the European Social Charter*"; Article 23 of the Revised European Social Charter.

[22] Council of the European Union. (2022). Council Recommendation of 8 December 2022, " *On access to affordable high-quality long-term care*" (2022/C 476/01). Official Journal of the European Union, C 476, 1–11. EUR-Lex.

[23] United Nations Development Programme (UNDP). (2026). "*Ageing in Albania (2025): Insights into Long-Term Care for Older Adults"*.

[24] United Nations Development Programme (UNDP) Albania. (2025, September 18). "*Transforming elderly care in Albania.*" UNDP Albania https://www.undp.org/albania/stories/transforming-elderly-care-albania?

[25] Republic of Albania, Law No. 124/2024, "*On the Protection of Personal Data*." See also the Commissioner for the Right to Information and Protection of Personal Data, Instruction No. 2, dated 30 April 2025, "On the Protection of Personal Health Data." Official Publications Centre : https://qbz.gov.al/eli/udhezim/2025/04/30/2

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS FOR DEVELOPING THE LEGAL AND INSTITUTIONAL FRAMEWORK

The analysis suggests that Albania's main challenge is not simply the absence of legislation on social care. The current framework allocates responsibilities to municipalities, provides for local assessments and beneficiary registers, and establishes a funding mechanism through the Social Fund. The more specific question is whether these elements operate in a sufficiently coordinated and evidence-based manner to identify needs, ensure access to services, and support family caregivers.

Four priorities emerge from this assessment: *First,* an integrated national long-term care information system should be developed. Rather than replacing the registers already required by law, it should connect them through common definitions and reporting standards. It should record assessed care needs, levels of dependency, applications and their outcomes, waiting lists, services received, and unmet demand. Information on family caregivers should be collected where relevant and proportionate, with appropriate safeguards for personal data. The system should initially be developed through cooperation between selected municipalities, the State Social Service, and relevant health and social protection institutions, with a view to gradual nationwide integration.

Second, local planning and financing should be more closely linked to assessed needs and service gaps. The implementation of Decision No. 224/2024 should be supported by comparable annual indicators, including the number of older persons assessed as needing care, the coverage of home-based and community services, applications that remain unfulfilled, and waiting times for residential care. Funding decisions should take account of demographic structure, dependency, poverty, rural isolation, and existing service capacity. Municipalities should publish periodic reports on the services available and the needs that remain unmet.

Third, the legal and institutional position of family caregivers should be reviewed**.** The law should distinguish clearly between family caregivers who provide sustained, unpaid care and personal assistants who qualify under existing disability support schemes. A review of labour and social insurance legislation should consider options such as dedicated care leave, flexible working arrangements, caregiver training, and mechanisms for protecting pension contribution continuity during formally assessed periods of intensive care. These measures should be designed with clear eligibility criteria and an assessment of their fiscal and administrative implications; they should not be treated as entitlements already guaranteed by current law.

Fourth, home-based and community-based services should be expanded as part of a coordinated model of care. Priority should be given to services that enable older persons to remain safely in their homes for as long as possible, including personal assistance, day-care services, respite support for caregivers, and specialised services for people with high dependency needs. This approach should be accompanied by training and support for the care workforce and clearer coordination between municipal social services, health professionals, and residential providers. Progress should be evaluated annually through indicators covering service availability, assessed and unmet needs, waiting lists, access to caregiver support, municipal expenditure, and the quality of care. Such monitoring would help distinguish shortcomings in legal design from problems of funding, institutional capacity, or implementation.

Ultimately, intergenerational solidarity should not mean that families are expected to absorb the costs of long-term care without sufficient support. Nor should the formal recognition of social care services be treated as proof that those services are available to everyone who needs them. A sustainable model requires coordinated public responsibility, reliable information, accessible services, and a legal framework that recognises the interdependence between the protection of older persons and the economic security of those who care for them.

Legal and Institutional Sources

- Constitution of the Republic of Albania
- Republic of Albania, Law No. 7703, dated 11 May 1993, *"On Social Insurance in the Republic of Albania,"* as amended
- Republic of Albania, Law No. 121/2016, *"On Social Care Services in the Republic of Albania"*
- Republic of Albania, Law No. 7961, dated 12 July 1995, *"Labour Code of the Republic of Albania,"* as amended
- Republic of Albania, Law No. 124/2024, "*On the Protection of Personal Data*"
- Council of Ministers of the Republic of Albania, Decision No. 224, dated 9 April 2024, *"On the Methodology for Calculating Funding for Social Care Services"*
- Council of Europe, *Revised European Social Charter*
- European Commission, *European Pillar of Social Rights*, Principle 18, "Long-Term Care."
- Council of the European Union, *Council Recommendation of 8 December 2022 on Access to Affordable High-Quality Long-Term Care*, 2022/C 476/01.
- INSTAT (Institute of Statistics, Albania), *Population and Housing Census 2023*
- United Nations Development Programme (UNDP). (2026). "Ageing in Albania (2025): *Insights into Long-Term Care for Older Adults*".
- United Nations Development Programme (UNDP) Albania. (2025, September 18). "*Transforming elderly care in Albania.*"

Academic Literature

- Colombo, F., Llena-Nozal, A., Mercier, J., & Tjadens, F. (2011). "*Help Wanted? Providing and Paying for Long-Term Care".* OECD Health Policy Studies. Paris: OECD Publishing,
- Daly, M., & Lewis, J. (2000). "*The concept of social care and the analysis of contemporary welfare states"*, *The British Journal of Sociology,* https://doi.org/10.1111/j.1468-4446.2000.00281.x
- Esping-Andersen, G. (1990). "*The Three Worlds of Welfare Capitalism"*, Princeton University Press.
- Muir, T. (2017). "*Measuring Social Protection for Long-Term Care",* OECD Health Working Papers, No. 93. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/a411500a-en
- Rocard, E., & Llena-Nozal, A. (2022). "*Supporting Informal Carers of Older People: Policies to Leave No Carer Behind*." OECD Health Working Papers, No. 140. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/0f0c0d52-en
- Frericks, P. (2023). "*Family-provided long-term care and its coverage in European pension systems*". *Journal of Family Research*. https://doi.org/10.20377/jfr-865

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS), GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS (GNSS) AND MAP-BASED TECHNOLOGIES IN AGRICULTURAL SPRAYING SYSTEMS

TARIMSAL İLAÇLAMA SİSTEMLERİNDE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS), KÜRESEL NAVİGASYON UYDU SİSTEMLERİ (GNSS) VE HARİTA TABANLI TEKNOLOJİLER

Keziban YALÇIN DOKUMACI
Assis. Prof. Dr., Selçuk University, Agricultural Faculty, Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering, Konya.
Alihan GÜNDOĞDU
Önallar Agricultural Machinery Inc. and Design Center, Organized Industrial Zone, 42050, Konya, Türkiye
ORCID: 0009-0003-1789-5584

Agricultural spraying is one of the most input-intensive operations in crop production and is of critical importance due to its potential environmental impacts. Conventional spraying practices, in which a uniform application rate is applied across the entire field without considering within-field spatial variability, may result in unnecessary pesticide use, economic losses, and increased chemical loading in non-target areas. This review comprehensively evaluates the current state of Geographic Information Systems (GIS), Global Navigation Satellite Systems (GNSS), and map-based technologies used in agricultural spraying systems. A structured literature search covering the period from 2006 to 2025 was conducted across seven bibliographic databases, resulting in the selection of 23 core studies. These studies were classified into five thematic categories: (i) GNSS-assisted guidance and automatic section control in field sprayers, (ii) GIS–GNSS integration and agricultural management mapping, (iii) map- and prescription-based variable rate application (VRA), (iv) unmanned aerial vehicle (UAV)-based mapping, and (v) autonomous and intelligent spraying systems. The literature indicates that GNSS-assisted guidance systems integrated with automatic section control can substantially reduce spray overlap and untreated areas, while real-time kinematic (RTK) positioning systems can provide centimeter-level positioning accuracy. Application or prescription maps generated through GIS analyses and UAV-based multispectral imagery enable site-specific herbicide applications according to weed density and spatial distribution, with pesticide savings of up to 85% reported in the literature compared with conventional whole-field applications. Three-dimensional prescription mapping further extends the scope of variable rate spraying, particularly in orchards and vineyards, by enabling application rates to be determined according to canopy volume and vegetation structure rather than solely on the basis of ground area. Robotic and self-propelled autonomous spraying platforms integrate GNSS, GIS, sensor technologies, and machine-learning-based perception systems, thereby contributing to reduced pesticide use and lower operator exposure to chemicals. Nevertheless, high initial investment costs, closed and incompatible data formats, insufficient regional coverage of RTK correction services, and spatial discrepancies between planned application locations in prescription maps and actual field application locations remain major barriers to widespread adoption. In conclusion, the development of interoperable prescription-generation and application workflows based on open data formats, together with the wider implementation of field-validated real-time decision support systems, emerges as a key research priority for the advancement of agricultural spraying technologies.

Keywords: Precision agriculture, GNSS, GIS, map-based spraying; prescription map, variable rate application, UAV, autonomous spraying.

ÖZET

Tarımsal ilaçlama, bitkisel üretimde girdi kullanımının yoğun olduğu ve çevresel etkileri açısından kritik öneme sahip tarımsal uygulamalardan biridir. Tarla içi mekânsal değişkenlik dikkate alınmaksızın tüm alana sabit doz uygulanan geleneksel ilaçlama yöntemleri, gereksiz pestisit kullanımına, ekonomik kayıplara ve hedef dışı alanlarda kimyasal yükün artmasına neden olabilmektedir. Bu çalışmada, tarımsal ilaçlama sistemlerinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS) ve harita tabanlı teknolojilerin mevcut durumu kapsamlı olarak değerlendirilmiştir. 2006–2025 yıllarını kapsayan ve yedi bibliyografik veri tabanında gerçekleştirilen yapılandırılmış literatür taraması sonucunda 23 temel çalışma belirlenmiş ve bu çalışmalar beş tematik başlık altında sınıflandırılmıştır: (i) tarla pülverizatörlerinde GNSS destekli yönlendirme ve otomatik seksiyon kontrolü, (ii) CBS–GNSS entegrasyonu ve tarımsal yönetim haritalarının oluşturulması, (iii) harita ve reçete tabanlı değişken oranlı uygulama (VRA), (iv) insansız hava aracı (İHA) tabanlı haritalama ve (v) otonom ve akıllı ilaçlama sistemleri. Literatür bulguları, otomatik section kontrolüyle bütünleştirilen GNSS destekli yönlendirme sistemlerinin ilaçlama sırasında oluşan bindirme ve ilaçlanmamış alanları önemli ölçüde azalttığını, gerçek zamanlı kinematik (RTK) konumlandırma sistemlerinin ise santimetre düzeyinde konum doğruluğu sağlayabildiğini göstermektedir. CBS analizleri ve İHA tabanlı multispektral görüntüler kullanılarak oluşturulan uygulama veya reçete haritaları, yabancı ot yoğunluğu ve mekânsal dağılımına bağlı olarak alana özgü herbisit uygulamalarının gerçekleştirilmesine olanak sağlamakta ve geleneksel tüm alan uygulamalarına kıyasla literatürde %85'e varan pestisit tasarrufu bildirilmektedir. Üç boyutlu reçete haritalama yaklaşımları ise özellikle meyve bahçeleri ve bağlarda, uygulama normunun yalnızca birim zemin alanına göre değil, bitki taç hacmi ve vejetasyon yapısına göre belirlenmesine olanak sağlayarak değişken oranlı ilaçlamanın kapsamını genişletmektedir. Robotik ve kendinden tahrikli otonom ilaçlama platformları da GNSS, CBS, sensör teknolojileri ve makine öğrenmesi tabanlı algılama sistemlerini bütünleştirerek pestisit kullanımının azaltılmasına ve operatörün kimyasallara maruz kalma riskinin düşürülmesine katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte, yüksek ilk yatırım maliyetleri, kapalı ve birbiriyle uyumsuz veri formatları, RTK düzeltme hizmetlerinin her bölgede yeterli kapsama sahip olmaması ve reçete haritalarında planlanan uygulama konumları ile sahada gerçekleştirilen gerçek uygulama konumları arasındaki mekânsal sapmalar, bu teknolojilerin yaygın kullanımını sınırlandıran başlıca faktörlerdir. Sonuç olarak, farklı sistemler arasında veri alışverişini mümkün kılan birlikte çalışabilir ve açık veri formatlarına dayalı reçete oluşturma ve uygulama iş akışlarının geliştirilmesi ile sahada doğrulanmış gerçek zamanlı karar destek sistemlerinin yaygınlaştırılması, tarımsal ilaçlama teknolojileri açısından öncelikli araştırma alanları olarak öne çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hassas tarım, GNSS, CBS, harita tabanlı ilaçlama, reçete haritası, değişken oranlı uygulama, İHA, otonom ilaçlama.

1. Introduction

Population growth, the finite availability of arable land and water, and increasingly stringent environmental sustainability requirements have made efficiency and control in agricultural production processes a necessity rather than an option. Crop protection is central to this challenge: plant protection products represent a significant share of variable production costs and are simultaneously the input with the greatest potential for off-target environmental impact. In conventional crop production, spraying operations are generally carried out uniformly across the entire field surface. Because pest pressure, weed density, disease incidence, soil properties and canopy structure are rarely uniform within a field, this approach simultaneously over-applies chemicals in low-pressure zones and under-applies them in high-pressure zones. The result is a dual penalty: unnecessary expenditure and environmental loading on one hand, and

inadequate control on the other. Precision agriculture technologies, which aim to deliver inputs at the right time, in the right amount and in the right place, have therefore gained substantial importance in recent years.

Geographic Information Systems (GIS), Global Navigation Satellite Systems (GNSS) and remote sensing technologies form the technical foundation of precision agriculture. Together they allow within-field variability to be identified, quantified and georeferenced, so that regionally differentiated spraying strategies can be developed. These technologies are particularly valuable for the spatial analysis of plant disease and pest distributions, which in turn enables variable rate application (Roberts et al., 2021). More recently, map-based spraying systems have brought spatial data directly into the decision-making chain, and the level of automation in spraying operations has increased accordingly. The integration of GIS and GNSS has consequently become one of the defining components of modern agricultural spraying systems (Akgül et al., 2023).

1.1. Research gap and aim of the review

A considerable body of literature addresses individual components of this technology stack, such as GNSS guidance, prescription mapping, UAV remote sensing and robotic spraying, but these components are usually examined in isolation. Reviews focused on UAV applications (Tsouros et al., 2019) or on machine learning in autonomous spraying (Toscano et al., 2025) provide depth within their respective domains, yet the operational chain that connects positioning, spatial analysis, map generation and machine actuation is rarely treated as a single system. This matters in practice, because the performance of a site-specific spraying operation is determined by the weakest link in that chain rather than by the sophistication of any one component.

The aim of this review is therefore to synthesize, within a single framework, the GIS, GNSS and map-based technologies used in agricultural spraying, and to trace the complete workflow from data acquisition through prescription map generation to field execution. Specifically, the review seeks to: (i) describe the contribution of GNSS positioning and automatic section control to application accuracy; (ii) examine how GIS–GNSS integration supports management mapping and spatial decision support; (iii) evaluate prescription mapping methods, including artificial-intelligence-assisted and three-dimensional approaches; (iv) assess the role of UAV-based remote sensing in generating operational maps; (v) review autonomous and intelligent spraying platforms; and (vi) identify the technical, economic and institutional constraints that currently limit adoption.

2. Materials and Methods

This study was conducted as a structured narrative review of the peer-reviewed literature on GIS, GNSS and map-based technologies in agricultural spraying systems.

2.1. Data sources and search strategy

Seven bibliographic sources were searched: Web of Science, Scopus, ScienceDirect, MDPI, SpringerLink, Wiley Online Library and DergiPark, supplemented by Google Scholar for citation chaining. The search covered publications from 2006 to 2025 inclusive. The lower bound was set at 2006 to capture the foundational economic analyses of automatic boom control (Batte & Ehsani, 2006), which mark the point at which GNSS-based section control entered commercial practice.

Search strings combined terms from three groups using Boolean operators: *positioning and mapping* ("GNSS" OR "GPS" OR "RTK" OR "GIS" OR "geographic information system" OR "remote sensing" OR "UAV" OR "drone"); *application technology* ("sprayer" OR "spraying" OR "pesticide application" OR "herbicide application" OR "variable rate application" OR "section control" OR "prescription map"); and *context* ("precision agriculture" OR "site-specific" OR "smart farming"). Turkish equivalents were used for the DergiPark search.

2.2. Inclusion and exclusion criteria

Studies were included if they (i) were published in a peer-reviewed journal, as a conference paper or as an institutional extension publication; (ii) reported original experimental, modelling or systematic review work; (iii) addressed positioning, mapping or automated actuation specifically in the context of plant protection product application; and (iv) were available in full text in English or Turkish. Studies were excluded if they addressed fertilizer or irrigation application without transferable relevance to spraying, if they were commercial or trade publications without peer review, or if methodological detail was insufficient to evaluate the reported outcomes. Non-peer-reviewed web sources were excluded from the citation base entirely.

2.3. Screening and thematic organization

Records were screened first by title and abstract and subsequently by full text. Twenty-three studies met all criteria and constitute the evidence base of this review. These were assigned to five thematic clusters: GNSS guidance and section control; GIS–GNSS integration; map-based and prescription-driven application; UAV-based mapping; and autonomous platforms. These clusters correspond to Sections 3 through 6. Where a study contributed to more than one cluster it was discussed in each relevant section. Findings were synthesized qualitatively; the heterogeneity of experimental designs, crops, machinery configurations and reporting metrics across the included studies precluded quantitative meta-analysis.

3. GNSS and GIS Technologies in Agricultural Spraying

3.1. Global Navigation Satellite Systems on sprayers

Satellite positioning is one of the fundamental components of precision agriculture and, in agricultural spraying machinery in particular, improves application efficiency substantially by increasing positional accuracy. GNSS technology allows the position of a sprayer within the field to be determined in real time, so that spraying operations can be carried out in a more controlled, planned and target-oriented manner. This contributes both to a reduction in production costs and to the minimization of environmental impacts.

One of the most important advantages of GNSS-assisted spraying machinery is the reduction of application errors such as overlap and skip. In conventional spraying, operator-dependent steering errors mean that some areas receive more chemical than required while others receive an insufficient dose. GNSS-based guidance systems and automatic boom control technologies allow the effective application width to be controlled precisely and application accuracy to be increased. Batte and Ehsani (2006) demonstrated that the economic return on automatic boom control derives primarily from the elimination of double-treated headland and point-row areas, and that the benefit scales with field irregularity. This is an important qualification, since the payback period on regularly shaped fields is considerably longer. Figure 1 summarizes the core components of GNSS-based spraying technology (Figure 1a), the operating logic of automatic section control (Figure 1b), the horizontal accuracy attainable with different positioning solutions (Figure 1c) and the reduction of overlap and skip achieved through GNSS guidance (Figure 1d).

The effectiveness of GNSS-based automatic steering in spraying operations has also been evaluated under field conditions in Türkiye. Topçueri and Keskin (2019) reported that auto-steering systems reduce operator-induced lateral deviation during spraying passes and improve the consistency of swath placement, with the magnitude of improvement depending on the correction service used and on operator experience with manual guidance.

In modern spraying machinery, GNSS technology is generally used in combination with automatic steering systems, section control systems and variable rate application. Section control allows individual segments of the boom to be activated only where treatment is required, and to close automatically over areas that have already been treated (Figure 1b). This yields chemical savings and reduces the risk of phytotoxicity arising from double application. Koç et

al. (2023) developed a low-cost wireless control kit for field sprayers in which nozzles on a 24 m boom were opened and closed in groups on the basis of GNSS position data, using an electronic control unit and an Android application communicating over Bluetooth. Their work is notable for demonstrating that section control functionality can be retrofitted to existing machinery at modest cost, which is relevant to the adoption constraints discussed in Section 8. GNSS technology can also operate in an integrated manner with electronic control systems that adjust the flow rate according to the forward speed of the tractor. Through sensors, flow meters and electronic control units, the application rate per unit area is held constant and dosing errors arising during operation are minimized. Akgül et al. (2023) developed a GNSS-assisted proportional controller unit for agricultural spraying and reported that such systems can reduce application rate error to low levels, achieving high accuracy in precision dosing applications.
Beyond machine control, GNSS plays an important role in decision support processes such as the delineation of field boundaries, the mapping of problem areas, and the identification of disease and pest hotspots. Spraying can thus be directed only to the areas that require treatment, producing significant savings in chemical use. High-accuracy positioning systems such as RTK-GNSS now provide centimeter-level accuracy (Figure 1c), further increasing the effectiveness of precision spraying. Sanchez and Zhang (2023) combined vision-based velocity estimation with variable time delays to compensate for the latency between target detection and nozzle actuation, addressing a source of positional error that persists even when the underlying GNSS solution is accurate. The positioning accuracy required differs markedly between field operations, and variable rate spraying is among the most demanding (Table 1).

Table 1. Positioning accuracy requirements by field operation type.

Field operation	Required positioning accuracy
Sampling (soil / plant) survey	100–1000 m
Variable rate fertilization	30–50 m
Yield survey	10–15 m
Variable rate spraying	1–1.5 m
Seedbed preparation	5 cm

Note: Redrawn from the source used in the original manuscript; the original source must be cited here. (Nie et al.,2021).

Automatic navigation is increasingly being extended from open-field machinery to perennial cropping systems. Yue et al. (2024) designed a GNSS-based automatic navigation and operation system for a crawler-mounted orchard sprayer, demonstrating that satellite guidance can be applied in the confined and partially obstructed environment of orchard alleys, where canopy interference degrades signal quality and where accurate row-following is required for uniform canopy coverage.

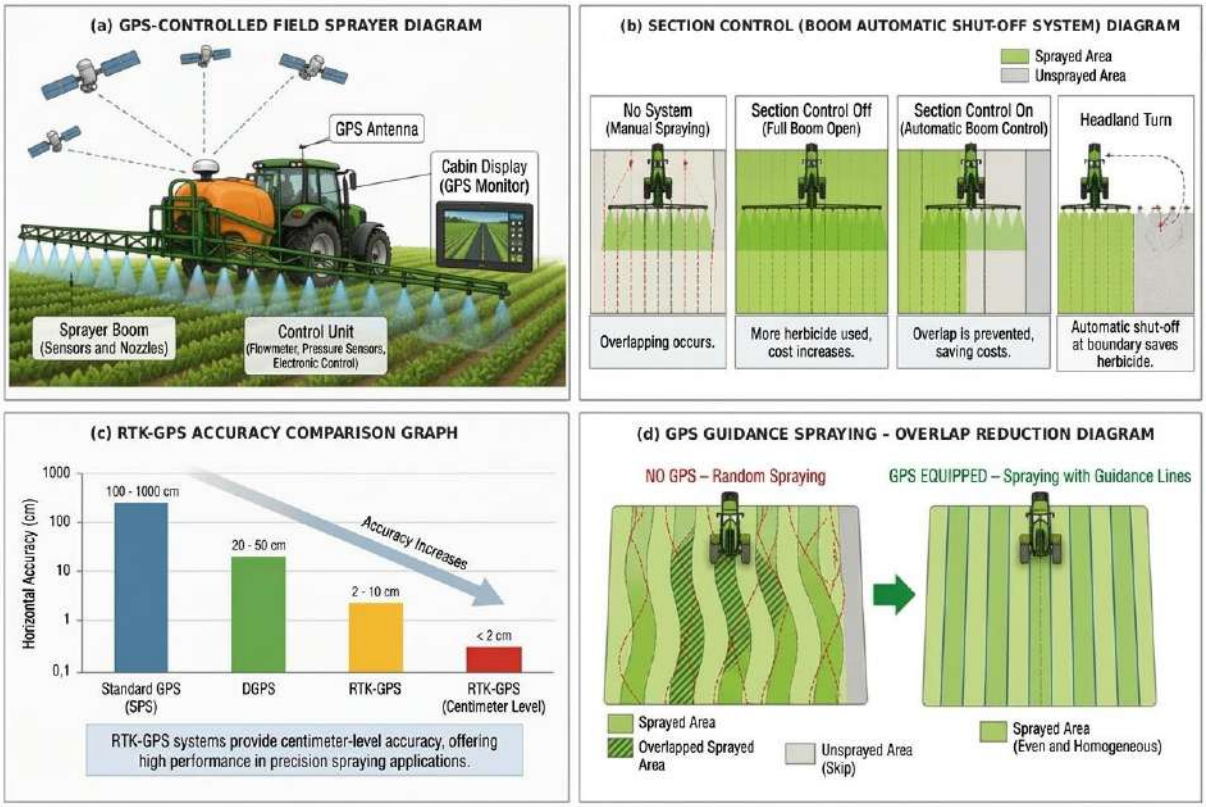


Figure 1. Core components of GNSS-based spraying technology: (a) schematic of a GNSS-controlled field sprayer; (b) operating logic of automatic section control; (c) horizontal accuracy of standard GNSS, DGNSS and RTK-GNSS; (d) reduction of overlap and skip through GNSS guidance.

3.2. Integration of GIS and GNSS

The integration of Geographic Information Systems with satellite positioning is regarded as one of the most important developments underpinning precision agriculture. The combined use of the two technologies makes it possible to identify spatial variability within a field and, on that basis, to apply inputs at the right time, in the right amount and in the right place. In agricultural spraying specifically, GIS–GNSS integration increases application accuracy and enables chemical use to be optimized.

Management maps produced through this integration allow parameters such as soil properties, crop development status, and disease and pest density to be evaluated spatially. With the aid of these maps, spraying machinery is activated only in the zones where treatment is warranted, preventing unnecessary chemical use. Economic savings and environmental sustainability are therefore supported simultaneously. Sood et al. (2015) documented the range of GIS functions relevant to precision agriculture interpolation of point samples into continuous surfaces, overlay of multiple thematic layers, and delineation of management zones and emphasized that the analytical value of GIS depends on the density and quality of the underlying georeferenced observations.

The joint use of GIS and GNSS also enables the development of spatial decision support systems. Through such systems the spread of plant diseases can be delineated, risk zones mapped, and early intervention strategies developed, producing advantages in both time and resource use (Sood et al., 2015).

GIS–GNSS integration constitutes the foundation of variable rate technology (VRT). These systems allow the optimum quantity of fertilizer, plant protection product or water to be determined for each zone within a field and applied accordingly. Bhamini et al. (2025)

examined this principle in the context of nutrient management and concluded that spatially differentiated application both improves economic efficiency and reduces environmental impact by preventing excess input use a conclusion that transfers directly to plant protection.
In addition, GIS–GNSS integration offers significant advantages in the monitoring and management of agricultural machinery. GNSS-based systems allow machine position to be tracked in real time, and these data can be mapped in a GIS environment so that production processes are managed more effectively. Nie and Yang (2021) developed a GNSS- and GIS-enabled field position monitoring system for agricultural equipment and reported that the position of machinery could be displayed in real time with a low margin of error, providing a basis for operational record-keeping and traceability.
Complementary approaches have been developed for environments in which satellite positioning is unreliable. Zhai et al. (2018) proposed an RFID-based solution for monitoring sprayer movement in orchards and vineyards, where dense canopy cover attenuates satellite signals. Their system provides a positional record independent of GNSS availability, illustrating that robust spatial monitoring in perennial crops may require sensor fusion rather than reliance on satellite positioning alone. The architecture of a GIS–GNSS based implement monitoring system is illustrated in Figure 2.

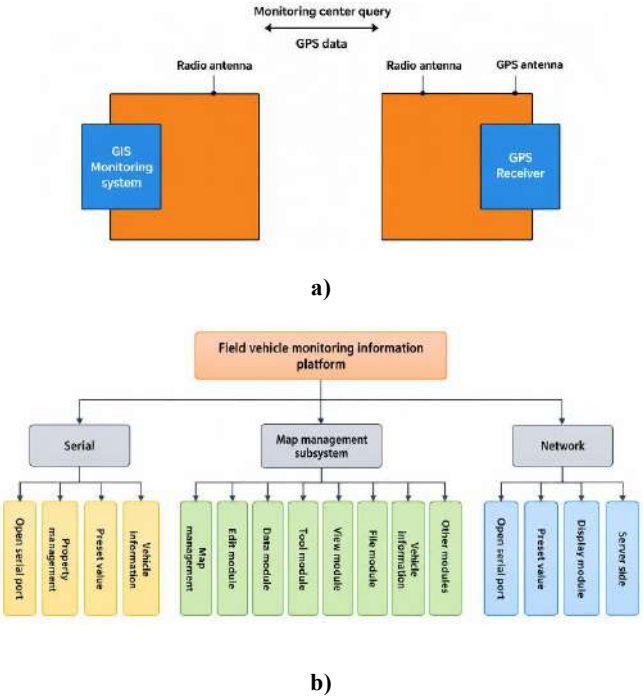


Figure 2. Field implement synchronization monitoring architecture: (a) schematic diagram of the GIS–GNSS monitoring system; (b) subsystem composition of the monitoring platform. (Nie et al.,2021).

3.3. Map-based spraying technologies

Map-based spraying technologies are advanced systems that enable agricultural inputs to be applied according to position through the use of spatial data. These technologies take within-field variability into account and make it possible to apply the quantity of product required by each zone. Whereas conventional methods apply a uniform quantity across the whole area, map-based systems execute the application through prescription maps under variable rate technology (Sharma et al., 2025).
The operating principle of map-based spraying comprises four stages: data acquisition, data analysis, map generation and application. In the first stage, information on soil properties, crop health, moisture status and yield is collected through ground sensors, satellite imagery or UAV

systems. In the second stage these data are analyzed to identify spatial differences. In the third stage, application maps specifying the dose for each zone are generated on the basis of those differences. In the final stage the maps are transferred to the spraying machinery, and the application is executed through automatic control systems (Sharma et al., 2025).
It is useful to distinguish map-based systems from sensor-based (real-time) systems, since the two represent different trade-offs. In map-based application the decision is made offline, before the machine enters the field; this permits computationally demanding analysis, human review of the prescription, and full traceability of the applied dose, but the map may be outdated by the time of application if conditions change. In sensor-based applications the decision is made on the machine in real time, which accommodates rapid change but constrains the complexity of the analysis and provides less opportunity for verification. Ye et al. (2025), in a review of intelligent prescription spraying technologies for the control of pests, diseases and weeds, note that hybrid architectures in which a prescription map defines the baseline dose and on-board sensing modulates it locally are increasingly favored because they combine the traceability of the map-based approach with the responsiveness of the sensor-based approach. Table 2 summarizes the principal differences between conventional and map-based spraying systems.

Table 2. Comparison of conventional and map-based spraying systems.

Criterion	Conventional spraying systems	Map-based spraying systems
Application method	Uniform dose across the entire area	Zone-specific, variable rate application
Use of data	Not data-driven	GIS, GNSS and sensor data
Application accuracy	Low	High
Chemical consumption	High	Optimised / reduced
Environmental impact	High residue risk	Lower environmental impact
Operator error	Frequent	Reduced through automation
Overlap risk	High	Low, through GNSS control
Skip risk	High	Minimised by map-controlled application
Cost	Higher over the long term	High initial cost, lower operating cost
Efficiency	Lower	Higher
Technological infrastructure	Simple mechanical systems	GNSS, GIS, sensor and software integration
Equipment	Standard sprayers	Intelligent spraying systems
Decision support system	Absent	Present
Suitability for precision agriculture	Low	Very high
Sustainability	Limited	High

4. Prescription Mapping

4.1. Concept and generation workflow

Prescription mapping is the process of producing maps that specify the quantity and location of inputs to be applied to a given agricultural area. These maps are prepared by analyzing multiple data layers, including soil properties, crop health, weed density, yield status and environmental

conditions. In agricultural spraying, prescription maps constitute the basis of variable rate application, allowing each zone within a field to receive the quantity of product it requires and preventing unnecessary chemical use (Huang et al., 2018).

Prescription map generation typically combines GNSS, GIS, remote sensing, UAV imagery and sensor technologies. Spatial data are first collected from the field; these data are then analyzed in a GIS environment to delineate application zones; and finally, prescription maps containing differentiated dose values are produced. The maps are transferred directly to the spraying machinery, and the application is executed through automatic control systems. Campos et al. (2020) evaluated this workflow on-farm in vineyards and reported that prescription-map-based variable rate application maintained biological efficacy while reducing the total volume of product applied, confirming under commercial conditions what had previously been demonstrated mainly in experimental settings.

The quality of a prescription map depends on decisions that are often left implicit: the spatial resolution of the input data, the interpolation method used to produce continuous surfaces from point observations, the number and boundaries of management zones, and the minimum treatable unit imposed by the machinery. Ye et al. (2025) emphasize that a prescription map is finer than the controllable resolution of the sprayer confers no practical benefit, and that matching map granularity to boom section or individual nozzle control capability is a prerequisite for realizing theoretical savings.

4.2. Artificial-intelligence-assisted prescription mapping

In recent years prescription mapping has advanced considerably through the incorporation of artificial intelligence and deep learning algorithms. UAV-based imaging systems allow weeds, disease patches and crop stress zones to be detected automatically. Huang et al. (2018) applied fully convolutional networks to UAV imagery for weed mapping and prescription map generation, achieving high classification accuracy and demonstrating that the segmentation output can be converted directly into an operational application map. Their work established that AI-assisted mapping has a substantive role in the future of precision spraying.

The development of UAV platforms has made prescription map generation faster and less costly. High-resolution imagery obtained with multispectral cameras allows crop development to be analyzed in detail and problem zones to be identified precisely. Nikolić et al. (2025) demonstrated an open-source workflow using a commercially affordable drone with a standard camera and GIS tools for spatial analysis and reported that operational prescription maps generated in this way can reduce herbicide use by up to 85% relative to broadcast application. The significance of this result lies less in the magnitude of the saving than in the accessibility of the method, which is designed explicitly for small and medium-sized farms.

Comparable reductions have been confirmed in independent on-farm trials. Allmendinger et al. (2024) conducted an agronomic and technical evaluation of herbicide spot spraying in maize based on high-resolution aerial weed maps, and found that targeted application-maintained weed control efficacy while treating only a fraction of the field area. Their trial is valuable because it reports both the agronomic outcome and the technical performance of the implementation, rather than the potential saving inferred from map statistics alone.

This distinction is important. Rasmussen et al. (2020) developed a method to estimate the spatial correlation between planned and actual patch spraying of herbicides, and showed that the two can diverge appreciably: the area treated does not necessarily coincide with the area the prescription map designated for treatment. Sources of divergence include positioning error, valve response latency, boom yaw at speed, and the buffer distances applied when converting detected patches into treatable polygons. Reported savings derived from prescription maps should therefore be interpreted as upper bounds unless the executed application has itself been measured.

4.3. Three-dimensional prescription maps for orchards and vineyards

Prescription maps are used not only in flat arable fields but also in structurally complex production systems such as vineyards and orchards. In these systems the appropriate dose is governed by canopy volume, leaf density and tree architecture rather than by ground area, so a two-dimensional map is intrinsically inadequate. Three-dimensional prescription maps address this by representing canopy structure explicitly, allowing variable rate application to be matched to the target volume actually present.

Han et al. (2025) constructed 3D prescription maps using a multispectral UAV and performed offline pulse-width-modulation-based variable rate application with a tracked sprayer. They evaluated the altitude accuracy of the pre-built map and the precision of the offline spraying operation and showed that variable application can be achieved without costly on-board sensing hardware an approach with clear relevance for cost-constrained orchard operations. The workflow by which a voxel-based prescription map is derived from multispectral imagery and point cloud segmentation is shown in Figure 3.

A persistent obstacle in this domain is format fragmentation. Rovira-Más et al. (2024) addressed the problem of open-format prescription maps for variable rate spraying in orchard farming, noting that proprietary map formats tied to specific machinery brands restrict the transfer of prescriptions between platforms and impede the reuse of maps generated by third-party service providers. Their proposal for open, machine-independent formats is directly relevant to the interoperability constraints discussed in Section 8.

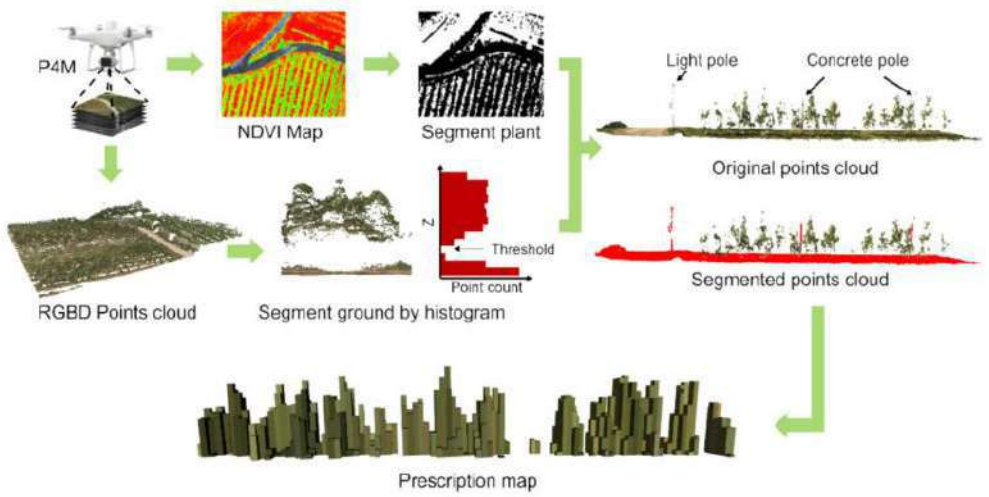


Figure 3. Generation of a voxel-based three-dimensional prescription map. Multispectral imagery is used for canopy segmentation, and point clouds are processed to derive the 3D prescription map. (Han et al.,2024).

5. UAV-Based Mapping and Remote Sensing

5.1. Photogrammetric principles and platform capabilities

The generation of three-dimensional models through photogrammetry requires at least two overlapping images of the same scene or object captured from different viewpoints. These techniques can be used to derive three-dimensional digital surface or terrain models and orthophotos. Low-altitude data acquisition by UAV enables 3D models to be produced at far higher spatial resolution than is achievable with satellite platforms, and with flexibility of revisit timing that satellite orbits cannot match (Tsouros et al., 2019).

This resolution advantage is decisive for spraying applications. Weed patches, disease foci and crop stress zones frequently occur at scales below the ground sample distance of freely available satellite imagery, and a prescription map can only be as fine as the data from which it is derived.

The capacity to fly on demand is equally important, since the window for effective intervention against many pests and weeds is measured in days.

5.2. Spectral indices and crop status assessment

The best known and most widely used vegetation index is the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Unhealthy or sparse vegetation reflects more visible light and less near-infrared radiation than vigorous vegetation, a contrast that facilitates the monitoring of growth and health status across a wide range of crops (Tsouros et al., 2019). NDVI and related indices provide the quantitative layer from which management zones are subsequently delineated. Figure 4 illustrates the discrimination of stressed zones by comparing an NDVI map with the corresponding RGB image.

It should be noted, however, that vegetation indices report a physiological state rather than a cause. Reduced NDVI may reflect disease, nutrient deficiency, water stress, compaction or weed competition, and these require different interventions. The translation of an index map into a spraying prescription therefore requires either supervised classification trained on ground-truth observations, as in the fully convolutional network approach of Huang et al. (2018), or agronomic interpretation by the operator.

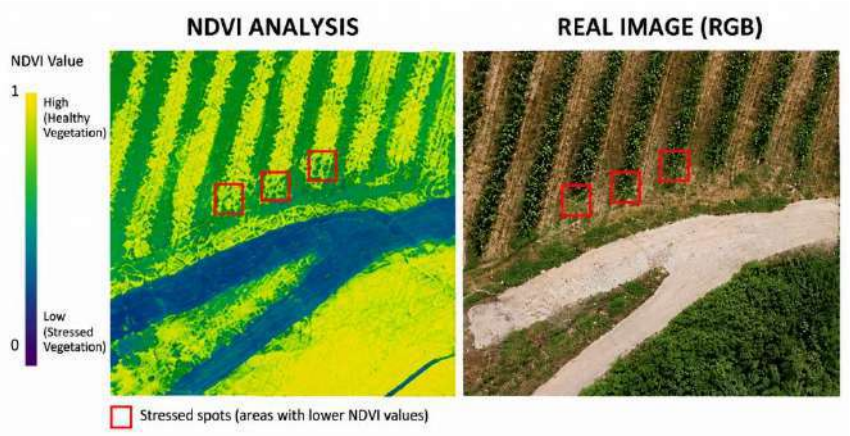


Figure 4. Discrimination of stressed zones by crop health status using an NDVI map and the corresponding RGB image. Stressed plants with low NDVI values are indicated by red boxes. (Han et al.,2024)

5.3. From imagery to decision support

In the early period of UAV use in agriculture the principal objective was to obtain image-based products directly. This has since changed: contemporary UAV applications process imagery to produce information that supports farmer decision-making, functioning as components of intelligent systems rather than as imaging tools alone (Tsouros et al., 2019). UAV-based remote sensing has spread rapidly in precision agriculture and now supports crop monitoring, classification, yield estimation, weed detection and disease detection, offering efficient and low-cost management options.

For spraying specifically, the operational endpoint of this progression is the prescription map. The workflows described by Nikolić et al. (2025) for arable weed management and by Han et al. (2025) for orchard canopies both illustrate the complete chain: UAV image acquisition, spectral or structural analysis, zone delineation, dose assignment, and transfer of the resulting map to the sprayer control system. The maturity of this chain, rather than the capability of any individual component, now determines the practical value of UAV mapping for crop protection.

6. Autonomous and Intelligent Spraying Systems

As digitalization has accelerated in the agricultural sector, autonomous and intelligent spraying systems have become one of the most important components of precision agriculture. These systems combine GNSS, GIS, artificial intelligence, image processing, sensor technologies and

machine learning algorithms to carry out spraying operations with minimal human intervention. Recent work indicates that autonomous spraying systems reduce pesticide use while increasing application accuracy and substantially lowering environmental impact. Real-time decision-making mechanisms in particular allow zones containing disease, pests or weeds to be identified so that product is applied only where required, delivering advantages in both economic and environmental terms (Toscano et al., 2025). The principal architecture and workflows of these systems are summarized in Figure 5a–d.

6.1. Agricultural spraying robots

Agricultural spraying robots are systems developed to automate pesticide application operations that pose a risk to human health. These robots generally comprise camera systems, artificial intelligence algorithms, LiDAR sensors, GNSS receivers and automatic spraying mechanisms (Figure 5a). In a state-of-the-art review of agricultural robots in targeted spraying, Adamides (2018) reported that robotic spraying systems perform particularly well in weed control and achieve substantial reductions in pesticide use. The capacity of robots to spray selectively reduces product losses and increases application effectiveness. One of the most important advantages of robotic systems is that they remove human operators from the chemical exposure associated with conventional applications.

Contemporary platforms do not merely apply product: they also analyze crop health, identify weeds and make application decisions in real time. AI-supported image processing systems enable crop and weed to be discriminated, so that spraying is carried out only on target zones (Figure 5b). This approach reduces chemical use considerably relative to conventional methods and increases the effectiveness of precision agriculture practices. Toscano et al. (2025) review the integration of machine learning into mechanized systems for autonomous spraying and note that the principal remaining constraints are the robustness of perception under variable field illumination and canopy occlusion, and the computational cost of running inference on embedded hardware at operational speeds.

6.2. Self-propelled sprayers

Self-propelled sprayers are high-capacity modern agricultural machines equipped with satellite guidance and, in most cases, automatic steering systems (Figure 5c). They were developed principally to increase spraying efficiency over large areas. GNSS-based guidance largely eliminates overlap and skip, and integration with variable rate application systems allows map-based prescriptions to be executed directly (Figure 5d).

Modern self-propelled sprayers incorporate nozzle-level control, in which each nozzle can be opened and closed independently so that product is applied only where required. Telemetry systems allow machine operating data to be monitored and recorded in real time, providing the documentation increasingly required for regulatory compliance and traceability. In more recent AI-supported configurations, camera and sensor data are used to determine weed density and adjust the applied rate automatically. These technologies reduce pesticide use while increasing application precision (Toscano et al., 2025).

A further advantage of self-propelled systems is high field capacity. Wide booms, large tank volumes and automatic control systems allow substantial areas to be treated in a short time, which is particularly valuable in disease and pest management, where the intervention window is narrow and treatment delay translates directly into yield loss. Development work on fully autonomous self-propelled platforms is ongoing across the machinery industry, and driverless spraying systems are expected to become more widespread; the navigation architecture demonstrated by Yue et al. (2024) for crawler-based orchard sprayers indicates that the underlying guidance technology is already viable in constrained environments.

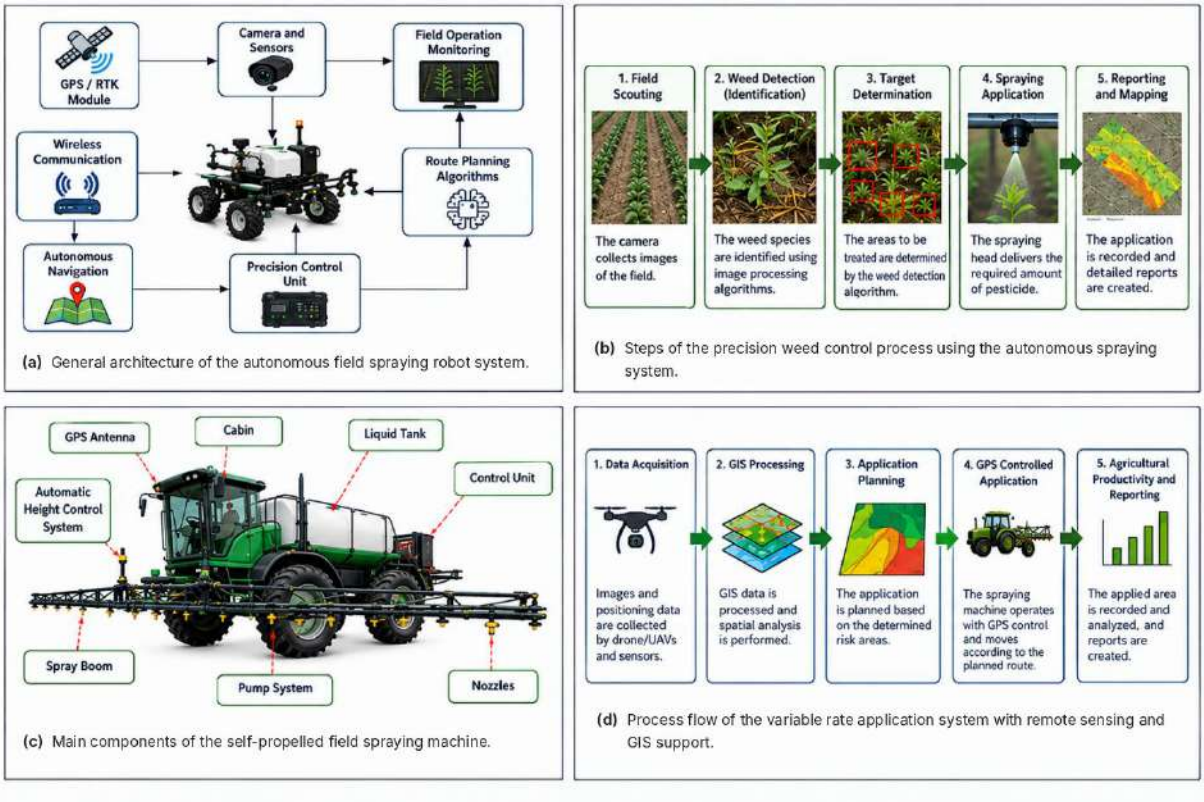


Figure 5. Autonomous and intelligent spraying systems: (a) general system architecture of an autonomous spraying robot; (b) AI-assisted targeted spraying workflow; (c) principal components of a self-propelled sprayer; (d) data flow and decision support chain in intelligent spraying systems.

7. Comparative Assessment of Technologies

Table 3 summarizes the principal technologies reviewed above across four dimensions relevant to adoption decisions: positional or application accuracy, relative capital cost, reported input savings, and technological maturity. The values presented are indicative ranges compiled from the reviewed literature and from the operating principles of the systems concerned; actual performance is strongly dependent on field geometry, crop, machinery configuration and operator practice, and site-specific evaluation is essential before investment.

Table 3. Comparative assessment of GNSS-, GIS- and map-based spraying technologies

Technology	Accuracy / resolution	Relative capital cost	Reported benefit	Maturity	Principal constraint
Standard GNSS guidance (light-bar / manual)	Sub-meter to meter-level pass-to-pass	Low	Reduced overlap and skip; lower operator fatigue	Fully commercial	Insufficient accuracy for controlled traffic or nozzle-level work
RTK-GNSS auto-steering	Centimeter-level	Medium–high	Consistent swath placement; repeatable passes across seasons	Fully commercial	Requires correction service or base station; subscription cost
Automatic section control	Boom section width (typically 1–6 m)	Low–medium	Elimination of double application on headlands and point rows	Fully commercial	Benefit scales with field irregularity; limited on regular fields

Nozzle-level (individual) control	Single nozzle spacing (0.25–0.5 m)	High	Finest achievable spatial granularity for spot application	Commercial, expanding	Retrofit cost; requires matching map or sensor resolution
Map-based variable rate application (2D)	Management zone scale	Medium	Dose matched to within-field variability; full traceability	Commercial	Map may be outdated at time of application; format lock-in
UAV-derived prescription mapping	Centimeter-scale ground sample distance	Low–medium	Herbicide savings of up to 85% reported for targeted weed control	Research to early commercial	Flight regulation; processing expertise; weather dependence
3D prescription mapping (orchard / vineyard)	Canopy volume resolution	Medium	Dose matched to canopy volume; reduced drift and run-off	Research	Model construction effort; limited format standardization
Sensor-based real-time spraying	Detection footprint of sensor	High	Responds to current field state; no prior mapping required	Commercial, expanding	Detection reliability under variable light and occlusion
Autonomous spraying robots	Plant to sub-plant level	High	Selective application; removal of operator chemical exposure	Research to pilot	Field capacity; supervision, liability and safety framework
Autonomous self-propelled sprayers	Nozzle to section level	Very high	High field capacity combined with site-specific application	Pilot	Capital cost; regulatory status of unsupervised operation

Note: Cost categories are relative rather than absolute and refer to incremental investment over a conventionally equipped sprayer. Reported benefit figures are drawn from the studies cited in Sections 3–6 and are not directly comparable across rows because of differences in crop, scale and measurement protocol.

8. Limitations and Challenges

Although the technologies reviewed above offer demonstrable agronomic and environmental benefits, several constraints continue to limit their adoption. Acknowledging these is essential to an accurate assessment of the field.

First, the incremental cost of RTK correction services, section control retrofits, variable rate controllers and UAV platforms is a significant barrier for small and medium-sized enterprises; Batte and Ehsani (2006) showed that the economic return on automatic boom control depends strongly on field size and shape, and low-cost approaches such as the retrofit kit of Koç et al. (2023) and the affordable-drone workflow of Nikolić et al. (2025) respond directly to this constraint. Second, prescription maps are frequently produced in proprietary formats tied to individual machinery manufacturers, which restricts their transfer between platforms; Rovira-Más et al. (2024) argue for open, machine-independent formats. Third, centimeter-level accuracy depends on RTK correction, whose coverage is uneven, and canopy occlusion in orchards and vineyards further degrades satellite signal quality, which keeps alternatives such as the RFID-based monitoring of Zhai et al. (2018) relevant. Fourth, as discussed in Section 4.2, the area actually treated may differ from the area designated by the prescription map; Rasmussen et al. (2020) attributed this to positioning error, valve latency, boom dynamics and buffer distances, so savings estimated from map statistics alone overstate realized performance and the validation of executed applications should be part of any technology evaluation. Fifth, AI-based weed and disease detection degrades under variable field illumination, at later growth stages where crop and weed overlap, and where training data do not represent the local species composition; Toscano et al. (2025) identify robustness of perception and the computational cost of on-board inference as the principal technical constraints on autonomous spraying. Finally, effective use requires operators able to interpret spatial data and verify prescription maps, training provision has not kept pace with deployment, the regulatory status of UAV-based

pesticide application varies between jurisdictions, and the legal framework governing unsupervised autonomous operation remains incomplete in most countries; these institutional factors may prove more limiting than the technology itself over the medium term. The review itself has limitations. It is based on twenty-three studies selected according to the criteria in Section 2 and does not claim exhaustive coverage of a rapidly expanding literature. As quantitative meta-analysis was not feasible (Section 2.3), the comparative values in Table 3 are indicative rather than statistically derived, and the restriction to English- and Turkish-language publications may have excluded relevant work.

9. Conclusions and Future Perspectives

The studies examined in this review indicate that the integration of GNSS, GIS and map-based technologies into agricultural spraying systems delivers appreciable advantages in both economic and environmental terms. GNSS-assisted spraying machinery and automatic section control substantially reduce application errors such as overlap and skipping. High-accuracy positioning systems such as RTK-GNSS provide centimeter-level application accuracy, generating meaningful savings in chemical use and application cost, although the magnitude of the benefit is conditional on field geometry (Batte & Ehsani, 2006; Topçueri & Keskin, 2019). Prescription maps and variable rate application generated through GIS–GNSS integration enable spraying to be optimized according to within-field variability. UAV-based multispectral imaging supports precise weed mapping and prescription map generation, with reported herbicide savings of up to 85% relative to broadcast application for targeted weed control (Nikolić et al., 2025), and comparable efficacy confirmed in on-farm spot-spraying trials (Allmendinger et al., 2024). These figures should be understood as upper bounds pending validation of the executed application (Rasmussen et al., 2020). The integration of machine learning algorithms with autonomous spraying platforms, both robotic and self-propelled, reduces human intervention while increasing application accuracy, and substantially lowers the chemical exposure that poses a risk to operator health (Adamides, 2018; Toscano et al., 2025). Looking forward, three priorities emerge from this synthesis. First, interoperability: the adoption of open, machine-independent prescription map formats would unlock value that is currently trapped by proprietary systems (Rovira-Más et al., 2024). Second, validation: the routine measurement of executed rather than planned application is necessary if reported savings are to be credible. Third, accessibility: low-cost retrofit and open-source workflows determine whether these technologies remain confined to large enterprises or become available to the small and medium-sized farms that constitute the majority of production units. Multi-dimensional prescription maps, hybrid map- and sensor-based architectures, and fully autonomous platforms will continue to advance, but their aggregate impact will depend on progress in these three areas. In conclusion, GNSS, GIS and map-based technologies have become foundational elements of precision agriculture in crop protection, and sustained research and development in this field remains of considerable importance.

References

Adamides, G. (2018). Agricultural robots in targeted spraying: A mini state-of-the-art review. *Robotics & Automation Engineering Journal, 2*(2), 555581.

Akgül, G., Aladağ, N. C., Taşkıran, A., & Yalçın, B. (2023). Tarımsal ilaçlamada kullanılmak üzere GPS destekli oransal kontrolcü biriminin geliştirilmesi [Development of a GPS-assisted proportional controller unit for use in agricultural spraying]. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 10*(3), 481–490. https://doi.org/10.30910/turkjans.1214900

Allmendinger, A., Spaeth, M., Saile, M., Peteinatos, G. G., & Gerhards, R. (2024). Agronomic and technical evaluation of herbicide spot spraying in maize based on high-resolution aerial weed maps: An on-farm trial. *Plants, 13*(15), 2164. https://doi.org/10.3390/plants13152164

Batte, M. T., & Ehsani, M. R. (2006). The economics of precision guidance with auto-boom control for agricultural sprayers. *Computers and Electronics in Agriculture, 53*(1–2), 28–44. https://doi.org/10.1016/j.compag.2006.03.004

Bhamini, K., Kumar, A., Magrey, A. H., Jafri, S. K. F., Najmusaqib, S., Raising, P. L., Ravi, & Jan, I. (2025). The role of GIS and GPS in precision fertilization: Optimizing nutrient management for sustainable cropping. *International Journal of Research in Agronomy, 8*(2), 260–267. https://doi.org/10.33545/2618060X.2025.v8.i2d.2574

Campos, J., Gallart, M., Llop, J., Ortega, P., Salcedo, R., & Gil, E. (2020). On-farm evaluation of prescription map-based variable rate application of pesticides in vineyards. *Agronomy, 10*(1), 102. https://doi.org/10.3390/agronomy10010102

Han, L., Wang, Z., He, M., Liu, Y., & He, X. (2025). PWM offline variable application based on UAV remote sensing 3D prescription map. *Smart Agricultural Technology, 10*, 100773. https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.100773

Huang, H., Deng, J., Lan, Y., Yang, A., Deng, X., Wen, S., Zhang, H., & Zhang, Y. (2018). Accurate weed mapping and prescription map generation based on fully convolutional networks using UAV imagery. *Sensors, 18*(10), 3299. https://doi.org/10.3390/s18103299

Koç, C., Duran, H., & Çakmak, İ. (2023). Design and development of a low-cost wireless control kit for field sprayers. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 11*(2), 348–354. https://doi.org/10.24925/turjaf.v11i2.348-354.5785

Nie, J., & Yang, B. (2021). A detailed study on GPS and GIS enabled agricultural equipment field position monitoring system for smart farming. *Scalable Computing: Practice and Experience, 22*(2), 171–181. https://doi.org/10.12694/scpe.v22i2.1882

Nikolić, N., Mattivi, P., Pappalardo, S. E., De Marchi, M., & Masin, R. (2025). From detection to action: Creating operational prescription maps for weed management using low-cost UAVs. *Italian Journal of Agronomy, 20*, 100047. https://doi.org/10.1016/j.ijagro.2025.100047

Rasmussen, J., Azim, S., Nielsen, J., Mikkelsen, B. F., Hørfarter, R., & Christensen, S. (2020). A new method to estimate the spatial correlation between planned and actual patch spraying of herbicides. *Precision Agriculture, 21*(4), 713–728. https://doi.org/10.1007/s11119-019-09691-5

Roberts, D. P., Short, N. M., Sill, J., Lakshman, D. K., Hu, X., & Buser, M. (2021). Precision agriculture and geospatial techniques for sustainable disease control. *Indian Phytopathology, 74*(2), 287–305. https://doi.org/10.1007/s42360-021-00334-2

Rovira-Más, F., Saiz-Rubio, V., Cuenca, A., Ortiz, C., Pérez Teruel, M., & Ortí, E. (2024). Open-format prescription maps for variable rate spraying in orchard farming. *Journal of the ASABE*. https://doi.org/10.13031/ja.15750

Sanchez, P. R., & Zhang, H. (2023). Precision spraying using variable time delays and vision-based velocity estimation. *Smart Agricultural Technology, 4*, 100253. https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100253

Sharma, V., Vaddevolu, U. B. P., Bhambota, S., Ampatzidis, Y., Bayabil, H., & Singh, A. (2025). *Variable rate technology and its application in precision agriculture* (AE607). UF/IFAS Extension, University of Florida. https://doi.org/10.32473/edis-AE607-2025

Sood, K., Singh, S., Rana, R. S., Rana, A., Kalia, V., & Kaushal, A. (2015). *Application of GIS in precision agriculture* [Conference paper]. Centre for Geo-Informatics Research and Training, CSK Himachal Pradesh Agricultural University, Palampur, India.

Topçueri, M., & Keskin, M. (2019). Effectiveness of GNSS-based tractor auto steering systems in crop spraying. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 24*(Special Issue), 78–90.

Toscano, F., Fiorentino, C., Santana, L. S., Magalhães, R. R., Albiero, D., Tomáš, R., Klocová, M., & D'Antonio, P. (2025). Recent developments and future prospects in the integration of machine learning in mechanised systems for autonomous spraying: A brief review. *AgriEngineering, 7*(5), 142. https://doi.org/10.3390/agriengineering7050142

Tsouros, D. C., Bibi, S., & Sarigiannidis, P. G. (2019). A review on UAV-based applications for precision agriculture. *Information, 10*(11), 349. https://doi.org/10.3390/info10110349

Ye, K., Hu, G., Tong, Z., Xu, Y., & Zheng, J. (2025). Key intelligent pesticide prescription spraying technologies for the control of pests, diseases, and weeds: A review. *Agriculture, 15*(1), 81. https://doi.org/10.3390/agriculture15010081

Yue, B., Zhang, Z., Zhang, W., Luo, X., Zhang, G., Huang, H., Wu, X., Bao, K., & Peng, M. (2024). Design of an automatic navigation and operation system for a crawler-based orchard sprayer using GNSS positioning. *Agronomy, 14*(2), 271. https://doi.org/10.3390/agronomy14020271

Zhai, C., Landers, A., & Zhang, B. (2018). An RFID-based solution for monitoring sprayer movement in an orchard/vineyard. *Precision Agriculture, 19*(3), 477–496. https://doi.org/10.1007/s11119-017-9531-8

DEMOGRAFİK DEĞİŞİMİN KALKINMA PLANLARINDA EĞİTİM VE SAĞLIK HİZMETLERİNE YANSIMASI

THE REFLECTION OF DEMOGRAPHIC CHANGE ON EDUCATION AND HEALTH SERVICES IN DEVELOPMENT PLANS

Arş. Gör. Dr. Leyla ÇİFTÇİ
Bartın Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de eğitim ve sağlık hizmetlerinin Kalkınma Planlarında nüfus dinamikleriyle ilişkisini incelemektir. Demografik veriler önümüzdeki dönemde toplumsal yapıda belirgin bir değişim yaşanacağını göstermektedir. Demografik eğilimlerin hizmet türleri başta olmak üzere ekonomik, idari, siyasi vb. pek çok alanda önemli etkileri bulunmaktadır. Mevcut veriler demografik değişimden en fazla etkilenecek hizmet türleri arasında yer alan eğitim ve sağlık hizmetlerinde uzun vadeli politikaların önemini daha da artırmaktadır. Bu doğrultuda çalışmada Türkiye'nin son üç kalkınma planında nüfus ve aile dinamiklerinin eğitim ve sağlık hizmetleriyle nasıl ele alındığı ve bu dinamiklerin hangi kavramlarla ilişkilendirildiği ortaya koyulmaktadır. Bir kurumsal raporda kullanılan kavramlar çoğu zaman niceliksel bir göstergenin ötesinde politika önceliklerinin, toplumsal eğilimlerin ve ideolojik yönelimlerin anlaşılmasına dair önemli ipuçları vermektedir.

Araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden doküman analizi kullanılmış; Onuncu (2014-2018), On Birinci (2019-2023) ve On İkinci (2024-2028) Kalkınma Planları incelenmiştir. Türkiye'de 2014 yılı ve sonrası nüfus artışının teşvik edildiği (pronatalist politikalar) dönem olarak tanımlanmaktadır. Bu sebeple 2014 yılı ve sonrasını kapsayan planlar analize tabi tutulmuştur.

Yapılan analizde mevcut demografik verilerin ve gelecek eğilimlerinin kalkınma planlarına da yansıdığı anlaşılmaktadır. Bulgular, nüfus ve aile konularının kalkınma planlarında giderek daha belirgin bir politika alanı hâline geldiğini göstermektedir. Özellikle eğitim alanında hayat boyu öğrenme yaklaşımı ve yaşlı nüfusa yönelik sağlık politikalarının etkisi açık bir şekilde görülmektedir. Eğitimin, erken yaş hedeflerinden vazgeçmeden yaşlıların toplumsal hayata katılımını da sağlayacak şekilde geliştirilmesi; sağlık hizmetlerinin de yaşlanmaya doğru giden süreçte, hayatın her evresinde, bireylerin sağlıklı bir şekilde yaşlanmasını ve genel sağlık düzeylerinin korunmasını hedeflemesi faydalı olacaktır.

Bu çalışmanın, yapılan analizlerle hem literatüre hem de politika yapıcılara katkı sağlaması beklenmektedir. Gelecek araştırmalar için, konunun farklı hizmet alanlarını kapsayacak şekilde ele alınması, stratejik planlar gibi kurumsal yaklaşımları inceleyen dokümanların analiz edilmesi ve nüfus politikalarının kalkınma planları üzerindeki yansımalarının daha geniş bir tarihsel perspektifle incelenmesi önerilmektedir. Bu tür çalışmaların, alandaki bilgi birikimini artırarak politika geliştirme süreçlerine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Nüfus politikaları, Eğitim hizmeti, Sağlık Hizmeti, kalkınma planları, demografik dönüşüm.

ABSTRACT

The aim of this study is to examine the relationship between education and health services and population dynamics in Türkiye's Development Plans. Demographic data indicate that

significant changes are expected to occur in the social structure in the coming period. Demographic trends have important implications for various areas, including types of public services as well as economic, administrative, and political domains. Current data further highlight the importance of long-term policies in education and health services, which are among the service areas expected to be most affected by demographic change. Accordingly, this study examines how population and family dynamics have been addressed in relation to education and health services in Türkiye's three most recent Development Plans and identifies the concepts with which these dynamics have been associated. The concepts used in institutional reports often provide important insights into policy priorities, social trends, and ideological orientations beyond their quantitative significance.

The study employs qualitative document analysis and examines the Tenth (2014–2018), Eleventh (2019–2023), and Twelfth (2024–2028) Development Plans. The period beginning in 2014 is generally characterized in Türkiye as a period in which policies aimed at encouraging population growth (pronatalist policies) became more prominent. Therefore, the Development Plans covering 2014 and subsequent years were included in the analysis.

The findings indicate that existing demographic data and projected trends are reflected in the Development Plans. The results demonstrate that population and family issues have gradually become more prominent areas of policy. In particular, the influence of the lifelong learning approach in the field of education and health policies targeting the older population is clearly evident. It would be beneficial to develop education policies in a manner that, while maintaining a focus on early childhood education, also facilitates the social participation of older people. Similarly, health services should aim to support healthy aging throughout all stages of life and maintain individuals' overall health during the life course, rather than focusing solely on the consequences of population aging.

This study is expected to contribute to both the literature and policymakers through its analysis. Future research should examine the issue across a wider range of service areas, include documents addressing institutional approaches such as strategic plans, and investigate the reflections of population policies in Development Plans from a broader historical perspective. Such studies are expected to contribute to the accumulation of knowledge in the field and to the development of more comprehensive public policies.

Keywords: Population policies, education services, health services, development plans, demographic change.

GİRİŞ

Nüfus, istatistiksel bir veri olmanın ötesinde; devletlerin ekonomik, sosyal, askeri ve politik gücünün temel dayanağını oluşturmaktadır. Nüfusa yönelik veri ve politikalar eğitim, sağlık, güvenlik, sosyal politika, beledi hizmetler gibi kamu yönetiminin ve kamusal hizmet türlerinin tamamını etkilemektedir. Bu sebeple nüfus önemli kamu politikalarından biri olarak devletlerin gündemini meşgul etmektedir. Aynı zamanda demografik veriler yalnız bugünü değil, geleceği de etkilediğinden nüfus politikaları açısından uzun vadeli planlama büyük önem taşımaktadır. Bu sebeple devletler mevcut veri ve farklı senaryolar çerçevesinde geleceğe yönelik nüfus projeksiyonları hazırlamakta bu verileri de dikkate alarak politikalar belirlemektedir.

Devletler açısından nüfusun niteliksel gelişimi her zaman önemli bir gündem olmakla birlikte nüfusa ilişkin sayısal veriler de devletleri belli politikalar izlemeye yönlendirmektedir. Bu politikalar kimi zaman nüfus artış oranlarını artırmayı kimi zaman da tam tersini de amaçlayabilmektedir. Türkiye açısından son yıllarda veriler nüfus kompozisyonunun gelecek

dönemde önemli ölçüde değişeceğini göstermektedir. Bu sebeple nüfusa yönelik uzun vadeli plan ve politikalar önem taşımaktadır. Bu alanda son yıllarda özellikle "aile" kavramı üzerinden nüfus konusuna dikkat çekilmekte, kısa ve uzun vadeli politikalar hayata geçirilmektedir.

Kalkınma Planları uzun vadeli planlama bakımından kamu yönetimi sistemi içinde önemli bir yere sahiptir. Bu planlar yalnızca ekonomi odaklı bir planlama anlayışı içermemekte, kalkınmanın her alanını etkilemektedir. Planlar hazırlayıcıların politika önceliklerinin tespiti bakımından önemli bir veri kaynağı özelliği taşımakta olup, aynı zamanda tarihsel devamlılık göstermesi bakımından çıktığı döneme ilişkin de bilgi vermektedir. Bu sebeple bilimsel çalışmalarda önemli bir veri kaynağıdır.

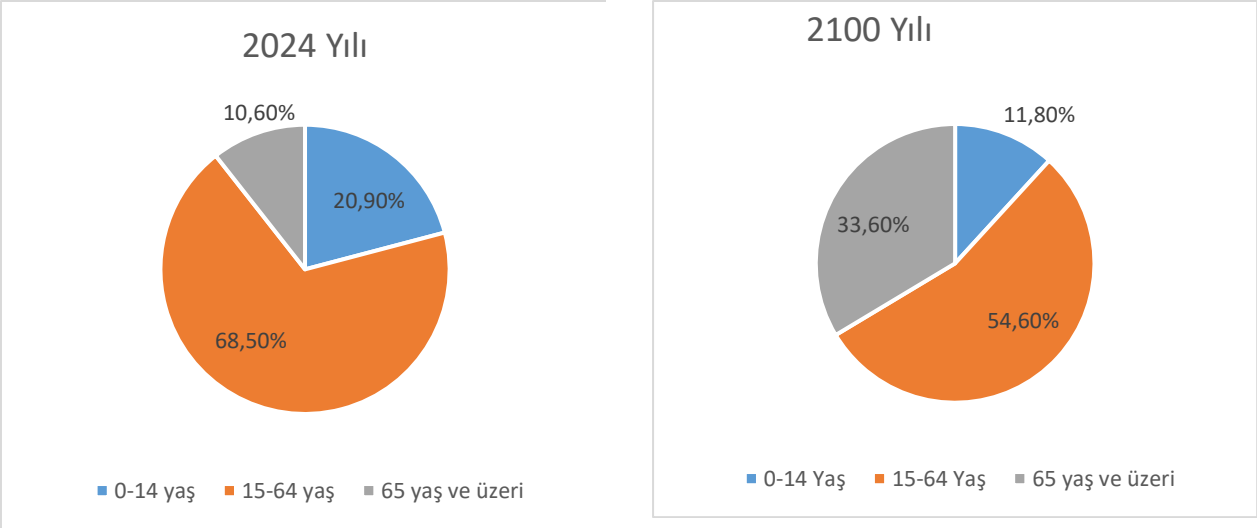
Bu çalışmanın amacı, son üç kalkınma planını analiz ederek eğitim ve sağlık hizmetlerinde nüfusa ilişkin kavramların ne ölçüde yer aldığını ortaya koymaktır. Çalışmada, nüfus artırıcı politikaların uygulanmaya başlandığı tarih olarak kabul edilen 2014 yılı ve sonrası planlar ele alınarak incelenmiştir. Bu planlarda eğitim ve sağlık hizmetlerinin "aile", "nüfus", "çocuk", "genç", "yaşlı/yaşlanma" ve "doğum/doğurgan" kavramları ile ilişkisi analiz edilmiştir. Çalışmada öncelikle konu ile ilgili literatüre yer verilecek, ardından eğitim ve sağlık hizmetleri anahtar kavramlar boyutuyla ele alınacaktır.

LİTERATÜR

Beşeri sermaye gücü gelişmişlik bakımından önemli bir unsurdur. Ülkelerin gelişmişlik düzeyleri fiziki sermaye olanakları yanında beşeri sermaye ile de ölçülmektedir (Yumuşak, 2010: 7). Bu sebeple nüfusa yönelik politikalar önemli kamu politika alanlarından biri olarak dikkat çekmektedir.

Nüfus Türkiye'de son yılların önemli gündem konularından biri olarak dikkat çekmektedir. TÜİK tarafından yayınlanan nüfus projeksiyonları gelecekte nüfus yoğunluğunun değişeceğine işaret etmektedir. Ana senaryoya göre nüfus 2053 yılında 93 milyon 944 bin 306'ya ulaşacaktır. Bu sayı 2100 yılına kadar ana senaryoya göre öngörülen en yüksek nüfus oranıdır. Bundan sonrasında ise nüfus azalma eğilimine girecek ve 2100 yılında 76 milyon 799 bin 416'ya düşecektir (TÜİK, 2024).

Türkiye'de doğurganlık oranlarına ilişkin resmi veriler ve geleceğe yönelik projeksiyonlar nüfusun yalnızca sayısal olarak değil, yaş yapısı bakımından da önemli ölçüde değişeceğini göstermektedir. Yine ana senaryoya göre 2023 yılında toplam 6 bin 609 olan 100 yaş üzeri 243 bin 265'e yükselecektir (TÜİK, 2024). 2025 yılında ortanca yaş 34,9 iken (TÜİK, 2026), 2060 yılında 52,2'ye yükselmesi beklenmektedir (TÜİK, 2024).



Şekil 1: 2024 ve 2100 Yılları Yaş Gruplarının Dağılımı (TÜİK, 2024)

Şekil 1'de görüldüğü üzere 2100 yılında yaş gruplarının toplam nüfus üzerindeki dağılımında önemli değişim beklenmektedir. Toplam nüfus içinde 65 yaş ve üzeri bireylerin oranının %10,6'dan %33,6'ya yükselmesi öngörülmektedir. Bununla birlikte 15-64 yaş aralığı nüfusun %68,5'ten %54,6 ya, 0-14 yaş arasının ise %20.9'dan %11,8'e düşmesi beklenmektedir.

Nüfusun büyüklüğü, yaş yapısı ve coğrafi dağılımı, eğitim hizmetlerinin planlanmasını ve sunumunu etkileyen faktörlerdendir. Örneğin, okul çağındaki nüfusun büyüklüğü; okul, derslik, öğretmen ve diğer eğitim altyapısına duyulan ihtiyacın temel belirleyicisidir. Access and Cost of Education and Health Services Raporuna göre birçok OECD ülkesinde kırsal alanlardaki nüfusta meydana gelen azalma sebebiyle okullar sürekli olarak yeniden yapılandırılmaktadır (OECD, 2021: 13). Nüfusa ilişkin projeksiyonlar öğrenci nüfusundaki değişimi öngörme ve buna bağlı olarak altyapı, personel vb. ihtiyaçları belirleme imkânı vermektedir (OECD, 2024: 2).

Aynı zamanda nüfusun büyüklüğü, yaş yapısı, sağlık ihtiyaçları ve mekânsal dağılımı, sağlık hizmetlerinin planlanmasını ve kaynakların dağılımını da belirleyen önemli unsurlardandır. Sağlık alanında alınan hizmetler bireyin yaşam süresini, fiziksel dayanıklılığını, enerji düzeyini ve günlük faaliyetlerini etkilemektedir (Örtlek, 2026: 22). Demografik değişimlerin, sağlık harcamalarında öngörülen toplam artışın yaklaşık dörtte birinden sorumlu olacağı tahmin edilmektedir (OECD, 2021: 14). Bu sebeple her iki hizmet için de kısa ve uzun vadeli planlama önemli bir etkiye sahiptir.

YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde Türkiye'nin son üç kalkınma planında eğitim ve sağlık hizmetleri nüfus ve aile dinamikleri bağlamında ele alınmıştır. Bu araştırma kapsamında, Onuncu (T. C. Kalkınma Bakanlığı, 2013), On Birinci (T.C. Cumhurbaşkanlığı SBB, 2019) ve On İkinci Kalkınma Planları (T.C. Cumhurbaşkanlığı SBB, 2023) incelenerek, önceden belirlenmiş anahtar kavramlar doğrultusunda sınıflandırılmış ve bu kavramların eğitim ve sağlık hizmetleriyle ilişkisi analiz edilmiştir.

Kalkınma planları, yalnızca ekonomik hedefleri değil, aynı zamanda toplumsal yapı ve demografik eğilimlere ilişkin politika perspektiflerini de içermektedir; bu nedenle, söz konusu belgelerin analizi, mevcut ve gelecekteki sosyal politikaların anlaşılmasına önemli katkılar sağlayabilecek niteliktedir. Kalkınma planı, bir ülkenin ekonomik, sosyal ve sektörel

hedeflerini belirleyen, bu hedeflere ulaşmak için izlenecek stratejileri ve politikaları ortaya koyan orta ve uzun vadeli bir rehberdir.

Kalkınma planlamasının amacı, ülkenin tüm insani, maddi, fiziksel ve teknolojik kaynaklarının etkin bir şekilde seferber edilerek ekonominin tüm alanlarında sürdürülebilir kalkınmayı sağlamaktır (Nwokwu ve Ndukwe, 2021: 29). Bu doğrultuda hazırlanan planlar, söz konusu amaca ulaşabilmek için ekonomiyi; çevresel, ekonomik ve sosyal faktörler arasındaki ilişkileri uzun vadeli geleceğe dönük bütünleşik bir perspektifle incelemektedir (Atakişi ve Cebeci, 2022: 160).

Türkiye'de ilk Kalkınma Planı 1963 yılında çıkarılmıştır. Kalkınma Planlarında nüfus konusu farklı yaklaşımlarla ele alınmıştır. Planlı dönemin ilk yıllarında nüfus artışını sağlama amacı söz konusuyken, zamanla nüfusun nitel yapısı ile ekonomi ve toplumla ilişkisi ele alınmıştır (Aydoğan ve Çoban, 2016: 124).

Çalışmada, nitel araştırma yöntemlerinden biri olan doküman analizi tekniği kullanılmıştır. Bu yöntem kitap, makale, gazete, kurumsal rapor gibi çeşitli belge türlerinin analizine dayanmaktadır (Morgan, 2022: 64). Doküman analizi yöntemi hem basılı hem elektronik materyalleri gözden geçirme ve değerlendirme için kullanılmakta ve verileri bulma, seçme, değerlendirme ve sentezlemeyi içermektedir (Bowen, 2009: 28-29).

Bir kurumsal raporda kullanılan kavramlar çoğu zaman niceliksel bir göstergenin ötesinde politika önceliklerinin, toplumsal eğilimlerin ve ideolojik yönelimlerin anlaşılmasına dair önemli ipuçları vermektedir. Çalışmanın odaklandığı iki hizmet alanı olan eğitim ve sağlık hizmetlerinin "aile", "genç", "çocuk", "doğum/doğurganlık", "nüfus/demografi" ve "yaşlı/yaşlanma" kavramlarıyla ilişkisinin ortaya koyulması da bu anlamda önem taşımaktadır. Çalışma demografik değişimlerin kalkınma planlarında eğitim ve sağlık hizmetlerine nasıl yansıdığını ortaya koyarken, geleceğe yönelik politika geliştirme süreçlerine katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Bu araştırmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Öncelikle, çalışmanın zaman aralığı son üç kalkınma planı ile sınırlı tutulmuş; daha uzun dönemli tarihsel eğilimler kapsam dışı bırakılmıştır. Bu sınırlamanın nedeni, 2014 sonrası dönemin Türkiye'de nüfus artırıcı politikaların (pronatalist politikalar) uygulanmaya başlandığı dönem olarak kabul edilmesidir (Bostan ve Sertkaya Doğan, 2019: 65; Gökburun, 2020: 11). Bunun yanı sıra çalışmada kalkınma planları incelenmiş, bu planlarda öngörülen politikaların uygulamadaki etkilerine yer verilmemiştir.

Çalışma, yalnızca belirtilen anahtar kavramlar özelinde bir analiz içermektedir. Bu kavramlar dışında kalan, nüfus ve aile ile ilişkili olabilecek; örneğin kadın, erkek, bebek, evlilik gibi farklı kavramlar da çalışmada değerlendirilebilirdi. Ancak çalışmanın kapsamı ve hacmi dikkate alınarak, yakın ilişkili olarak değerlendirilen altı kavram üzerinde odaklanılmıştır. Bu kavramsal sınırlama da çalışmanın bir diğer kısıtını oluşturmaktadır.

Çalışmada, ilgili kalkınma planlarında yer alan "Eğitim" ve "Sağlık" kavramları ile "aile", "genç", "çocuk", "doğum/doğurganlık", "nüfus/demografi" ve "yaşlı/yaşlanma" kavramlarının birlikte kullanılma sıklıkları analiz edilmiştir. Ayrıca, bu kavramların geçtiği cümleler incelenmiş ve her bir kavramın diğer kavramlarla birlikte kullanım yoğunluğu değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra eğitim ve sağlık bölümleri ve anahtar kavramları ele alan bölümler de analiz edilmiştir.

Çalışmada birden fazla basamaktan oluşan aşamalı analiz sonuçları yer almaktadır. İlk olarak her bir anahtar kavramın yer aldığı cümleler ile eğitim ve sağlı (k/ğ) kelimelerinin yer aldığı cümleler dosyalar halinde kaydedilmiştir. Bu cümleler içinde geçen anahtar kavramlar tekrar taranmış ve kavramların birbirleriyle ilişkisi incelenmiştir. Anahtar kavramlar aynı zamanda planlarda alt bölüm olarak yer almaktadır. Analizin sonraki basamağında bu bölümler için ayrı dosya oluşturulmuş ve bu bölümlerde Eğitim ve Sağlık kavramlarının anahtar kavramlarla ilişkileri ortaya çıkarılmak istenmiştir.

BULGULAR

Kalkınma planlarında eğitim ve sağlık hizmetlerinin anahtar kavramlarla birlikte insan ve toplum bölümlerinde yer aldığı görülmektedir. Onuncu ve On Birinci Kalkınma Planlarında, "Nitelikli İnsan, Güçlü Toplum" ifadesiyle belirtilen hedef ve politika başlığı, On İkinci Kalkınma Planında "Nitelikli İnsan, Güçlü Aile, Sağlıklı Toplum" biçiminde yer almaktadır. On İkinci Kalkınma Planında, hedef ve politikalar bölümünün ana başlığında "aile" kavramına yer verilmiş olması, kavrama verilen önemin bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.

Tablo 1: Kalkınma Planlarında Anahtar Kavramlar: Hedef ve Politikalar ile Alt Başlıklar

	Planın Hedef ve Politikaları	**Alt Başlıklar**
On İkinci Kalkınma Planı	**Nitelikli İnsan, Güçlü Aile, Sağlıklı Toplum**	Eğitim -Sağlık-Aile -Çocuk-Gençlik- Nüfus ve Yaşlanma-
On Birinci Kalkınma Planı	**Nitelikli İnsan, Güçlü Toplum**	Eğitim- Sağlık-Ailenin Güçlendirilmesi- -Çocuk-Gençlik- Nüfus ve Yaşlanma
Onuncu Kalkınma Planı	**Nitelikli İnsan, Güçlü Toplum**	Eğitim-Sağlık- Aile ve Kadın-Çocuk ve Gençlik-Nüfus Dinamikleri

On İkinci Kalkınma Planında yer alan ilgili bölümde "Aile", "Çocuk", "Gençlik", "Nüfus ve Yaşlanma" alt başlıkları yer almaktadır. Diğer bir ifadeyle bu Planda ailenin güçlendirilmesi, sağlıklı toplum bağlamında "nüfus ve yaşlanma" unsurları birlikte ele alınmıştır. On Birinci Kalkınma Planında ise "Nitelikli İnsan, Güçlü Toplum" ana başlığında "Ailenin güçlendirilmesi", "Çocuk", "Gençlik", "Nüfus ve Yaşlanma" alt başlıkları yer almaktadır. Bu planda güçlü toplum bağlamında ailenin güçlendirilmesi alt başlık olarak ele alınmış, "nüfus ve yaşlanma" birlikte değerlendirilmiştir. Onuncu Kalkınma Planında ise "Nitelikli İnsan, Güçlü Toplum" başlığında ilgili kavramlar "Aile ve Kadın", "Çocuk ve Gençlik", "Nüfus Dinamikleri" şeklinde ifade edilmiştir. Son iki kalkınma planında, yaşlanma ve nüfus konularının birlikte ele alınması, nüfusta meydana gelen değişimlerin dikkate alındığını gösteren önemli bir göstergedir.

Tablo 2: Kalkınma Planlarında Geçen Eğitim ve Sağlık Kavramlarının Anahtar Kavramlarla İlişkisi

… kavramının geçtiği cümleler	**Geçen kavram**	**On İkinci Plan**	**On Birinci Plan**	**Onuncu Plan**
EĞİTİM	Nüfus	5	6	14
	Genç	19	20	11
	Çocuk	43	29	17
	Yaşlı	5	2	1
	Doğum	1	1	0
	Aile	26	15	20
SAĞLIK	Nüfus	14	10	17
	Genç	5	7	4
	Çocuk	15	5	8

	Yaşlı	21	14	6
	Doğum	2	0	2
	Aile	23	5	2
AİLE	Nüfus	7	3	5
	Genç	7	4	3
	Çocuk	26	13	9
	Yaşlı	4	1	0
	Doğum	2	1	2
	Aile	99	53	57
NÜFUS	Nüfus	94	64	147
	Genç	8	11	12
	Çocuk	4	4	3
	Yaşlı	24	19	18
	Doğum	8	0	8
	Aile	7	3	6
GENÇ	Nüfus	10	14	17
	Genç	99	82	27
	Çocuk	16	9	13
	Yaşlı	5	4	1
	Doğum	1	0	2
	Aile	8	4	5
ÇOCUK	Nüfus	6	3	3
	Genç	14	7	8
	Çocuk	137	93	46
	Yaşlı	11	3	5
	Doğum	2	0	2
	Aile	19	10	7
YAŞLI	Nüfus	25	16	28
	Genç	5	3	1
	Çocuk	13	3	6
	Yaşlı	73	42	27
	Doğum	6	0	3
	Aile	5	1	0
DOĞUM	Nüfus	11	0	11
	Genç	1	0	1
	Çocuk	2	0	2
	Yaşlı	6	0	3
	Doğum	13	4	13
	Aile	2	1	1

Çalışmada eğitim ve sağlık kavramları ile anahtar kavramların geçtiği cümleler ayrı bir dosyada birleştirilerek diğer kavramlarla birlikte tekrarlanma sıklıkları ortaya çıkarılmıştır. Tablo 2'de görüldüğü üzere eğitim kavramı On İkinci ve On Birinci Kalkınma Planında en fazla "çocuk" ve Onuncu Kalkınma Planında "aile" kavramıyla birlikte kullanılmıştır. Eğitimle en az ilişkilendirilen anahtar kavramlar ise her üç planda da doğum kavramı olmuştur.

Sağlık kavramı ise On İkinci Kalkınma Planında en fazla "aile" On Birinci Kalkınma Planında "yaşlı" ve Onuncu Kalkınma Planında "nüfus" ile birlikte kullanılmıştır. Sağlık en düşük düzeyde On İkinci Kalkınma Planında "genç" On Birinci Kalkınma Planında "doğum" ve Onuncu Kalkınma Planında "doğum" ve "aile" kavramlarıyla ilişkilendirilmiştir.

Yapılan analizde "aile" kavramının her üç planda da en fazla "çocuk" kavramıyla birlikte kullanıldığı görülmüştür. Her üç plan birlikte değerlendirildiğinde aile kavramının yer aldığı cümlelerin en az ilişkilendirildiği kavram "doğum" olmuştur. Planlarda aile kavramı en çok "çocuk" ile özdeşleştirilmiştir.

"Nüfus" kavramı geçen cümleler incelendiğinde her üç planda da en çok "yaşlı" kavramının kullanıldığı görülmektedir. Nüfus kavramıyla en az kullanılan kavramlar ise On İkinci ve Onuncu Kalkınma Planında "çocuk" iken, On Birinci Kalkınma Planında "doğum" kavramıdır.

Nüfus kavramının "yaşlı" kavramı ile ilişkilendirilmiş olması Türkiye'nin yaşlanmaya ilişkin dinamikleri ile uyumlu görünmektedir.

Diğer bir anahtar kavram olan "genç" kavramının geçtiği cümleler incelendiğinde kavramın On Birinci ve Onuncu Kalkınma Planında en yüksek sıklıkla "nüfus" kavramıyla, On İkinci Kalkınma Planında ise "çocuk" kavramıyla birlikte kullanıldığı görülmektedir. Kavramın yer aldığı cümleler incelendiğinde en düşük düzeyde tekrarlanan kavramın On İkinci ve On Birinci Kalkınma Planlarında "doğum", Onuncu Kalkınma Planında ise "yaşlı" kavramı olduğu anlaşılmaktadır.

"Çocuk" kavramı On İkinci ve On Birinci Kalkınma planlarında "aile", Onuncu Kalkınma Planında ise "genç" kavramıyla daha yüksek düzeyde kullanılmıştır. Her üç kalkınma planında da çocuk kavramının en düşük düzeyde ilişki kurulduğu kavram "doğum" olmuştur. "Yaşlı" kavramı ise her üç planda da en çok "nüfus" kavramıyla ilişkilendirilmiştir. "Yaşlı" kavramı ile en düşük ilişki kurulan kavramlar On İkinci Kalkınma Planında "genç" ve "aile", On Birinci Kalkınma Planında "doğum" ve Onuncu Kalkınma Planında "aile"dir.

"Doğum" kavramı da en fazla On İkinci ve Onuncu Kalkınma Planında "nüfus", On Birinci Kalkınma Planında "aile" ile kullanılmıştır. On Birinci Kalkınma planında dikkat çeken bir unsur "doğum" kavramının "aile" kavramı dışında hiçbir anahtar kavramla birlikte kullanılmamış olmasıdır.

Tablo 3: Alt Bölümlerde Geçen Eğitim ve Sağlık Kavramlarının Anahtar Kavramlarla İlişkisi

		On İkinci Plan	**On Birinci Plan**	**Onuncu Plan**
EĞİTİM	Nüfus	1	0	2
	Genç	2	1	1
	Çocuk	8	7	3
	Yaşlı	0	0	0
	Doğum	0	0	0
	Aile	5	2	0
SAĞLIK	Nüfus	2	0	2
	Genç	0	0	0
	Çocuk	1	0	1
	Yaşlı	5	6	1
	Doğum	1	0	1
	Aile	8	4	1
AİLE	Nüfus	3	1	0
	Genç	0	1	0
	Çocuk	2	2	2
	Yaşlı	2	1	0
	Doğum	0	0	0
	Aile	19	25	20
NÜFUS	Nüfus	11	7	24
	Genç	4	2	2
	Çocuk	1	0	1
	Yaşlı	32	17	4
	Doğum	2	1	8
	Aile	2	2	1
GENÇ	Nüfus	0	0	1
	Genç	49	43	17
	Çocuk	1	0	21
	Yaşlı	0	0	0
	Doğum	0	0	0
	Aile	1	1	2
ÇOCUK	Nüfus	0	0	1
	Genç	1	1	17
	Çocuk	88	66	21
	Yaşlı	2	0	0

	Doğum	2	1	0
	Aile	9	8	2
YAŞLI	Nüfus	11	7	-
	Genç	4	2	-
	Çocuk	1	0	-
	Yaşlı	32	17	-
	Doğum	2	1	-
	Aile	2	2	-

Çalışmanın son aşamasında, "Eğitim" ve "Sağlık" alt başlıklarında diğer anahtar kelimelerin kullanım düzeyleri analiz edilmiştir. Ayrıca, Tablo 3'te görüldüğü üzere diğer anahtar kelimelerin yer aldığı alt başlıklar da incelenmiştir. Üç Planda da "Eğitim" bölümünde tekrarlanma sıklığı en fazla olan kavramın "çocuk" kavramı olduğu görülmektedir. Her üç planın ortak bir diğer noktası ise "doğum" ve "yaşlı" ile eğitimin ilişkilendirilmemiş olmasıdır.

Kalkınma planlarında eğitimin okul öncesinden başlamak üzere niceliksel ve niteliksel gelişimine ilişkin çeşitli politikalar bulunmaktadır. Aynı zamanda nüfus dinamiklerinin de süreç içinde dikkate alındığı, özellikle hayat boyu öğrenme kavramına yer verildiği görülmektedir. Onuncu Kalkınma Planında hayat boyu öğrenme yalnızca iki kere yer alırken, On Birinci Kalkınma Planında dört, On İkinci Kalkınma Planında ise dokuz kere kullanılmıştır. Bununla birlikte kavramsal düzeyde analiz edildiğinde kalkınma planlarının eğitime yönelik temel yaklaşımının erken yaş odaklı bir eğitim anlayışı olduğu görülmektedir.

"Sağlık" bölümüne bakıldığında ise On İkinci Kalkınma planında en yüksek düzeyde "aile", On Birinci Kalkınma planında "yaşlı" ve Onuncu Kalkınma planında "nüfus" ifadelerinin yer aldığı görülmektedir. Sağlık konusu On İkinci Kalkınma planında "genç", On Birinci Kalkınma planında "nüfus", "genç", "çocuk", "doğum" ve Onuncu Kalkınma planında "genç" kavramıyla hiç ilişkilendirilmemiştir. 'Aile' kavramının sağlık bölümünde nüfus politikaları bağlamından ziyade 'aile sağlığı merkezi' ve 'aile hekimi' biçiminde kullanıldığı anlaşılmaktadır.

Onuncu Kalkınma Planı'nda 'yaşlı' kavramı, nüfusun yaşlanmasıyla birlikte ele alınmıştır. On Birinci Kalkınma Planı yaşlılara yönelik (evde yaşlı bakımı ve yaşlıların takibi) sağlık ifadeleri bakımından önem taşımaktadır. On İkinci Kalkınma Planı'nda ise 'aktif yaşlanma', 'yaşlı bakımı' ve 'yaşlı sağlığı' şeklinde ifade edilen, doğrudan yaşlıları hedef alan politikalar bulunmaktadır. Bu bağlamda, sağlık alanında toplumda meydana gelen demografik dönüşümün kalkınma planlarında giderek daha belirgin hâle geldiği anlaşılmaktadır.

Planlardaki "aile" bölümü incelendiğinde On İkinci Kalkınma planında en fazla "nüfus", On Birinci ve Onuncu Kalkınma planında ise "çocuk" kavramının kullanıldığı görülmektedir. On İkinci Kalkınma planında bu bölümde "genç" ve "doğum", On Birinci Kalkınma planında ise "doğum" kavramı kullanılmamıştır. Onuncu Kalkınma planında ise aile kavramı "çocuk" dışında herhangi bir kavramla ilişkilendirilmemiştir.

"Nüfus" bölümünde On İkinci ve On Birinci Kalkınma planlarında en fazla "yaşlı" kavramıyla Onuncu Kalkınma planında ise "doğum" kavramıyla ilişki kurulduğu görülmektedir. "Gençlik" bölümü On İkinci Planda yalnızca "çocuk" ve "aile" kavramıyla ilişkilendirilirken, On Birinci Kalkınma Planında yalnızca "aile" ile ilişkilendirilmiştir. Onuncu Kalkınma planında ise "genç" kavramı "çocuk" kavramıyla doğrudan ilişkilendirilmiştir ve "aile" ve "nüfus" kavramları da bu bölümde yer almıştır.

"Çocuk" bölümü On İkinci ve On Birinci Kalkınma Planında en çok "aile" kavramıyla, Onuncu Kalkınma Planında ise "genç" kavramıyla ilişkilendirilmiştir. Çocuk bölümü incelendiğinde On İkinci ve On Birinci Kalkınma Planında "nüfus", Onuncu Kalkınma Planında ise "yaşlı" ve "doğum" kavramlarının yer almadığı görülmektedir.

"Yaşlı/anma" ile ilgili bölümde On İkinci ve On Birinci Kalkınma Planında en yüksek düzeyde "nüfus "kavramı yer almaktadır. Onuncu Kalkınma Planında ise yaşlılara yönelik herhangi bir alt başlık yer almamaktadır. Onuncu planda ayrı bir bölüm olarak yer almamasına rağmen sonraki planlarda yer alması yaşlanan nüfusun dikkat çekmesi bakımından önemli bir veri olarak değerlendirilebilir.

SONUÇ

Demografik değişimlerin ekonomik, sosyal ve idari alanlarda yarattığı etkiler, özellikle eğitim ve sağlık hizmetlerinin geleceğe yönelik planlanmasında uzun vadeli politikaların önemini artırmaktadır. Nüfusun yalnızca niceliksel bir gösterge değil, aynı zamanda devletlerin ekonomik, sosyal ve siyasi gücünü etkileyen temel bir unsur olduğu yaklaşımından hareketle bu çalışma, nüfus politikalarının eğitim ve sağlık hizmetleri üzerindeki etkilerine odaklanmaktadır.

Kalkınma Planları, demografik eğilimlere yönelik politika önceliklerini ve ilgili dönemin toplumsal ve politik yönelimlerini ortaya koyan önemli kurumsal belgeler olarak değerlendirilmektedir. Bu sebeple mevcut çalışmada Kalkınma Planlarında eğitim ve sağlık hizmetlerinin demografik değişimler karşısında ele alınış biçimi ortaya koyulmak istenmiştir.

Yapılan analizde mevcut verilerin ve gelecek eğilimlerinin kalkınma planlarına da yansıdığı anlaşılmaktadır. Özellikle eğitim alanında hayat boyu öğrenme yaklaşımı ve yaşlı nüfusa yönelik sağlık politikalarının etkisi açık bir şekilde görülmektedir. Toplumsal hedef ve politikaları içeren önemli stratejik belgeler olan kalkınma planlarında, nüfusa ilişkin kavramlarla daha güçlü bağlantılar kurulması ve değişen yaş yapısına yönelik dinamiklerin daha fazla önceliklendirilmesi yararlı olacaktır. Eğitim hizmetini yalnızca çocuk ve gençleri, sağlık hizmetini ise yalnızca hastaları kapsayacak şekilde ele alan yaklaşımlardan uzaklaşılması önemlidir.

Bu çalışmada yapılan analizlerin hem literatüre hem de politika yapıcılara katkı sağlaması beklenmektedir. Gelecek araştırmalar için, konunun farklı hizmet alanlarını kapsayacak şekilde ele alınması, stratejik planlar gibi kurumsal yaklaşımları inceleyen dokümanların analiz edilmesi ve nüfus politikalarının kalkınma planları üzerindeki yansımalarının daha geniş bir tarihsel perspektifle incelenmesi önerilmektedir. Bu tür çalışmaların, alandaki bilgi birikimini artırarak politika geliştirme süreçlerine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Atakişi, A., Cebeci, A. (2022). Kalkınma Planlarının Kıyaslamalı Analizi: Türkiye Örneği. *Ekonomi ve Finansal Araştırmalar Dergisi, 4*(2), 157 172.

Aydoğan, E., Çoban, E. (2016). Türkiye'de Nüfus Sayımları ve Uygulanan Nüfus Politikaları. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, *6*(2/1), 113-126. https://izlik.org/JA35BR22MZ.

Bostan, H., Sertkaya Doğan, Ö. (2019). Türkiye'nin Demografik Dönüşümü Ve Nüfus Projeksiyonlarına Göre Fırsatlar. *Doğu Coğrafya Dergisi*, *24*(41), 61-90. https://doi.org/10.17295/ataunidcd.535018.

Bowen, G. (2009). Document Analysis As A Qualitative Research Method. *Qualitative Research Journal*, *9* (2), 27-40.

Gökburun, İ. (2020). Türkiye'nin Demografik Dönüşüm Sürecinde Nüfus Politikalarının Rolü. *Gelecek Vizyonlar Dergisi*, *4*(Coğrafya Özel Sayısı), 1-15. DOI: 10.29345/futvis.141.

Morgan, H. (2022). Conducting a Qualitative Document Analysis. *The Qualitative Report, 27*(1), 64-77. https://doi.org/10.46743/2160-3715/2022.5044.

Nwokwu, P. M., Ndukwe, C. (2021). Development Plans As Veritable Tools For National Development: Evidence From Nigeria. *International Journal of Business and Management Invention (IJBMI), 10* (9), 28-37.

OECD (2024), How are demographic changes affecting education systems?, *Education Indicators in Focus*, No. 87, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/158d4c5c-en.

OECD/EC-JRC (2021), Access and Cost of Education and Health Services: Preparing Regions for Demographic Change, *OECD Rural Studies*, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/4ab69cf3-en.

Örtlek, Z. (2026). İnsan Sağlığı Ve Sosyal Hizmet Faaliyetleri, Beşerî Sermaye, Demografik Yapı Ve Bölgesel Kalkınma: Türkiye Düzey-1 Bölgelerine Yönelik Karşılaştırmalı Bir Değerlendirme. *Dicle Akademi Dergisi, 6*(1), 21-35. https://doi.org/10.61964/dade.1908663.

T. C. Cumhurbaşkanlığı SBB. (2023*). On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028)*, Erişim Tarihi: 07.08.2025, https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/12/On-Ikinci-Kalkinma-Plani_2024-2028_11122023.pdf.

T. C. Kalkınma Bakanlığı (2013). *Onuncu Kalkınma Planı 2014-2018*, Erişim Tarihi: 07.08.2025 https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2025/06/Onuncu_Kalkinma_Plani-2014-2018.pdf.

T.C. Cumhurbaşkanlığı SBB. (2019). *On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023),* Erişim Tarihi: 07.08.2025 https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/07/On_Birinci_Kalkinma_Plani-2019-2023.pdf.

TÜİK (2024). *Nüfus Projeksiyonları, 2023-2100*, https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/53699. Erişim Tarihi: 08.10.2026.

TÜİK (2026). *Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2025*, https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/53899. Erişim Tarihi: 08.10.2026.

Yumuşak, İ. (2010). Beşeri Sermayenin İktisadi Önemi ve Türkiye'nin Beşeri Sermaye Potansiyeli. *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi, 55*, 3-48. https://izlik.org/JA29MY89YX.

DOĞA TEMELLİ ÇOK KADEMELİ TAŞKIN TAMPON ALAN MODELİ: HOPA SUNDURA DERESİ ÖRNEĞİNDE KAVRAMSAL BİR PLANLAMA YAKLAŞIMI
A NATURE-BASED MULTI-STAGE FLOOD BUFFER ZONE MODEL: A CONCEPTUAL PLANNING APPROACH IN THE CASE OF SUNDURA STREAM, HOPA

Dr. Öğr. Üyesi Manolya ÖZDEMİR DURAK[1] • Turan BİLGİN[2]
[1] Artvin Çoruh Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9103-3435
[2] Peyzaj Mimarı, Yüksek Lisans Öğrencisi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı | ORCID: https://orcid.org/0009-0006-6334-3504

ÖZET
İklim değişikliğine bağlı aşırı yağışların sıklık ve şiddetindeki artış, özellikle dar ve eğimli havzalarda gelişen kıyı yerleşimlerinde taşkın riskini giderek daha önemli bir planlama sorunu hâline getirmektedir. Türkiye'nin en fazla yağış alan bölgesi olan Doğu Karadeniz kıyısında yer alan Hopa, uzun dönem yağışlarının yanı sıra kısa süreli ekstrem yağışlarıyla da ülke ölçeğinde öne çıkmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü kayıtlarına göre Türkiye'de 5, 10, 15 ve 30 dakikalık standart sürelerde ölçülen en yüksek yağış değerleri Hopa'da kaydedilmiştir. Hopa kent merkezinden geçerek Karadeniz'e ulaşan Sundura Deresi; dik topoğrafyası, yoğun yapılaşma ile kurduğu yakın ilişki ve geçmiş taşkın deneyimleri nedeniyle bu açıdan dikkat çekici bir örnektir. Bu çalışmanın amacı, Sundura Deresi örneğinde mevcut mühendislik temelli taşkın kontrol önlemlerini tamamlayacak, doğa temelli ve çok kademeli bir tampon alan planlama modeli geliştirmektir.
Araştırma; Sundura Havzası'na ilişkin bilimsel çalışmalar ve kurumsal belgeler ile riparyan tampon alanlar, doğa temelli çözümler, mavi-yeşil altyapı ve güvenli taşma (safe-to-fail) yaklaşımlarına ilişkin literatürün kavramsal sentezine dayanmaktadır. Önerilen model, akarsu ile yerleşim arasındaki geçiş alanını üç işlevsel zon üzerinden ele almaktadır. Riparyan kıyı ve stabilizasyon zonu, kıyı stabilitesi, habitat sürekliliği ve akarsu dinamikleriyle uyumu; vejetatif filtrasyon ve akış yavaşlatma zonu, yüzey akışının yavaşlatılması, sediment ve rüsubatın tutulması, infiltrasyon ve bitkisel filtrasyonu; taşkın sönümleme ve yerleşim geçiş zonu ise kontrollü taşkın yayılımı, geçici su depolama ve geçirgen açık alan kullanımını esas almaktadır.
Modelde zonlar için sabit genişlikler yerine topoğrafya, taşkın rejimi, mevcut yapılaşma, toprak özellikleri ve mekânsal olanaklara göre değişebilen uyarlanabilir genişlikler öngörülmektedir. Çalışma, Sundura Deresi'nde taşkın yönetimini akış kontrolü ile birlikte, peyzaj ekolojisi temelli ekolojik süreklilik, riparyan tamponlama ve mavi-yeşil altyapı işlevleriyle bütünleştiren kavramsal bir planlama çerçevesi önermektedir.
Anahtar Kelimeler: Sundura Deresi, Taşkın Dirençliliği, Doğa Temelli Çözümler, Tampon Alan Planlaması, Mavi-Yeşil Altyapı

ABSTRACT

The increasing frequency and intensity of extreme rainfall associated with climate change are making flood risk an increasingly important planning issue, particularly in coastal settlements developed within narrow and steep basins. Hopa, located on the Eastern Black Sea coast—the wettest region of Türkiye—stands out nationally not only for its high long-term precipitation but also for short-duration extreme rainfall. According to records of the Turkish State Meteorological Service, the highest precipitation amounts measured in Türkiye for standard durations of 5, 10, 15, and 30 minutes were recorded in Hopa. Sundura Stream, which passes through the urban center of Hopa before reaching the Black Sea, represents a notable case due to its steep topography, close interaction with dense urban development, and history of flooding. This study aims to develop a nature-based, multi-stage buffer zone planning model that can complement existing engineering-based flood-control measures in the case of Sundura Stream.

The research is based on a conceptual synthesis of scientific studies and institutional documents concerning the Sundura watershed, together with the literature on riparian buffers, nature-based solutions, blue-green infrastructure, and safe-to-fail approaches. The proposed model addresses the transition area between the stream and the settlement through three functional zones. The riparian bank and stabilization zone focuses on bank stability, habitat continuity, and compatibility with stream dynamics; the vegetated filtration and flow-retardation zone emphasizes runoff reduction, sediment and debris retention, infiltration, and vegetative filtration; and the flood attenuation and settlement-transition zone focuses on controlled flood spreading, temporary water storage, and permeable open-space use.

Rather than prescribing fixed widths, the model proposes adaptive zone widths that vary according to topography, flood regime, existing development, soil characteristics, and spatial opportunities. The study offers a conceptual planning framework that integrates flow control in Sundura Stream with landscape-ecology-based ecological continuity, riparian buffering, and blue-green infrastructure functions.

Keywords: Sundura Stream, Flood Resilience, Nature-Based Solutions, Buffer Zone Planning, Blue-Green Infrastructure

1. GİRİŞ

Türkiye'de sel ve taşkınlar, yağışın şiddeti ve süresi kadar havza özellikleri, arazi kullanımı ve yerleşimlerin suyla kurduğu ilişkiyle birlikte değerlendirilmesi gereken afetlerdir. 3–4 Kasım 1995 İzmir taşkınını inceleyen Kömüşçü ve arkadaşları (1998), şiddetli yağışın etkisini topoğrafya ve taşkına açık alanlardaki kullanımlarla birlikte ele almıştır. 7–9 Eylül 2009 Marmara-Trakya olayının meteorolojik analizi de yağışın zamansal ve mekânsal yoğunlaşmasının önemini ortaya koymaktadır (Bacanlı vd., t.y.).

Bu sorunun güncelliği, 14 Ekim 2026 İstanbul sağanağında da görülmüştür. Meteoroloji Mühendisleri Odasının (2026) Valilik açıklamasına dayalı bildirimine göre, aynı gün saat 06.00–20.00 arasındaki kayıtlarda 1.277 su baskını ihbarı yer almıştır; aynı sayı Anadolu Ajansının (2026) Valilik açıklamasına dayanan haberinde de verilmiştir. Bu sayı, idari bir ihbar kaydı olarak ele alınmıştır. Küresel ölçekte Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC, 2021), gözlemsel verilerin eğilim analizine elverdiği kara alanlarının çoğunda 1950'lerden bu yana aşırı yağış olaylarının sıklık ve şiddetinin arttığını, bu artışın muhtemel ana etkeninin ise insan kaynaklı iklim değişikliği olduğunu değerlendirmektedir. Bununla birlikte, farklı dönem ve bölgelerdeki her olay için istatistiksel eğilim ve iklim değişikliği atfı ayrı bir analiz gerektirir; bu olaylar ise yağış, yüzey akışı, arazi kullanımı ve kentsel altyapının birlikte planlanması gereğini ortaya koyar.

Karadeniz Bölgesi'nde yaşanan taşkınlar, bu ilişkinin kıyı yerleşimleri açısından önemini göstermektedir. 11 Ağustos 2021'de Bartın, Kastamonu ve Sinop'ta meydana gelen sel ve su

baskınları, yerleşimler ile ulaşım ve altyapının birlikte etkilenebildiği bir örnektir (AFAD, 2021). Bölgenin doğusunda, Artvin'in kıyı kesimindeki Hopa'da ise 2015 taşkını; havza morfolojisi, arazi kullanımı, kanal kapasitesi ve malzeme taşınımının birlikte ele alınması gereken yerel koşulları görünür kılmıştır (Çelik vd., 2020).

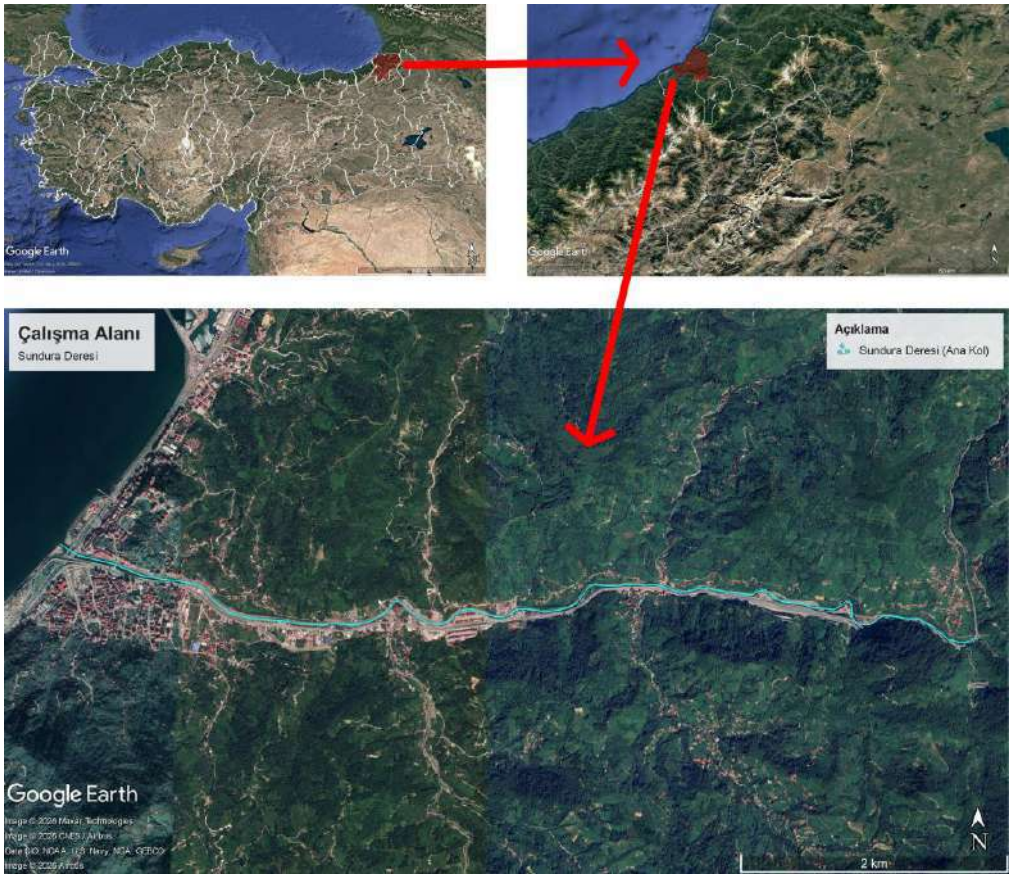
Doğu Karadeniz kıyı kuşağındaki Hopa'nın çalışma alanı olarak seçilmesinde, yağışın çok yıllı düzeyi ve mevsimsel dağılışı ile dik havza-kent ilişkisi belirleyicidir. Meteoroloji Genel Müdürlüğünün (MGM) 1991–2020 dönemine dayalı değerlendirmesi Hopa'yı çok nemli iklim sınıfında tanımlar; Thornthwaite sınıflandırması su noksanının bulunmadığı veya çok az olduğu koşullara işaret eder (MGM, t.y.-a). MGM'nin standart sürelerdeki ekstrem yağış kayıtlarında, Türkiye'de 5, 10, 15 ve 30 dakikalık en yüksek yağış değerleri Hopa'da 7 Temmuz 1988 tarihinde ölçülmüştür (MGM, t.y.-b). Bu değerlendirme, Hopa'nın kıyı iklimini tanımlamak amacıyla kullanılmıştır.

Hopa Meteoroloji İstasyonu verilerini değerlendiren Çetinkaya'nın (2020, Tablo 1.3 ve Tablo 1.10) tablolarında, 1989–2018 döneminin yıllık ortalama toplam yağışı 2.340,2 mm olarak verilmiştir. Aynı dönemde aylık ortalamalar eylülde 322,4 mm, ekimde 327,3 mm ve kasımda 273,9 mm'dir. Yayımlanan aylık ortalamalar bu çalışma için toplandığında sonbahar yağışı 923,6 mm, yıllık toplam içindeki payı ise yaklaşık %39,5 olarak hesaplanmaktadır. Yağışın mevsimsel dağılışı, tampon alanların tasarımının yanı sıra yağışlı dönem öncesi drenaj, bitkisel bakım ve akış bağlantılarının kontrolünü de planlama gündemine taşımaktadır.

Yakın dönemdeki şiddetli yağışlar da bu iklimsel bağlamı tamamlamaktadır. MGM'nin 2024 yılı uç değerler değerlendirmesinde, Hopa'da 17 Eylül 2024 tarihinde günlük toplam 249,0 mm yağış kaydedildiği bildirilmektedir (MGM, 2025). Bu olay, çok yıllı ortalamayı tamamlayan yakın dönem bir aşırı yağış örneği olarak ele alınmıştır. Sundura Havzası'ndaki 24 Ağustos 2015 taşkınını inceleyen Çelik ve arkadaşları (2020), havza morfolojisi, arazi kullanımı, kanal kapasitesi ve menfezlerde malzeme tıkanmasını birlikte değerlendirmiştir. Olayın meteorolojik özelliklerini inceleyen Baltacı (2017) ise 24 Ağustos 2015'te 05.00–11.00 UTC arasındaki altı saatte Hopa'da toplam 136 mm yağış ölçüldüğünü bildirmektedir. Bu bulgular, kıyı peyzajının havza, sediment ve mevcut altyapıdan bağımsız ele alınmamasını gerektiren yerel bağlamı oluşturmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Sundura Deresi'nde mevcut mühendislik temelli taşkın kontrolünü tamamlayacak üç kademeli bir doğa temelli tampon alan modeli geliştirmektir. Araştırma, dar ve yapılaşmış bir kentsel akarsu koridorunda kıyı bütünlüğü, karasal yüzey akışı ve yerleşim geçişi işlevlerinin hangi mekânsal koşullarda bir araya getirilebileceğini sorgulamaktadır. Model; riparyan kıyı ve stabilizasyon, vejetatif filtrasyon ve akış yavaşlatma, taşkın sönümleme ve yerleşim geçişi işlevlerini, yerel olanaklara uyarlanabilen esnek genişlikli bir planlama bütününde ilişkilendirmektedir.

Araştırmanın yerel bağlamını Sundura Deresi ve kent içi yakın çevresi oluşturur. Saha fotoğrafları, derenin Karadeniz'e döküldüğü noktadan Hopa Devlet Hastanesi'ne kadar uzanan koridorda çekilmiştir. Fotoğraf çekimi yapılan bu kesimde kıyı tahkimatı, yerleşim, şehirlerarası yol, hastane ve oto sanayi kullanımları bir arada bulunmaktadır. Şekil 1, Sundura Deresi'nin Türkiye ve Doğu Karadeniz kıyısındaki konumunu, ana kol güzergâhını ve yerleşim dokusuyla ilişkisini göstermektedir. Hastanenin resmî adresinde Artvin yeni yolu üzeri ve yeni sanayi yanı tanımlamaları bulunmaktadır (Hopa Devlet Hastanesi, 2024). Bu mekânsal birliktelik, kıyı ekolojisi, yapılaşma ve erişim gereksinimlerinin tampon alan kararlarında birlikte ele alınmasını gerektirmektedir.



Şekil 1. Sundura Deresi'nin Türkiye ve Doğu Karadeniz kıyısındaki konumu ve ana kol güzergâhı. Kaynak: Google Earth tabanlı çalışma alanı haritası.

Şekil 2a'daki Devlet Su İşleri (DSİ) gösterimi, Sundura ve kollarının dağlık arka alan, kentsel vadi ve deniz çıkışı arasındaki bağlantısını ortaya koymaktadır. Sarı güzergâhlar ve simgeler DSİ'nin dere ıslahı ve köprü projesini gösterir. Bu projenin kapsamı ile dere ağzı-hastane arasında fotoğraf çekimi yapılan kesim birbirinden ayrı ele alınmıştır. Deniz çıkışı, köprüler ve kıyı geçişleri, tamponların mevcut taşkın koruma sistemiyle ilişkilendirilmesini gerektiren mekânsal eşiklerdir (DSİ, 2025).



Şekil 2a. Sundura Deresi ve kollarının DSİ proje bağlamı. Kaynak: DSİ (2025), özel teknik şartname, Ek-2, s. 42.

Google Earth görüntüsünde dere ağzı, kıyı yolu geçişi, viyadük bağlantısı ve iki yandaki yapı dokusu birlikte okunmaktadır (Şekil 2b). Bu mekânsal yakınlık, koridorun denize açılan kesiminde akış iletimi ile ulaşım ve kamusal kıyı erişiminin birlikte ele alınmasını gerektirir. Görüntüdeki boş ya da az yapılaşmış parseller, kullanım ve mülkiyet kararlarıyla birlikte incelenecek alanlardır; taşkın depolama potansiyelleri bu incelemelerin sonucuna göre belirlenecektir.



Şekil 2b. Sundura Deresi ağzında kıyı, ulaşım bağlantıları ve yerleşim ilişkisi. Kaynak: Google Earth ekran görüntüsü.

Koridorun iç kesimine ait görüntüde, dere ile ana yolun uzun bir bölümde yan yana ilerlediği, stadyumun yolun kara tarafında kaldığı ve yamaç yerleşimlerinin bu dar tabanla ilişkilendiği görülmektedir (Şekil 2c). Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), Hopa-Borçka yolunu Artvin ve iç bölgelerin Karadeniz bağlantısı olarak tanımlar (KGM, t.y.). Bu nedenle ulaşım hattı,

geçirimsiz bir yüzey olmasının yanı sıra sürekliliği korunacak bölgesel bir bağlantı olarak ele alınmıştır. Stadyum ile dere arasındaki yol, olası bir su tutma kararında hidrolik bağlantı ve güvenli erişimin ayrıca çözülmesini gerektirir.



Şekil 2c. Sundura koridorunda dereye paralel yol, stadyum ve yamaç yerleşimlerinin mekânsal ilişkisi. Kaynak: Google Earth ekran görüntüsü.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Riparyan tampon alanlar, akarsu ile karasal kullanımlar arasındaki geçişte kıyı ve habitat ilişkilerini, yüzey akışını ve su kalitesini birlikte etkileyen peyzaj bileşenleridir. Welsch (1991), akarsu kenarı orman tamponlarını yayılı kirletici kontrolü ve sucul habitatın desteklenmesiyle ilişkilendirir. Sweeney ve Newbold (2014) bu işlevlerin tampon genişliği ve akarsu koşullarıyla değiştiğini gösterir. Tampon alan, yapılaşmadan arındırılmış bir mesafenin ötesinde, bitki–toprak–su ilişkilerinin düzenlendiği işlevsel bir geçiş alanıdır.

Doğa temelli çözümler (Nature-based Solutions, NbS), ekolojik işlevler ile toplumsal gereksinimleri birlikte ele alan bir çerçeve sunar (IUCN, 2026). Taşkın yönetiminde bu çözümler, gri altyapının tamamlayıcısı veya uygun koşullarda alternatifi olabilir; seçim sistem ölçeği ve yerel risklerle birlikte yapılmalıdır (World Bank, 2017). Ahern'in (2011) safe-to-fail yaklaşımı ise belirsizliğe yanıt verebilen, çok işlevli ve uyarlanabilir düzenlemeleri destekler. Bu bildiride güvenli taşma, bu daha geniş dirençlilik yaklaşımının uygun açık alanlarda kontrollü su tutma ve kritik kullanımları koruma ilkelerine uyarlanması olarak kullanılmıştır.

Ruangpan ve arkadaşları (2020), 146 yayını ayrıntılı inceleyen derlemelerinde, küçük ölçekli kentsel müdahaleler ile havza, akarsu koridoru ve kıyı ölçeğindeki çözümlerin birlikte değerlendirilmesini öne çıkarmaktadır. Derlemede, ölçekler arası bağlantı, gri altyapıyla bütünleşme ve çoklu faydaların değerlendirilmesi araştırma gereksinimleri arasındadır. Bu yayındaki küçük/büyük ölçek ayrımı, burada ölçekler arası ilişkiyi kurmak amacıyla kullanılmıştır; Sundura modelindeki üç işlevsel zon ile Tip A, B ve C kesitleri ise yazarların kavramsal kurgusu çerçevesinde ayrıca tanımlanmıştır.

Bu araştırmada üç kademeli model, riparyan tamponların ekolojik işlevleri ile doğa temelli taşkın uyumunu aynı planlama çerçevesinde birleştirir. Birinci zon kıyı ve habitat bütünlüğüne, ikinci zon karasal yüzey akışının bitki-toprak sistemiyle ilişkisine, üçüncü zon ise uygun açık alanlarda geçici su tutma ve yerleşim geçişine odaklanır. Zonların koridor boyunca değişen bileşimi, mekânsal kısıtlara uyarlanabilen bir peyzaj planlama yaklaşımı oluşturur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma, literatür ve kurumsal belgelerin saha görüntüleriyle birlikte yorumlandığı, nitel ve kavramsal bir peyzaj planlama çalışmasıdır. Fotoğraf çekimi yapılan kesim, Sundura

Deresi'nin Karadeniz'e döküldüğü noktadan Hopa Devlet Hastanesi'ne kadar uzanan koridordur. 14.10.2026 tarihli kayıtlardan, farklı kıyı karakterlerini gösteren sekiz saha görüntüsü kullanılmıştır. Görüntüler; kıyı tahkimatı, bitişik arazi kullanımı, görünür bitki dokusu ve yatak malzemesi başlıkları altında okunmuştur. Seçki, koridordaki farklı durumları örnekleyen nitel bir görsel kayıt niteliğindedir. Çekim sürecindeki toplam yaya dolaşımı yaklaşık 13 km olarak tahmin edilmekte olup bu değer, incelenen dere kesiminin ölçülmüş uzunluğunu ifade etmez.

Yağış bağlamı, MGM'nin 1991–2020 iklim sınıflandırması ve 2024 uç değer kaydı ile Çetinkaya'nın (2020) 1989–2018 istasyon verilerine dayalı tablolarından derlenmiştir. Sonbahar toplamı, eylül, ekim ve kasım ortalamalarının toplamı; mevsimsel pay ise bu toplamın yıllık ortalama toplam yağışa oranı olarak hesaplanmıştır. Farklı referans dönemleri ayrı ayrı ele alınmış, aylık ortalamaların mevsimsel dağılışı ise yalnızca dağılım özelliği olarak yorumlanmıştır.

Literatür seçiminde, yerel taşkın süreçlerini açıklayan çalışmalar, riparyan tamponların işlevlerini inceleyen araştırmalar ve doğa temelli su yönetimi kaynakları esas alınmıştır. Literatür seçimi, amaçlı bir kavramsal sentez olarak yürütülmüştür. Kaynaklardaki hidrolik performans, su kalitesi ve ekonomik fayda bulguları birbirinden ayrı değerlendirilmiş; başka alanlarda hesaplanan oranlar ise Sundura için yalnızca bağlam bilgisi olarak kullanılmıştır. Çalışma kavramsal planlama düzeyinde yürütülmüş; hidrolik modelleme, maliyet–fayda analizi ve sayısal optimizasyon sonraki aşamaların konusunu oluşturmaktadır.

Mekânsal okuma, DSİ'nin proje gösterimi ve Google Earth ekran görüntülerinin saha gözlemleriyle karşılaştırılmasına dayanmaktadır (Şekil 2a–c). Hastanenin yol ve sanayiye göre konumu kurumun resmî adresiyle; Hopa-Borçka yolunun bölgesel işlevi KGM kaydıyla kontrol edilmiştir. Sundura Mahallesi için yayımlanan plan raporu ise konut gelişimi, stadyum ve kamusal kullanımlara ilişkin yerel bağlamı desteklemektedir (Hopa Devlet Hastanesi, 2024; KGM, t.y.; Aycan Ayçiçek Şehir Planlama, 2026, s. 8). Harita üzerindeki komşuluklar mekânsal ilişki olarak; suyun bu alanlara hangi kot ve debide ulaşacağı ise uygulama aşamasında incelenecek hidrolik ilişki olarak ele alınmıştır.

Model geliştirme üç aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada Sundura Deresi için sorun bileşenleri; yüksek kısa süreli yağış, dik üst havza, kanalize kent içi kesim, sediment/rüsubat ve debris taşınımı, menfez-köprü darboğazları ve yoğun yerleşim teması başlıklarında sınıflandırılmıştır. İkinci aşamada literatürde tekrarlanan temel süreçler; kıyı stabilizasyonu ve habitat sürekliliği, yüzey akışını yavaşlatma ve filtrasyon, geçici su depolama/taşkın sönümleme, çok işlevli açık alan ve uyarlanabilir yönetim olarak ayrıştırılmıştır. Üçüncü aşamada bu süreçler akarsu yatağından yerleşime doğru kademelenen üç işlevsel zona dönüştürülmüştür. Zonların sayısı ve işlevleri literatür sentezine dayanmakla birlikte, Sundura için önerilen nihai kombinasyon bu çalışmanın kavramsal ürünüdür.

Şekil 3'teki yöntem akışı, gözlenebilir mekânsal özelliklerle literatürde tanımlanan işlevlerin eşleştirilmesini göstermektedir. Kıyı tahkimatı, yakın yapılaşma, bitki sürekliliği ve yatak malzemesi bu eşleştirmenin gözlem bileşenleridir; tampon zonlar ise sentezin kavramsal ürünüdür.

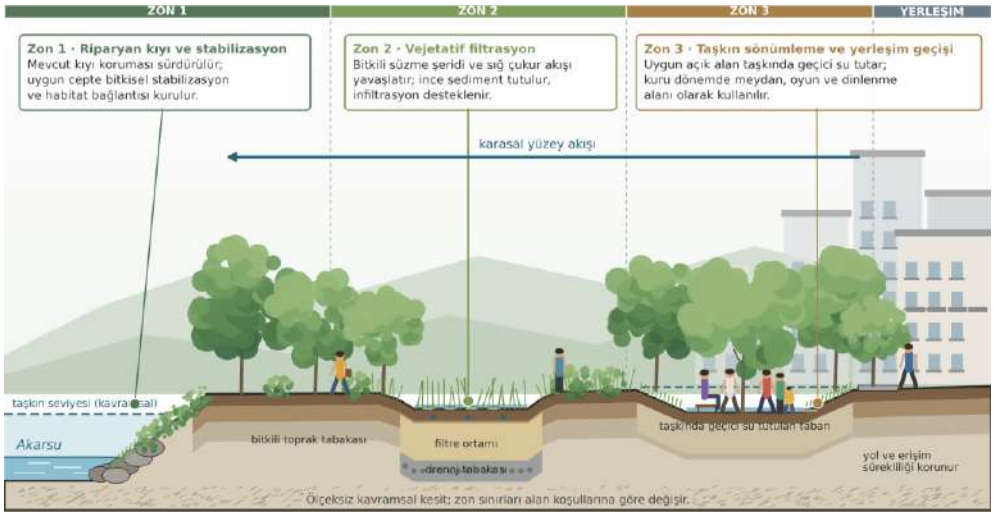


Şekil 3. Literatür, kurumsal belgeler ve saha gözlemlerinden kavramsal modele geçiş. Kaynak: Yazarlar.

Literatürdeki genel ilkeler, kurumsal belgelerdeki yerel bilgiler ve fotoğraflarda görülebilen mekânsal özellikler ayrı kanıt düzeyleri olarak ele alınmıştır. Üç zon modelin işlevlerini; Tip A, B ve C ise bu işlevlerin farklı alan olanaklarındaki bileşimlerini temsil eder. Kesitler, kavramsal peyzaj anlatımları olarak hazırlanmıştır. Bulgular bölümünde önce görüntüde izlenebilen durum, ardından bununla ilişkilendirilen zon kararı ve uygulama koşulu verilmiştir. Fotoğraflar mekânsal ilişkilerin okunması amacıyla kullanılmış; debi, su derinliği, zemin geçirgenliği ve yapısal güvenlik gibi nicel değerler sonraki saha ve mühendislik çalışmalarına bırakılmıştır.

4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR: ÜÇ KADEMELİ TAMPON ALAN MODELİ

Önerilen modelde Zon 1 akarsu-kıyı arayüzünü, Zon 2 karadan gelen yüzey akışını, Zon 3 ise uygun açık alanların geçici su tutma ve yerleşim geçişi işlevini tanımlar. Şekil 4, bu işlevleri kıyıdan karaya doğru birbiriyle ilişkilenen tampon bileşenleri olarak göstermektedir. Dar kesimlerde uygun ceplerin ve bağlantıların birlikte değerlendirilmesi bu çalışmanın mekânsal uyarlama önerisidir (Welsch, 1991; Ahern, 2011).



Şekil 4. Akarsu kıyısından yerleşime doğru üç işlevsel tampon zonun ilişkisi (ölçeksiz kavramsal kesit). Kaynak: Welsch (1991) ve Ahern (2011) çerçevesinde yazarların yapay zekâ destekli kavramsal sentezi.

4.1. Zon 1 – Riparyan Kıyı ve Stabilizasyon Zonu

Birinci zonun önceliği, kıyı bütünlüğü ile riparyan habitat ilişkilerinin birlikte korunmasıdır. Akarsu kenarı bitkileri gölgeleme, organik madde girdisi ve karasal-sucul bağlantılara katkı sağlayabilir; bu işlevler köklenme ortamı, bitki topluluğu ve koridor sürekliliğiyle ilişkilidir (Welsch, 1991; Sweeney ve Newbold, 2014). Tahkimatlı bir kentsel kesitte hedef, mevcut koruma işleviyle uyumlu kıyı parçalarını ve karasal bağlantıları güçlendirmektir.

Çalışma alanında Şekil 5'te görülen kanalize akarsu kesiti, kıyı duvarları, sol kesimdeki çok katlı yapılar ve sağdaki ulaşım yapısı arasında mekânsal olarak sıkışmaktadır. Bu durum, Zon

1 için mevcut kıyı güvenliğini koruyarak uygun karasal ceplerde ekolojik bağlantı arama gereksinimini göstermektedir. Öncelik, iletim kesitine rastgele bitki yerleştirmekten çok, kıyı-yol-yapı arayüzünün birlikte tasarlanmasıdır.



Şekil 5. Kanalize akarsu kesiti ve kıyılarda yapılaşma ilişkisi. Kaynak: Yazarların 14.10.2026 tarihinde Sundura Deresi boyunca gerçekleştirdiği saha çekimleri.

Şekil 6'da düşeye yakın sert kıyı yüzeyleri ile hemen gerilerindeki yapı ve yol kullanımları, akarsu-karasal alan geçişinin keskin sınırını görünür kılmaktadır. Zon 1'in uygulanmasında kalan geri çekilme alanlarının korunması, bitkisel bağlantıların bakım erişimiyle uyumlu kurulması ve komşu sokak-açık alan ağına bağlanması önceliklidir. Böylece riparyan süreklilik yalnızca duvarın hemen kenarına indirgenmez.



Şekil 6. Sert kıyı tahkimatı ile ulaşım ve yapılaşma teması. Kaynak: Yazarların 14.10.2026 tarihinde Sundura Deresi boyunca gerçekleştirdiği saha çekimleri.

Şekil 7'de bir kıyıda sürekli sert duvar bulunurken diğer kıyıda odunsu ve otsu bitki parçaları görülmektedir. Bu asimetri, mevcut bitkili arayüzleri korumaya ve kopuk parçaları uygun noktalarda bağlamaya yönelik bir Zon 1 yaklaşımını destekler. Bitkilerin ekolojik işlevi; görünür yeşilliğin yanı sıra köklenme ortamı, tür bileşimi ve akarsu ile temasıyla birlikte değerlendirilmelidir (Sweeney ve Newbold, 2014).



Şekil 7. Sert kıyı yapısı ile parçalı riparyan bitki dokusu. Kaynak: Yazarların 14.10.2026 tarihinde Sundura Deresi boyunca gerçekleştirdiği saha çekimleri.

Şekil 8'deki Tip A, dar-yapılaşmış koridor için karasal cepler ve koşullu kıyı iyileştirmelerini bir araya getirir. 0–10 m, kullanılabilir alanın kısıtlı olduğu koşulları temsil eden kavramsal bir mesafe senaryosudur. Sıfır genişlikte yeni bir tampon kurulamaz; müdahale parsel veya sokakta kaynağında yağmur suyu yönetimine kayar. Yeniden profilleme ise geri çekilme ve yapısal güvenlik koşullarına bağlı bir seçenektir.



Şekil 8. Tip A: Dar ve yapılaşmış koridorda kıyı iyileştirme. Kavramsal mesafe senaryosu: 0–10 m. Kaynak: Yazarların literatür ve saha bağlamına dayalı, yapay zekâ destekli kavramsal görselleştirmesi.

4.2. Zon 2 – Vejetatif Filtrasyon ve Akış Yavaşlatma Zonu

İkinci zon, yerleşim ve yamaçlardan gelen karasal yüzey akışının dereye ulaşmadan önce yayılması, geciktirilmesi ve bitki-toprak sistemiyle temas etmesi için düzenlenir. Mayer ve arkadaşlarının (2007) azot giderimi derlemesi, genişliğin yanı sıra akış yolu ve hidrojeolojik koşulların da belirleyici olduğunu gösterir. Biyotutma tasarımında giriş, ön arıtma, filtre ortamı, drenaj ve kontrollü fazla su çıkışı birlikte ele alınır (U.S. EPA, 2023). Bu zon, karasal yayılı yük ve ince sediment yönetimine odaklanır; ana akarsu yatağındaki iri malzeme ve odunsu sürüntü ise ayrı yapılarla ele alınır.

Şekil 9'da sert kıyı sınırları arasında çakıl-taş birikimleri ve bunların arasından geçen akış görülmektedir. Yatak malzemesi ana akarsu sediment sürecini; kıyı gerisindeki yollar ve yapı yüzeyleri ise karasal yağmur suyu kaynaklarını temsil eder. Zon 2 açısından çıkarım, karasal akışın kıyı gerisindeki uygun giriş ve açık alanlarda yönetilmesidir. Ana yataktaki birikimler ayrı bir sediment yönetimi konusudur.



Şekil 9. Sert kıyı sınırları arasında yatak malzemesi birikimi. Kaynak: Yazarların 14.10.2026 tarihinde Sundura Deresi boyunca gerçekleştirdiği saha çekimleri.

Şekil 10'da enine bir düşü elemanı, farklılaşan su yüzeyi ve sert-bitkili kıyı arayüzü birlikte görülmektedir. Zon 2 ile ilişki, kıyı gerisinden ulaşan yağmur suyunun nerede yavaşlatılabileceğinin araştırılması üzerinden kurulur. Yol ve yapı çevresinden gelen yüzey akışı, bakım erişimi bulunan bitkili karasal cepler ve kontrollü çıkışlarla ilişkilendirilebilir; yatak içinde yeni engeller oluşturulmasından kaçınılmalıdır (U.S. EPA, 2023).



Şekil 10. Enine düşü elemanı, su yüzeyi ve sert-bitkili kıyı arayüzü. Kaynak: Yazarların 14.10.2026 tarihinde Sundura Deresi boyunca gerçekleştirdiği saha çekimleri.

Şekil 11'de otsu bitkiler, kaplamasız görünen yüzeyler ve yakın yapılaşma birlikte yer almaktadır. Bu doku, sürekli sert sınırlardan farklı olarak, karasal akışı bitkili bir geçişe bağlama olanağının incelenebileceği bir arayüz sunar. Zon 2 için karar; boş alan varlığının yanı sıra yüzey eğimi, zemin geçirgenliği, kontrollü giriş–çıkış ve bakım erişimine dayanmalıdır. Bu nedenle kaplamasız ve bitkili parçaların korunması, uygun noktalarda yağmur suyu yönetimine bağlanması ve fazla suyun güvenli tahliyesi birlikte ele alınmıştır (U.S. EPA, 2023).



Şekil 11. Kaplamasız yüzeyler, bitkili kıyı parçaları ve yakın yapılaşma. Kaynak: Yazarların 14.10.2026 tarihinde Sundura Deresi boyunca gerçekleştirdiği saha çekimleri.

Şekil 12'deki Tip B, bitkili tamponu kentsel yağmur suyu ağıyla birleştirir. 10–30 m aralığı kavramsal mesafe senaryosudur. Bitkili bandın işlemesi, akışın banda ulaşması, malzemenin birikeceği bakım noktaları ve fazla suyun güvenli çıkışıyla ilgilidir. Genişlik, tek başına arıtma veya taşkın azaltım performansını belirlemez; hidrojeolojik koşullar ve akış yolu da değerlendirilmelidir (Mayer vd., 2007).



Şekil 12. Tip B: Karasal akışla bağlantılı bitkisel tampon. Kavramsal mesafe senaryosu: 10–30 m. Kaynak: Yazarların literatür ve saha bağlamına dayalı, yapay zekâ destekli kavramsal görselleştirmesi.

4.3. Zon 3 – Taşkın Sönümleme ve Yerleşim Geçiş Zonu

Üçüncü zon, uygun açık alanlarda geçici su tutma ile gündelik kullanımı bir arada planlamayı hedefler. Yerel yağmur suyunun geciktirilmesi ile ana akarsuyun taşkın suyuna alan ayrılması farklı süreçlerdir; ikinci durumda akarsu hidroliği, su derinliği, hız, geri tepme ve erişim güvenliği belirleyicidir (World Bank, 2017). Güvenli taşma yaklaşımı, kritik kullanımları koruyan ve aşırı olayda davranışı tanımlanmış açık alanlar kurmayı gerektirir (Ahern, 2011). Bu modelde hastane ana hizmet alanı ve acil ulaşım güzergâhları, işlev sürekliliği korunacak kullanımlar olarak ele alınmış; kontrollü taşkın yayılımı ise bu kullanımların dışındaki uygun açık alanlarda planlanmıştır (WHO, 2020).

Şekil 13'te iri yatak malzemesi, kıyı duvarları ve akarsuya yakın yapılar dikkat çekmektedir. Bu kesit, kontrollü yayılımdan korunması gereken mekânsal kısıtları göstermektedir. Bu nedenle ana yatağın güvenliği ve koridorla bağlantılı diğer açık alan cepleri birlikte ele alınmalıdır. Gözlem, müdahale gereksinimi kadar müdahalenin sınırını da ortaya koymaktadır.



Şekil 13. İri yatak malzemesi, kıyı tahkimatı ve akarsuya yakın yapılaşma. Kaynak: Yazarların 14.10.2026 tarihinde Sundura Deresi boyunca gerçekleştirdiği saha çekimleri.

Şekil 14'te enine yatak elemanı, kıyı duvarı, yol, yapılar ve yamaç bitki dokusu birlikte okunmaktadır. Zon 3 açısından görüntünün önemi, akarsu-ulaşım-yamaç ilişkisini aynı karar bütününde ele alma gereğidir. Yakındaki bitkili şeritler otomatik olarak depolama alanı sayılamaz; topografik bağlantı, suyun güvenli giriş-çıkışı ve kullanıcı erişimi belirleyicidir. Uygun ceplerin bir ağ olarak düşünülmesi, tek bir geniş alan varsayımından daha esnek bir seçenektir.



Şekil 14. Enine yatak elemanı ile ulaşım, kıyı ve yamaç ilişkisi. Kaynak: Yazarların 14.10.2026 tarihinde Sundura Deresi boyunca gerçekleştirdiği saha çekimleri.

Şekil 15'teki Tip C, yeterli alanın bulunduğu koşullarda geçici depolama, riparyan bağlantı ve kamusal kullanımı birlikte ele alır. 30–50 m ve üzeri genişlik, karşılaştırmalı kavramsal mesafe senaryosudur. Tasarımın tamamlayıcısı, suyun girişi, geçici tutulması, kontrollü boşalması ve yağışlı dönemde kamusal kullanımın güvenli biçimde yönetilmesidir. Bu işletme mantığı, safe-to-fail yaklaşımının yerleşim geçişine uyarlanmasını sağlar (Ahern, 2011; World Bank, 2017). Şekil 2c'de görülen stadyum ve çevresinin olası su tutma işlevi de etkinlik kullanımı, erişim-tahliye, yol geçişi, kot ve zemin koşulları birlikte incelenerek değerlendirilmelidir.



Şekil 15. Tip C: Geçici su tutma ve çok işlevli açık alan. Kavramsal mesafe senaryosu: 30–50 m ve üzeri. Kaynak: Yazarların literatür ve saha bağlamına dayalı, yapay zekâ destekli kavramsal görselleştirmesi.

4.4. Modelin Zonlar Arası İlişkisi

Birinci zon kıyı ve habitat arayüzünü, ikinci zon kara yönünden gelen yüzey akışının bitkisel ve geçirgen alanlarda yönetimini, üçüncü zon ise yalnızca uygun ve güvenli yerlerde geçici su tutma ile yerleşim geçişini tanımlar. Bu üç bileşen her kesitte aynı sırayla ve aynı genişlikte zorunlu olarak bulunmaz. Dar yapılaşmış kesimlerde üçüncü zonun bulunmaması, uygulama koşullarının farklılaşmasının doğal bir sonucu olarak değerlendirilmelidir.

Tablo 1. Modelin işlevsel zonları ve uygulama önkoşulları

Zon	**Öngörülen işlev**	**Uygulama önkoşulu**
1. Riparyan kıyı ve stabilizasyon	Kıyı bütünlüğü; habitat ve boyuna süreklilik	Mevcut tahkimat, akım ve kıyı güvenliği etüdü
2. Vejetatif filtrasyon ve akış yavaşlatma	Yüzey akışının yayılması, filtrasyon ve infiltrasyon	Toprak geçirgenliği, bakım ve yerel drenaj analizi
3. Taşkın sönümleme ve yerleşim geçişi	Uygun açık alanlarda geçici depolama ve çok işlevlilik	Taşkın modellemesi, mülkiyet, erişim ve can güvenliği

4.5. Koridor Kullanımlarının Tampon Alan Kararlarına Etkisi

Fotoğraf çekimi yapılan dere ağzı-hastane kesimi, farklı kıyı ve kullanım koşullarını bir arada barındırmaktadır. Harita görüntülerindeki yol, yerleşim ve açık alan ilişkileri (Şekil 2b-c), saha kayıtlarındaki daralmış kıyı geçişleriyle birlikte ele alınmıştır (Şekil 5–7, 13–14). Hastane ve oto sanayi, bu kesimin yakın çevresindeki farklı kullanımlar olarak değerlendirilmiş; hastanenin yol ve sanayiyle komşuluğu resmî adres bilgisiyle karşılaştırılmıştır. Tablo 2, bu farklılıkları üç zon için planlama kararlarına dönüştürmektedir.

Hastane için öncelik, bina parselinin yanı sıra acil erişimi ve hizmetin sürekliliğini korumaktır. WHO (2020, s. 54), sağlık tesislerinin iklim dirençliliğinde acil giriş-çıkış yollarını kritik işlevsel bileşenler arasında ele alır. Oto sanayi çevresi ise yapılaşma, araç erişimi ve sert zeminlerin dere koridoruyla ilişkisi üzerinden değerlendirilmiştir. Bu çevrede Zon 2 için öneri, mevcut işlevleri aksatmadan yağmur suyunu uygun karasal ceplere yönlendirmek, bitkili yüzeylerle ilişkilendirmek ve kontrollü çıkış sağlamaktır. Yer seçiminde yüzey eğimleri, zemin geçirgenliği, drenaj bağlantıları ve bakım erişimi birlikte dikkate alınmalıdır (U.S. EPA, 2023).

Tablo 2. Fotoğraf çekimi yapılan dere ağzı-hastane kesimindeki kullanımların kavramsal zon kararlarıyla ilişkisi

Mekânsal bileşen	Planlama açısından okuma	Üç zonla ilişki
Dere ağzı ve kıyı geçişi	Deniz çıkışı, köprü-viyadük bağlantıları ve kentsel kıyı birlikte değerlendirilir.	Akış iletimi ve kıyı güvenliği korunur; tamponlar deniz çıkışını daraltacak biçimde kurulmaz.
Hastane ve acil erişim	Sağlık hizmeti ile erişim sürekliliği önceliklidir.	Zon 1 koruma; Zon 2 yağmur suyunun uygun yerde yönetimi. Zon 3, kritik hizmet ve acil erişim alanlarından ayrı seçilir.
Oto sanayi	Dereye yakın yapılaşma, sert zeminler ve araç erişimi birlikte değerlendirilir.	Zon 2'de uygun bitkili cepler, yağmur suyu yönlendirmesi ve kontrollü çıkış; Zon 1'de kıyı güvenliği ve erişim korunur.
Şehirlerarası yol ve bağlantılar	Dere boyunca fiziksel sınır, geçirimsiz yüzey ve bölgesel erişim işlevi birlikte bulunur.	Zon 1'de kıyı-yol sınırı korunur; Zon 2 yan ceplerle ilişkilendirilir. Zon 3 yol gerisindeki açık alanlarla ancak güvenli hidrolik bağlantı kurulduğunda ilişkilendirilir.
Yerleşim, stadyum ve açık alanlar	Kıyıdaki mekânsal sıkışma ile yol gerisindeki açık alanlar farklı olanaklar sunar.	Zon 1 için mevcut yeşil parçalar korunur; Zon 2 yerel drenaja bağlanır; Zon 3 için kot, kullanım, tahliye ve mülkiyet birlikte değerlendirilir.

Kaynak: Şekil 2a–c ve saha kayıtları temelinde yazarların planlama yorumu; Hopa Devlet Hastanesi (2024), DSİ (2025), KGM (t.y.), WHO (2020) ve U.S. EPA (2023).

5. TARTIŞMA

5.1. Uluslararası Deneyimler ve Modelin Kavramsal Konumu

Bulgular bölümünde tanımlanan üç zonlu model, mekânsal planlamada öne çıkan uluslararası uygulamalar bağlamında değerlendirilmiştir. Bu çalışma kapsamında, Sundura Deresi örneği için uygun olabilecek uygulamalar literatür taraması ile belirlenmiş ve suyla birlikte tasarımın farklı işlevlerini temsil eden üç örnek seçilmiştir. Bishan-Ang Mo Kio park–akarsu bütünleşmesini, Houtan Park su kalitesi ve sulak alan işlevini, Emscher ise altyapı, havza restorasyonu ve uzun dönemli yönetimi örneklemektedir. İklim, alan genişliği ve yönetişim farkları gözetilerek bu örneklerden işlevsel planlama ilkeleri aktarılmıştır.

Şekil 16, Bishan-Ang Mo Kio, Houtan ve Emscher deneyimlerini baskın işlevleri bakımından karşılaştırmaktadır: park–akarsu birlikteliği, su kalitesi–sulak alan ilişkisi ve altyapıyla birlikte havza dönüşümü. Sundura'ya aktarılan, bu işlevlerin yerel olanaklara göre birlikte planlanması ilkesidir (PUB, t.y.; Rottle vd., 2011; European Commission, 2024).



Şekil 16. Bishan-Ang Mo Kio, Houtan ve Emscher deneyimlerinden planlama ilkeleri. Kaynak: PUB (t.y.), Rottle vd. (2011) ve European Commission (2024) temelinde yazarların sentezi.



Şekil 17. Bishan Park, Singapur: 2008'de beton kanal (solda) ve 2011'de yeniden doğallaştırılmış Kallang Nehri (sağda). Fotoğraf: Pagodashophouse, CC BY-SA 3.0, Wikimedia Commons.

Singapur'daki Kallang River @ Bishan-Ang Mo Kio Park projesinde, beton kanal ile park taşkın ovası mantığıyla birlikte tasarlanmıştır (Şekil 17). PUB'nin açıklamasına göre bitki, doğal malzeme ve mühendisliği birleştiren teknikler kullanılmış; yağışlı dönemde parkın akış iletimine katılması sağlanmıştır (PUB, t.y.). Sundura için temel ders, kıyı ile açık alanı, değişen su koşullarına yanıt veren tek bir sistem olarak ele almaktır. Bu ilke Zon 1 ve Zon 3'ü ilişkilendirir; Singapur'daki alan genişliğinin Hopa'nın dar kesitlerinde aynen tekrarlanmasını gerektirmez.

Shanghai Houtan Park, eski endüstriyel bir kıyıda yapay sulak alan, ekolojik iyileştirme ve kamusal dolaşımı birleştirir. Rottle ve arkadaşlarının (2011) değerlendirmesi su kalitesi ve biyolojik çeşitliliğe ilişkin kazanımları belgelendirmektedir. Bu nedenle Sundura ile ilişki özellikle Zon 2'deki bitki-toprak-su etkileşimi ve kontrollü su yönetimi üzerinden kurulmuştur. Arıtma kapasitesine ilişkin bulgular, taşkın azaltımından bağımsız olarak, yalnızca su kalitesi işlevi bağlamında değerlendirilmiştir.

Emscher dönüşümü, atık su altyapısı, akarsu restorasyonu ve taşkın tutma alanlarını uzun dönemli bir programda birleştirir (Şekil 18; European Commission, 2024). Sundura için aktarılabilir ilke, tampon alanları yan kollar, kent drenajı, su kalitesi ve bakım sorumluluklarından bağımsız ele almamaktır. Kıyı peyzajının bir park düzenlemesi olmaktan çıkarılarak havza ve kent arasında süreklilik kuran bir ağ olarak düşünülmesi, suya duyarlı kent yaklaşımıyla doğrudan ilişkilidir.



Şekil 18. Emscher havzasında kanalize edilmiş bir akarsu kesiti, Gelsenkirchen (Adenauerallee köprüsü çevresi): düzenli kesitli yatak, çim kaplı kıyı eğimleri ve köprü. Fotoğraf: Frank Vincentz, CC BY-SA 3.0, Wikimedia Commons.

Önerilen üç kademeli model, literatürdeki işlevlerin Sundura'nın mekânsal koşullarına göre yeniden kurgulanmasıyla oluşturulmuştur. Welsch'in (1991) riparyan orman tamponu yaklaşımındaki kıyı ve filtrasyon işlevleri, bu çalışmada dirençlilik ve uygun alanlarda geçici su tutma ilkeleriyle ilişkilendirilmiştir (Ahern, 2011; World Bank, 2017). Dolayısıyla Zon 3, Welsch'in üçüncü zonundan farklı olarak, yerleşim geçişi ve geçici su tutma işlevlerini kapsayan bir bileşen olarak tanımlanmıştır. Çalışmanın kavramsal katkısı, bu bilinen işlevleri Sundura'nın mekânsal kısıtları ve kullanım farklılıklarıyla birlikte yorumlayan uyarlanabilir bir karar çerçevesi oluşturmasıdır.

Sundura için, mevcut koruma yapılarını uygun doğa temelli bileşenlerle tamamlayan hibrit bir yaklaşım önerilmektedir. 2015 olayında belgelenen kanal kapasitesi ve menfez tıkanması gibi sorunlar, yalnızca bitkilendirme kararına indirgenemez (Çelik vd., 2020). Alves ve arkadaşlarının (2019) örnek alan analizinde de gri, mavi ve yeşil altyapının birlikte değerlendirilmesi; taşkın azaltımı dışındaki faydaların karar sürecine katılmasını sağlamaktadır. Sundura için bu bulgunun karşılığı, taşkın güvenliğini korurken habitat, karasal akış ve açık alan işlevlerini birlikte değerlendirmektir.

Modelin Sundura'ya uyarlanmasındaki temel kısıtlardan biri, kıyı boyunca aynı genişlikte ve kesintisiz açık alan bulunmamasıdır. Yol, yapılaşma ve parsel ilişkileri, üç zonun her kesitte aynı sırayla uygulanmasını sınırlandırmaktadır. Bu nedenle uygun karasal cepler, bitkili yağmur suyu elemanları ve koşulları sağlanan geçici su tutma alanları arasında bağlantı kurulması önerilmektedir. Bununla birlikte, dağınık yeşil parçaların varlığı tek başına ekolojik koridorun işlediğini veya yeterli taşkın depolaması sağlandığını göstermez. Hidrolik bağlantı ile habitat bağlantılılığı ayrı ölçütlerle incelenmelidir.

Loperfido ve arkadaşlarının (2014) dört havzada yaptığı karşılaştırma, yağmur suyu yönetimi elemanlarının dağılışı kadar arazi örtüsünün de hidrolojik tepkiyle ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, Sundura'da dere kenarının yanı sıra komşu sokaklar, yapı çevreleri ve açık alanlardaki karasal akışın birlikte değerlendirilmesi önerisini destekler. Başka bir havzada gözlenen performans ise Sundura'nın ani taşkınları için yalnızca bir referans niteliğindedir; azaltım oranı alan özelinde doğrulanmalıdır.

5.2. Tampon Alanların Peyzaj Planlama ve Uygulama Süreçleriyle Bütünleşmesi

Suya duyarlı şehirler yaklaşımı, tampon alanların kent bütünüyle ilişkisini tartışmaya yardımcı olur. Wong ve Brown (2009), kentsel su yönetimini ekosistem hizmetleri ve

toplumsal-kurumsal kapasiteyle birlikte ele alır. Fletcher ve arkadaşları (2015), yağmur suyu yönetiminde kullanılan terimlerin farklı tarihsel ve mesleki bağlamları bulunduğunu açıklar. Bu araştırma için belirleyici olan, kıyı, açık alan ve drenaj kararlarının birbiriyle ilişkilendirilmesidir.

Eşbah Tunçay'ın (2021) rehber niteliğindeki yayını, suya duyarlı stratejileri farklı kentsel bağlam ve ölçeklerde tartışır. Yazarın kentsel derelere ilişkin değerlendirmesi de peyzaj planlama, tasarım ve yönetimin birlikte ele alınmasını destekler (Eşbah Tunçay, 2022, s. 53). Sundura modelinde bu bağlantı, tamponların komşu sokaklar ve açık alanlardan gelen akışla ilişkilendirilmesi yoluyla kurulabilir.

Hopa'nın nemli kıyı koşullarında infiltrasyon, koşullara göre değerlendirilmesi gereken seçeneklerden biri olarak ele alınmalıdır. Zemin doygunluğu veya yüksek yeraltı suyu söz konusu olduğunda uygun filtre ortamı, alt drenaj ve kontrollü boşaltım seçenekleri değerlendirilmelidir (U.S. EPA, 2023). Sızdırma, geciktirme ve kontrollü tahliye arasındaki seçim, zemin koşulları ve mevcut drenaj sistemiyle ilişkiye göre yapılmalıdır. Yerel drenaj ile ana akarsu taşkınının aynı depolama alanını kullanması ise bu iki sistemin birlikte değerlendirildiği bir tasarımla mümkündür.

Eşbah Tunçay (2022, ss. 55–57), kentsel su sorunlarında disiplinler arası yaklaşımı ve yeşil-mavi altyapının su yönetimiyle bütünleşmesini savunur. Sundura için peyzaj mimarlığı, planlama ve ilgili mühendislik uzmanlıklarının ortak proje kontrolü önerilmektedir. Bu kontrol; yüzey eğimlerini, akış yollarını, giriş-çıkış kotlarını, kıyı güvenliğini, bitkisel sürekliliği ve bakım erişimini kapsamalıdır. Saha temelli mesleki eğitim ve uygulama sonrası izleme de modelin yönetim bileşenleri olarak önerilmektedir.

Ruangpan ve arkadaşları (2020), müdahale seçimini yerel koşullar ve hedeflerle başlatan; performans değerlendirmesi ve gerektiğinde optimizasyonla ilerleyen bir süreç tanımlar. Sundura modeli bu sürecin kavramsal seçim aşamasına karşılık gelmektedir. Derlemede tartışılan yağış büyüklüğü ve ölçek bağımlılığı nedeniyle, küçük yağmur suyu elemanları, üst havzadan gelen büyük akarsu taşkınlarını yönetmeye yönelik bütüncül çözümün tamamlayıcısı olarak ele alınmıştır. Koridor, yan kollar ve kent drenajı arasındaki bağın uygulama aşamasında birlikte sınanması gerekmektedir.

Uygulama sonrası izleme için Zon 1'de kıyıdaki aşınma ve bitkilerin yaşama durumu; Zon 2'de giriş-çıkış tıkanmaları, suyun boşalma süresi ve bakım gereksinimi; Zon 3'te ise su tutma-boşalma davranışı ve kamusal kullanımın güvenli biçimde yeniden başlaması izlenebilir göstergeler olarak önerilmektedir. Bu göstergeler, ilerideki pilot uygulamaların değerlendirme başlıklarını oluşturmaktadır. Kabul eşikleri, yerel etütler ve ilgili kurumların teknik gerekliliklerileyle belirlenmelidir.

5.3. Tampon Genişliği ve Performansın Bağlama Göre Yorumlanması

Sweeney ve Newbold (2014), küçük akarsularda su kalitesi, habitat ve biyolojik topluluklar için genel olarak 30 m ve üzeri orman tamponlarını destekleyen kanıtları derlemiştir. Mayer ve arkadaşlarının (2007) çalışması ise azot giderimine ilişkindir. Bu kaynaklar Sundura için yasal çekme mesafesi veya taşkın güvenlik sınırı tanımlamaz. Aynı şekilde yeşil çatı, yağmur bahçesi ve bitkili hendekler için bildirilen yüzdeler; tutulan hacim, pik debi, kirletici giderimi ve gecikme süresi gibi farklı değişkenlere ait olabilir. Farklı olay ve ölçeklerden gelen yüzdeler toplanarak Hopa için bir başarı oranına dönüştürülemez.

Şekil 8, 12 ve 15'teki mesafeler "kavramsal mesafe senaryosu" olarak okunmalıdır: Tip A 0–10 m, Tip B 10–30 m, Tip C ise 30–50 m ve üzeri açık alan olanağı varsayımını temsil eder. Bu kategoriler, kıyıdan kara yönüne doğru düşünülen tasarım senaryolarıdır. Şematik kesitlerde verilen mesafeler, tampon genişliği tanımlarında olduğu gibi kıyı başından başlayarak akarsu yatağı dışında kalan alanda, her bir kıyıda kara yönüne doğru ve akarsuya dik doğrultuda değerlendirilen kavramsal genişlik senaryolarını ifade eder (USDA NRCS, t.y.). Her değer, tek bir kıyıdaki kullanılabilir alan olanağını temsil eder; iki kıyının toplam

genişliği veya Zon 1, Zon 2 ve Zon 3 için ayrı ayrı öngörülen genişliklerin toplamı olarak yorumlanmamalıdır. Tampon alanın genişliği ve zonların bileşimi, her kıyının topoğrafyasına, mevcut yapılaşmasına ve açık alan olanaklarına göre farklılaşabilir; iki kıyıda aynı genişlik gerekmez. Uygulama için yerinde ölçüm, taşkın hidrolik analizi ve mülkiyet değerlendirmesi zorunludur.

5.4. Çalışmanın Sınırlılıkları

Saha görüntüleri tek tarihteki görünür koşulları yansıtmakta olup mevsimsel değişim ve taşkın sırasındaki davranış sonraki gözlemlerle belgelenecektir. Fotoğrafların bakış açısı ve seçimi bazı kıyı özelliklerini öne çıkarabilir; gözlenen durumların koridor içindeki sıklığı hesaplanmamıştır. Arşiv uydu görüntüleriyle 14.10.2026 saha kayıtları arasında zaman farkı bulunabilir. Google Earth görüntülerindeki komşuluklar mekânsal ilişki olarak okunmuş; kot ve hidrolik bağlantı için ayrıca ölçüm gerekmektedir. Debi, kesit, zemin, mülkiyet ve bitki türü envanterleri tamamlandığında zon genişlikleri ve performansları alan özelinde doğrulanabilecektir. Paydaş görüşleri ve yaşam döngüsü maliyetleri ise sonraki araştırmaların kapsamındadır. Bu nedenle sonuçlar, sonraki teknik ve katılımcı değerlendirmeleri yönlendiren kavramsal kararlar olarak okunmalıdır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sundura Deresi için geliştirilen model, mühendislik temelli taşkın kontrolünü tamamlayan; kıyı stabilitesi, bitkisel filtrasyon ve uygun alanlarda kontrollü taşkın uyumunu birlikte değerlendiren üç kademeli bir peyzaj planlama çerçevesidir. Modelin katkısı, dere–yerleşim arayüzünü değişken mekânsal olanaklar ve birbirini tamamlayan işlevler üzerinden tartışmaya açmasıdır.

Fotoğraf çekimi yapılan dere ağzı-hastane kesimindeki gözlemler, Sundura için geliştirilen modelde mekânsal olanakların ve kullanım farklılıklarının birlikte ele alınmasını desteklemektedir. Hastane ve bölgesel ulaşım işlevlerinin sürekliliği, oto sanayi çevresindeki sert zeminlerin yağmur suyu yönetimi ve yerleşim-kıyı arasındaki ekolojik bağlantılar birlikte gözetilmelidir. Başka koridorlara aktarılabilecek olan, mekânsal kısıtlar ile önerilen peyzaj işlevleri arasında bağ kurma yaklaşımıdır.

Uygulamaya geçişte öncelikle mevcut koruma yapıları, kritik kullanımlar, drenaj bağlantıları ve korunabilecek bitkili parçalar birlikte kaydedilmelidir. Ardından zemin ve yerel drenaj koşulları uygun karasal ceplerde küçük ölçekli pilotlar değerlendirilebilir. Ana akarsu taşkın suyunun açık alanlara alınması ise ölçülü kesit, taşkın yayılımı, sediment ve kıyı güvenliği analizlerinden sonra ele alınmalıdır. Her aşamada mülkiyet, güvenli erişim, yerel bitki uygunluğu ve bakım sorumluluğu belirlenmelidir. Taşkın riskinde sayısal azalma veya hidrolik yeterlilik değerlendirmesi, bu analizler tamamlandıktan sonra yapılabilir.

YAPAY ZEKÂ KULLANIMI VE GÖRSEL KAYNAKLAR

Bu çalışmada yapay zekâ destekli araçlardan metnin taslaklandırılması, dil ve anlatım düzenlemeleri, literatür taramasının düzenlenmesi, kaynak karşılaştırmaları ve yazarların kavramsal kurgusuna dayalı Tip A, B ve C kesitlerinin görselleştirilmesinde yararlanılmıştır. Sekiz saha fotoğrafı, 14.10.2026 tarihinde dere ağzı-Hopa Devlet Hastanesi koridorunda yapılan çekimlere aittir. Saha fotoğrafları, Google Earth görüntüleri ve DSİ altlığı üretken yapay zekâ ile yeniden oluşturulmamıştır. Görsel kaynakları ilgili şekillerde belirtilmiştir. Yapay zekâ yazar olarak gösterilmemiştir; bilimsel içerik, kaynaklar ve nihai metnin sorumluluğu yazarlara aittir.

KAYNAKÇA

AFAD. (2021). *Bartın, Kastamonu ve Sinop'ta meydana gelen yağışlar hakkında - 21.30*. 11 Ağustos 2021. https://afad.gov.tr/bartin-kastamonu-ve-sinopta-meydana-gelen-yagislar-hakkinda-5

Ahern, J. (2011). From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. *Landscape and Urban Planning, 100*(4), 341–343. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.021

Alves, A., Gersonius, B., Kapelan, Z., Vojinovic, Z., & Sanchez, A. (2019). Assessing the co-benefits of green-blue-grey infrastructure for sustainable urban flood risk management. *Journal of Environmental Management, 239*, 244–254. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.036

Anadolu Ajansı. (2026, 14 Ekim). *İstanbul'da sağanak nedeniyle 2 bin 518 ihbar yapıldı* [Haber]. Foreks. https://www.foreks.com/haber/detay/6acfc24524008d7d43743184/AA/tr/istanbul-da-saganak-nedeniyle-2-bin-518-ihbar-yapildi-14-10-26/

Aycan Ayçiçek Şehir Planlama. (2026). *Hopa ilçesi Sundura Mah*. 190 ada 20,21 parsel; 191 ada 2,32,33 parsel; 195 ada 5,6 parsel; 211 ada 1,2,8 parsel: Belediye hizmet alanı, park alanı, yol ve çocuk bahçesi amaçlı uygulama ve nazım imar planı değişikliği plan raporu. Hopa Belediyesi yayın arşivi. https://hopa.bel.tr/wp-content/uploads/2026/04/PLAN_RAPORU.pdf

Bacanlı, H., Çelik, S., Görgeç, H. & Deniz, A. (t.y.). *7–9 Eylül 2009 tarihleri arasında Marmara Bölgesinin batısında ve Trakya'da meydana gelen sel felaketinin meteorolojik analizi*. MGM. https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/istanbulsel.pdf

Baltacı, H. (2017). Meteorological analysis of flash floods in Artvin (NE Turkey) on 24 August 2015. *Natural Hazards and Earth System Sciences, 17*(7), 1221–1230. https://doi.org/10.5194/nhess-17-1221-2017

Çelik, H. E., Kurdoğlu, O., İnan, M., Kadıoğlu, M., & Nişancı, İ. (2020). Identifying causes of the 2015 Hopa flash flood in NE Turkey and mitigation strategies. *Environmental Monitoring and Assessment, 192*(12), Article 769. https://doi.org/10.1007/s10661-020-08737-w

Çetinkaya, A. (2020). *Hopa Çayı Havzası uygulamalı jeomorfoloji etüdü* [Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü]. İstanbul Üniversitesi Açık Erişim Arşivi. https://nek.istanbul.edu.tr/ekos/TEZ/ET002578.pdf

DSİ. (2025). *Denize mansaplanan akarsuların deniz çıkış yapılarının inşası ve Sundura Çayı ve kolları üzerinde taşkın ve sediment kontrol yapıları inşaatı 2*. kısım işleri için çevresel ve sosyal yönetim planı hazırlanması işi: Özel teknik şartname. https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetGaleriFile/425/DosyaGaleri/7974/sunduraek.1.ozel_teknik_sartname.sundura_csyp.pdf

Eşbah Tunçay, H. (2021). *Suya duyarlı şehirler*. Türkiye Su Enstitüsü (SUEN). ISBN 978-605-7599-59-9. https://www.suen.gov.tr/yayinlar/suya-duyarli-sehirler

Eşbah Tunçay, H. (2022). İklim dostu şehircilik bağlamında suya duyarlılık. *Çevre Şehir ve İklim Dergisi, 1*(2), 41–58. https://dergipark.org.tr/tr/pub/csid/article/1144310

European Commission, Directorate-General for Climate Action. (2024). *The Emscher restoration: A contribution to climate adaptation*. https://mission-adaptation-portal.ec.europa.eu/stories-0/emscher-restoration-contribution-climate-adaptation_en

Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J.-L., Mikkelsen, P. S., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D. & Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more - The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal, 12*(7), 525–542. https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314

Hopa Devlet Hastanesi. (2024, 10 Haziran). *İletişim - Ulaşım*. T.C. Sağlık Bakanlığı. https://hopadh.saglik.gov.tr/TR-582543/iletisim---ulasim.html

International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2026). *IUCN global standard for nature-based solutions* (2nd ed.). IUCN. https://iucn.org/resources/publication/iucn-global-standard-nature-based-solutions-second-edition

IPCC. (2021). Summary for policymakers. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Eds.), *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 3–32). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157896.001

Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM). (t.y.). *Cankurtaran Tüneli*. https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Projeler/ProjelerDetay.aspx?q=8

Kömüşçü, A. Ü., Erkan, A., & Çelik, S. (1998). Analysis of meteorological and terrain features leading to the Izmir flash flood, 3–4 November 1995. *Natural Hazards, 18*, 1–25. https://doi.org/10.1023/A:1008078920113

Loperfido, J. V., Noe, G. B., Jarnagin, S. T., & Hogan, D. M. (2014). Effects of distributed and centralized stormwater best management practices and land cover on urban stream hydrology at the catchment scale. *Journal of Hydrology, 519*, 2584–2595. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.07.007

Mayer, P. M., Reynolds, S. K., Jr., McCutchen, M. D., & Canfield, T. J. (2007). Meta-analysis of nitrogen removal in riparian buffers. *Journal of Environmental Quality, 36*(4), 1172–1180. https://doi.org/10.2134/jeq2006.0462

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM). (t.y.-a). *İklim sınıflandırması: Artvin-Hopa (1991–2020)*. Erişim tarihi: 18 Ekim 2026. https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=HOPA

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM). (t.y.-b). *Maksimum yağışlar şiddet ve tekerrür analizleri*. Erişim tarihi: 20 Ekim 2026. https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/maksimum-yagislar.aspx

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM). (2025). *2024 yılı "en"leri belli oldu* [Basın bülteni]. https://www.mgm.gov.tr/FILES/Haberler/2025/13.01.2025%202024enleri.pdf

Meteoroloji Mühendisleri Odası. (2026, 16 Ekim). *İstanbul'da 14 Ekim 2026 yağışları: Kısa süreli şiddetli yağışlar ve kentsel taşkın riski* [Basın bildirisi]. https://meteorolojimuh.org.tr/istanbulda-14-ekim-2026-yagislari-kisa-sureli-siddetli-yagislar-ve-kentsel-taskin-riski-basin-bildirisi/

Pagodashophouse. (2011). *Before and after aerial view of Kallang River* [Fotoğraf]. Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Before_and_After_Aerial_View_of_Kallang_River.jpg

PUB. (t.y.). *Kallang River @ Bishan-Ang Mo Kio Park*. https://www.pub.gov.sg/Public/Places-of-Interest/Our-Reservoirs-and-Waterways/Bishan-Ang-Mo-Kio-Park

Rottle, N., Lacson, D., Cromwell, P., Yeh, Y.-J., & Hai, C. (2011). *Shanghai Houtan Park*. Landscape Performance Series, Landscape Architecture Foundation. https://doi.org/10.31353/cs0170

Ruangpan, L., Vojinovic, Z., Di Sabatino, S., Leo, L. S., Capobianco, V., Oen, A. M. P., McClain, M. E., & Lopez-Gunn, E. (2020). Nature-based solutions for hydro-meteorological risk reduction: A state-of-the-art review of the research area. *Natural Hazards and Earth System Sciences, 20*(1), 243–270. https://doi.org/10.5194/nhess-20-243-2020

Sweeney, B. W., & Newbold, J. D. (2014). Streamside forest buffer width needed to protect stream water quality, habitat, and organisms: A literature review. *Journal of the American Water Resources Association, 50*(3), 560–584. https://doi.org/10.1111/jawr.12203

U.S. EPA. (2023). *Bioretention design handbook: Designing holistic bioretention for performance and longevity*. EPA 841-B-23-002. https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-11/bioretentiondesignhandbook_plainnov2023.pdf

USDA Natural Resources Conservation Service (NRCS). (t.y.). *Specification guide sheet for riparian forest buffer (391)* [Vermont]. https://efotg.sc.egov.usda.gov/api/CPSFile/22122/391_VT_PS_Riparian_Forest_Buffer_2009

Vincentz, F. (2011). *Gelsenkirchen – Adenauerallee – Emscherbrücke 03 ies* [Fotoğraf]. Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gelsenkirchen_-_Adenauerallee_-_Emscherbr%C3%BCcke_03_ies.jpg

Welsch, D. J. (1991). Riparian forest buffers: Function for protection and enhancement of water resources. NA-PR-07-91. USDA Forest Service. https://research.fs.usda.gov/treesearch/10955

Wong, T. H. F. & Brown, R. R. (2009). The water sensitive city: Principles for practice. *Water Science and Technology, 60*(3), 673–682. https://doi.org/10.2166/wst.2009.436

World Bank. (2017). *Implementing nature-based flood protection: Principles and implementation guidance*. World Bank. https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/739421509427698706

World Health Organization (WHO). (2020). *WHO guidance for climate-resilient and environmentally sustainable health care facilities*. ISBN 978-92-4-001222-6. https://www.who.int/publications/i/item/9789240012226

ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR CORROSION ASSESSMENT OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES: A CRITICAL REVIEW

Maske M. M.[1]*, Patil N. K.[2], Patil R. B.[3]

[1] Ph.D. Scholar, Sanjay Ghodawat University (SGU), Atigre, Dist. Kolhapur, Maharashtra, India – 415414; and Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Rajarambapu Institute of Technology, Rajaramnagar, Dist. Sangli, Maharashtra, India – 415414

[2] Professor, Department of Civil Engineering, Sanjay Ghodawat University (SGU), Atigre, Dist. Kolhapur, Maharashtra, India – 415414

[3] Assistant Professor, Department of Robotics and Automation, Walchand College of Engineering, Dist. Sangli, Maharashtra, India – 415414

Abstract

Chloride-induced reinforcement corrosion remains the principal durability-limiting mechanism for reinforced concrete (RC) infrastructure in marine, coastal and de-icing-salt environments. Conventional assessment relies on half-cell potential mapping, resistivity, ultrasonic and radar surveys, and visual inspection, each of which yields only an indirect and often ambiguous proxy of the actual metal loss. Over the past decade, artificial intelligence (AI) has been applied across the full assessment chain, from chloride ingress and service-life estimation, through NDT signal interpretation and image-based defect recognition, to the prediction of residual mechanical properties of corroded bars and the residual capacity of corroded members. This paper critically reviews that body of work. The methods are grouped into shallow artificial neural networks, ensemble tree learners, kernel and probabilistic regressors, deep convolutional and recurrent networks, unsupervised mixture models, Bayesian belief networks, and hybrid physics-informed formulations. Each family is examined with respect to the assessment task it serves, the data on which it was trained, and the manner in which its accuracy was verified. The review finds that reported accuracies are frequently inflated by random train–test partitioning of databases in which specimens from a single experimental programme are strongly correlated, so that the error expected on an unseen structure is seldom estimated. Accelerated impressed-current corrosion dominates the training corpora, uncertainty is rarely quantified, and few models have been validated on field-exposed members. Group-wise (study-held-out) validation, explicit calibration and uncertainty reporting, mechanistically constrained architectures, and probabilistic fusion of heterogeneous NDT evidence are identified as the developments most needed before AI-based tools can support code-consistent assessment of existing RC structures.

Keywords: reinforced concrete; chloride-induced corrosion; artificial intelligence; machine learning; artificial neural network; Bayesian belief network; non-destructive testing; residual capacity; structural health monitoring

1. Introduction

Corrosion of embedded steel is, by a wide margin, the most frequent cause of premature deterioration in RC structures. The global cost of corrosion across all sectors was estimated at roughly US$2.5 trillion, or about 3.4% of world GDP on a 2013 basis, in the NACE IMPACT study (Koch et al., 2016), and a substantial share of that burden falls on bridges, marine works and buildings. In chloride-bearing environments the passive film on the reinforcement is broken locally once the chloride concentration at the bar surface exceeds a critical threshold. Active corrosion then reduces the effective bar section, generates expansive oxides that crack and spall the cover, and degrades the steel–concrete bond (Angst, 2018; Alexander & Beushausen, 2019; Ali et al., 2024).

For the asset owner, the engineering question is rarely whether corrosion is present. It is how much section has been lost, where, and what this implies for the load-carrying capacity and remaining service life of the member. Present inspection practice answers that question only indirectly. Half-cell potential surveys indicate the probability of active corrosion but are sensitive to moisture, cover and concrete resistivity (Yodsudjai & Pattarakittam, 2017; Almashakbeh et al., 2022). Ultrasonic pulse velocity reflects cracking and internal damage rather than steel loss directly (Ndagi et al., 2019). Ground-penetrating radar amplitude maps depend strongly on moisture and chloride content in the cover (Tešić et al., 2021; Faris et al., 2023). Visual inspection detects distress only after cracking has occurred. Translating such evidence into a quantitative estimate of residual capacity has traditionally required expert judgement supported by empirical degradation relations derived from limited test series (Du et al., 2005a, 2005b; Torres-Acosta et al., 2007; Vanama & Ramakrishnan, 2020).

These circumstances make corrosion assessment a natural target for data-driven methods. The relationships between exposure, material parameters, NDT response and structural performance are non-linear, multivariate and only partially captured by closed-form mechanics, whereas experimental databases on corroded bars and beams have grown considerably (Matthews et al., 2024a, 2024b). Applications of AI to this domain have consequently multiplied, covering ANN prediction of service life (Dey et al., 2020; Kellouche et al., 2021), ML classification of NDT signals (Mayakuntla et al., 2023; Mukhti et al., 2023), and prediction of residual bond and flexural strength (Wang et al., 2020; Alabduljabbar et al., 2020; Bhagwat et al., 2023).

Existing reviews have addressed either corrosion monitoring techniques (Zaki et al., 2015; Fan & Shi, 2022; Shevtsov et al., 2022) or the mechanics of corroded members, but few have examined AI applications across the complete assessment chain with attention to how model performance has been verified. The present review therefore pursues three aims: (i) to classify AI methods according to the assessment task they serve; (ii) to appraise critically the data sources, validation protocols and uncertainty treatment adopted in the literature; and (iii) to identify the methodological developments needed before such models can be relied on in practical assessment of existing structures.

2. Review methodology

A structured narrative review was adopted rather than a formal meta-analysis, because the studies differ too widely in input variables, target quantities and error metrics for pooled effect estimates to be meaningful. The source corpus was a curated bibliographic library of 468 records assembled during a doctoral investigation of chloride-induced corrosion in RC flexural members. [Author to confirm: databases searched, search strings and date window, e.g. Scopus and Web of Science, 2000–2026.]

Studies were retained when they satisfied three conditions. First, the structural system was steel-reinforced or prestressed concrete. Second, the deterioration mechanism was reinforcement corrosion, predominantly chloride-induced. Third, an AI or statistical-learning method was used to estimate a corrosion-related state or consequence, or the study supplied the experimental, NDT or mechanistic basis against which such models are trained and judged. Works on pipelines, atmospheric corrosion of bare metals and non-corrosion durability problems were excluded unless they contributed a transferable methodological point.

Each retained study was coded by (a) assessment task, (b) learning algorithm, (c) data origin (laboratory accelerated, laboratory natural, field), (d) input and target variables, (e) validation protocol and (f) whether predictive uncertainty or calibration was reported. The assessment-task axis was used to organise Section 5, since it reflects the decision an engineer actually faces, while the algorithm axis organises Section 4.

3. Physical basis of chloride-induced corrosion relevant to data-driven modelling

Any learning algorithm applied to corrosion assessment is ultimately approximating a chain of physical processes. Its inputs, targets and admissible behaviour should therefore be chosen with that chain in view. Three stages are conventionally distinguished.

3.1 Initiation

In the two-stage conception introduced by Tuutti (1982), the initiation period ends when the chloride content at the bar surface reaches a critical value. Chloride transport through uncracked cover is usually idealised as one-dimensional diffusion, giving the familiar error-function solution of Fick's second law:

$$C(x,t) = C_s\left[1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{D_a t}}\right)\right]$$

where C_s is the surface chloride content, x the depth and D_a the apparent diffusion coefficient, which itself decreases with age. The critical chloride content is not a material constant. It varies with steel surface condition, the quality of the steel–concrete interface, moisture regime and binder (Angst, 2018). Under cyclic wetting and drying the governing mechanism also departs from pure diffusion. Reported thresholds therefore scatter over roughly an order of magnitude, and a data-driven initiation model inherits that scatter.

3.2 Propagation

Once depassivation occurs, the rate of metal loss is governed by the corrosion current density, which depends on moisture, oxygen availability, temperature and concrete resistivity (Otieno et al., 2012; Lu et al., 2019). Faraday's law links integrated current to mass loss, but field corrosion rates fluctuate seasonally and are difficult to measure reliably. Chloride attack is also strongly localised. The ratio of maximum pit depth to the average penetration implied by uniform loss is typically several times unity (González et al., 1995), and pitting governs both the tensile ductility of the bar and the reliability of the member (Stewart & Al-Harthy, 2008; Gu et al., 2018).

3.3 Consequences for the member

Corrosion products occupy a larger volume than the parent steel, so radial pressure cracks the cover once the tensile capacity of the concrete is exceeded (Zhao et al., 2011). Longitudinal crack width correlates with steel loss, although the correlation depends on cover, bar diameter and whether corrosion occurred under load (Malumbela et al., 2010; Khan et al., 2014). At the material scale, residual yield and ultimate strength are commonly expressed as linear functions of percentage mass loss, with reductions in elongation that are proportionally larger (Du et al., 2005a, 2005b; Vanama & Ramakrishnan, 2020). At the member scale, flexural capacity falls with bar section loss, bond deterioration and loss of concrete in compression where spalling occurs (Torres-Acosta et al., 2007; Jnaid & Aboutaha, 2016; Coronelli et al., 2019).

Three implications follow for AI modelling. Corrosion degree, the most informative predictor of residual capacity, is not directly observable in a standing structure and must itself be inferred. Accelerated impressed-current corrosion, which dominates laboratory databases, produces more uniform attack and different crack patterns from natural chloride exposure. Finally, the physics imposes constraints, such as monotonic loss of strength with increasing corrosion, that an unconstrained regressor need not respect.

4. AI methods applied to corrosion assessment

Seven method families account for nearly all published applications in the reviewed corpus. Table 1 summarises their typical role, principal merit and principal weakness in this domain.

Table 1. AI method families used in corrosion assessment of RC structures.

Method family	Typical assessment task	Principal merit	Principal limitation	Representative studies
Shallow ANN (multilayer perceptron)	Service life; residual bond and flexural strength	Universal approximator with modest data needs	Opaque; extrapolates poorly; architecture often tuned on the test set	Dey et al. (2020); Wang et al. (2020); Kellouche et al. (2021); Bhagwat et al. (2023)
Ensemble trees (random forest, gradient boosting)	Residual capacity from compiled databases	Handles mixed and missing inputs; ranks features	Piecewise-constant output; no physical monotonicity	Yaseen (2023); Matthews et al. (2024a, 2024b)
Kernel and probabilistic regressors (SVR, GPR)	Small-sample regression of capacity or rate	Smooth fits; GPR gives a predictive variance	Kernel choice is subjective; scales poorly with data size	Few corrosion-specific applications in the reviewed corpus
Deep CNN and RNN	GPR B-scans, ultrasonic waveforms, surface images	Learns features from raw signals	Large labelled sets needed; labels rarely tied to measured mass loss	Mukhti et al. (2023)
Unsupervised and mixture models	Severity classes from NDT without labels	No need for destructive ground truth	Clusters need not coincide with engineering states	Mayakuntla et al. (2023)
Bayesian belief networks and Bayesian updating	Fusion of heterogeneous evidence; model calibration	Explicit uncertainty; expert knowledge and data combined	Conditional tables require discretisation or strong priors	Druzdzel and Díez (2003); Wu et al. (2026)
Hybrid and physics-informed models	Residual capacity transferable across programmes	Mechanistic baseline carries information beyond the data	Requires a credible mechanistic relation; few published examples	Few examples in the reviewed corpus

4.1 Artificial neural networks

The multilayer perceptron remains the most frequently used tool. Typical inputs are concrete grade, water–cement ratio, cover, bar diameter, chloride exposure and corrosion degree, and typical outputs are a residual strength ratio or a service-life estimate. Dey et al. (2020) incorporated multiple deterioration factors in an ANN for service-life estimation, and Kellouche et al. (2021) applied a comparable approach to fly ash concrete. ANNs have also been trained for residual bond strength (Wang et al., 2020) and flexural strength of corroded prestressed beams (Bhagwat et al., 2023). The datasets are often small, sometimes fewer than a few hundred records, and the number of trainable weights can approach or exceed the number of observations. Under such conditions network size and stopping criteria should be selected on a validation partition independent of the reported test set, which is not always stated.

4.2 Ensemble tree learners

Random forests and gradient-boosted trees have become the default choice for tabular databases of corroded specimens. Their robustness to heterogeneous and partly missing inputs suits literature compilations well. The open databases of Matthews et al. (2024a, 2024b) for corroded bars and beams, accompanied by optimised ML predictors, are the most extensive resources of this kind to date. A limitation specific to corrosion is that tree ensembles produce stepwise outputs and need not reproduce the monotonic decline of capacity with increasing mass loss. Their behaviour outside the range of the training data is undefined.

4.3 Kernel methods and Gaussian process regression

Support vector regression and Gaussian process regression perform well on small, smooth datasets and appear regularly in benchmarking studies of RC member strength, although corrosion-specific applications are scarce in the reviewed corpus. Gaussian process regression deserves more attention than it has received, because it supplies a predictive variance that can

be propagated into reliability analysis. That variance is meaningful only if the kernel and noise model are appropriate and the validation is honest.

4.4 Deep learning on NDT signals and images

Convolutional networks are increasingly applied to GPR B-scans to locate rebar reflections, the step on which automated amplitude mapping of decks depends (Faris et al., 2023). Recurrent architectures have been applied to ultrasonic pulse waveforms to detect early chloride-induced damage (Mukhti et al., 2023). Deep models remove the need for hand-crafted features, but they shift the burden to the labels. In most corrosion datasets the labels are severity classes assigned by inspection or by thresholds on another NDT quantity, rather than gravimetric mass loss measured on extracted bars. The network then learns to reproduce the labelling rule rather than the corrosion state.

4.5 Unsupervised learning

Where destructive ground truth is unavailable, clustering offers an alternative. Mayakuntla et al. (2023) classified corrosion severity from ultrasonic imaging using Gaussian mixture models. Such approaches are attractive for field surveys, but the resulting clusters must still be mapped to engineering states by an independent calibration.

4.6 Bayesian belief networks and Bayesian updating

Bayesian belief networks represent the causal chain of Section 3 as a directed acyclic graph whose nodes are random variables and whose arcs carry conditional probability tables. They combine expert knowledge, codified relations and data in a single coherent model (Druzdzel & Díez, 2003), and they propagate partial evidence, such as a half-cell reading or an observed crack, in both causal and diagnostic directions. Bayesian updating has been used to update chloride ingress models with long-term field monitoring (Wu et al., 2026). These formulations are well matched to assessment of existing structures, where evidence is incomplete and arrives sequentially.

4.7 Hybrid and physics-informed formulations

Hybrid models embed mechanistic structure in the learning problem. Physical relations may be used to generate derived features, to constrain the functional form, or to supply priors for a probabilistic layer, with the data-driven component modelling the residual. The rationale is pragmatic: mechanistic relations transfer between experimental programmes more reliably than purely empirical fits, whereas learned components capture interactions that the mechanics omits. Such formulations remain uncommon in the reviewed corpus. Hybrid BBN–ANN architectures, in which a probabilistic network estimates the corrosion state and a regression model maps that state to residual capacity, represent a natural extension.

5. Applications across the assessment chain

The assessment of a corroding RC member may be viewed as a sequence of inferences: from environment and materials to corrosion initiation, from NDT evidence to the present corrosion state, from that state to residual mechanical properties and capacity, and from capacity to reliability and remaining life. AI has been applied at every link, with very uneven maturity.

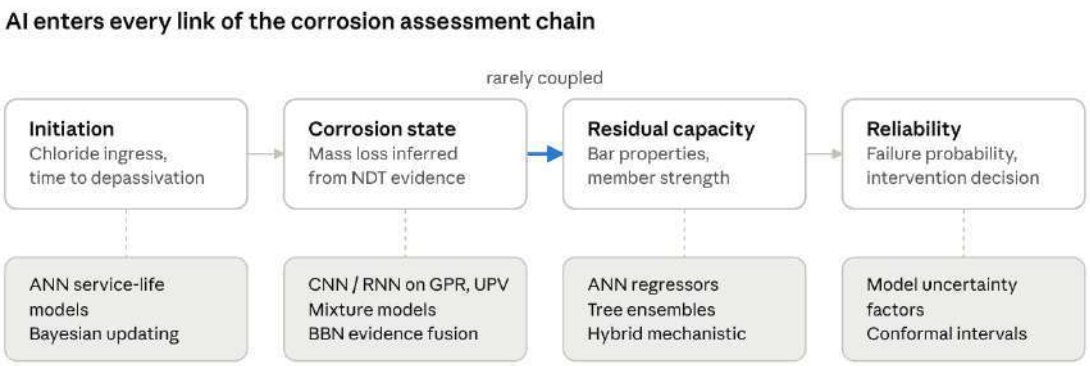


Figure 1. Assessment chain for corroding RC members and the AI methods applied at each link

5.1 Chloride ingress, initiation and service-life estimation

The earliest applications replaced or supplemented diffusion-based service-life models with ANN regressors trained on mix design, exposure and cover. Dey et al. (2020) and Kellouche et al. (2021) are representative of this approach, while Basha et al. (2020) examined the service life of concretes containing GGBS and silica fume under chloride penetration. The appeal is clear, since apparent diffusion coefficients, surface chloride and threshold values are uncertain and partially correlated. However, such networks are trained largely on accelerated or short-term data, and their outputs over a 50- or 100-year horizon are extrapolations by construction. A more defensible direction is to retain the diffusion model and use data to update its parameters. The Bayesian sequential updating of Wu et al. (2026), based on 16.7 years of field monitoring of marine concrete, illustrates this approach. It exploits data while preserving a physically meaningful time dependence.

5.2 Corrosion detection and quantification from NDT

This is the most active area. Its premise is that a learned mapping can extract more from NDT signals than threshold-based interpretation.

- **Half-cell potential and resistivity.** ASTM C876 probability bands are known to be unreliable when moisture, cover and resistivity vary (Yodsudjai & Pattarakittam, 2017; Almashakbeh et al., 2022). Learning models that take potential together with resistivity, cover and moisture as joint inputs can, in principle, correct for these confounders. Few studies have done so using measured mass loss as the target.
- **Ultrasonic methods.** Pulse velocity decreases with corrosion-induced cracking (Ongpeng, 2017; Almashakbeh & Saleh, 2022). Full-waveform analysis with deep or mixture models is more sensitive to early damage than velocity alone (Mayakuntla et al., 2023; Mukhti et al., 2023). Saleem and Gutierrez (2021) combined ANN with non-destructive testing to detect cracking in the concrete surrounding embedded steel.
- **Ground-penetrating radar.** Reflection amplitude at the rebar level is attenuated by chloride and moisture in the cover, which is both the basis of GPR corrosion mapping and its main confounder (Senin & Hamid, 2016; Martino et al., 2016; Tešić et al., 2021). Automated processing chains combining background removal, depth correction, migration and amplitude mapping have reduced the subjectivity of deck surveys (Dinh et al., 2019), and learning-based analysis is now being added to such chains (Faris et al., 2023).
- **Multi-sensor fusion.** Combinations of GPR with infrared thermography (Solla et al., 2019) or self-potential (Fornasari et al., 2023) show that complementary techniques reduce ambiguity. Ahmad et al. (2025) applied a data-driven framework to corrosion of RC elements embedded in clay-dominated soils. Fusion is precisely the problem for

which probabilistic graphical models are suited, yet most published fusion schemes remain deterministic.

The common weakness of this group is the target variable. Models are frequently trained to predict a class defined by another NDT reading, or a corrosion percentage computed from impressed current through Faraday's law rather than measured gravimetrically. The second practice overstates the agreement achievable in the field, where corrosion is non-uniform and current efficiency is unknown.

5.3 Image-based recognition of corrosion distress

Computer-vision models for surface crack, spalling and rust-stain detection are increasingly used in drone and robotic inspection. Their output is the extent of visible distress, which is a late and only qualitative indicator of steel loss (Section 3.3). Their value for corrosion assessment therefore lies chiefly in triage and in providing observational evidence to a probabilistic model, rather than in quantifying corrosion directly.

5.4 Residual mechanical properties and member capacity

At the bar level, the relations of Du et al. (2005a, 2005b) and Vanama and Ramakrishnan (2020) express residual yield and ultimate strength as functions of mass loss. Matthews et al. (2024b) extended this to a large database with optimised ML predictors. At the member level, ANN and ensemble models have been trained for residual bond strength (Wang et al., 2020) and flexural strength (Alabduljabbar et al., 2020; Bhagwat et al., 2023). The open beam database underlying Matthews et al. (2024a) now holds 804 monotonic flexural tests, 649 of them on corroded beams, from 54 experimental programmes (Matthews et al., 2023).

Two observations are pertinent. First, the dominant input in all these models is the degree of corrosion, which is precisely the quantity unavailable in practice without destructive sampling; models that assume it as known solve only the second half of the assessment problem. Second, at the member level, strength loss reflects concrete damage, bond deterioration and failure-mode changes as well as steel section loss (Coronelli et al., 2019; Jnaid & Aboutaha, 2016). Purely tabular models that omit failure mode, anchorage condition and loading during corrosion cannot represent these effects explicitly.

5.5 Reliability and decision support

The end use of an assessment is a decision on intervention, which requires a probability of failure or a reliability index rather than a point estimate. Time-dependent reliability analyses of corroding members are well established (Stewart & Al-Harthy, 2008; El Hassan et al., 2010; Firouzi et al., 2020). AI models enter such analyses only if they provide calibrated predictive distributions. Very few published corrosion models report calibration or a model uncertainty factor of the kind required by probabilistic codes. This is arguably the most important gap between the research literature and practical assessment.

6. Critical appraisal

The literature reports high coefficients of determination for almost every combination of algorithm and target. Taken at face value, these figures would suggest that corrosion assessment is a solved problem. It is not, and the reasons are methodological rather than algorithmic.

6.1 Data heterogeneity and the structure of compiled databases

Compiled databases consist of specimens nested within experimental programmes. Specimens from one programme share the same casting, steel, corrosion procedure, test rig and measurement conventions, so they are far more alike than specimens from different programmes. When a substantial share of the variance in the target lies between programmes, the database contains fewer effectively independent observations than its row count suggests. Accelerated impressed-current corrosion dominates these compilations, while naturally

corroded and field-extracted specimens are few. A model trained on such a corpus learns accelerated-corrosion behaviour well and natural-corrosion behaviour poorly.

6.2 Validation leakage

The most common protocol, a random split or random k-fold cross-validation over the whole database, places specimens from the same programme in both training and test partitions. The model is then tested on near-replicates of its training data, and the resulting score estimates interpolation within known programmes rather than prediction for a new structure. The appropriate protocol for assessment purposes is group-wise cross-validation, in which entire programmes are held out (leave-one-study-out or grouped k-fold). Experience with corroded-member databases indicates that the difference between random and grouped scores can be large, so that a model reported with an excellent random-split R^2 may perform only moderately, or worse than a simple mechanistic relation, on unseen programmes. Hyperparameter tuning and feature selection must also be nested within the training folds; selecting the network architecture on the same data used to report accuracy is a further, and common, source of optimism.

6.3 Ill-posed targets and inputs

Several recurring practices undermine physical meaning. Corrosion degree computed from Faraday's law is used as if it were measured mass loss. Inputs that are near-deterministic functions of the target, such as chloride at the bar computed from the same exposure model that defines corrosion, produce spurious accuracy through collinearity. Strength ratios normalised to different reference specimens are pooled without harmonisation. Each practice can raise apparent accuracy while lowering real predictive value, and each should be checked before modelling.

6.4 Interpretability and physical consistency

Post-hoc attribution tools such as SHAP and permutation importance are increasingly reported. They describe what a model has learned, not whether it is right. For assessment use, it is more useful to verify that predictions respect known constraints: capacity non-increasing with mass loss, residual-to-original strength ratios bounded by unity, and plausible behaviour at zero corrosion. Mechanistically constrained or hybrid models satisfy such constraints by construction, and they tend to transfer better to unseen programmes because the physics carries information that the data alone do not.

6.5 Uncertainty and calibration

A point prediction of residual capacity without a credible interval cannot be used in a partial-factor or reliability-based assessment. Calibration, that is, agreement between predicted and observed frequencies or between nominal and realised interval coverage, is as important as discrimination (Van Calster et al., 2019). Empirical correlation equations also carry their own uncertainty, which is seldom propagated (Feistel et al., 2016). Model uncertainty in corrosion AI should be reported in the same form as for mechanical resistance models, as the distribution of the ratio of observed to predicted capacity. Its distributional form should be tested rather than assumed lognormal, and its percentiles should be estimated under grouped validation. Distribution-free methods such as conformal prediction, calibrated by holding out entire programmes, offer a practical route to intervals with guaranteed coverage.

6.6 Transferability to existing structures

Few models have been tested on members corroded under natural exposure, and fewer still on structures in service. The NDT-to-state models in Section 5.2 are typically calibrated on a single specimen geometry and a single instrument. The capacity models in Section 5.4 assume the corrosion degree is known. The two halves of the problem are rarely joined, and the uncertainty of the first is seldom carried into the second. An honest external validation, on an independent programme excluded from all model development and preferably naturally

corroded, should be regarded as a minimum requirement for any model proposed for assessment.

7. Research gaps and future directions

The appraisal above points to seven priorities. They are ordered roughly from those that cost least to adopt to those that require new experimental effort.

1. **Grouped validation as the reporting standard.** Every model trained on compiled databases should report performance under study-held-out cross-validation alongside, or instead of, random splits, with all tuning nested inside the training folds. Journals and reviewers could adopt this as a minimum requirement at negligible cost.
2. **Calibrated uncertainty.** Models should report a model uncertainty factor and interval coverage measured under grouped validation, in a form compatible with probabilistic model codes and partial-factor formats, so that predictions can enter reliability analysis directly.
3. **Physics-constrained architectures.** Monotonicity constraints, mechanistically derived features, and hybrid models in which a mechanistic relation provides the baseline and learning corrects the residual, should be preferred where transfer to unseen structures matters. Simple mechanistic laws should always be reported as a baseline.
4. **Probabilistic fusion of NDT evidence.** Bayesian belief networks, or comparable graphical models, offer a coherent route for combining half-cell potential, resistivity, UPV, GPR, cover depth and visual observations, each with its own reliability, into a posterior estimate of the corrosion state. That posterior, not a point value, should drive the capacity model.
5. **Coupling state estimation to capacity prediction.** The two halves of the assessment problem should be modelled jointly, with the uncertainty in inferred corrosion degree propagated into the predicted residual capacity, so that the output reflects what can actually be known about a standing member.
6. **Natural-exposure and field data.** Long-term natural wet–dry exposure programmes with gravimetric mass loss, pit-depth measurement and co-located NDT are needed, as is systematic reporting of data from members removed from service. Open, specimen-level databases with full provenance, following the example of Matthews et al. (2024a, 2024b), would multiply the value of each new programme.
7. **Pitting and non-uniform corrosion.** Most models assume uniform corrosion, although pitting governs ductility and reliability (Stewart & Al-Harthy, 2008; Gu et al., 2018). Image-based measurement of extracted bars and three-dimensional scanning could supply the morphological descriptors that future models require.

Taken together, these directions describe a shift of emphasis from maximising fit statistics on pooled data towards producing calibrated, physically consistent and externally validated estimates that an assessing engineer can defend.

8. Conclusions

This review has examined applications of AI to the corrosion assessment of RC structures across the full chain from chloride ingress to residual capacity and reliability. The principal conclusions are as follows.

1. AI methods have been applied at every stage of the assessment chain. Shallow ANNs and ensemble tree learners dominate tabular prediction of service life and residual strength, deep networks dominate NDT signal and image interpretation, and Bayesian methods are emerging for evidence fusion and model updating.

2. Reported accuracies are, in many cases, not indicative of performance on a new structure. Random partitioning of databases that are clustered by experimental programme, tuning on test data, and targets derived from Faraday's law rather than gravimetric measurement all bias results upward.
1. The degree of corrosion, the most informative predictor of residual capacity, is assumed known in most capacity models, while NDT-based models seldom predict it as a measured quantity. The coupling of these two stages, with propagation of uncertainty, remains largely unaddressed.
2. Predictive uncertainty and calibration are rarely reported, which prevents AI outputs from entering partial-factor or reliability-based assessment.
3. Hybrid formulations that retain mechanistic structure, combined with probabilistic fusion of NDT evidence and validated on independent naturally corroded data, offer the most credible route towards AI tools that can support code-consistent decisions on existing RC structures.

References

Ahmad, S., Ahmad, S., Akhtar, S., Ahmad, F., & Ansari, M. A. (2025). Data-driven assessment of corrosion in reinforced concrete structures embedded in clay dominated soils. *Scientific Reports, 15*(1), Article 22744. https://doi.org/10.1038/s41598-025-08526-w

Alabduljabbar, H., Haido, J. H., Alyousef, R., Yousif, S. T., McConnell, J., Wakil, K., & Jermsittiparsert, K. (2020). Prediction of the flexural behavior of corroded concrete beams using combined method. *Structures, 25*, 1000–1008. https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.03.057

Alexander, M., & Beushausen, H. (2019). Durability, service life prediction, and modelling for reinforced concrete structures – review and critique. *Cement and Concrete Research, 122*, 17–29.

Ali, M., Shams, M. A., Bheel, N., Almaliki, A. H., Mahmoud, A. S., Dodo, Y. A., & Benjeddou, O. (2024). A review on chloride induced corrosion in reinforced concrete structures: Lab and in situ investigation. *RSC Advances, 14*(50), 37252–37271. https://doi.org/10.1039/D4RA05506C

Almashakbeh, Y., & Saleh, E. F. (2022). Evaluation of ultrasonic pulse velocity (UPV) for reinforced concrete corrosion. *Journal of Applied Engineering Science, 20*(4), 1226–1233. https://doi.org/10.5937/jaes0-38140

Almashakbeh, Y., Saleh, E., & Al-Akhras, N. M. (2022). Evaluation of half-cell potential measurements for reinforced concrete corrosion. *Coatings, 12*(7), Article 975. https://doi.org/10.3390/coatings12070975

Angst, U. M. (2018). Challenges and opportunities in corrosion of steel in concrete. *Materials and Structures, 51*(1).

Basha, B. G., Rao, B. K., & Rao, C. H. (2020). Service life prediction of R.C structure incorporated with GGBS & silica fume subjected to chloride ion penetration. *Materials Today: Proceedings, 33*, 245–252.

Bhagwat, Y., Nayak, G., Bhat, R., & Kamath, M. (2023). A prediction model for flexural strength of corroded prestressed concrete beam using artificial neural network. *Cogent Engineering, 10*(1).

Coronelli, D., François, R., Dang, H., & Zhu, W. (2019). Strength of corroded RC beams with bond deterioration. *Journal of Structural Engineering, 145*(10), Article 04019097. https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0002358

Dey, A., Miyani, G., & Sil, A. (2020). Application of artificial neural network (ANN) for estimating reliable service life of reinforced concrete (RC) structure bookkeeping factors responsible for deterioration mechanism. *Soft Computing, 24*(3), 2109–2123.

Dinh, K., Gucunski, N., & Zayed, T. (2019). Automated visualization of concrete bridge deck condition from GPR data. *NDT & E International, 102*, 120–128.
Druzdzel, M. J., & Díez, F. J. (2003). Combining knowledge from different sources in causal probabilistic models. *Journal of Machine Learning Research, 4*, 295–316.
Du, Y. G., Clark, L. A., & Chan, A. H. C. (2005a). Residual capacity of corroded reinforcing bars. *Magazine of Concrete Research, 57*(3), 135–147.
Du, Y. G., Clark, L. A., & Chan, A. H. C. (2005b). Effect of corrosion on ductility of reinforcing bars. *Magazine of Concrete Research, 57*(7), 407–419.
El Hassan, J., Bressolette, P., Chateauneuf, A., & El Tawil, K. (2010). Reliability-based assessment of the effect of climatic conditions on the corrosion of RC structures subject to chloride ingress. *Engineering Structures, 32*(10), 3279–3287.
Fan, L., & Shi, X. (2022). Techniques of corrosion monitoring of steel rebar in reinforced concrete structures: A review. *Structural Health Monitoring, 21*(4), 1879–1905.
Faris, N., Zayed, T., Abdelkader, E. M., & Fares, A. (2023). Corrosion assessment using ground penetrating radar in reinforced concrete structures: Influential factors and analysis methods. *Automation in Construction, 156*, Article 105130. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105130
Feistel, R., Lovell-Smith, J. W., Saunders, P., & Seitz, S. (2016). Uncertainty of empirical correlation equations. *Metrologia, 53*(4), 1079–1090.
Firouzi, A., Abdolhosseini, M., & Ayazian, R. (2020). Service life prediction of corrosion-affected reinforced concrete columns based on time-dependent reliability analysis. *Engineering Failure Analysis, 117*, Article 104944. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104944
Fornasari, G., Capozzoli, L., & Rizzo, E. (2023). Combined GPR and self-potential techniques for monitoring steel rebar corrosion in reinforced concrete structures: A laboratory study. *Remote Sensing, 15*(8).
González, J. A., Andrade, C., Alonso, C., & Feliu, S. (1995). Comparison of rates of general corrosion and maximum pitting penetration on concrete embedded steel reinforcement. *Cement and Concrete Research, 25*(2), 257–264.
Gu, X., Guo, H., Zhou, B., Zhang, W., & Jiang, C. (2018). Corrosion non-uniformity of steel bars and reliability of corroded RC beams. *Engineering Structures, 167*, 188–202.
Jnaid, F., & Aboutaha, R. S. (2016). Residual flexural strength of corroded reinforced concrete beams. *Engineering Structures, 119*, 198–216.
Kellouche, Y., Ghrici, M., & Boukhatem, B. (2021). Service life prediction of fly ash concrete using an artificial neural network. *Frontiers of Structural and Civil Engineering, 15*(3), 793–805.
Khan, I., François, R., & Castel, A. (2014). Prediction of reinforcement corrosion using corrosion induced cracks width in corroded reinforced concrete beams. *Cement and Concrete Research, 56*, 84–96.
Koch, G., Varney, J., Thompson, N., Moghissi, O., Gould, M., & Payer, J. (2016). *International measures of prevention, application, and economics of corrosion technologies study (IMPACT)*. NACE International.
Lu, Z. H., Lun, P. Y., Li, W., Luo, Z., Li, Y., & Liu, P. (2019). Empirical model of corrosion rate for steel reinforced concrete structures in chloride-laden environments. *Advances in Structural Engineering, 22*(1), 223–239.
Malumbela, G., Alexander, M., & Moyo, P. (2010). Interaction between corrosion crack width and steel loss in RC beams corroded under load. *Cement and Concrete Research, 40*(9), 1419–1428.
Martino, N., Maser, K., Birken, R., & Wang, M. (2016). Quantifying bridge deck corrosion using ground penetrating radar. *Research in Nondestructive Evaluation, 27*(2), 112–124.

Matthews, B., Palermo, A., & Scott, A. (2023). *Monotonic flexural testing of corroded reinforced concrete beams database* (Version 1.0.0) [Data set]. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.8062007

Matthews, B., Palermo, A., Logan, T., & Scott, A. (2024a). Database and optimized machine learning prediction of the deteriorated response of corroded reinforced concrete beams. *Developments in the Built Environment, 19*, Article 100527. https://doi.org/10.1016/j.dibe.2024.100527

Matthews, B., Palermo, A., Logan, T., & Scott, A. (2024b). Experimental testing and predictive machine learning to determine the mechanical characteristics of corroded reinforcing steel. *Construction and Building Materials, 438*, Article 137023. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.137023

Mayakuntla, P. K., Ganguli, A., & Smyl, D. (2023). Gaussian mixture model-based classification of corrosion severity in concrete structures using ultrasonic imaging. *Journal of Nondestructive Evaluation, 42*(2), Article 28. https://doi.org/10.1007/s10921-023-00939-9

Mukhti, J. A., Robles, K. P. V., Lee, K. H., & Kee, S. H. (2023). Evaluation of early concrete damage caused by chloride-induced steel corrosion using a deep learning approach based on RNN for ultrasonic pulse waves. *Materials, 16*(9), Article 3502. https://doi.org/10.3390/ma16093502

Ndagi, A., Umar, A. A., Hejazi, F., & Jaafar, M. S. (2019). Non-destructive assessment of concrete deterioration by ultrasonic pulse velocity: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 357*(1).

Ongpeng, J. M. C. (2017). Ultrasonic pulse velocity test of reinforced concrete with induced corrosion. *ASEAN Engineering Journal, 7*(2), 9–17.

Otieno, M., Beushausen, H., & Alexander, M. (2012). Prediction of corrosion rate in reinforced concrete structures – A critical review and preliminary results. *Materials and Corrosion, 63*(9), 777–790.

Saleem, M., & Gutierrez, H. (2021). Using artificial neural network and non-destructive test for crack detection in concrete surrounding the embedded steel reinforcement. *Structural Concrete, 22*(5), 2849–2867.

Senin, S. F., & Hamid, R. (2016). Ground penetrating radar wave attenuation models for estimation of moisture and chloride content in concrete slab. *Construction and Building Materials, 106*, 659–669.

Shevtsov, D., Cao, N. L., Nguyen, V. C., Nong, Q. Q., Le, H. Q., Nguyen, D. A., Zartsyn, I., & Kozaderov, O. (2022). Progress in sensors for monitoring reinforcement corrosion in reinforced concrete structures—A review. *Sensors, 22*(9) [article number to complete].

Solla, M., Lagüela, S., Fernández, N., & Garrido, I. (2019). Assessing rebar corrosion through the combination of nondestructive GPR and IRT methodologies. *Remote Sensing, 11*(14).

Stewart, M. G., & Al-Harthy, A. (2008). Pitting corrosion and structural reliability of corroding RC structures: Experimental data and probabilistic analysis. *Reliability Engineering & System Safety, 93*(3), 373–382.

Tešić, K., Baričević, A., & Serdar, M. (2021). Non-destructive corrosion inspection of reinforced concrete using ground-penetrating radar: A review. *Materials, 14*(4), Article 975. https://doi.org/10.3390/ma14040975

Torres-Acosta, A. A., Navarro-Gutierrez, S., & Terán-Guillén, J. (2007). Residual flexure capacity of corroded reinforced concrete beams. *Engineering Structures, 29*(6), 1145–1152.

† Tuutti, K. (1982). *Corrosion of steel in concrete* (CBI Research Report No. 4:82). Swedish Cement and Concrete Research Institute.

Van Calster, B., McLernon, D. J., van Smeden, M., Wynants, L., Steyerberg, E. W., & Topic Group 'Evaluating diagnostic tests and prediction models' of the STRATOS initiative. (2019). Calibration: The Achilles heel of predictive analytics. *BMC Medicine, 17*, 230.

Vanama, R. K., & Ramakrishnan, B. (2020). Improved degradation relations for the tensile properties of naturally and artificially corroded steel rebars. *Construction and Building Materials, 249*.
Wang, Y., Geem, Z. W., & Nagai, K. (2020). Bond strength assessment of concrete-corroded rebar interface using artificial neutral network. *Applied Sciences, 10*(14), Article 4724. https://doi.org/10.3390/app10144724
Wu, L., Ni, Q., Shi, F., & Ni, X. (2026). Bayesian sequential updating of chloride ingress models using 16.7-year field monitoring for enhanced service life prediction of marine concrete. *Structures, 86*, 111461.
Yaseen, Z. M. (2023). Machine learning models development for shear strength prediction of reinforced concrete beam: A comparative study. *Scientific Reports, 13*(1).
Yodsudjai, W., & Pattarakittam, T. (2017). Factors influencing half-cell potential measurement and its relationship with corrosion level. *Measurement, 104*, 159–168.
Zaki, A., Chai, H. K., Aggelis, D. G., & Alver, N. (2015). Non-destructive evaluation for corrosion monitoring in concrete: A review and capability of acoustic emission technique. *Sensors, 15*(8), 19069–19101.
Zhao, Y., Yu, J., & Jin, W. (2011). Damage analysis and cracking model of reinforced concrete structures with rebar corrosion. *Corrosion Science, 53*(10), 3388–3397.

BİYOLOJİK ÖRNEKLER İÇİN YEŞİL MİKROEKSTRAKSİYON ÇÖZÜCÜLERİ
GREEN MICROEXTRACTION SOLVENTS FOR BIOLOGICAL SAMPLES

Mazlum ÇOBAN
Yüksek Lisans Öğrencisi Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı
Prof. Dr. Adil ELİK
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
ORCID ID: 0000-0002-3942-4711
Prof. Dr. Nail ALTUNAY
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
ORCID ID: 0000-0001-9053-7570
Arş. Gör. Seçkin FESLİYAN
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
ORCID ID: 0009-0003-3584-3868

ÖZET

Biyolojik örneklerin analizinde karşılaşılan sorunlardan biri, örneklerin karmaşık bileşimlerinin ölçüm sonuçlarını etkileyebilmesidir. Kan, plazma, serum, idrar, tükürük ve saç gibi örneklerde bulunan farklı bileşenler, hedef analitin ayrılmasını ve doğru biçimde ölçülmesini zorlaştırabilir. Bu nedenle örnek hazırlama, analitik sürecin önemli bir parçasıdır. Geleneksel ekstraksiyon yöntemleri birçok uygulamada etkili sonuçlar versede organik çözücü tüketimi ve atık oluşumu çevresel açıdan dikkate alınması gereken sorunlardır. Bu çalışmada sıvı faz mikroekstraksiyon (LPME), dağıtmalı sıvı-sıvı mikroekstraksiyon (DLLME), tek damla mikroekstraksiyon (SDME), içi boş lifli LPME (HF-LPME), elektromembran ekstraksiyonu (EME) ve katı faz mikroekstraksiyonu (SPME) yeşil analitik kimya açısından incelenmiştir. Derin ötektik çözücüler (DES) ve doğal derin ötektik çözücüler (NADES) üzerinde özellikle durulmuş; bu çözücülerin kullanım olanakları ve sınırlılıkları literatürdeki uygulamalar üzerinden değerlendirilmiştir. İdrarda 20 farmasötik bileşiğin analiz edildiği bir çalışmada L-mentol:oktanoik asit (1:2) bileşimindeki NADES kullanılmış; tayin alt sınırları 15–208 ng/L, geri kazanımlar %64–120 ve bağıl standart sapma değerleri %11'in altında bildirilmiştir. Zenginleştirme faktörü 66,6'ya kadar ulaşmış, AGREEprep puanı 0,64 olarak raporlanmıştır. Bununla birlikte, çalışmada yüksek örnek hacmi ve LC-MS/MS cihazının kullanılması, yöntemin çevresel değerlendirmesinde göz önünde bulundurulması gereken noktalardır. Genel olarak literatür, mikroekstraksiyonun çözücü tüketimini azaltabildiğini; ancak bir yöntemin yeşil kabul edilebilmesi için analitik performansının ve tüm işlem basamaklarının birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Yeşil analitik kimya, biyolojik örnekler, mikroekstraksiyon, DES, NADES, LPME

ABSTRACT

One challenge in the analysis of biological samples is that their complex composition can affect measurement results. Components present in blood, plasma, serum, urine, saliva and hair may interfere with the separation and determination of target analytes. Sample preparation is therefore an important part of the analytical process. Although conventional

extraction methods can provide effective results, the use of organic solvents and the generation of waste raise environmental concerns. This review discusses liquid-phase microextraction (LPME), dispersive liquid-liquid microextraction (DLLME), single-drop microextraction (SDME), hollow-fiber LPME (HF-LPME), electromembrane extraction (EME) and solid-phase microextraction (SPME) from the perspective of green analytical chemistry. Particular attention is given to deep eutectic solvents (DES) and natural deep eutectic solvents (NADES), with a focus on their applications and limitations reported in the literature. In one study involving 20 pharmaceuticals in urine, an L-menthol:octanoic acid NADES (1:2 molar ratio) was used. The reported limits of quantification ranged from 15 to 208 ng/L, recoveries from 64 to 120%, and relative standard deviations were below 11%. The enrichment factor reached 66.6, while the AGREEprep score was 0.64. However, the relatively large sample volume and the use of LC-MS/MS should also be considered when evaluating the environmental profile of the method. Overall, the literature indicates that microextraction can reduce solvent consumption, but the analytical performance and the complete workflow must be assessed before a method can be considered environmentally preferable.

Keywords: Green analytical chemistry, biological samples, microextraction, DES, NADES, LPME

1. GİRİŞ

Analitik kimyada güvenilir sonuç elde etmek için yalnızca uygun bir cihaz seçmek yeterli değildir. Numunenin bileşimi ve analiz öncesinde uygulanan işlemler de sonucu etkiler. Özellikle biyolojik örneklerde proteinler, lipitler, tuzlar ve başka organik bileşenler hedef analitin ölçümünü zorlaştırabilir. Bazı analitler matriks bileşenlerine bağlanabildiğinden geri kazanım düşebilir; bazı durumlarda ise ölçüm sinyali olduğundan yüksek veya düşük görülebilir. Bu nedenle örnek hazırlama aşamasında analitin matriksten ayrılması ve ölçümü etkileyebilecek bileşenlerin mümkün olduğunca uzaklaştırılması gerekir (Andruch ve ark., 2022; de Andrade ve ark., 2022).

Sıvı-sıvı ekstraksiyon ve katı faz ekstraksiyonu gibi geleneksel yöntemler birçok analizde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bazı uygulamalarda yüksek çözücü tüketimi, çok sayıda işlem basamağı ve kimyasal atık oluşumu söz konusudur. Mikroekstraksiyon teknikleri, daha küçük miktarlarda örnek ve ekstraksiyon fazıyla çalışmaya olanak sağlayarak bu sorunları azaltmayı amaçlar. Yine de çözücü hacminin azalması tek başına yöntemin çevresel açıdan daha iyi olduğunu göstermez. Dağıtıcı çözücüler, tamponlar, enerji ihtiyacı ve analiz sonrası atıkların yönetimi de hesaba katılmalıdır (Wojnowski ve ark., 2022).

Bu çalışmada, biyolojik örneklerin hazırlanmasında kullanılan başlıca mikroekstraksiyon teknikleri ile DES ve NADES gibi alternatif çözücüler literatür temelinde ele alınmıştır. Amaç yeni bir deneysel sonuç sunmak değil, yayımlanmış çalışmalarda bildirilen yöntemleri ve bu yöntemlerin güçlü ve sınırlı yönlerini değerlendirmektir.

2. BİYOLOJİK ÖRNEKLERDE MİKROEKSTRAKSİYONUN ÖNEMİ

Plazma ve serum protein bakımından zengin örneklerdir. Bu bileşenler analitlerin bir kısmını bağlayabilir veya analiz sisteminde matriks etkisine yol açabilir. İdrar örneklerinin bileşimi

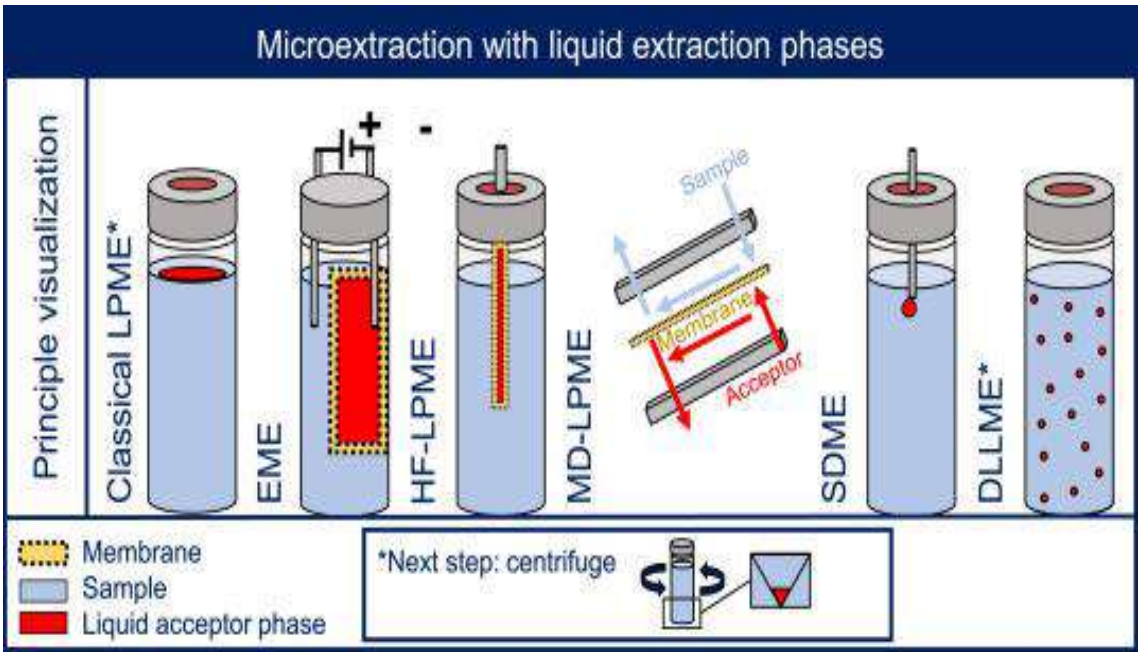
kişiden kişiye ve örnekleme koşullarına göre değişebilir. Saç gibi katı örneklerde ise analitin örnek yapısından çıkarılması gerekebilir. Bu durumlar her biyolojik örnek için aynı ekstraksiyon koşulunun uygun olmayacağını gösterir. pH, iyonik güç, ekstraksiyon süresi, faz bileşimi ve analitin kimyasal özellikleri yöntemin başarısını etkileyen temel değişkenlerdir (Andruch ve ark., 2022).

Mikroekstraksiyonun temel avantajı, uygun koşullarda daha az çözücü kullanarak analitin ayrılmasına ve ön deriştirilmesine imkân sağlamasıdır. Ancak düşük çözücü miktarı her zaman yüksek geri kazanım anlamına gelmez. Ekstraksiyon fazının kararlılığı, analitin fazlar arasındaki dağılımı ve matriks bileşenlerinin etkisi de önemlidir. Bu yüzden yöntemler karşılaştırılırken yalnızca çözücü hacmine değil; geri kazanım, tayin sınırı, tekrarlanabilirlik ve matriks etkisine de bakılmalıdır.

3. BAŞLICA MİKROEKSTRAKSİYON TEKNİKLERİ

3.1. Sıvı faz mikroekstraksiyonu

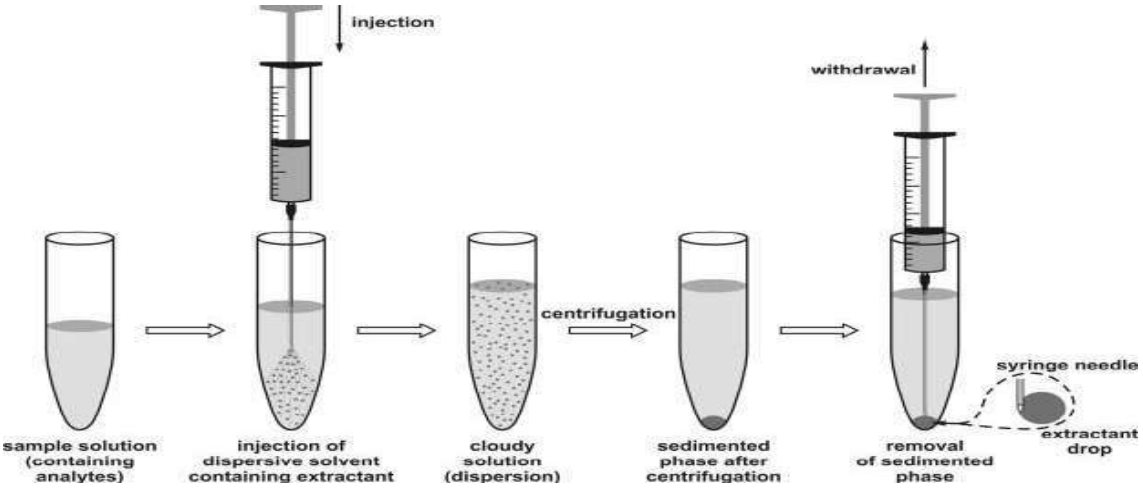
LPME'de analit, numune fazından küçük hacimdeki bir ekstraksiyon veya alıcı faza aktarılır. Kullanılan çözücü miktarının az olması, yöntemin geleneksel sıvı-sıvı ekstraksiyonuna göre önemli bir avantajıdır. Bununla birlikte, uygun fazın seçilmesi gerekir. Analitin iyonlaşma durumu, polaritesi ve çözücü içindeki çözünürlüğü ekstraksiyon verimini etkiler. DES ve NADES sistemlerinin LPME'de kullanılması, bu özelliklerin çözücü bileşimi değiştirilerek ayarlanabilmesi nedeniyle araştırılmaktadır (Mansour ve ark., 2024). İdrar örneğinde bulunan farmasötik bileşiklerin küçük hacimli bir ekstraksiyon fazına aktarılması ve ardından kromatografik yöntemle tayin edilmesi LPME için örnek bir uygulamadır.



Şekil 1. Sıvı faz mikroekstraksiyon tekniklerinin temel çalışma prensipleri (Piao ve ark., 2014).

3.2. Dağıtıcı sıvı-sıvı mikroekstraksiyonu

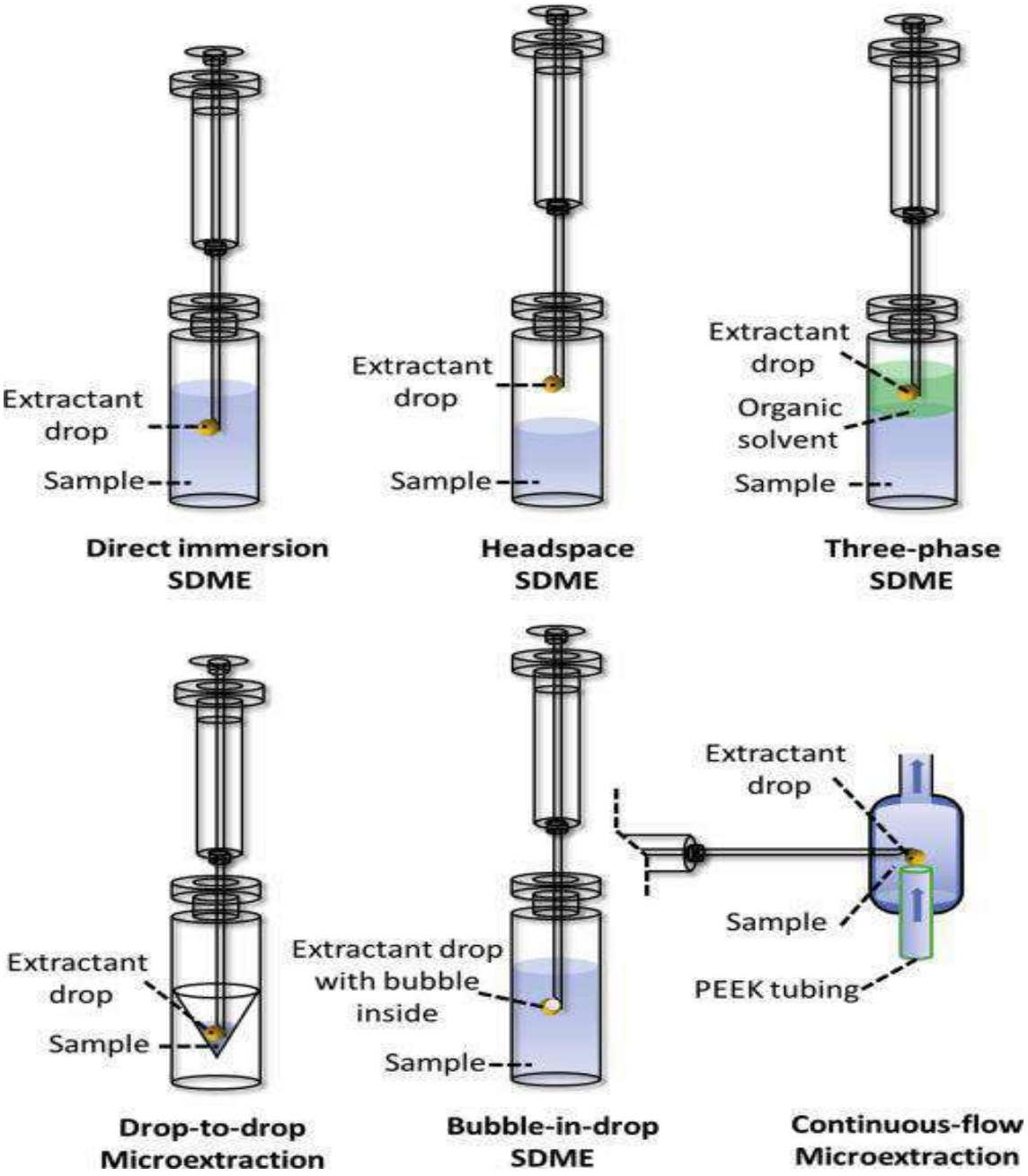
DLLME tekniğinde ekstraksiyon çözücüsü numune içinde küçük damlacıklar hâlinde dağıtılır. Böylece iki faz arasındaki temas yüzeyi artar ve analitin ekstraksiyon fazına geçişi hızlanabilir. Yöntem kısa sürede uygulanabilmesi bakımından avantajlıdır. Buna karşılık, bazı uygulamalarda ekstraksiyon çözücüsünün yanı sıra bir dağıtıcı çözücü de kullanılır. Metanol, aseton ve asetonitril, uygun sistemlerde dağıtıcı çözücü olarak kullanılabilen yaygın örneklerdir. Bu çözücülerin seçimi; ekstraksiyon fazı ile karışabilirlik, numune matriksi, toksisite ve atık oluşumu dikkate alınarak yapılmalıdır. Dağıtıcı çözücünün miktarı ve çevresel özellikleri hesaba katılmadığında yöntemin toplam etkisi eksik değerlendirilmiş olur (de Andrade ve ark., 2022). Plazma veya idrar örneğinde bulunan ilaç kalıntılarının uygun bir ekstraksiyon çözücüsünün damlacıklar hâlinde dağıtılmasıyla ayrılması DLLME yaklaşımıyla gerçekleştirilebilir. Gerekli olduğunda santrifüjleme ile ekstraksiyon fazı ayrılır; çözücü seçimi biyolojik matriks ve hedef analit dikkate alınarak yapılmalıdır.



Şekil 2. Dağıtmalı sıvı-sıvı mikroekstraksiyonda (DLLME) ekstraksiyon fazının dağıtılması, santrifüjleme ve fazın alınması basamakları (Zgoła-Grześkowiak ve Grześkowiak, 2011).

3.3. Tek damla mikroekstraksiyon

SDME'de ekstraksiyon fazı çoğunlukla bir şırınga veya mikropipet ucunda tutulan küçük bir damla şeklindedir. Az miktarda çözücü kullanılması önemli bir avantajdır. Ancak damlanın kararlılığı, karıştırma hızı ve ekstraksiyon süresi sonuçların tekrarlanabilirliğini etkileyebilir. Biyolojik örneklerdeki proteinler ve yüzey aktif bileşenler de damlanın davranışını değiştirebilir. Bu nedenle yöntemin her matrikste ayrıca değerlendirilmesi gerekir. Uçucu veya yarı uçucu bileşiklerin bir biyolojik örneğin tepe boşluğundan küçük bir çözücü damlasına alınması, tepe boşluğu SDME'ye örnek verilebilir. Bu yaklaşımda damla hacmi, ekstraksiyon süresi ve sıcaklık sonuçları etkileyebilir.

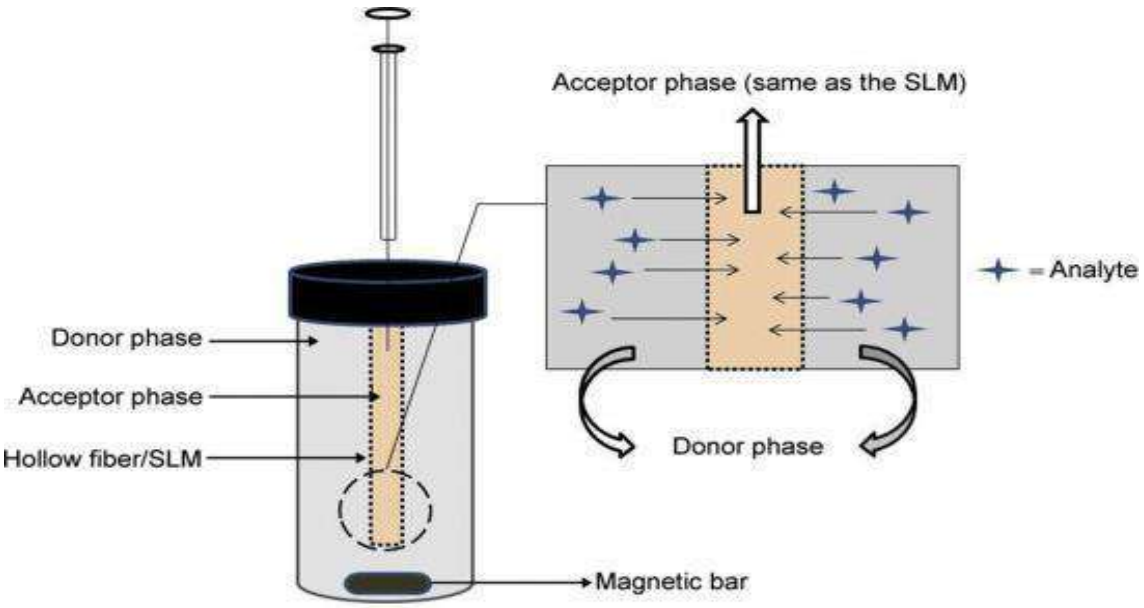


Şekil 3. Tek damla mikroekstraksiyonun (SDME) doğrudan daldırma, tepe boşluğu ve diğer uygulama biçimleri (Tang ve ark., 2018).

3.4. İçi boş lifli sıvı faz mikroekstraksiyonu (Oyuk fiber sıvı faz mikroekstraksiyonu)

HF-LPME'de gözenekli içi boş lif, ekstraksiyon fazını tutan bir destek olarak kullanılır. Bu yapı, numune ile ekstraksiyon fazının doğrudan temasını sınırlandırarak bazı matriks bileşenlerinin alıcı faza geçmesini azaltabilir. Yöntemin performansı membran malzemesine, gözeneklerin ıslanmasına, ekstraksiyon fazının kararlılığına ve analitin membran boyunca taşınmasına bağlıdır. NADES gibi alternatif çözücülerin bu sistemlerde kullanılması araştırılmaktadır; ancak viskozite ve faz kararlılığı gibi özelliklerin uygulamaya göre optimize edilmesi gerekir (Mansour ve ark., 2024). İdrardaki bazik ilaçların, gözenekli içi boş lifin içinde tutulan alıcı faza aktarılması HF-LPME için örnek olarak verilebilir. Lif, numune

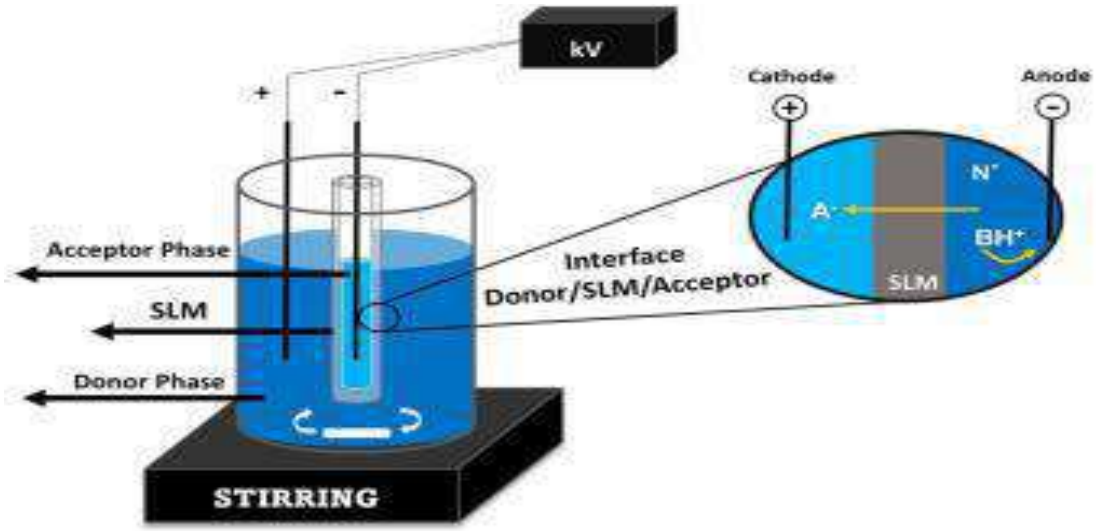
matriksiyle alıcı faz arasındaki doğrudan teması sınırlandırarak bazı girişim yapan bileşenlerin taşınmasını azaltabilir.



Şekil 4. İçi boş lifli sıvı faz mikroekstraksiyonunda donör faz, membran ve alıcı faz arasındaki analit taşınımı (Lee ve ark., 2008).

3.5. Elektromembran ekstraksiyonu

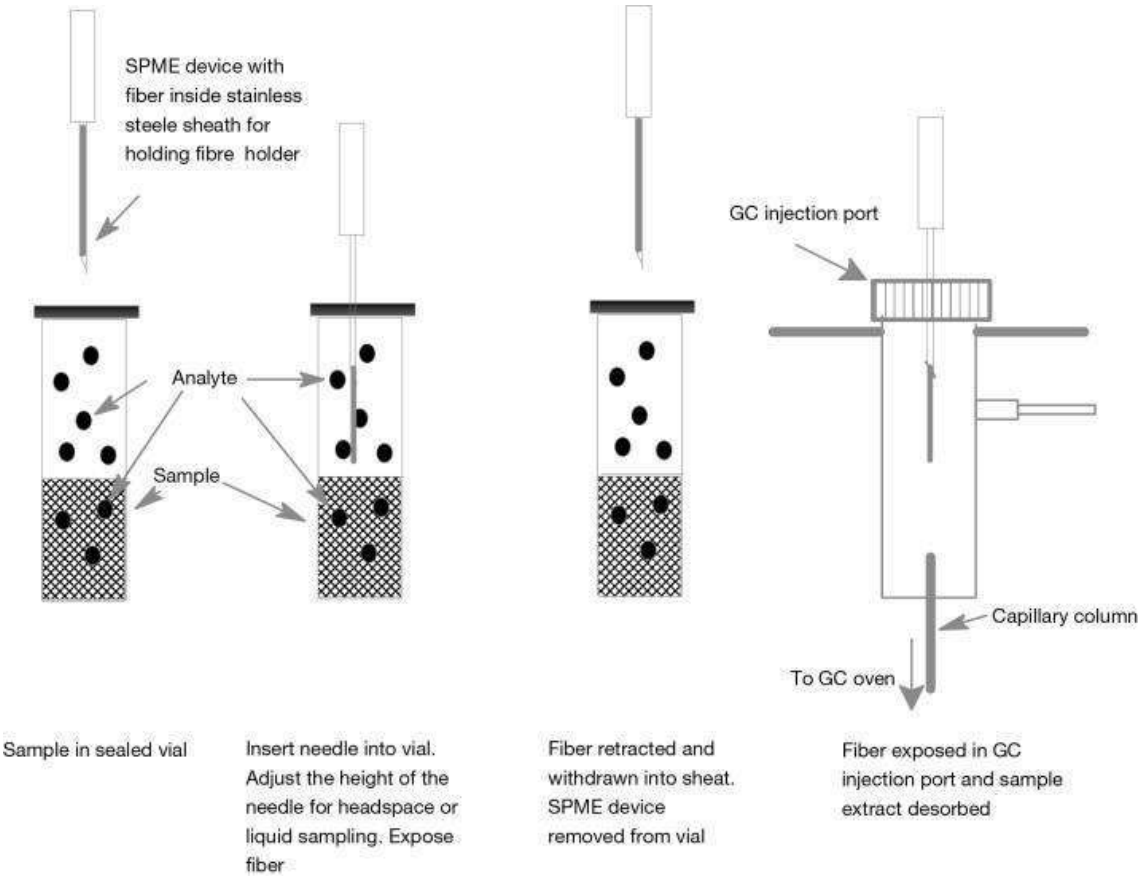
EME'de elektrik alanı, uygun analitlerin desteklenmiş sıvı membran üzerinden taşınmasına yardımcı olur. Özellikle iyonlaşabilen bileşikler için seçici taşınım sağlanabilmesi yöntemin önemli bir özelliğidir. Bununla birlikte elektrik enerjisi ihtiyacı, membran kararlılığı ve kullanılan kimyasalların güvenlik özellikleri de değerlendirmeye katılmalıdır. Yalnızca ekstraksiyon aşamasındaki çözücü miktarına bakılması yöntemin çevresel profilini tam olarak açıklamaz. İdrar veya plazmada bulunan iyonlaşabilir ilaç bileşiklerinin, uygulanan elektrik alanı yardımıyla desteklenmiş sıvı membran üzerinden alıcı faza taşınması EME'ye örnektir. Yöntemde gerilim, pH ve membran bileşimi dikkatle optimize edilmelidir.



Şekil 5. Elektromembran ekstraksiyonunda elektrik alanı yardımıyla analitlerin desteklenmiş sıvı membran üzerinden taşınması (Martins ve ark., 2023).

3.6. Katı faz mikroekstraksiyonu

SPME'de analitler bir lif veya sorbent yüzeyinde tutulur ve daha sonra uygun koşullarda desorbe edilerek analiz edilir. Sıvı ekstraksiyon çözücüsüne duyulan ihtiyacı azaltması bu tekniğin öne çıkan yönlerinden biridir. Buna rağmen sorbent malzemesinin üretimi, lifin kullanım ömrü, desorpsiyon işlemi ve tekrar kullanılabilirlik de toplam çevresel etkiyi belirler. Bu nedenle sorbentin yalnızca ekstraksiyon verimi değil, kullanım ömrü boyunca gösterdiği performans da değerlendirilmelidir (Smart materials for sample preparation in bioanalysis: A green overview, 2021). Tükürük veya idrar örneğindeki uçucu bileşiklerin bir SPME lifi üzerinde tutulması ve ardından gaz kromatografisinde analiz edilmesi örnek verilebilir. Lifin kaplama türü, örnekle temas süresi ve desorpsiyon koşulları analitlere göre seçilir.



Şekil 6. Katı faz mikroekstraksiyonunda (SPME) lifin örnekle temas ettirilmesi ve analitin gaz kromatografisine aktarılması ("Smart materials for sample preparation in bioanalysis: A green overview", 2021).

4. ALTERNATİF ÇÖZÜCÜLER

4.1. Derin ötektik çözücüler

DES'ler, uygun bileşenlerin belirli oranlarda bir araya gelmesiyle oluşan çözücü sistemleridir. Hidrojen bağı alıcısı ve vericisi arasındaki etkileşimler bu sistemlerin özelliklerini belirlemede rol oynar. Bileşenlerin türü ve oranı değiştirilerek polarite, viskozite ve çözündürme kapasitesi ayarlanabilir. Bu özellikleri sayesinde DES'ler, farklı analitlerin ekstraksiyonu için alternatif bir ortam olarak değerlendirilmektedir (Shishov ve ark., 2017).

DES kullanımında bazı sınırlılıklar da vardır. Örneğin yüksek viskozite kütle aktarımını yavaşlatabilir ve ekstraksiyon süresini uzatabilir. Ayrıca çözücüyü oluşturan maddelerin toksikolojik özellikleri ve analiz cihazıyla uyumu ayrı ayrı incelenmelidir. Dolayısıyla bir DES'in bileşiminin ayarlanabilir olması, her bileşimin çevresel açıdan güvenli olduğu anlamına gelmez (Andruch ve ark., 2022). DES bileşimlerine örnek olarak kolin klorür–üre (çoğunlukla 1:2 molar oran; "Reline"), kolin klorür–gliserol ve kolin klorür–etilen glikol sistemleri verilebilir. Bu örneklerde bileşen oranı ve su içeriği; viskoziteyi, polariteyi ve analitlerin çözünürlüğünü etkileyebilir.

4.2. Doğal derin ötektik çözücüler

NADES, şekerler, organik asitler ve amino asitler gibi doğal kaynaklı bileşenlerden hazırlanan derin ötektik çözücü sistemlerini ifade eder. Düşük uçuculuk ve bileşimin ayarlanabilir olması bu çözücüleri örnek hazırlama alanında ilgi çekici kılmaktadır. Bununla birlikte, doğal kökenli olmaları tek başına düşük toksisiteyi veya kolay biyolojik parçalanmayı kanıtlamaz. Kullanılan bileşenlerin özellikleri ve karışımın tamamı dikkate alınmalıdır.

NADES için örnek bileşimler arasında L-mentol–oktanoik asit, kolin klorür–glukoz, betain–gliserol ve organik asit–şeker temelli karışımlar sayılabilir. Bu karışımların "doğal" veya biyolojik kaynaklı bileşenlerden hazırlanması tek başına zararsız olduklarını göstermez; her bileşimin toksisitesi, biyolojik parçalanabilirliği ve analizle uyumu ayrıca değerlendirilmelidir.

García-Atienza ve ark. tarafından biyolojik sıvılar ve doğal sulardaki psikoaktif maddeler için geliştirilen NADES tabanlı LPME uygulamasında L-mentol:oktanoik asit (1:2 molar oran) kullanılmış ve 16 kata kadar zenginleştirme bildirilmiştir. Çalışmada sertifikalı tükürük ve serum örnekleri de yöntemin doğruluğunu değerlendirmek için kullanılmıştır. Bu sonuçlar, NADES tabanlı ekstraksiyonun biyolojik örneklerde uygulanabileceğini göstermesi bakımından önemlidir. Ancak belirli bir çözücü bileşiminin başarılı olması, aynı sistemin bütün analit ve matrikslerde aynı sonucu vereceği anlamına gelmez (García-Atienza ve ark., 2024).

4.3. Biyolojik kökenli diğer çözücüler

Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen çözücüler de geleneksel petrol kökenli çözücülere alternatif olarak araştırılmaktadır. Bu çözücülerin çevresel açıdan avantajlı olup olmadığı; hammaddenin kaynağı, üretim koşulları, saflaştırma ihtiyacı ve kullanım sonrası atık yönetimiyle birlikte değerlendirilmelidir. Yenilenebilir bir hammaddeden üretilmiş olmak, tek başına bir çözücünün bütün yaşam döngüsü boyunca düşük çevresel etkiye sahip olduğunu göstermez. Örnek olarak, biyokütleden üretilebilen etil laktat, bitkisel kaynaklı limonen, fermantasyonla elde edilebilen etanol ve bazı biyokütle temelli süreçlerden üretilebilen 2-metiltetrahidrofuran (2-MeTHF) verilebilir. Gliserol de biyodizel üretiminin yan ürünü olarak elde edilebildiği için çözücü ve çözücü karışımlarında değerlendirilmektedir.

5. LİTERATÜRDEN UYGULAMA

García-Atienza ve Armenta, idrarda 20 farmasötik bileşiğin belirlenmesi için NADES tabanlı LPME yöntemini LC-MS/MS ile birlikte kullanmıştır. Çalışmada L-mentol:oktanoik asit (1:2 molar oran)

bileşimindeki NADES tercih edilmiştir. Yazarların bildirdiği tayin alt sınırları 15–208 ng/L, geri kazanımlar %64–120 aralığındadır. Bağıl standart sapma değerleri %11'in altında bulunmuş ve zenginleştirme faktörü en fazla 66,6 olarak raporlanmıştır. Yöntemin AGREEprep puanı 0,64'tür (García-Atienza ve Armenta, 2024).

Bu sonuçlar yöntemin düşük derişimlerdeki farmasötik bileşikleri belirleme potansiyelini ortaya koymaktadır. Öte yandan geri kazanım değerlerinin geniş bir aralıkta olması, analitlerin ekstraksiyon davranışlarının aynı olmadığını göstermektedir. Ayrıca yöntemde 20 mL idrar örneği ve LC-MS/MS kullanılması, sürdürülebilirlik açısından dikkate alınmalıdır. Bu örnek, bir yöntemin analitik performansının iyi olmasının çevresel etkisinin de her bakımdan düşük olduğu anlamına gelmediğini göstermektedir.

Tablo 1. İdrarda farmasötik bileşiklerin NADES-LPME yöntemiyle analiz edildiği çalışmada bildirilen seçilmiş sonuçlar (García-Atienza ve Armenta, 2024).

Ölçüt	**Çalışmada bildirilen sonuç**	**Kısa değerlendirme**
Örnek ve analit	İdrar; 20 farmasötik bileşik	Gerçek biyolojik örnek üzerinde
NADES bileşimi	L-mentol:oktanoik asit (1:2)	Bileşim yöntemin seçiciliğini etkiler
Tayin alt sınırları	15–208 ng/L	Analitler arasında farklılık vardır
Geri kazanım	%64–120	Ekstraksiyon verimi tüm analitlerde aynı değildir
Bağıl standart sapma	%11'in altında	Tekrarlanabilirlik açısından olumlu sonuç
En yüksek zenginleştirme	66,6	Maksimum değer tüm bileşikler için geçerli değildir
AGREEprep	0,64	Çevresel değerlendirme analitik performanstan ayrı ele alınmalıdır

6. YEŞİLLİK DEĞERLENDİRMESİ

Bir analitik yöntemin çevresel etkisini değerlendirmek için kullanılan çözücüye bakmak yeterli değildir. Numune ve çözücü miktarı, yardımcı reaktifler, işlem süresi, enerji ihtiyacı, oluşan atık ve kullanılan cihazlar birlikte ele alınmalıdır. AGREEprep, örnek hazırlama basamağının çevresel yönlerini belirli ölçütler üzerinden değerlendirmek amacıyla geliştirilmiştir (Wojnowski ve ark., 2022). AGREE, GAPI, NEMI ve Analitik Eko-Ölçek gibi diğer araçlar da farklı açılardan bilgi sağlar; ancak her birinin kapsamı aynı olmadığından puanları doğrudan birbirinin yerine kullanmak doğru değildir.

Yeşillik değerlendirmesi analitik performansın yerine geçmez. Bir yöntemin geri kazanımı, seçiciliği, tayin sınırı ve tekrarlanabilirliği yeterli değilse yalnızca düşük çözücü tüketimi nedeniyle tercih edilmesi uygun olmayabilir. Benzer şekilde yüksek performanslı bir cihazın

enerji ihtiyacı veya analiz öncesi kullanılan yardımcı kimyasallar da toplam değerlendirmeye dâhil edilmelidir. Bu nedenle yöntem geliştirme sırasında analitik güvenilirlik ile çevresel ölçütlerin birlikte izlenmesi daha sağlıklı bir yaklaşım olacaktır.

Biyolojik örneklerde yeşil çözücülerin kullanımına ilişkin farklı uygulamalar, çözücü bileşimi ve hedef analit grubunun yöntem performansını birlikte belirlediğini göstermektedir. Tablo 2'de, önceki bölümlerde ayrıntılı ele alınmayan ve farklı biyolojik matriksleri kapsayan örnek çalışmalar özetlenmiştir.

Tablo 2. Biyolojik örneklerde yeşil çözücü tabanlı mikroekstraksiyon uygulamalarından seçilmiş literatür örnekleri.

Çalışma	Biyolojik örnek / analit	Yeşil çözücü ve yöntem	Bildirilen sonuç / değerlendirme
Khataei ve ark. (2018)	İdrar ve plazma; steroid hormonlar (didrogestoron ve siproteron asetat)	DES alıcı fazı; üç fazlı HF-LPME ve HPLC-UV	Tayin sınırları 0,5–2 µg/L; zenginleştirme faktörleri 187–428; bağıl standart sapma ≤%6,3.
Yaqoub ve ark. (2023)	İdrar; metronidazol, tinidazol ve levofloksasin	Kolin klorür–oktanoik asit–etil benzoat temelli DES; CSDF-ME-HPLC	Tayin sınırları 3–6 µg/L; bağıl standart sapma %1,85–4,95. Çalışmada atık su örnekleri de incelenmiştir.
Yang ve ark. (2024)	İdrar ve doku; Nelumbinis plumula alkaloitleri	CO_2 ile anahtarlanabilir DES; sıvı-sıvı mikroekstraksiyon-HPLC-MS/MS	Geri kazanım %52,44–98,12; bağıl standart sapma ≤%6,01. Yöntem idrar atılımı ve doku dağılımı çalışmalarında uygulanmıştır.
de Andrade ve ark. (2025)	İdrar; östriol, β-östradiol ve östron	Mentol:dekanoik asit NADES; ultrason destekli sıvı-sıvı mikroekstraksiyon-HPLC-DAD	Tayin sınırları 3–8 µg/L; geri kazanım %82–98; ekstraksiyon 3 dakika ve 150 µL NADES ile gerçekleştirilmiştir.

7. SONUÇ

Literatür, mikroekstraksiyon tekniklerinin biyolojik örneklerin hazırlanmasında çözücü tüketimini azaltabilecek seçenekler sunduğunu göstermektedir. LPME, DLLME, SDME, HF-LPME, EME ve SPME farklı çalışma prensiplerine sahip olduğundan yöntem seçimi hedef analite ve örnek türüne göre yapılmalıdır. DES ve NADES sistemleri, bileşimlerinin ayarlanabilmesi ve düşük uçuculuk gibi özellikleri nedeniyle dikkat çekmektedir. Bununla birlikte, bu çözücülerin her koşulda güvenli veya çevresel açıdan üstün olduğu değerlendirilmemelidir.

İdrar, serum ve tükürük gibi biyolojik örneklerde bildirilen NADES-LPME uygulamaları, alternatif çözücülerin analitik yöntemlerde kullanılabileceğini göstermektedir. Ancak elde

edilen geri kazanım, kesinlik ve zenginleştirme değerleri analite ve matrikse göre değişebilir. Bundan sonraki çalışmalarda çözücü bileşiminin yanı sıra toksikolojik özelliklerin, atık miktarının, enerji ihtiyacının ve yöntemin yeniden kullanılabilirliğinin de raporlanması faydalı olacaktır. Sonuç olarak, sürdürülebilir bir örnek hazırlama yöntemi geliştirmek için alternatif bir çözücü seçmek tek başına yeterli değildir; analitik performans korunurken işlem basamaklarının tamamındaki çevresel yükün azaltılması gerekir.

KAYNAKÇA

[1] Piao, C., Chen, L., & Wang, Y. (2014). A review of the extraction and chromatographic determination methods for the analysis of parabens. Journal of Chromatography B, 969, 139–148.

[2] Zgoła-Grześkowiak, A., & Grześkowiak, T. (2011). Dispersive liquid-liquid microextraction. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 30(9), 1382–1399. https://doi.org/10.1016/j.trac.2011.04.014

[3] Tang, S., Qi, T., Ansah, P. D., Nalouzebi Fouemina, J. C., Shen, W., Basheer, C., & Lee, H. K. (2018). Single-drop microextraction. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 108, 306–313.

[4] Lee, J., Lee, H. K., Rasmussen, K. E., & Pedersen-Bjergaard, S. (2008). Environmental and bioanalytical applications of hollow fiber membrane liquid-phase microextraction: A review. Analytica Chimica Acta, 624(2), 253–268.

[5] Martins, R. O., de Araújo, G. L., Simas, R. C., & Chaves, A. R. (2023). Electromembrane extraction (EME): Fundamentals and applications. Talanta Open, 7, 100200. https://doi.org/10.1016/j.talo.2023.100200

[6] Smart materials for sample preparation in bioanalysis: A green overview. (2021). Sustainable Chemistry and Pharmacy, 21, 100411. https://doi.org/10.1016/j.scp.2021.100411

[7] García-Atienza, P., & Armenta, S. (2024). The use of deep eutectic solvent-liquid phase microextraction as green analytical sample treatment for the analysis of drugs in urine. Green Analytical Chemistry, 9, 100115. https://doi.org/10.1016/j.greeac.2024.100115

[8] Andruch, V., Várfalvyová, A., Halko, R., Jatkowska, N., & Płotka-Wasylka, N. (2022). Application of deep eutectic solvents in bioanalysis. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 154, 116660. https://doi.org/10.1016/j.trac.2022.116660

[9] de Andrade, D. C., Monteiro, S. A., & Merib, J. (2022). A review on recent applications of deep eutectic solvents in microextraction techniques for the analysis of biological matrices. Advances in Sample Preparation, 1, 100007. https://doi.org/10.1016/j.sampre.2022.100007

[10] García-Atienza, P., Martínez-Pérez-Cejuela, H., Herrero-Martínez, J. M., & Armenta, S. (2024). Liquid phase microextraction based on natural deep eutectic solvents of psychoactive substances from biological fluids and natural waters. Talanta, 267, 125277. https://doi.org/10.1016/j.talanta.2023.125277

[11] Mansour, F. R., Bedair, A., Hamed, M., Magdy, G., Ali, I., & Locatelli, M. (2024). Applications of (natural) deep eutectic solvents in liquid phase microextraction: A review. Microchemical Journal, 198, 110178. https://doi.org/10.1016/j.microc.2024.110178

[12] Shishov, A., Bulatov, A., Locatelli, M., Carradori, S., & Andruch, V. (2017). Application of deep eutectic solvents in analytical chemistry: A review. Microchemical Journal, 135, 33–38. https://doi.org/10.1016/j.microc.2017.07.015

[13] Wojnowski, W., Tobiszewski, M., Pena-Pereira, F., & Psillakis, E. (2022). AGREEprep – Analytical greenness metric for sample preparation. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 149, 116553. https://doi.org/10.1016/j.trac.2022.116553

[14] Khataei, M. M., Yamini, Y., Nazaripour, A., & Karimi, M. (2018). Novel generation of deep eutectic solvent as an acceptor phase in three-phase hollow fiber liquid phase microextraction for extraction and preconcentration of steroidal hormones from biological fluids. Talanta, 178, 473–480. https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.09.068

[15] Yaqoub, A. R., Jamil, L. A., & Moinfar, S. (2023). Development of a CSDF-ME method using a new deep eutectic solvent for the microextraction and determination of antibiotic drugs in wastewater and urine samples. New Journal of Chemistry, 47, 2809–2820. https://doi.org/10.1039/D2NJ05461B

[16] Yang, L., Yang, X., Wang, E., Lu, B., & Duan, L. (2024). Development of CO_2-switchable deep eutectic solvent-based liquid-liquid microextraction approach: Application in urinary excretion and tissue distribution studies. Analytica Chimica Acta, 1307, 342620. https://doi.org/10.1016/j.aca.2024.342620

[17] de Andrade, D. C., Monteiro, S. A., de Oliveira, T. E., & Merib, J. (2025). Microextraction of steroidal hormones from urine samples using natural deep eutectic solvents: Insights into chemical interactions using molecular dynamics simulations. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 417(7), 1305–1315. https://doi.org/10.1007/s00216-024-05560-x

ANALİTİK KİMYADA YEŞİL SÜREÇ: YENİ NESİL ÇÖZÜCÜLERİN ÖRNEK HAZIRLAMA SÜREÇLERİNDEKİ ROLÜ

GREEN PROCESSES IN ANALYTICAL CHEMISTRY: THE ROLE OF NEXT-GENERATION SOLVENTS IN SAMPLE PREPARATION

Mazlum ÇOBAN
Yüksek Lisans Öğrencisi Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı
Prof. Dr. Adil ELİK
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
ORCID ID: 0000-0002-3942-4711
Prof. Dr. Nail ALTUNAY
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
ORCID ID: 0000-0001-9053-7570
Arş. Gör. Seçkin FESLİYAN
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
ORCID ID: 0009-0003-3584-3868

ÖZET
Analitik kimyada örnek hazırlama, analizin güvenilirliğini etkilediği kadar yöntemin çevresel yükünü de belirleyen temel aşamalardan biridir. Ekstraksiyon ve ön deriştirme işlemlerinde kullanılan çözücünün türü ve miktarı; oluşan atık, enerji tüketimi ve analistin kimyasal maddelere maruz kalma riski açısından önem taşır. Bu çalışmada derin ötektik çözücüler (DES), doğal derin ötektik çözücüler (NADES), iyonik sıvılar ve biyobazlı çözücülerin mikroekstraksiyon uygulamalarındaki yeri değerlendirilmiştir. Literatürde bildirilen gerçek örnek çalışmalarından hareketle söz konusu çözücülerin eser metal iyonları, ftalatlar, pestisit kalıntıları ve fenolik bileşiklerin tayinindeki kullanımları ele alınmıştır. L-mentol:salisilik asit esaslı NADES ile As, Cd, Hg ve Pb; L-mentol:formik asit esaslı NADES ile Cd, Pb, Zn ve Mn tayinine yönelik uygulamalar ile kolin klorür:fenol esaslı DES kullanılarak içeceklerde ftalatların ve gıda örneklerinde pestisitlerin ekstraksiyonuna ilişkin çalışmalar incelenmiştir. İyonik sıvıların da özellikle sıvı faz mikroekstraksiyonunda metal iyonlarının zenginleştirilmesinde kullanıldığı görülmektedir. Bununla birlikte, düşük uçuculuk veya biyobazlı kaynak tek başına bir çözücünün çevresel açıdan üstün olduğunu göstermemektedir. Toksisite, biyobozunurluk, hammaddenin kaynağı, üretim ve saflaştırma koşulları, enerji tüketimi ve atık yönetimi birlikte değerlendirilmelidir. Yeni nesil çözücülerin mikroekstraksiyon teknikleriyle birlikte ele alınması ve yöntemin AGREE, AGREEprep ve GAPI gibi araçlarla değerlendirilmesi, elde edilen çevresel kazanımların daha gerçekçi biçimde ortaya konulmasını sağlar.
Anahtar Kelimeler: Yeşil analitik kimya, yeşil örnek hazırlama, derin ötektik çözücüler, doğal derin ötektik çözücüler, iyonik sıvılar, biyobazlı çözücüler, mikroekstraksiyon.

ABSTRACT
Sample preparation is a key part of an analytical procedure because it can influence both analytical performance and the environmental burden of the method. The amount and hazard profile of extraction solvents, together with volatility, energy consumption, waste generation, and analyst exposure, should therefore be considered during method development. In this study, deep eutectic solvents (DES), natural deep eutectic solvents (NADES), ionic liquids, and bio-based solvents were examined in combination with microextraction techniques. Selected real-

sample applications reported in the literature were compared for the determination of trace metal ions, phthalates, pesticide residues, and phenolic compounds. Examples include the extraction of As, Cd, Hg, and Pb with an L-menthol:salicylic acid-based NADES; Cd, Pb, Zn, and Mn with an L-menthol:formic acid-based NADES; phthalates in beverages using a choline chloride:phenol-based DES; and pesticide residues in food samples using DES-based procedures. The use of ionic liquids for the preconcentration of metal ions by liquid-phase microextraction was also considered. Low volatility or bio-based origin alone does not demonstrate that a solvent is environmentally preferable. Toxicity, biodegradability, feedstock origin, production and purification requirements, energy consumption, and waste management should be assessed together. Combining next-generation solvents with microextraction and evaluating the resulting methods using greenness tools such as AGREE, AGREEprep, and GAPI can provide a more balanced assessment of their environmental performance.
Keywords: Green analytical chemistry, green sample preparation, deep eutectic solvents, natural deep eutectic solvents, ionic liquids, bio-based solvents, microextraction.

1.GİRİŞ

Örnek hazırlamanın temel amacı, analiti bulunduğu karmaşık matriksten ayırmak, gerektiğinde deriştirmek ve ölçüm için uygun bir forma getirmektir. Bu işlemler sırasında kullanılan reaktifler, çözücü miktarı ve işlem basamaklarının sayısı yöntemin toplam çevresel yükünü doğrudan etkileyebilir. Bu nedenle örnek hazırlama aşamasında çözücü seçimi yalnızca ekstraksiyon verimi açısından değil, yöntemin sürdürülebilirliği açısından da ele alınmalıdır.

Geleneksel örnek hazırlama yöntemlerinde hekzan, diklorometan, kloroform, etil asetat, asetonitril ve metanol gibi organik çözücüler uzun süredir yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu çözücüler analitik açıdan etkili olmalarına rağmen uçuculuk, toksisite, atık oluşumu ve çalışanların maruziyeti bakımından çeşitli sorunlar oluşturabilir. Mikroekstraksiyon tekniklerinin daha az miktarda ve uygun özellikte çözücülerle uygulanması, bu yükün azaltılmasına yönelik seçeneklerden biridir. Burada amaç yalnızca geleneksel çözücünün başka bir çözücüyle değiştirilmesi değildir; çözücü hacminin azaltılması, işlem basamaklarının sadeleştirilmesi ve uygun durumlarda çözücü kullanımının tamamen ortadan kaldırılması da yöntemin tasarımında dikkate alınmalıdır.

2.YEŞİL ANALİTİK KİMYA VE YEŞİL ÖRNEK HAZIRLAMA

Yeşil analitik kimya (Green Analytical Chemistry, GAC), analitik ölçümün güvenilirliğini korurken analiz sürecinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmayı amaçlayan bir yaklaşımdır. Değerlendirme yalnızca kullanılan çözücü miktarıyla sınırlı değildir. Numune miktarı, atık oluşumu, enerji tüketimi, işlem basamaklarının sayısı, analist güvenliği ve otomasyon düzeyi de yöntemin çevresel performansını etkileyen unsurlar arasındadır.

Mikroekstraksiyon alanındaki gelişmelerle birlikte katı faz mikroekstraksiyonu (SPME), tek damla mikroekstraksiyonu (SDME), içi boş fiber sıvı faz mikroekstraksiyonu (HF-LPME), dağıtıcı sıvı-sıvı mikroekstraksiyonu (DLLME) ve elektromembran ekstraksiyonu (EME) gibi teknikler yaygınlaşmıştır. Bu yöntemlerin ortak yönü, ekstraksiyon fazını küçük hacimlerde kullanmalarıdır. Böylece klasik sıvı-sıvı ekstraksiyona göre çözücü tüketimi ve oluşan atık önemli ölçüde azaltılabilir.

3.YENİ NESİL ÇÖZÜCÜLER

"Yeni nesil çözücüler" tek bir kimyasal sınıfı ifade etmez. Terim, geleneksel organik çözücülere alternatif olarak geliştirilen veya örnek hazırlama süreçlerinde bu çözücülerin kullanımını azaltabilecek farklı sistemleri kapsayan genel bir tanımlamadır. Derin ötektik çözücüler (DES),

doğal derin ötektik çözücüler (NADES), iyonik sıvılar ve biyobazlı çözücüler bu grupta öne çıkan başlıca sistemlerdir (Janicka ve ark., 2022; Vian ve ark., 2017).

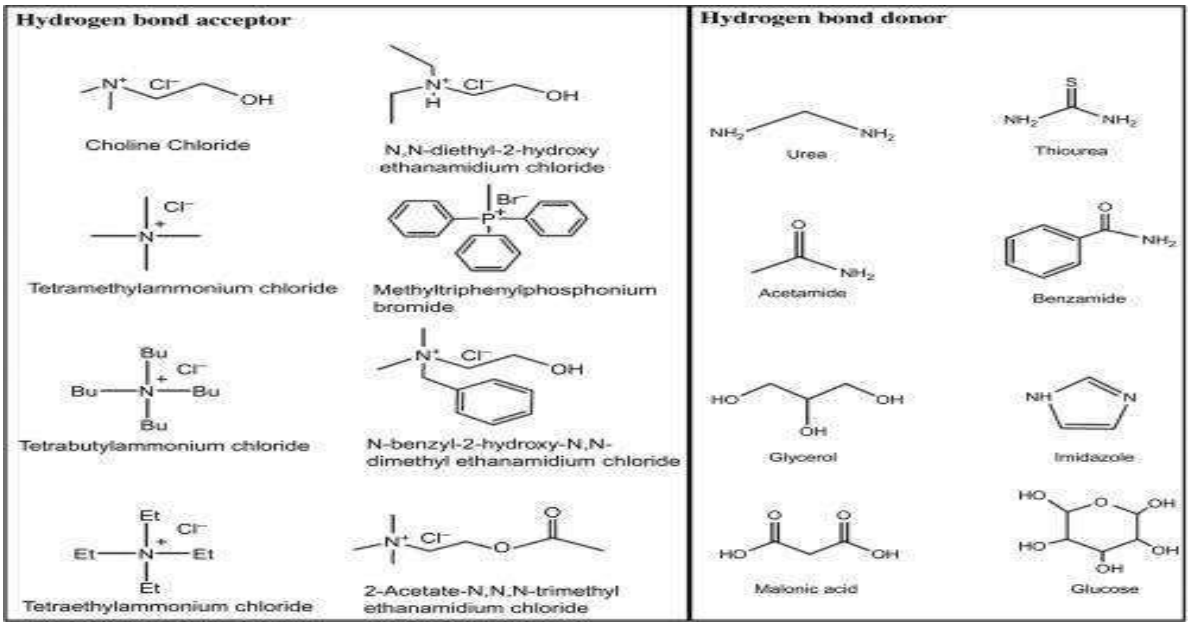
4. DERİN ÖTEKTİK ÇÖZÜCÜLER

Derin ötektik çözücüler (DES), bir hidrojen bağı alıcısı (HBA) ile bir hidrojen bağı vericisinin (HBD) belirli oranlarda bir araya gelmesiyle oluşan ve bileşenlerinin ayrı ayrı erime noktalarına göre daha düşük erime sıcaklığı gösteren ötektik sistemlerdir. Kolin klorür yaygın kullanılan HBA bileşenlerinden biridir; üre, gliserol, etilen glikol, organik asitler ve bazı fenolik bileşikler ise HBD olarak kullanılabilmektedir. Bileşenlerin türü ve mol oranı değiştirilerek polarite, viskozite, suyla karışabilirlik ve analitle etkileşim gibi özellikler uygulamaya göre düzenlenebilir.

DES sistemlerinin örnek hazırlamadaki dikkat çekici yönleri düşük buhar basınçları, hazırlanma kolaylığı ve bileşimlerinin değiştirilebilmesidir. Bununla birlikte, yüksek viskozite önemli bir sınırlılıktır. Viskozitenin artması kütle aktarımını yavaşlatabilir ve faz ayrılmasını güçleştirebilir. Bu nedenle bazı uygulamalarda ultrasonik enerji, vortex karıştırma veya kontrollü ısıtma gibi yardımcı işlemlerden yararlanılmaktadır.

Santana-Mayor ve ark. (2020), içeceklerdeki ftalatların ekstraksiyonu için kolin klorür:fenol esaslı bir DES kullanarak DLLME yöntemi geliştirmiştir. Çay, elma suyu ve ananas suyu örneklerinde %84–120 arasında geri kazanım değerleri bildirilmiş ve bağıl standart sapmaların %11'in altında olduğu belirtilmiştir. Özgür ve ark. (2023) ise gıda temas malzemelerinden salınan ftalatların belirlenmesi amacıyla kolin klorür:fenol (1:2) DES kullanarak emülsifikasyon sıvı-sıvı mikroekstraksiyonu (ELLME) geliştirmiş ve yöntemi GC-MS ile uygulamıştır.

Gıda örneklerinde organofosforlu ve diğer pestisit kalıntılarının ekstraksiyonunda da DES tabanlı yöntemlerden yararlanılmıştır (Musarurwa ve Tavengwa, 2021). Zareasghari ve ark. (2024), yumurta tozundaki organofosforlu pestisitlerin belirlenmesi için DES tabanlı miniaturize basınçlı sıvı ekstraksiyonunu DLLME ile birleştirmiş ve 0.11–0.29 ng/g aralığında LOD değerleri elde etmiştir. Bu çalışma, örnek hazırlama sürecinde DES kullanımının birden fazla aşamada değerlendirilmesinin çözücü tüketimini azaltma açısından potansiyel taşıdığını göstermektedir.



Şekil 1. Derin ötektik çözücülerin hazırlanmasında kullanılan hidrojen bağı alıcısı (HBA) ve hidrojen bağı vericisi (HBD) bileşenlerine örnekler (Ivanova ve ark., 2017).

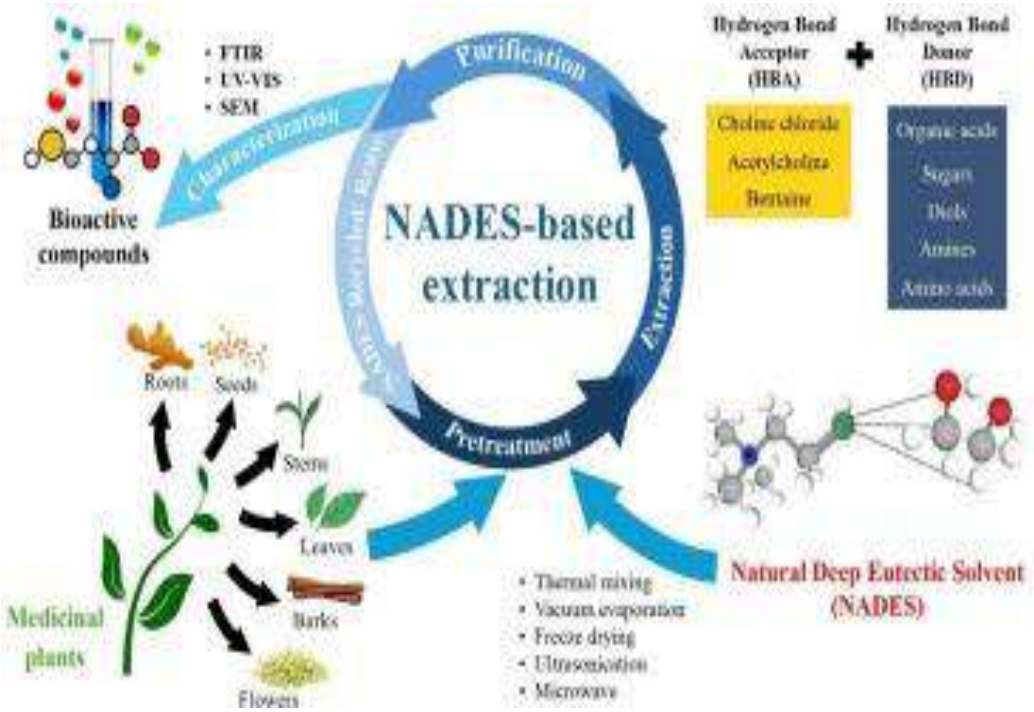
5. DOĞAL DERİN ÖTEKTİK ÇÖZÜCÜLER

NADES, DES sistemlerinin şekerler, organik asitler, amino asitler ve diğer doğal metabolitler gibi doğal kökenli bileşenlerle hazırlanan bir alt grubudur. Bu bileşenlerin doğal kaynaklardan elde edilmesi, NADES sistemlerine örnek hazırlama açısından ilgi kazandırmıştır. Ancak bir bileşenin doğal kaynaklı olması, elde edilen çözücünün her koşulda daha çevreci olduğu anlamına gelmez. Hammadde kaynağının sürdürülebilirliği, hazırlama ve saflaştırma sırasında harcanan enerji, kullanılan maddeler ve işlem sonunda oluşan atık da değerlendirilmelidir (Mansour ve ark., 2024).

NADES bileşenleri arasında şekerler (ör. glikoz ve fruktoz), organik asitler (ör. laktik asit, sitrik asit ve malik asit), amino asitler (ör. prolin) ve kolin türevleri bulunabilir. Örnek bir bileşim, kolin klorür ile gliserolün belirli mol oranlarında birleştirilmesiyle hazırlanan doğal ötektik sistemlerdir; ancak bileşenlerin doğal kökeni tek başına çevresel üstünlük kanıtı değildir.

Mafakheri ve ark. (2024), L-mentol:salisilik asit (M:SA) esaslı hidrofobik NADES kullanarak su ve gıda örneklerinde As, Cd, Hg ve Pb'nin eşzamanlı ön deriştirilmesine yönelik ligand gerektirmeyen bir DLLME yöntemi geliştirmiştir. Çalışmada %90–96 geri kazanım ve 112–120 aralığında zenginleştirme faktörü bildirilmiştir.

Bişgin ve ark. (2025), su ve sebze örneklerinde Cd(II), Pb(II), Zn(II) ve Mn(II) iyonlarının eşzamanlı zenginleştirilmesi için L-mentol:formik asit (1:3) esaslı NADES ile S-NADES-DLLME yöntemini geliştirmiş ve tayinleri FAAS ile gerçekleştirmiştir. Yöntem, mikrodalga parçalama ön işlemiyle birlikte kullanılarak karmaşık gıda matrikslerine uygulanmıştır. Ayrıca çevresel su ve şarap örneklerinde fipronil ve türevlerinin tayini için NADES-DLLME-SFO yaklaşımından yararlanılmış ve yöntemin yeşillik performansı AGREE metriği ile değerlendirilmiştir.



Şekil 2. Doğal derin ötektik çözücüler (NADES) ile ekstraksiyon sürecinin şematik gösterimi (Huang ve ark., 2025).

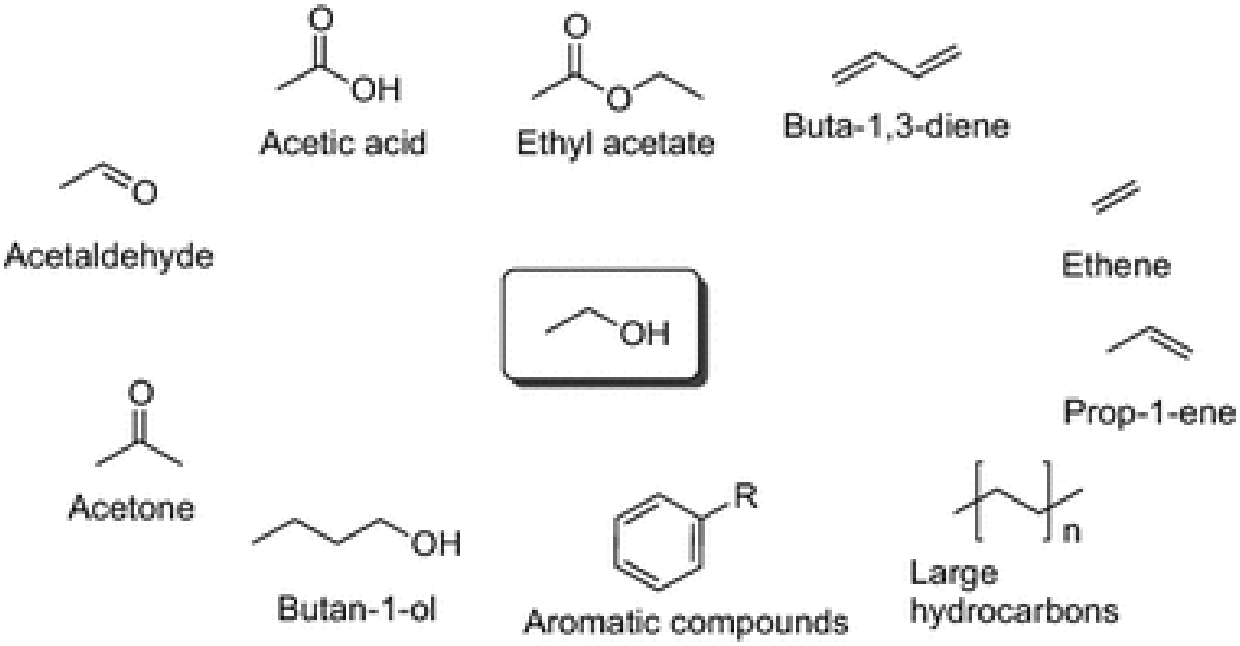
6. İYONİK SIVILAR

İyonik sıvılar, oda sıcaklığında veya buna yakın düşük sıcaklıklarda sıvı halde bulunan iyonik tuzlardır. Düşük buhar basınçları, yüksek termal kararlılıkları ve katyon-anyon kombinasyonlarının değiştirilebilmesi, bu sistemlerin mikroekstraksiyonda kullanılmasını kolaylaştıran özellikler arasındadır (Stanisz ve ark., 2014). Bununla birlikte, iyonik sıvıların çevresel profili kimyasal yapılarına göre önemli ölçüde değişebilir. Bu nedenle düşük uçuculuk tek başına çevresel açıdan olumlu bir özellik olarak değerlendirilmemelidir.

Sulu örneklerde bakır ve kadmiyum tayinine yönelik çalışmalarda 1-bütil-3-metilimidazolyum hekzaflorofosfat ([C4MIm][PF6]) gibi hidrofobik iyonik sıvılar kullanılarak IL-DLLME yöntemleri geliştirilmiş ve FAAS ile yüksek zenginleştirme faktörlerine ulaşılmıştır (Rajabi ve ark., 2013). Bu örnekler, iyonik sıvıların mikroekstraksiyonda etkili ekstraksiyon fazları olarak kullanılabileceğini göstermektedir; ancak yöntemin çevresel değerlendirmesinde iyonik sıvının toksisitesi ve biyobozunurluğu ayrıca dikkate alınmalıdır. İyonik sıvılara 1-bütil-3-metilimidazolyum hekzaflorofosfat ([C_4mim][PF_6]), 1-bütil-3-metilimidazolyum tetrafloroborat ([C_4mim][BF_4]) ve 1-etil-3-metilimidazolyum etil sülfat ([C_2mim][$EtSO_4$]) örnek verilebilir.

7. BİYOBAZLI ÇÖZÜCÜLER

Biyobazlı çözücüler, yenilenebilir biyokütleden veya diğer biyolojik kaynaklardan elde edilen çözücüleri kapsayan geniş bir gruptur. Etanol, etil laktat ve limonen gibi bileşikler bu gruba örnek olarak verilebilir (Calvo-Flores ve Martín-Martínez, 2022). Yenilenebilir hammaddelerden üretilebilmeleri önemli bir avantajdır. Bununla birlikte, gerçek çevresel performansın belirlenebilmesi için tarımsal üretim, hammaddenin işlenmesi, saflaştırma ve taşıma gibi aşamaların da değerlendirmeye katılması gerekir.



Şekil 3: Biyobazlı çözücü olarak kullanılan çeşitli kimyasal bileşiklerin yapıları (Calvo-Flores ve Martín-Martínez, 2022).

8. SÜRFAKTANLAR

Sürfaktanlar, amfifilik yapıları nedeniyle yüzey gerilimini azaltarak özellikle yüksek viskoziteli ekstraksiyon sistemlerinde kütle transferini kolaylaştırabilir. DES ve iyonik sıvıların kullanıldığı bazı uygulamalarda misel oluşumu, apolar analitlerin çözünürlüğünü ve

ekstraksiyon verimini artırmak amacıyla değerlendirilmektedir. Kütle spektrometrisi gibi hassas tekniklerde ise iyon bastırılması olasılığı dikkate alınmalı; bu nedenle biyobozunurluğu daha yüksek sürfaktanların kullanımı araştırılmalıdır. Örnek olarak sodyum dodesil sülfat (SDS), setiltrimetilamonyum bromür (CTAB) ve polisorbat 20 (Tween 20) verilebilir.

9. SUPRAMOLEKÜLER ÇÖZÜCÜLER

Supramoleküler çözücüler (SUPRAS), amfifilik bileşiklerin sulu ortamda kendiliğinden organize olmasıyla oluşan nanoölçekli sıvı sistemlerdir. Bu yapılar, hidrojen bağları, hidrofobik etkileşimler ve π-π etkileşimleri gibi farklı etkileşimlerden yararlanarak çeşitli polaritedeki analitlerin ekstraksiyonuna olanak sağlayabilir. Protein ve yağ gibi büyük moleküllerin faz dışında tutulabilmesi, bazı örneklerde matriks etkisinin azaltılmasına katkı sağlayabilir. Bu özellikler SUPRAS sistemlerinin HPLC ve LC-MS/MS gibi tekniklerle birleştirilen örnek hazırlama uygulamalarında kullanılmasına imkân vermektedir. SUPRAS oluşumunda kullanılan amfifilik bileşiklere örnek olarak 1-oktanol ve dekanoik asit gibi uzun zincirli alkoller ve karboksilik asitler verilebilir.

10. MİKROEKSTRAKSİYON VE YENİ NESİL ÇÖZÜCÜLERİN BİRLİKTELİĞİ

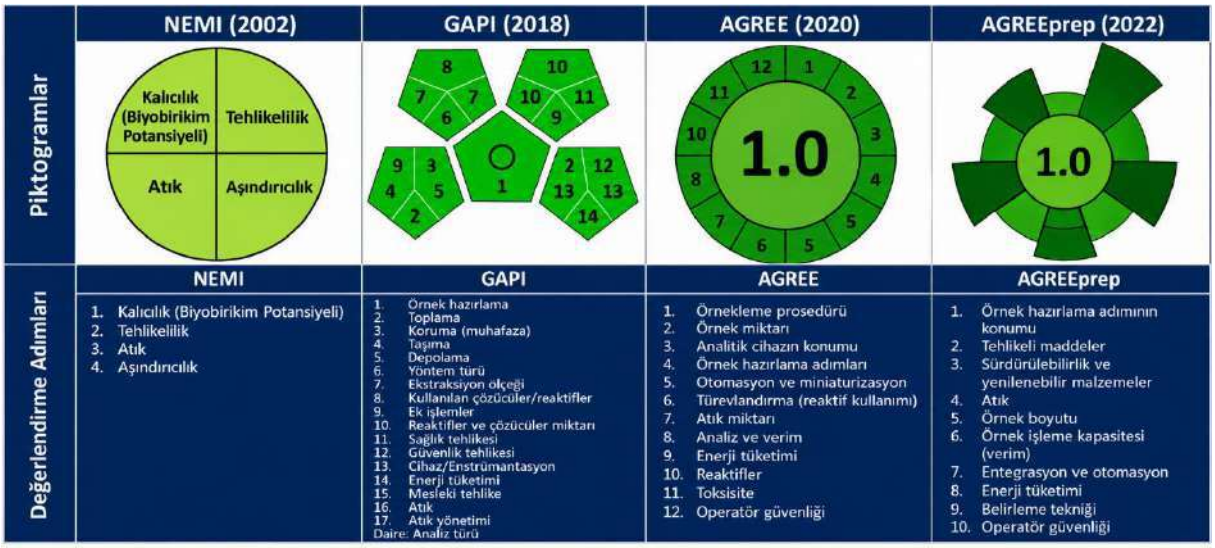
Yeni nesil çözücülerin mikroekstraksiyon teknikleriyle birlikte kullanılması, ekstraksiyon için gereken çözücü hacminin ve buna bağlı atık miktarının azaltılmasına yardımcı olabilir. DLLME'de ekstraksiyon fazının sulu faz içerisinde küçük damlacıklar halinde dağılması, temas yüzeyini artırarak kütle transferini hızlandırır. SDME ve HF-LPME gibi tekniklerde ise mikrolitre düzeyindeki çözücü hacimleri kimyasal tüketiminin azaltılmasına katkı sağlar. Bu nedenle çözücü seçimi ile mikroekstraksiyon tekniğinin birlikte tasarlanması, yöntemin çevresel performansı açısından önem taşımaktadır.

11. UYGUN ÇÖZÜCÜNÜN SEÇİMİ

Çözücü seçiminde temel ölçütlerden biri analit ile çözücü arasındaki kimyasal uyumdur. Polar analitlerin ekstraksiyonunda hidrojen bağı kurabilen veya uygun polariteye sahip sistemler avantaj sağlayabilirken, hidrofobik analitlerde daha apolar DES ya da NADES bileşimleri tercih edilebilir. Metal iyonlarının ekstraksiyonunda ise polaritenin yanında pH, kompleksleşme dengesi ve kullanılan ligandın yapısı da sonucu belirleyebilir. Matriks karmaşıklığı arttığında, yalnızca ekstraksiyon verimi değil yöntemin seçiciliği ve matriks bileşenlerinin uzaklaştırılma düzeyi de önem kazanır. Özellikle yumurta tozu ve şarap gibi karmaşık örneklerde bu durum daha belirgin hale gelmektedir.

12. YEŞİLLİK METRİKLERİ: AGREE, AGREEPREP VE GAPI

Yeni nesil bir çözücünün kullanılması, bir analitik yöntemin otomatik olarak yeşil kabul edilmesi için yeterli değildir. Yöntemin çevresel performansı, örnek miktarı, kullanılan reaktifler, atık hacmi, enerji tüketimi, işlem süresi, otomasyon ve analist güvenliği gibi farklı ölçütler birlikte değerlendirilerek incelenmelidir. AGREE, AGREEprep ve GAPI bu değerlendirmede kullanılan araçlar arasında yer almaktadır. AGREEprep özellikle örnek hazırlama aşamasına odaklanarak örnek miktarı, reaktif ve çözücü kullanımı, atık, enerji, örnek işleme kapasitesi, otomasyon ve analist güvenliği gibi 10 temel kriter üzerinden yöntemin yeşillik düzeyini değerlendirmektedir (Tintrop ve ark., 2023).



Şekil 4: Yeşil analitik kimyada kullanılan NEMI, GAPI, AGREE ve AGREEprep değerlendirme araçlarının karşılaştırılması (Tintrop ve ark., 2023).

13. YENİ NESİL ÇÖZÜCÜLERİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Yeni nesil çözücülerin önemli avantajlarından biri, bileşen türü ve bileşim oranı değiştirilerek özelliklerinin belirli bir uygulamaya göre ayarlanabilmesidir. Bu esneklik, analit ile çözücü arasındaki etkileşimin kontrol edilmesine ve uygun ekstraksiyon koşullarının oluşturulmasına yardımcı olabilir. Buna karşılık yüksek viskozite, bazı sistemlerde hazırlama ve saflaştırma güçlükleri, iyonik sıvıların bir bölümünde maliyet ve toksisite sorunları yöntemin uygulanabilirliğini kısıtlayabilir.

Yeni nesil bir çözücü seçilirken analitik performans ile çevresel kazanım birlikte değerlendirilmelidir. Bu değerlendirmede aşağıdaki sorular yol gösterici olabilir:

1. Hedef analit yeterli verim ve tekrarlanabilirlikte ekstrakte edilebiliyor mu?
2. Yöntem, cihaz uyumluluğu ve analist güvenliği şartlarını karşılıyor mu?
3. Çözücü kullanımı, yöntemin toplam çevresel ayak izini net bir şekilde azaltıyor mu?
4.

14. SONUÇ

Yeni nesil çözücüler, analitik örnek hazırlama yöntemlerinin çevresel yükünün azaltılması açısından önemli seçenekler sunmaktadır. İncelenen çalışmalar DES ve NADES sistemlerinin ftalatlar, ağır metal iyonları ve pestisit kalıntıları gibi farklı analit gruplarında kullanılabildiğini göstermektedir. İyonik sıvılar ve biyobazlı çözücüler de belirli uygulamalarda işlevsel alternatifler olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, bir çözücünün düşük uçuculuğa sahip olması veya doğal kaynaklı olması, yöntemin bütünüyle yeşil olduğu sonucunu tek başına desteklemez.

Daha sürdürülebilir bir örnek hazırlama yöntemi için çözücü türünün yanı sıra kullanılan çözücü ve numune miktarı, işlem basamakları, enerji gereksinimi ve oluşan atık birlikte ele alınmalıdır. Bu nedenle mikroekstraksiyon tekniklerinin uygun yeni nesil çözücülerle eşleştirilmesi ve yöntemin AGREEprep, AGREE veya GAPI gibi metriklerle değerlendirilmesi daha bütüncül bir yaklaşım sağlar. Gelecekte yapılacak çalışmalarda yalnızca yüksek ekstraksiyon verimine değil, yöntemin yaşam döngüsü boyunca oluşturduğu toplam çevresel yüke de odaklanılması, yeşil analitik kimya açısından daha anlamlı sonuçlar sağlayacaktır.

15. LİTERATÜRDEKİ UYGULAMALARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Literatürde bildirilen seçilmiş uygulamalar Tablo 1'de karşılaştırılmıştır. Çalışmalar; kullanılan çözücü türü, hedef analit, örnek matriksi, ekstraksiyon tekniği ve elde edilen temel analitik sonuçlar bakımından değerlendirilmiştir. Veriler, yeni nesil çözücülerin farklı analit gruplarında ve farklı örnek türlerinde uygulanabildiğini göstermektedir.

Tablo 1: Literatürde yeni nesil çözücülerin mikroekstraksiyon uygulamalarına ilişkin seçilmiş çalışmaların karşılaştırılması

Çalışma	Çözücü	Analit	Matriks	Ekstraksiyon	Tayin	Öne Çıkan Sonuç
Santana-Mayor ve ark. (2020)	ChCl:fenol DES	Çoklu ftalatlar	Çay, elma ve ananas içecekleri	DLLME	HPLC-DAD / UHPLC-MS/MS	Geri kazanım %84–120
Niu ve ark. (2023)	p-krezol/butyl lactate DES	4 ftalat esteri	Su ve içecek	DES-DLLME	GC-FID	EF 256–467; LOD 0.5–2 µg/L
Mafakheri ve ark. (2024)	L-mentol:salisilik asit NADES	As, Cd, Hg, Pb	Su ve gıda	Ultrason/vortex destekli DLLME	AFS / AAS	Geri kazanım %90–96; EF 112–120
Zareasghari ve ark. (2024)	DES	Organofosforlu pestisitler	Yumurta tozu	Basınçlı ekstraksiyon + DLLME	HPLC-DAD	LOD 0.11–0.29 ng/g
Bişgin ve ark. (2025)	L-mentol:formik asit NADES	Cd, Pb, Zn, Mn	Su ve sebze	S-NADES-DLLME	FAAS	Eşzamanlı metal zenginleştirme
Stanisz ve ark. (2014)	İyonik sıvılar	Metal iyonları	Sulu örnekler	SDME / DLLME / HF-LPME	AAS	IL-LPME tekniklerinin derlenmesi
Rajabi ve ark. (2013)	İyonik sıvı	Cd	Su	IL-DLLME	FAAS	Deneysel tasarımla optimizasyon

16. KAYNAKÇA

[1] Bişgin, A. T., Elik, A., & Altunay, N. (2025). Ultrasonic-assisted natural deep eutectic solvent based dispersive liquid-liquid microextraction of toxic heavy metals in various water matrices and vegetable samples. Microchemical Journal, 216, 114790.

[2] Calvo-Flores, F. G., & Martín-Martínez, F. J. (2022). Biorefineries: Achievements and challenges for a bio-based economy. Frontiers in Chemistry, 10, 973417.

[3] Janicka, P., Płotka-Wasylka, J., Jatkowska, N., Chabowska, A., Fares, M. Y., Andruch, V., Kaykhaii, M., & Gębicki, J. (2022). Trends in the new generation of green solvents in extraction processes. Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 37, 100670.

[4] Mafakheri, N., Shamsipur, M., & Babajani, N. (2024). Development of a dispersive liquid–liquid microextraction procedure based on a natural deep eutectic solvent for ligand-less preconcentration and determination of heavy metals from water and food samples. Microchemical Journal, 199, 110010.

[5] Mansour, F. R., Bedair, A., Hamed, M., Magdy, G., Ali, I., & Locatelli, M. (2024). Applications of (natural) deep eutectic solvents in liquid phase microextraction: A review. Microchemical Journal, 198, 110178.

[6] Musarurwa, H., & Tavengwa, N. T. (2021). Deep eutectic solvent-based dispersive liquid-liquid micro-extraction of pesticides in food samples. Food Chemistry, 342, 127943.
[7] Niu, R., Qin, H., Tao, Y., Li, L., & Qiao, L. (2023). In situ formation of deep eutectic solvent based dispersive liquid–liquid microextraction for the enrichment of trace phthalate esters in aqueous samples. Microchemical Journal, 189, 108537.

[8] Özgür, A., Aktürk, E. Z., Köseoğlu, D., Onac, C., & Akdoğan, A. (2023). Deep eutectic solvent-based green extraction and gas chromatography determination of phthalates released from food contact materials. Journal of Food Composition and Analysis, 118, 105208.

[9] Rajabi, M., ve ark. (2013). Ionic liquid-based dispersive liquid-liquid microextraction for the determination of cadmium in water samples. Food and Chemical Toxicology, 56, 442-447.

[10] Santana-Mayor, Á., Socas-Rodríguez, B., Rodríguez-Ramos, R., & Rodríguez-Delgado, M. Á. (2020). A green and simple procedure based on deep eutectic solvents for the extraction of phthalates from beverages. Food Chemistry, 312, 125798.

[11] Shishov, A., Volodina, N., Nechaeva, D., Gagarinova, S., & Bulatov, A. (2018). Deep eutectic solvents as a new kind of dispersive solvent for dispersive liquid–liquid microextraction. RSC Advances, 8, 38146–38149.

[12] Stanisz, E., Werner, J., & Zgoła-Grześkowiak, A. (2014). Liquid-phase microextraction techniques based on ionic liquids for preconcentration and determination of metals. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 61, 54–66.

[13] Tintrop, L. K., Salemi, A., Jochmann, M. A., Engewald, W. R., & Schmidt, T. C. (2023). Improving greenness and sustainability of standard analytical methods by microextraction techniques: A critical review. Analytica Chimica Acta, 1271, 341468.

[14] Vian, M. A., Breil, C., Vernès, L., Chaabani, E., & Chemat, F. (2017). Green solvents for sample preparation in analytical chemistry. Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 5, 44–48.

[15] Zareasghari, H., ve ark. (2024). Deep eutectic solvent-based pressurized liquid extraction coupled with dispersive liquid–liquid microextraction of organophosphorus pesticide residues in egg powder prior to high-performance liquid chromatography analysis. Journal of Separation Science.

SAĞLIK DAVRANIŞI VE MAKRO-MİKRO ETKİLEŞİMİ
HEALTH BEHAVIOR AND MACRO–MICRO INTERACTION

Melike GÖDEN
YUNUS EMRE ÖZTÜRK

Yüksek Lisans Öğrencisi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Sağlık Yönetimi Anabilim Dalı

Özet

Bu çalışma, sağlık davranışının makro ve mikro düzeydeki belirleyicilerini çeşitli kuramsal yaklaşımlar çerçevesinde incelemeyi amaçlamaktadır. Sağlık davranışının yalnızca bireysel tercih ve sorumluluklarla açıklanamayacağı; toplumsal, kültürel, ekonomik ve politik faktörlerden önemli ölçüde etkilendiği varsayımından hareket edilmektedir. Bu doğrultuda sağlık davranışı; koruyucu sağlık davranışı, tanılayıcı sağlık davranışı, sağlığı geliştirme davranışı ve sağlığı koruma davranışı olmak üzere dört boyutta ele alınmakta ve bu boyutlar ülkelerin alkol kullanım ve obezite oranları üzerinden karşılaştırmalı olarak değerlendirilmektedir.

Çalışmada makro düzey; sağlık politikaları, yasal düzenlemeler, kültürel normlar ve toplumsal değerler gibi bireyden bağımsız olarak şekillenen ve bireylerin sağlık davranışlarını etkileyen unsurlar üzerinden incelenmektedir. Bu bağlamda Irving Zola'nın yaklaşımı ve "nehir metaforu" kullanılarak sağlık sorunlarının yalnızca bireysel düzeyde değil, toplumsal ve yapısal koşullar çerçevesinde değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Makro düzeyde oluşturulan yasaklar ve politikaların bireylerin sağlık davranışları üzerinde sınırlayıcı veya yönlendirici etkileri olabileceği gibi, bireysel düzeyde ortaya çıkan davranış değişikliklerinin de zaman içerisinde sağlık politikalarının oluşumuna katkı sağlayabileceği belirtilmektedir.

Mikro düzey ise bireyin bilgi düzeyi, motivasyonu, inançları, tutumları ve davranışa ilişkin algıları gibi bireysel süreçleri kapsamaktadır. Bu düzeyin açıklanmasında Sağlık İnanç Modeli ve Akılcı Davranış Kuramı'ndan yararlanılmaktadır. Sağlık İnanç Modeli; algılanan duyarlılık, algılanan ciddiyet, algılanan faydalar, öz-yeterlilik ve eyleme geçme boyutları üzerinden bireyin sağlık davranışına yönelme sürecini açıklamaktadır. Akılcı Davranış Kuramı ise bireyin davranışlarının tutum, öznel normlar ve davranışa yönelik niyetler doğrultusunda şekillendiğini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak çalışma, sağlık davranışının tek bir faktörle açıklanamayacağını; bireyin içinde bulunduğu sosyal çevre, kültürel yapı, ekonomik koşullar, gelir düzeyi, sağlık politikaları ve yasal düzenlemeler ile bireysel bilgi, inanç, motivasyon ve karar süreçlerinin karşılıklı etkileşimi sonucunda ortaya çıktığını savunmaktadır. Bu nedenle sağlık davranışlarının geliştirilmesine yönelik politikaların yalnızca bireysel davranış değişikliğine odaklanmak yerine, mikro ve makro düzeydeki belirleyicileri birlikte ele alan bütüncül bir yaklaşım doğrultusunda oluşturulması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sağlık Davranışı, Makro Faktörler, Mikro Faktörler, Sağlık İnanç Modeli, Akılcı Davranış Kuramı, Sağlık Politikaları, Koruyucu Sağlık.

Abstract

This study aims to examine the determinants of health behavior at the macro and micro levels through various theoretical approaches. It is assumed that health behavior cannot be explained solely by individual preferences and responsibilities, but is also significantly influenced by social, cultural, economic, and political factors. Accordingly, health behavior is addressed in four dimensions: preventive health behavior, diagnostic health behavior, health-promoting

behavior, and health-protective behavior. These dimensions are comparatively evaluated through countries' alcohol consumption and obesity rates.
At the macro level, the study focuses on factors that develop independently of the individual and influence health behaviors, including health policies, legal regulations, cultural norms, and social values. In this context, Irving Zola's approach and the "river metaphor" are used to emphasize that health problems should be evaluated not only at the individual level but also within broader social and structural conditions. Regulations and policies implemented at the macro level may have restrictive or guiding effects on individuals' health behaviors. Conversely, behavioral changes at the individual level may contribute to the development of health policies over time.
The micro level encompasses individual processes such as knowledge, motivation, beliefs, attitudes, and perceptions regarding health behaviors. The Health Belief Model and the Theory of Reasoned Action are employed to explain these processes. The Health Belief Model explains individuals' tendencies toward health-related behaviors through perceived susceptibility, perceived severity, perceived benefits, self-efficacy, and cues to action. The Theory of Reasoned Action, meanwhile, suggests that individual behaviors are shaped by attitudes, subjective norms, and behavioral intentions.
Overall, the study argues that health behavior cannot be explained by a single factor. Rather, it emerges through the interaction of social environment, cultural structure, economic conditions, income level, health policies, legal regulations, and individual factors such as knowledge, beliefs, motivation, and decision-making processes. Therefore, policies aimed at improving health behaviors should adopt a comprehensive approach that considers both micro- and macro-level determinants rather than focusing solely on individual behavioral change.
Keywords: Health Behavior, Macro-Level Factors, Micro-Level Factors, Health Belief Model, Theory Of Reasoned Action, Health Policies, Preventive Health.

1.GİRİŞ

Sağlık kavramı tarihsel süreç içinde çok farklı tanımlanmış olup, günümüzde çok boyutlu bir yapı olarak karşımıza çıkmaktadır. Sağlık yalnızca biyolojik olarak iyi hissetme hali olmayıp, ruhsal, psikolojik ve toplumsal olarak da iyi hissetme halidir. Bu nedenle sağlık bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmektedir. Sağlık kavramı tıbbi bir durum değil, bireyin tüm yaşamını etkileyen bir süreçtir. DSÖ'nün 1948 yılında tanımladığı sağlık : "yalnızca hastalık ve sakatlığın olmayışı değil, bedenen, ruhen ve sosyal yönden tam bir iyilik halidir". Bu tanım günümüze kadar çok fazla eleştiri alsa da geçerliliğini sürdürmektedir. Sağlık kavramını tanımlaması güçtür. Sağlık farklı bireylere, inançlara, mesleklere göre değişkenlik göstermektedir.

1.1. Sağlık

John Ware sağlığı tek bir kavramla değil de boyutlar olarak tanımlamıştır. Ware sağlığı altı temel boyutta tanımlamıştır:
1.Fiziksel İşlevsellik: Bireyin psikolojik halini ifade eder. Kendi özbakımını sağlayabilme, Bireyin yatağa bağımlı olmadan, özgürce rutinlerini sürdürebilmesidir.
2.Ruhsal Sağlık: Bireyin depresyon, kaygı, stresle başa çıkabilmesidir. Ruhsal sağlık psikolojik rahatsızlığın olmaması değil, duygu ve davranışları kontrol edebilmesidir. Ruh sağlığı yerinde olan bireyler, sosyal çevreye daha kolay uyum sağlayabilirler.
3.Sosyal İyilik Hali: Sosyal bir varlık olan insan, toplumla kurduğu bağ sağlığı üzerinde etkilidir. Çevresiyle kurduğu iyi ilişkiler bireyin sağlığını olumlu yönde etkiler.
4.Rol İşlevselliği: Bireyin toplum içerisindeki rollerini yerine getirebilme kapasitesidir. Aile, okul, iş hayatının getirdiği rollerin yükümlülüklerini sürdürebilmesidir.

5.Genel Sağlık Algısı: Sağlık yalnızca tıbbi sonuçlarla ölçülmez. Bireyin kendini nasıl hissettiğini, ağrı düzeyini, enerji durumunu nasıl değerlendirdiğiyle ilgili durumdur. 6.Belirtiler: Bireyin yaşadığı fiziksel ve psikofizyolojik belirtileri kapsar. Bireyin mide bulantısı, baş ağrısı, yorgunluk, uyku bozukluğu sağlığı gibi etkenler sağlığının değerlendirilmesi hakkında önemli yere sahiptir. (Copelton & Weiss, 2010, Chapter 5)

J. André Knottnerus ise sağlığı, "kişinin kendi içinde, başkalarıyla ve çevreyle dengeli olması, aynı zamanda olaylara uyum sağlayabilmesi ve kendi kendini yönetme yeteneği" olarak tanımlanmıştır. Sağlığı fiziksel, ruhsal, sosyal yönden boyutlandıran Knottnerus, sağlığı mükemmel fiziksel durum olarak değil, fiziksel sınırlılıkları rağmen bu durumla başa çıkabilen ve sosyal hayatına devam edebilen bireyler sağlıklı sayılabilir.(Yıldırım&Bulut,2023)

Sosyolojik açıdan sağlık ise, toplum üyelerinin sağlık ile ilgili ihtiyaçlarını karşılamak için oluşturulmuş yol ve biçimleri, rolleri, etkileşimleri, inançları, değerleri, normları içerir. Toplumun devamlılığı sağlıklı bireylerle sağlanır. Bireylerin toplum içerisinde rol ve görevlerinin yerine getirmesini ele alır.(Aytaç&Kurtdaş, 2015)

Parsons'a göre, sağlık, bireylerin toplum içindeki işlevlerini yerine getirmesi açısından önemlidir. Bireyin toplumun ondan beklediği rol ve sorumlulukları yaptığında sağlıklı olarak, bunları yapmakta zorluk çektiği ya da yapamadığında ise hasta olarak görüldüğü söylenebilir. Bireyler hasta olduklarında toplumun ondan beklediği sorumlulukları yerine getiremeyebilir. Parsons hastalığı yalnızca işlevsel bozukluk değil, sosyal ilişki durumu ile ilgili olduğu düşünmüştür. Hastalık istenmeyen bir durum olduğundan sosyal düzeni tehdit eder, iyileştirilmesi gerekir. (Deveoğlu, 2022)

Andrew Twaddle ise sağlığı Disease (Hastalık), Illness (Hastalık Deneyimi/Rahatsızlık), Sickness (Toplumsal Hastalık Rolü) olarak üç boyutta ele almıştır. Hastalık (Disease), fizyolojik bir bozukluktan kaynaklanan bireyin ömrünün kısalmasına yol açan durumdur. Illness (Hastalık Deneyimi/Rahatsızlık), bireyin durumunu öznel olarak değerlendirmesidir. Ağrı, acı gibi deneyimleri kapsar. Sickness (Toplumsal Hastalık Rolü), bireyin toplum içerisindeki rolünü yapmaması ile ilgilidir. (Costa & Serra, 2024) Twaddle göre hastalık ve sağlık, tam sağlık ve tam hastalık üzerine uzanan süreçtir. Twaddle göre sağlık bireyin toplum içindeki konumuna ve sosyal statüsüne bağlıdır. Sağlık sosyal ölçütlerden etkilenir.

Wolinsky'nin Biyomedikal modelinde sağlık, tıbbi bilginin nesnel ve tarafsız olduğunu, ruh ve bedenin ayrı olduğunu ve bedenin makine gibi tamir edilecek bir şey olduğunu varsayar. Hastalığın mikrop, parazit, bakterilerden meydana geldiğini varsayar. Sağlığın toplumsal, ekonomik, psikolojik faktörlere olan etkisini görmezden gelir. (Gönç-Şavran, 2013) Sağlık yalnızca fizyolojik ve bireyi etkileyen bir olgu değildir. Sağlık; çevre, sosyoekonomik, psikolojik, kültür gibi faktörlerden etkilenmektedir.

1.2 Sağlık Davranışı

Sağlık davranışı 20. Yy ortalarında ortaya çıkmıştır. En çok kullanılan tanımı ise 1966 yılında Kasl ve Cobb tarafından yapılmıştır. Sağlık davranışı, "kişinin kendisini sağlıklı kabul ederek hastalığı önlemek veya hastalığı semptomsuz aşamada tespit etmek amacıyla gerçekleştirdiği her türlü etkinlik" olarak tanımlanır. (Khoso et al., 2016, s.579)

Sağlık davranışı iki temel kategoriye ayrılmaktadır. Sağlığı geliştirici davranışlarda ; egzersiz yapma, sağlıklı beslenme gibi uygulamalar görülür. Sağlığa zarar verici davranışlarda ise; sigara ve alkol kullanımı gibi davranışlar görülür. (Conner, 2001)

Allonzo sağlık davranışını dört boyutta ele almıştır.

1. Koruyucu Sağlık Davranışı: Bireyin kendisini hastalık risklerinden uzak tutması, hastalığa yönelik tedbirler almasıdır. Bağışıklama, egzersiz yapma örnek olarak verilebilir.

2. Tanılayıcı Sağlık Davranışı: Bireyin hastalık riski taşıyıp taşımadıklarını tıbbi testlere katılarak ortaya çıkması durumudur.

3. Sağlığı Geliştirme Davranışı: Sağlık durumunu korumak ve geliştirmek amacıyla sağlıklı beslenme, egzersiz gibi sağlık etkinliklerinin sürdürülmesidir.

4. Sağlığı Koruma Davranışı: Çevresel faktörlerin bireysel sağlığı koruyacak biçimde düzenlenmesidir. (Khoso et al., 2016, s.580)
Ülkelerin sağlık davranışları bireylerin sigara kullanım, alkol kullanım ve obezite durumuyla ölçülür.
Ülkemizde ve Birleşik Devletlerde obezite, sigara-tütün ve alkol kullanım oranları şöyledir:

Sağlık Davranışları	Türkiye	Birleşik Devletler
Obezite Oranları	%20 obez	%35
Alkol Kullanım Oranları	8.5 litre	1.7 litre
Sigara ve Tütün Kullanım Oranları	17.8 adet	13.7 adet

Kaynak: TÜİK Türkiye Sağlık Araştırması 2022, OECD Health Data 2025

İki ülkenin karşılaştırmalı tablosuna bakacak olursak Birleşik Devletlerde hazır gıdanın fastfood ürünlerinin obezite riskini artırdığını söyleyebiliriz. Sigara-tütün kullanımının alkol kullanımından fazla olmasının nedeni için de maliyet farkından olduğu yorumunu yapabiliriz. Sigara kullanımının fazla olmasının nedenlerine de arkadaş etkisi, özenti, çevre, merak olarak sıralayabiliriz.(Sağlık İstatistikleri Yıllığı, 2024, 68)
Sağlık davranışlarını değiştirmeye yönelik çabalarda yalnızca eğitim veya farkındalık yeterli olmaz. Bireylere sağlıklı beslenmeyi öğretmek, hayata geçirmesine yardım etmek yeterli gelmez, bireye temiz ve sağlıklı gıda temini de sağlamak gerekir. Dolayısıyla bireylerin sağlık davranışlarını düzeltmek yeterli değildir. Toplumdaki sosyal eşitsizliklere müdahale edilmesi şarttır. Max Weber'e göre sağlık davranışı ne tamamen sistemin elinde ne de tamamen bireyin kontrolündedir. Weber'e göre bireyin yaşam tarzı oluşumunda hem makro faktörlerin hem de mikro faktörlerin etkisi vardır. Bu ayrımı yaşam şansı ve yaşam tarzı davranışları olarak açıklamıştır.
Yaşam Şansı: Bireyin içinde bulunduğu toplumsal yapı koşullarını temsil eder. Aynı sınıf durumundaki insanlar benzer yaşam şanslarına sahiptir.
Yaşam Tarzı Davranışları: Bireyin tercihlerinin etkisini temsil eder. Neler tükettiği, boş zamalarını nasıl geçirdiği gibi. (Gingrich, 2002)

Kavram	Sağlık Alanındaki Karşılığı	Müdahale Yöntemi
Yaşam Şansları	Gelir, barınma, taze gıdaya yakınlık, sigorta durumu.	Sosyal politikalar, ekonomik destekler, çevre düzenlemesi.
Yaşam Tarzı	Sigara kullanımı, beslenme tercihleri, egzersiz alışkanlığı.	Sağlık eğitimi, farkındalık kampanyaları, kültürel çalışmalar.

1.3 Makro Yaklaşımlar

Sağlık veya sağlık davranışı denilince akla genellikle bireylerin sağlık düzeyleri gelir. Ama yalnızca bireylerin davranışlarına odaklanmak yetersiz olacaktır. Bireyin sağlığını da etkileyen faktörler vardır. Bunlar; gelir düzeyi, eğitim, çalışma koşulları, sosyal sınıf, toplumsal cinsiyet gibi yapısal faktörlerden etkilenir. Bu bağlamda sağlık sosyolojisinde makro yaklaşım, hastalık ve sağlığı yalnızca bireysel tercihlerle değil, toplumsal yapı, kültürel düzeyler, sosyal eşitsizlikler, siyasi kurumlar bağlamında ele alır.
Sağlığın sosyal belirleyicileri kuramında, bireylerin sağlık durumuna etki eden tıbbi olmayan etkenlerdir. Bireylerin doğup büyüdükleri, çalıştıkları, yaş aldıkları hayat şartlarını biçimlendiren sistemler bütünüdür. Bu kavramlar arasında ekonomi politikaları, sosyal kurallar ve sistemler bulunmaktadır. (Arı, 2025,) İrvıng Zola sosyal belirleyicileri şöyle tasvir etmiştir:

"Biliyor musunuz, bazen şöyle hissediyorum. Hızla akan bir nehrin kıyısında duruyorum ve boğulmakta olan bir adamın yardım çığlığını duyuyorum. Bunun üzerine nehre atlıyorum, onu kollarımla sarıp kıyıya çekiyorum ve suni solunum uyguluyorum. Tam nefes almaya başlarken bir yardım çığlığı daha duyuluyor. Tekrar nehre atlıyorum, ona ulaşıyorum, kıyıya çekiyorum, suni solunum uyguluyorum ve tam nefes almaya başlarken yine bir yardım çığlığı duyuluyor. Yeniden nehre atlıyorum; ulaşıyorum, çekiyorum, suni solunum uyguluyorum ve ardından yine bir çığlık. Bu süreç sonu gelmeden tekrar tekrar devam ediyor. Biliyor musunuz, nehre atlayıp onları kıyıya çekmek ve suni solunum uygulamakla o kadar meşgulüm ki yukarı akıntıda onları nehre iten kişinin kim olduğunu görmeye zamanım kalmıyor." (Copelton & Weiss, 2010)

Nehir metaforunu yukarı akış(upstream), aşağı akış (downstream) yakaşımıyla ilişkilendirilir. Aşağı akış, nehire atıldıktan sonra suni solunum yapılmayı gerektiren durumlara atfedilir. Müdahaleye odaklanılıp yukarıyı görememeyi temsil eder. Sağlıkta hastalık ortaya çıktıktan sonra tedavi edilmeyi anlatır. İlaç kullanımı, hastane hizmetleri, ameliyatlar, tedavi hizmetleri örnek olarak gösterilebilir.

Yukarı akış da ise, nehre insanları kimin attığını ifade eder. Sağlıkta hastalığın ortaya çıkmasına neden olan faktörleri işaret eder. Sosyal politikalar, devlet müdahaleleri, gelir dağılımı, çalışma koşulları örnek olarak gösterilebilir. Bu teoride insanların neden nehire atıldığını ya da neden atladıklarını araştırmayı ifade eder. Bireylerin davranışlarına müdahalenin yeterli olmayacağını, toplumsal yapısal koşulların değişmesi gerektiğini vurgular.

Sigara içmenin zararlı bir davranış olduğunu tüm bireyler bilir. Ama yapılan araştırmalara göre dünyada tütün kullanımı konusunda ülkemiz ilk sıralarda yer alır. Bu davranışı kontrol altına almak amacıyla devletinde (makro düzey) bazı yaptırımları olmuştur.

Bunlar:

1. Satış Noktalarına Yönelik Mesafe Şartlarının Getirilmesi: 4207 sayılı Tütün Ürünlerinin Zararlarının Önlenmesi ve Kontrolü Hakkında Kanun kapsamında okul, eğitim 5 kurumlarının 100 metre mesafe arayla alkol-tütün satışının yapılmaması şartı getirilmiştir.
2. Tütün Ürünlerinin Teşhir ve Görünürlüğünün Sınırlandırılması: 18 yaş altı çocukların erişemeyeceği ve şeffaf dolaplarda satışa işletme dışından görülmeyecek şekilde satışa sunulacağı arz edilmiştir.
3. Dumansız Hava Sahasının Korunması İçin Önlemler: Çocuk parkları ve yürüyüş yolu gibi spor için ayrılmış alanlar ile ibadethanelerin açık alanları AVM, havaalanı, kamu binaları gibi yoğun olarak kullanılan mekânların yakın çevresi Hastanelerin; restoran, kafe ve diğer işletmelerin; üniversite kampüslerinin, havuz ve plajların açık alanlarda tütün kullanımının kısıtlandığı görülmektedir.
4. Tütün Endüstrisinin Çevrim İçi Mecralarda Reklam, Promosyon ve Sponsorluk Faaliyetlerinin Engellenmesi: Geleneksel medya kanallarında, sosyal medyaya, çevrim içi platformlarda tütün ve alkol kullanımına yönelik bütün reklamlar yasaktır. (Yeşilay,29-30, 2025)

Bireysel davranışı değiştirmek için eğitim her zaman tek başına yeterli olmaz. Devlet ve yasa koyucuların bunu desteklemesi ve gerekirse cezlandırması gerekir. Tütün ve alkol gibi sağlığa zararlı maddelerin vergilerinin artırılması, her yerde rahatça içilmemesi, reklam ve görünürlüğünün değiştirilmesi bu maddelerin kullanımını azaltmaya yöneliktir.

Makro yaklaşımda bir diğer teori de Temel Nedenler Teorisidir. Bruce Link ve Jo Phelan tarafından geliştirilen Temel Nedenler Teorisi (Fundamental Cause Theory), sağlık eşitsizliklerinin yalnızca biyolojik nedenlerle açıklanamayacağını savunurlar. Teoriye göre gelir, eğitim, sosyal statü gibi etmenler sağlık üzerinde etkilidir. Sosyoekonomik eşitsizlikler devam ettiği sürece hastalık türleri değişse bile sağlık eşitsizlikleri devam edecektir.

Sağlık eşitsizlikleri bireysel değil kollektif düzeyde üretilir. Irkçılık, damgalanma, sosyal dışlanma sağlık üzerinde olumsuz etkileri vardır. Bunlara maruz kalmış bireyler sosyal, politik, sağlık alanlarından dışlanarak sağlıkta eşitsizliği artırır. Covid-19, pandeminin ilk süreçlerinde

sosyoekonomik olarak yüksek gruplarda görülmüştür. Sebebi ülkeler arası seyahat etmeleridir. Zaman geçtikçe sosyoekonomik olarak düşük olanları daha fazla etkilemiştir. Kalabalık yaşam koşulları, elverişsiz çalışma ortamları enfekte olma riskini artırmıştır. Yüksek sosyoekonomik düzeye sahip bireyler sağlıkta daha iyi hizmetlere erişebilmişlerdir. (Clouston & Link, 2021)

Temel Nedenler Teorisi, sağlık eşitsizliklerini açıklama da güçlü bir yaklaşımdır. Sağlık yalnızca bireysel tercihlerden kaynaklanmadığını; ırkçılık, sosyal politika, sosyoekonomik durum, damgalanma gibi makro faktörlerin sağlık üzerinde etkili olduğunu açıklamaya çalışmıştır.

Devlet Ne Kadar Müdahale Etsin?

Özgürlük, bireyin karar verme yetisidir. Ama her özgürlüğünde bir sınırı vardır. Özgürlük başka bireye zarar verdiğinde son bulur. Devlet, yasa koyucular bu sınırı korumak zorundadırlar. Sigara içmek tercihi bir özgürlüktür ama kullanmayanı rahatsız etmek özgürlük olmaktan çıkar. Devletin müdahalesi burada devreye girme kapalı alanlarda içmeme gibi yasaklarla. Devletin müdahalesini yumuşak paternalizm ile açıklayabiliriz. Paternalizm, kişinin iyiliğini korumak amacıyla yapılan müdahale ve kısıtlamalardır. Yumuşak paternalizm de kişinin davranışına müdahale edilmez. Teşvik vardır. Sigara zararlı ama egzersiz yapabilirsin 6 gibi. (Malak & Demir, 2025)

Sonuç olarak devletin müdahalesi gereklidir. Bireylerin ve toplumun sağlığının korunması için gelir eşitsizliği, çalışma koşulları, sağlığa erişim gibi konularda devletin aktif sosyal politikalar üretmesi gerekmektedir.

1.4 Mikro Yaklaşımlar

Sağlığı birey bazında ele alan yaklaşımdır. Sağlığı toplum olarak değil birey olarak ele alır. Bireyin seçimleri, davranışları, günlük yaşam tarzı üzerinden hastalık-sağlık durumunu açıklamaya çalışır. Hasta olan bireyin muayene sonucu kullanması gereken tedaviyi takip etmesi, koruyucu sağlık hizmetleri için aşı olması, sağlığını korumak için egzersiz ve sağlıklı beslenmesi örnek olarak gösterilebilir. Sağlık İnanç Modeli, mikro yaklaşımların en önemli modellerinden biridir. Modele en çok katkıyı Irwin M. Rosenstock, Godfrey M. Hochbaum, S. Stephen Kegels ve Howard Leventhal yapmıştır.

1950 yılında Birleşik Devletlerde halk sağlığı programlarına katılımın az olması dikkat çekmiştir. Araştırmacılar ücretsiz ve erişilebilir sağlık hizmetlerini neden kullanmadıklarına cevap aramışlardır. Bu soruya cevap olarak da sağlık inanç modelini geliştirmişlerdir.(Rosentock,1974)

Sağlık inanç modeli, bireylerin sağlıkları inanç, değer ve tutumdan etkileneceğini savunmaktadır. Sorun olarak görülen bu tutum ve davranışlar fark edilirse kişiye verilecek sağlık eğitimi de daha uygun olacaktır. Bireyler, bir sağlık sorununun kendilerine ciddi düzeyde zarar vereceğine yönelik hassas/duyarlı iseler, eyleme geçtikleri zaman kendilerine gelecek zararların azalacağını düşünürler. Eyleme geçilmez ise, engel algısı oluşturan faktörlerin (muayene olama, taramaya katılma, diyeti düzenleme gibi) külfetinden (maliyet, zaman, vs) daha ağır sonuçlar doğabileceğine inanmaktadırlar. Daha somut bir örnekle açıklamak gerekirse, kanser olma hassasiyeti olan birisi, kanserin kötü sonuçlarına maruz kalmaktansa, zamansızlık, parasızlık, doktora ve sağlık kurumuna ulaşamama gibi engelleri aşarak sağlık taramalarını yaptırmayı tercih edecektir. (Gözüm&Çapık, 2014)

Bu model, tarama, aşılama, ameliyat ve sağlıksız davranışların sonlandırılması gibi çeşitli sağlık davranışlarına ilişkin kişilerarası karar verme süreçlerini incelemek için yaygın kullanılmaktadır. (Alyafei& Easton-Carr ,2024)

Sağlık inanç modelinin dört temel bileşeni bulunmaktadır. Bunlar hastalığa karşı algılanan duyarlılık, hastalığın algılanan ciddiyeti, davranış değişikliğinin algılanan faydaları ve eyleme karşı algılanan engeller.

Zamanla ve gelişen araştırmalar nedeniyle, psikologlar öz yeterliliğin sağlık davranışı karar verme sürecinin kritik bir yönü olduğunu kabul etmiş ve buna göre modeli dahil etmişlerdir. (Alyafei, Easton-Carr ,2024)

1.Algılanan Duyarlılık: Bireyin hastalığa yakalanma olasılığını değerlendirmesi. Solunum yoluyla bulaşan hastalıkların arttığı durumda kalabalık ortama girmemesi. Meme kanseri teşhisi konmuş bir kadının mamaografi çektirmeyi ihmal etmemesi.

2. Algılanan ciddiyet: Bireyin hastalığın sonuçlarının ciddi olabileceğini , ek önlem almadığı takdir de sonuçlarının neler olabileceğini anlamak. Örneğin sağlıklı bir insan grip olduğunda, 7 belki izin alıp birkaç gün dinlenerek iyileşecektir, ancak, bir astım hastası grip olduğunda hastaneye yatarak tedavi görmesi gerekebilir. İşte bu fark kişideki ciddiyet algısını oluşturmaktadır.

3. Algılanan faydalar: Hastalığın sonuçlarından kendini korumak için alınan önlemler. Solunum yolu sırasında yüz maskesi takmak.

4. Öz yeterlilik: Bireyin bir davranışa yönelik girişim yapabileceğine ve yaptığında başarılı olabileceğine dair inancıdır. Bireyin davranışı gerçekleştirebileceğine ve olumlu sonuç alacağına inanması onu güçlü bir şekilde motive eder. Bu şekilde öz etkililiği düşük bireye göre daha rahat eyleme geçer. Kronik hastalığı olan ve öz yeterliliği yüksek hasta ilaçlarını aksatmadan düzenli bir şekilde kullanır.

5. Eyleme geçme ipuçları: Önerilen bir sağlık müdahalesini benimsemek için karar verme sürecini başlatan uyarıcılardır. Bu ipuçları, bir hastalığın belirtilerini fark etmekten bir sağlık kampanyasına maruz kalmaya kadar içsel veya dışsal olabilir. (Alyafei & Easton-Carr, 2024)

Sigara bırakma kliniklerinde tütün kullanımını bırakma süreci genellikle Sağlık İnanç Modeli çerçevesinde şu boyutlarla açıklanmaktadır:

- Tütün kullanıcılarının algılanan duyarlılığı, sigara kullanımının yol açabileceği hastalıklar ya da olumsuz sağlık sonuçlarını kendileri için olası görmeleriyle ilgilidir. Algılanan ciddiyet ise, tütün kullanımının kalp-damar hastalıkları, akciğer hastalıkları ve ölüm gibi ciddi sağlık sorunlarıyla güçlü biçimde ilişkilendirilmesine dayanmaktadır.
- Buna karşılık algılanan yararlar, sigaranın bırakılmasıyla birlikte beklenen olumlu değişimleri ifade eder; örneğin kardiyovasküler riskin azalması ve kronik solunum yolu hastalıklarının gelişme olasılığının düşmesi gibi.
- Algılanan engeller ise bırakma sürecini zorlaştıran faktörleri kapsar; akran baskısı, sigaranın stres azaltıcı ve keyif verici bir davranış olarak algılanması ve nikotin bağımlılığı bunlar arasında yer alır.
- Öz yeterlilik, bireyin sigarayı bırakma planına sadık kalabilme ve bunu sürdürebilme kapasitesini ifade eder; düzenli ilaç kullanımı ve sağlık profesyonellerinin önerilerine uyum bu süreci destekleyen unsurlardır.
- Son olarak harekete geçirici ipuçları, bireyi bırakma davranışına yönlendiren tetikleyiciler olup, örneğin uzun süreli nikotin kullanımından sonra yakın çevrede bir kişinin akut miyokard enfarktüsü geçirmesi gibi yaşantılar bu süreci başlatabilir (Alyafei & Easton-Carr, 2024). Meme kanseri taraması için mamografi kullanımı da sıklıkla bu model kullanılarak şu şekilde analiz edilmiştir:

Algılanan yatkınlık, bireyin yaş, genetik özellikler ve diğer risk faktörlerine bağlı olarak yaşamı boyunca meme kanseri geliştirme olasılığını ne derece kendisi için geçerli gördüğünü ifade eder; örneğin 56 yaşındaki bir kadının bu riski değerlendirmesi gibi.

Algılanan ciddiyet, meme kanserinin yol açabileceği sağlık sorunları, yaşam kalitesi kaybı ve mortalite oranları gibi sonuçların birey tarafından ne kadar ciddi algılandığı ile ilişkilidir. 8 Algılanan yararlar, mamografi taramasının potansiyel faydalarına odaklanır; yanlış pozitif veya negatif sonuç ihtimali göz önünde bulundurulsa bile, hastalığın erken evrede tespit edilmesi ve tedavi şansının artması önemli bir avantaj olarak değerlendirilir.

Algılanan engeller, taramaya katılımı zorlaştıran durumları kapsar; randevu alma güçlükleri, işlem sırasında hissedilen rahatsızlık ve olası kötü bir sonuç çıkacağına dair kaygı bu engeller arasında yer alabilir.

Öz yeterlilik, bireyin mamografi yaptırma sürecini başlatma, işlemi tamamlama ve gerektiğinde ek değerlendirmeleri takip etme konusundaki kendine güvenini ifade eder; bu güven sağlık eğitimi ve süreç hakkında bilgilendirme ile artırılabilir.

Son olarak harekete geçirici ipuçları, bireyin tarama davranışını başlatmasına yardımcı olan dışsal etkiler olup, aile üyelerinin teşviki, sağlık kuruluşlarının hatırlatmaları, medya kampanyaları veya benzer deneyimi yaşamış bir yakının olumlu geri bildirimleri bu süreci tetikleyebilir (Alyafei & Easton-Carr, 2024).

Akılcı Davranış Kuramı, Ajzen ve Fishbein (1973) tarafından geliştirilmiş olup temel olarak bireyin bir davranışı gerçekleştirmeden önce o davranışa yönelik niyet geliştirdiği varsayımına dayanır. Bu kurama göre davranışın ortaya çıkmasında en önemli belirleyici unsur davranışsal niyettir ve bu niyet çeşitli bilişsel ve sosyal faktörlerden etkilenmektedir.

Bu faktörlerden ilki davranışa yönelik tutumdur; bireyin söz konusu davranışı olumlu ya da olumsuz olarak değerlendirmesiyle ilgilidir. İkinci olarak öznel normlar, bireyin çevresindeki insanların bu davranışa ilişkin beklentilerini ve toplumda bu davranışın ne ölçüde kabul gördüğüne dair algısını ifade eder. Ayrıca önemli kişilerin etkisi, bireyin hayatındaki referans kişilerin bu davranışın yapılmasını isteyip istemediğine yönelik algısını kapsar. Son olarak bireyin, sosyal çevresinin beklentilerine uyum sağlama isteği de davranışsal niyet üzerinde belirleyici olmaktadır.

Akılcı Davranış Kuramı, özellikle sağlık davranışlarının öngörülmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, İran'daki bir ortaokul öğrencileri üzerinde yapılan bir çalışmada kahvaltı tüketimini artırmaya yönelik bir müdahale programı uygulanmış ve öğrenciler müdahale öncesi ve sonrası değerlendirilmiştir. Çalışmada hem bilgi düzeyi hem de kuramın bileşenlerine ilişkin veriler toplanmıştır (Hosseini ve ark., 2015).

Elde edilen bulgular, özellikle öznel normların kahvaltı tüketimini en güçlü şekilde yordayan faktör olduğunu göstermiştir. Yani öğrencilerin çevrelerindeki bireylerin kahvaltı yapıp yapmadığına dair algıları ve önemli kişilerin bu davranışı destekleyip desteklemediğine ilişkin inançları, kahvaltı yapma davranışı üzerinde belirleyici olmuştur (Nickerson, 2025)

2. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sağlık, tek bir kelime veya cümleyle açıklanamayacak kadar fonksiyonlu bir olgudur. Gittikçe gelişen ve değişen dünyada bu kavramı tanımlamak daha da güç olmuştur. Sağlık yalnızca bireyler üzerinden ölçülmez. Bireyin sağlığı o toplumda yaşayan kişilere de bağlıdır. Bireyin verdiği kararlar yalnızca kendisine de ait değildir. Birey karar verirken çevresi, çalışma koşulları, cinsiyeti, gelir durumu gibi faktörlerde etkilidir. Bu nedenle yalnızca bireyin davranışlarına odaklanmak yetersiz olacaktır. Bireyin ve toplumun sağlıklı olmasını amacımız ise makro ve mikro iyileşmelerin beraber yapılması gerekir. Bireyin sağlık davranışlarıyla ilgili kararları kişisel özelliklerden etkilenirken, verilen kararların uygulanabilir olması toplum tarafından belirlenmektedir. Böylece sağlığın geliştirilmesi için sosyal eşitsizlikler, sağlık kurumlarına erişim kolaylaştıran makro düzeyde politikalar konulması gerekmektedir. Sonuç olarak sağlık davranışları toplum ve bireyi ayrı değil beraber değerlendirilmelidir.

3. KAYNAKLAR

Alyafei, A., & Easton-Carr, R. (2024, 19 Mayıs). *Health Belief Model and behavior change*. StatPearls.

Arı, H. O. (2025). Üniversite öğrencilerinin sağlığın sosyal belirleyicilerine dayalı sağlık arama davranışları: Sosyo-demografik faktörlerin rolü. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi, 28*(1), 81–94.

Clouston, S. A. P., & Link, B. G. (2016). Retrospective on fundamental cause theory: State of the literature, and goals for the future. *Journal of Health and Social Behavior*.
Copelton, D. A., & Weiss, G. L. (Eds.). (2010). *The sociology of health, healing, and illness* (7th ed.). Pearson.
Costa, D., & Serra, R. (2024). Implementing Twaddle triad to reach a new framework for an integrative and innovative medicine. *Journal of Multidisciplinary Healthcare, 17*, 1253–1272.
Deveoğlu, M. (2022). *Talcott Parsons ve Jean Baudrillard'ın sağlık ve hastalığa ilişkin görüşlerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi* [Yüksek lisans tezi]. İzmir Bakırçay Üniversitesi.
Gingrich, P. (2002, 23 Ekim). *Multiple sources of power – Class, status, and party*. University of Regina, Department of Sociology and Social Studies.
Gönç Şavran, T. (2011). Sağlık, hastalık ve toplum. N. Suğur (Ed.), *İnsan ve toplum* içinde (ss. 156–181). Anadolu Üniversitesi Yayınları.
Gözüm, S., & Çapık, C. (2014). Sağlık davranışlarının geliştirilmesinde bir rehber: Sağlık İnanç Modeli. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu Elektronik Dergisi, 7*(3), 230–237.
Kasl, S. V., & Cobb, S. (1966). Health behavior, illness behavior, and sick role behavior. *Archives of Environmental Health, 12*(2), 246–266.
Kurtdaş, M. A. (2012). Sosyolojik bir bakış açısıyla sağlık ve hastalık. *Akademik Bakış Dergisi*, (30), 1–18.
Malak, M., & Demir, İ. C. (2025). Kamu politikalarında paternalizm anlayışı: Türkiye üzerine bir inceleme. *Yönetim ve Ekonomi: Manisa Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 32*(3), 515–538.
Parsons, T. (1951). *The social system*. Free Press.
Rosenstock, I. M. (1974). Historical origins of the Health Belief Model. *Health Education Monographs*.
Short, S. E., & Mollborn, S. (2015). Social determinants and health behaviors: Conceptual frames and empirical advances. *Current Opinion in Psychology, 5*, 78–84.
Simply Psychology. (t.y.). *Theory of reasoned action*.
T.C. Sağlık Bakanlığı. (2025). *Sağlık istatistik yıllığı 2024*.
Turner, B. S. (1995). *Medical power and social knowledge*. Sage Publications.
Yıldırım, N., & Bulut, M. (2023). Sağlık kavramına eleştirel bakış. *Sağlık ve Toplum, 33*(2), 55–62.
Zola, I. K. (1973). Pathways to the doctor—From person to patient. *Social Science & Medicine, 7*(9), 677–689.

FRANSIZ COĞRAFYA CEMİYETİ (SOCİÉTÉ DE GÉOGRAPHİE) VE AFRİKA FAALİYETLERİ (1821–1900)

THE SOCIÉTÉ DE GÉOGRAPHIE (FRENCH GEOGRAPHICAL SOCIETY) AND IT'S ACTIVITIES IN AFRICA (1821–1900)

Mine DİLEK
Dr. Öğr. Üyesi, Bartın Üniversitesi İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi Tarih Bölümü
Arif DEMİRER
Dr. Arş. Görevlisi, Bartın Üniversitesi İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi Tarih Bölümü

ÖZET

1821'de Paris'te kurulan Société de Géographie (Paris Coğrafya Cemiyeti), dünyada kurulan ilk coğrafya cemiyeti olması bakımından önemli bir yere sahiptir. Cemiyetin amacı, coğrafyanın ilerlemesine katkıda bulunmak, coğrafi çalışmaları ve keşifleri teşvik ederek bilinmeyen bölgelere yönelik seyahatleri kolaylaştırmaktı. Cemiyet yeni keşfedilen yerlere dair seyahat notlarını, coğrafi ve etnografik gözlemleri kendi bünyesinde hazırladığı yayınlar ile duyurdu. Bilhassa desteklediği seyyahlar ve yayımladığı çalışmalar aracılığıyla XIX. yüzyıl boyunca Afrika'nın Avrupalılar tarafından tanınmasında etkili oldu. Afrika kıtasının coğrafyası, nüfusu, ticaret yolları, doğal kaynakları ve toplumsal yapısı hakkında önemli bilgiler başta cemiyetin ana yayın organı olan *Bulletin de la Société de Géographie*'de yayımlandı. Bu yayınlar, 19. yüzyılın ilk yarısında Afrika'nın keşfe açık ve tanınacak bir coğrafya olduğunu göstermektedir. Yüzyılın ikinci yarısında ise kıtanın ekonomik imkânları, ticaret ve ulaşım yolları, doğal kaynakları ve yerel siyasi yapıları hakkındaki bilgiler giderek detaylı ele alındı. Bu değişim, Fransa'nın Afrika'daki siyasi ve ekonomik etkinliğinin genişlediği dönemle de örtüşmektedir.

Bu çalışma, Paris Coğrafya Cemiyeti'nin 19. yüzyıl boyunca yayımladığı çalışmalar üzerinden Afrika'ya ilişkin coğrafi bilgi üretiminin değişimini incelemeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda Afrika'nın ticaret yolları, doğal kaynakları, ulaşım imkânları ve yerel toplulukları hakkında verilen bilgilerin zaman içerisinde nasıl bir değişim izlediği ele alınacaktır. Cemiyetin Afrika'ya yönelik bilgi üretiminin yalnızca bilimsel amaçlara dayanmadığı, zamanla Fransa'nın sömürge politikalarıyla da bağlantılı hâle geldiği ortaya konulmaya çalışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Afrika Tarihi, Paris Coğrafya Cemiyeti, Coğrafi Keşifler, Sömürgecilik, 19. Yüzyıl.

ABSTRACT

Founded in Paris in 1821, the Société de Géographie (Paris Geographical Society) holds an important place in the history of geography as the world's first geographical society. Its aim was to contribute to the advancement of geography, promote geographical studies and exploration, and facilitate journeys to previously unknown regions. Through its publications, the Society disseminated travel accounts as well as geographical and ethnographic observations concerning newly explored regions. In particular, through the travellers it supported and the studies it published, the Society played an influential role in expanding European knowledge of Africa throughout the nineteenth century. Important information on the geography, population, trade routes, natural resources, and social structure of the African continent was published primarily in the Society's main publication, the *Bulletin de la Société de Géographie*. These publications indicate that, during the first half of the nineteenth century, Africa was largely regarded as a geography to be explored and better understood. In the second half of the century, however, information concerning the continent's economic potential, trade and transportation routes, natural resources, and local political structures became increasingly

detailed. This shift coincided with the expansion of France's political and economic involvement in Africa.
This study aims to examine changes in the production of geographical knowledge about Africa through the works published by the Paris Geographical Society during the nineteenth century. In this context, it will explore how information concerning Africa's trade routes, natural resources, transportation opportunities, and local communities changed over time. The study will also seek to demonstrate that the Society's production of knowledge about Africa was not based solely on scientific objectives but became increasingly connected with France's colonial policies.
Keywords: African History, Paris Geographical Society, Geographical Exploration, Colonialism, Nineteenth Century.

GİRİŞ

Avrupa'da Rönesans, Coğrafi Keşifler ve Aydınlanma Çağı ile coğrafi bilgi hızla gelişti. Coğrafya, Aydınlanma Çağı'nı takip eden dönemde Kant, Humboldt, Ritter, Perchel ve Ratzel gibi öncü bilim insanlarının çalışmalarıyla bilimsel kimliğini kazansa da asıl kurumsallaşmasını 19. yüzyılda gerçekleşti. Bu süreçten sonra coğrafya, keşif ve sömürgecilik faaliyetleri ile yakından ilişkili bilimsel bir disiplin halini aldı. Haritacılık faaliyetleri, seyahatler ve keşifler yoluyla üretilen coğrafi bilgi, Avrupa devletlerinin dünyanın farklı bölgelerine yönelik siyasi, askerî ve iktisadi faaliyetlerine önemli bir zemin hazırladı. Coğrafi bilginin giderek artması ve dünyanın farklı bölgelerinden elde edilen bilgilerin sistemli bir şekilde toplanması ve paylaşılması ihtiyacını doğurdu. (Yılmaz, 2019:319-320). Diğer taraftan coğrafya bilimindeki gelişmeler, Avrupa'da büyük koloniyel güçlerin ortaya çıkışı ile yakından ilgilidir. Zira, modern bilimin ve emperyalizmin bir arada yürüdüğü bu süreçte ön planda olan bilimsel disiplin coğrafyadır (Gümüşçü, 2010:127).

1- PARİS COĞRAFYA CEMİYETİ'NİN KURULUŞU, FAALİYETLERİ VE KURUMSAL YAPISI

19. yüzyılın ilk yarısından itibaren çeşitli bilim cemiyetlerinin teşkil edilmesiyle coğrafi bilginin kurumsallaşması yönünde önemli adımlar atıldı. Bu kurumların ilk örneklerinden biri 1821 yılında Paris'te kurulan Paris Coğrafya Cemiyeti'(Société de Géographie) dir. Cemiyet, 19 Temmuz 1821 tarihinde Napolyon Savaşlarının ardından oluşan barış ortamının etkisi ve denizcilik faaliyetlerinin yeniden canlanmasıyla faaliyete geçti (Gallios, 1921:374). 217 kurucu üyeden oluşmaktaydı (*Bulletin I*, 1822:1). Kendini kamu yararına çalışan bir kuruluş olarak tanıtan cemiyet, tüzüğünde belirtildiği üzere şu amaçları taşıyordu: Bilinmeyen bölgelere seyahatler düzenlemek, kaşiflere ödüller vermek, bilim cemiyetleri, seyyahlar ve coğrafyacılarla yazışmalar yürütmek; daha önce yayınlanmamış seyahat notları ile eserleri yayınlayarak, haritalar hazırlatmak (*Bulletin VII*, 1823:358). Bu faaliyetler yalnızca coğrafi bilginin geliştirilmesine değil, aynı zamanda Avrupa devletlerinin dünyanın farklı bölgelerine yönelik ilgi ve merakını artırdı. Özellikle Avrupalı kaşiflerin bilinmeyen yerlere dair hazırladığı yeni haritalar, ileride yapılacak siyasi-askeri faaliyetlerinin en önemli dayanağı olarak kabul edildi (Yılmaz, 2019:319-320).

İlk kurucu üyeler coğrafya biliminin ilerlemesine katkı sağlamayı amaçlayarak bir araya gelmişlerdi (*Bulletin I*, 1822:1). Cemiyetin ilk döneminde üyelerin %34,6'sını aristokratlar ve siyasi seçkinler teşkil etti. Üyelik aidatı yüksek ve üye sayısı sınırlıydı. Lejeune'nun tabiriyle "yeryüzünün keşfini düşleyen romantik seçkinlerden" oluşmaktaydı (Lejeune, 1992:161). Zaman içinde ünvanlı isimlerin oranı azalarak, cemiyet soyluluktan ziyade liyakat, yetenek ve ahlaka dayalı yeni bir seçkin sınıfının ağırlık kazandığı bir şekle dönüştü. 1843 yılından sonra cemiyetin temel yapısını devlet memurları oluşturmaktaydı. Özellikle Dışişleri Bakanlığı yetkilileri, hidrograflar, topograflar ve üst düzey deniz subayları üye profilinde etkili durumdaydı. Büyük finans ve sanayi burjuvazisi bu dönemde cemiyette neredeyse hiç yer

almazken akademisyenlerin ve öğretmenlerin rolü de oldukça sınırlı düzeydeydi. Cemiyet, 1860'lardan itibaren Marquis de Chasseloup-Laubat ve Charles Maunoir gibi isimlerin liderliğinde belirgin bir sömürgeci ve yayılmacı ideolojiye doğru kaydı. (Lejeune, 1992:162-165). 1868 yılında yaklaşık on kral derneğin üyesiydi. Bunlar arasında İmparator III. Napolyon (1850'den itibaren) ve Brezilya, İsveç ve Norveç, Portekiz, Belçika ve İspanya kralları, Romanya'nın kralı, prensi bulunmaktaydı (Société de Géographie, "Qui sommes-nous?"). Avrupa'nın siyasi seçkinleri, denizaşırı ülkelerde nüfuz elde etmek ve yayılmacı politikalarını sürdürebilmek için cemiyet ile yakın ilişki içindeydiler.

1870'lerden itibaren bankacılar, sanayiciler ve büyük tüccarlar cemiyete dahil oldular. Öyle ki 1873 yılında tüccarların desteğiyle Ticari Coğrafya Cemiyeti (Société de Géographie Commerciale) kurularak bilimsel çalışmalar ekonomik çıkarlarla birleştirildi (Lejeune, 1992:162). Üyelerin siyasi, askerî ve idari görevleri ile devlet yönetimindeki konumları göz önünde tutulduğunda yayılmacı politikalarının etkili bir motivasyon olduğu anlaşılmaktadır.

Paris Coğrafya Cemiyeti'nin üç adet temel yayın organı mevcuttu (Bastié, "Les Ouvrages de la Société"). Cemiyetin ana yayın organı 1822 yılında *Bulletin de la Société de Géographie* ismiyle yayınlanmaya başlayan ve aylık olarak çıkarılan bültenidir. Yıllık iki cilt halinde düzenlenen bu yayın, 1900 yılından itibaren *La Géographie* adını almıştır. 19. yüzyılda gerçekleşen keşiflere ait tüm bilgiler, derginin bülteni olan *Bulletin de la Société de Géographie'*den takip edilebilmektedir. Cemiyetin bir diğer yayını, genel kurul ve merkez komisyonun toplantı tutanaklarını içeren *Comptes rendus des séances de la Société de Géographie et de la Commission Centrale* isimli süreli yayındır. 1882-1899 yılları arasında ayda iki kez olarak yayınlanmıştır (Lejeune, 1987:30). Üçüncü yayın ise 1824-1866 yılları arasında hazırlanan ve 8 ciltten oluşan keşif, seyahatname ve bilimsel incelemeleri içeren *Recueil de Voyages et de Mémoires* isimli koleksiyondur (Lejeune, 1987:12, 30). Bu yayınlar, Fransızların Afrika'ya yönelik artan siyasi ve ekonomik ilgisinin coğrafi bilgi üretimindeki dönüşümünü göstermesi bakımından önemli bilgiler içerir. Yayınların erken dönemlerinde seyahat, keşif, dil, haritacılık ve doğal kaynaklara ilişkin bilgiler öne çıkarken, 19. yüzyılın sonlarından itibaren işgal, sömürge yönetimi, ticari çıkar ve askeri yayılma hakkındaki bilgilere yoğunluk verilmiştir (Lejeune, 1987:6, 126). Yayınlarda ele alınan konular ve konu seçimindeki değişim, cemiyetin sömürgeci politikalara dair takip ettiği tutum hakkında da fikir vermektedir.

Dominique Lejeune'nun Paris Coğrafya Cemiyeti üzerine hazırladığı doktora çalışmasında, cemiyetin kuruluşundan itibaren doğrudan sömürgeci düşünceyle hareket etmediğini savunmaktadır. Cemiyetin ilk yıllarını kapsayan 1821-1864 arasındaki faaliyetlerini büyük ölçüde bilimsel merak ve keşif düşüncesiyle yapıldığını vurgular. Temel amaç seyahatleri desteklemek, keşifleri teşvik etmek, haritalar hazırlamak ve seyahat anılarını yayınlamaktır (Lejeune, 1982:145; Lejeune, 1987:66). Lejeune, cemiyetin 19. yüzyılın ikinci yarısından sonra ekonomik yayılım ve sömürgeci politikalarla hareket ettiği iddia eder. Bu politika değişiminin arkasında -yukarıda belirttiğimiz üzere- benzer amaçları taşıyan yeni cemiyetler teşkil edilmesi kadar Paris Coğrafya Cemiyeti'nin yönetim kadrosunda yapılan değişimin etkisi vardır (Lejeune, 1982:142). 1864 yılında cemiyetin başkanlığına Deniz Kuvvetleri ve Sömürgeler Bakanı olan Chasseloup-Laubat'ın ve 1867 yılından sonra Charles Maunoir'ın Genel Sekreterlik görevine getirilmesi cemiyetin "ticari ve sömürgeci coğrafya" sömürgeci benimsemesinde etkili oldu (Lejeune, 1987:272).

Lejeune'un bu iddiasına karşın Staum'un Fransız arşiv kayıtlarına dayanarak hazırladığı çalışmasına göre, cemiyet kurulduğu ilk günden itibaren sömürgeci politikalarla hareket etmiştir (Staum, 2000). 1821-1850 yılları arasında cemiyet üyeleri Fransız ticari çıkarlarıyla yakından ilgilenerek Afrika'daki ekonomik yayılmayı desteklediler (Staum, 2000:222). Dernek üyeleri özellikle Batı Sudan, Afrika Boynuzu ve Güney Pasifik'te Fransız ticari etkisini genişletmeye ayrı bir önem verdiler (Staum, 2000:222). Öyle ki Batı Afrika'daki Fransız nüfuzunu ve ticaretini geliştirmek amacıyla 1890 yılında kurulan Fransız Afrika Komitesi

(Comité de l'Afrique française), Paris Coğrafya Cemiyeti ile ortak hareket ederek bölgedeki yayılmacı politikayı destekledi (Gallios, 1921:376).

2- CEMİYETİN AFRİKA FAALİYETLERİ

Çalışmamızın bu bölümünde Fransız Coğrafya Cemiyeti'nin Afrika'yı nasıl bir araştırma alanına dönüştürdüğünü, hangi keşif ve araştırmaları desteklediğini, kıta hakkında bilgileri nasıl üretip değerlendirdiğini inceleyeceğiz. Cemiyeti'nin Afrika'ya yönelik ilgisi, kuruluşundan kısa bir süre sonra görülmeye başlamıştır. Cemiyetin yayın organı *Bulletin de la Société de Géographie*, 1822 yılındaki daha ilk cildinde gizemli şehir Timbuktu'ya giderek araştırma yapıp, hem bilim ve ticaret adına hemde kendi kişisel tatmini için Wangara ve Hausa eyaletlerini ziyaret etme arzusunda olan M.Dubois imzalı bir mektubunu yayınlamıştır. (Dubois, 1822:135-136). Cemiyet, Dubois'in Orta Afrika'ya yönelik seyahat teklifini gayet sevindirici bulmuş, olumlu karşılayarak, 10 Ekim 1822'de ona bir mektupla cevap verilmiştir yolculukla ilgili kesin bir karar verildiğinde kendisine dönüş yapılacağı belirtilmiştir. Dubois'in genç ve deneyimsiz olması nedeniyle cemiyet genel sekreteri tarafından Timbuktu'ya gönderilmemiştir (*Bulletin I,* 1822:136-137.; Surun, 2003:155-156).

Timbuktu'ya bir geziye katılmak için cemiyetle iletişime geçen tek kişi Dubois olmamış, Senegal'de eski bir denizcilik memuru olan Letellier 10 Şubat 1822'deki mektubu ve Senegal'de kalmış sigorta acentesi olan Colbran'ın 21 Aralık 1822 tarihli mektupları bu iş için başka gönüllülerin olduğunu göstermektedir. Cemiyete yapılan bu başvurular olumlu sonuçlanmamıştır. (Surun, 2003:155). Cemiyet bülteninin ilk cildinde Afrika ile ilgili bir yazı yayınlanmıştır. Bu yazıda Frédéric Cailliaud'un Nubia'ya ve Sennaar Krallığı'na yaptığı yolculuğa yer verilmiştir. Bültenin daha ilk cildindeki bu mektuplar ve Cailliaud'un seyahatine ilişkin yazı, Afrika'nın cemiyetin gündeminde ilk başlarından itibaren yer edindiğini göstermektedir (*Bulletin I,* 1822:156)

Fransız Coğrafya Cemiyeti kuruluşunun ilk yıllarında Afrika içlerilerine yapılacak keşif yolculukları için 5 ödül teklifi hazırlamıştır. Bu ödül teklifleri 1826'da Sirenaika'ya ve Timbuktu'ya Yolculuk, 1830 ise Batı Darfur'a, Çad Gölü'ne ve Maravi Gölü'ne Yolculuk yapılması başlıklarıyla duyurulmuştur (Surun, 1998:33) Bu ödüller henüz yeni kurulmuş derneğin tüzüğünün 1. maddesinde belirtildiği üzere seyahati organize etmekten ziyade teşvik etmeyi amaçlamış ve belli başlı talimatlarla birlikte duyurulmuştur. Bu ödül çağrılarına istenilen düzeyde katılım olmamış vaat edilen ödüllerin çoğu hiç kimseye verilememiştir (Surun, 2003:181).

Cemiyetin Afrika araştırmaları için özel olarak koyduğu ve cemiyet tarihinin de ilk yüksek miktarlı ödülünün verilmesi için bazı şartlar istenmiştir. Bu şartlar Timbuktu şehrine kadar ilerlenmesi, şehrin konumu, yakınlarındaki nehirlerin yönü, parçası olduğu ticaret güzergahları doğru ve isabetli şekilde gözlemleyecek ayrıca Timbuktu ile Çad gölü arasındaki bölgeyle Sudan havzasındaki dağlar hakkında tatmin edici bilgiler toplanması ve cemiyete rapor tutup, haritalandırarak kanıtların sunulması şeklinde belirlenmiştir. Ödül olarak ismi açıklanmayan bir üyenin bin frank bağışladığı duyurulmuştur. Bu ödül devlet kademesinden senatör ve bakanların katkılarıyla katlanmış, pek çok cemiyet üyesinin de katkı sumasıyla 1825 başları itibariyle 10 bin franklık bir ödül miktarına ulaşılmıştır (English, 2018:79).

Fransız Coğrafya Cemiyeti öncesinde, Afrika içlerindeki Timbuktu şehrine ulaşmak için gerçekleştirilen keşif girişimlerine baktığımızda, ilk yola çıkan kâşif Amerikalı John Ledyard olmuş, ancak Kahire'de hastalanarak ölmüştür (English, 2018:22; Ouild Sidi, 2017:74). Ledyard'ı Daniel Houghton'un başarısız bir girişimi takip etmiş, sonrasında Mungo Park Timbuktu'ya en çok yaklaşan kâşif olmuşsa da şehre girememiş ve geri dönüş yolunda boğularak ölmüştür (Park, 1887:21; Smith, 1985:17). Bu girişimden sonra Alman Friedrich Hornemann, İngiliz Henry Nicholls ve İsviçreli Johann Ludwig Burckhardt yola çıkarak bu uğurda canlarından olmuşlardır (English, 2018:68-69; Gardner, 1968:12).

1825'te Fransız Coğrafya Cemiyeti'nin Timbuktu'yu bulma ödülü için, Major Alexander Gordon Laing mektup ile başvurmuştur. Trablus'tan yola çıkan Laing yolda Tevariklerin saldırısına uğramış ise de 13 Ağustos 1826'da şehre ulaşmıştır. Şehirdeki siyasi kargaşalardan dolayı burada fazla kalmamış Trablus'a bir mektup göndererek Aravan'a doğru yola çıktığında tuttuğu rehberi tarafından öldürülmüş ve tuttuğu notlarda kayıplara karışmıştır (Gardner, 1968:97-101.; Surun, 2003:457.; English, 2018:80-84).,

1827 yılında Timbuktu'ya gitmek için ikinci kez girişimde bulunan başka bir kaşif de Fransız Rene Caillie olmuştur. Bu uğurda üç yıl hazırlık yapan İslami eğitim alıp Arapça öğrenen Caillie, kendisini çocukken Fransızlar tarafından kaçırılmış ülkesine dönmeye çalışan bir Mısırlı olarak tanıtmıştır. Gine kıyılarından yolculuğuna çıkan kâşif, Nijer nehri güzergahını seyrederek Cenne'ye gelmiş buradan nehir yoluyla Timbuktu limanı Kabara'ya ulaşmış sonrasında ise yıllarca anlatılan efsanevi şehir Timbuktu'ya ulaşmıştır. Büyük bir zenginlik ve ihtişamla bulmayı umduğu Timbuktu'nun çamurdan evleri ve kumlarla kaplı hali onu ve okurlarını hayal kırıklığına uğratmıştır. Fransız Coğrafya Cemiyeti, Timbukktu'dan sağ salim geri dönerek seyahat notlarını ve haritalarını sunan René Caillié'yi 1829 yılında 10.000 franklık büyük ödülle ödüllendirmiştir. Cemiyet, bu para ödülünün yanı sıra en prestijli ödülü olan Grande médaille d'or des explorations (Keşifler Büyük Altın Madalyası) takdim etmiştir. Caillie bu seyahati öncesinde tanınmayan, Coğrafya Cemiyeti tarafından gezisi teşvik ve takip edilmeyen kendi başına hareket eden, tamamen yoksul ve sıradan bir genç iken kazandığı bu ödülle büyük bir şöhret kazanmıştır (Krayza, 2006:256; Caillé, 1830:300-301; Surun, 2003:457).

Cemiyetin Afrika'ya dair keşif faaliyetlerini ödüllendirmesi ilerleyen yıllarda da sürmüştür. Alman kaşif Henry Barth, 1849'da başlayan ve 1855'e kadar devam eden seyahati sırasında Sahra'yı aşarak Çad Gölü havzasına, Bornu ve Sokoto bölgelerine, Nijer Nehri çevresine ve Timbuktu'ya ulaşmıştır. Bu gezisini, Afrika toplumlarının tarihi, siyasi yapıları, ticaret ilişkileri, dilleri ve kültürleri hakkında da kapsamlı bilgiler içeren *"Travels and Discoveries in North and Central Africa(Kuzey ve Orta Afrika'da Seyahatler ve Keşifler*)" adıyla 5 cilt halinde eserinde yayımlamıştır. Çalışması Fransız Coğrafya Cemiyeti tarafından da takdir edilmiş ve kendisine 1854 yılında Keşifler Büyük Altın Madalyası verilmiştir (Barth, 1857; Surun, 1998:36-37; Société de Géographie, "Le Bicentenaire de notre Société").

1957 yılına gelindiğinde Fransız Coğrafya Cemiyeti, Afrika kâşifi İskoç kökenli Britanyalı David Livingstone'yi Keşifler Büyük Altın Madalyası ödülüne layık görmüştür. Livingstone'a Güney Afrika'yı uçtan uca katetmiş, bölge coğrafyasına yaptığı muazzam katkılar ve özellikle Zambezi Nehri havzası ile Victoria Şelalesi keşifleri nedeniyle ödül almıştır. Seyahati *"Missionary Travels and Researches in South Africa"* adıyla 1857'de yayınlanmıştır (Société de Géographie, "Le Bicentenaire de notre Société"; Livingstone, 1857). Henry Barth ve David Livingstone'nun Fransız olmamalarına rağmen ödüle layık görülmüş olmaları, Cemiyetin Afrika araştırmalarına yönelik ilgisinin Fransız araştırmacılarla sınırlı olmadığını göstermektedir.

1857-59 yılları arasında Richard Francis Burton ve John Hanning Speke Doğu Afrika seferine birlikte katılmışlardır. Zanzibar'dan hareket ederek Doğu Afrika'nın iç kesimlerini araştırarak Tanganika (Ujiji) Gölü'ne ulaştılar. Speke, Burton hastayken Victoria Gölü'ne kadar ilerlemiştir. Nil Nehri'nin kaynağı konusunda görüş ayrılığı yaşasalarda,1860 yılında Fransız Coğrafya Cemiyeti, gerçekleştirdikleri araştırmalar nedeniyle ikisini birlikte ödüllendirmiştir (Société de Géographie, "Le Bicentenaire de notre Société"; Burton, 1860; Burton ve Speke, 1858-1859:111–117).

Fransız Coğrafya Cemiyeti'nin bir diğer ödüllendirdiği kâşif ise Henry Morton Stanley olmuştur. Uzun süre haber alınamayan David Livingstone'ı bulmak amacıyla 1871'de yola çıkan Stanley, Tanganika civarında Livingstone'a ulaşmış; bu başarısı ve Afrika'nın ekvatoral bölgelerine ilişkin çalışmalarıyla ödül ve ün kazanmıştır. Coğrafya Cemiyeti, Stanley'i 1878

yılında Keşifler Büyük Altın Madalyası ile ödüllendirilmiştir (Société de Géographie, "Le Bicentenaire de notre Société"; Stanley, 1911;251-284)

Fransız kâşif Édouard Foà, 1894–1897 yılları arasında Zambezi Nehri'nin ağzından Fransız Kongosu'na kadar Ekvatoral Afrika'yı geçerek kapsamlı bir keşif yolculuğu yapmış ve bilgiler toplamıştır. Foa'nın gezi raporları Cemiyet'in 1898 bülteninde yayınlanmış ve Foa aynı yıl Keşifler Büyük Altın Madalyası ile ödüllendirilmiştir (Société de Géographie, "Les Grands Prix de la Société; Foà, 1898;109-141).

1899 yılında Fransız Coğrafya Cemiyeti, Afrika çalışmalarını bir kez daha ödüllendirmiştir. Bu madalya ödülünü Kongo'dan Çad Gölü'ne kadar uzanan havzada nehir haritalandırmaları ve keşif gezileri yapan ve Çad bölgesinin coğrafi sınırlarını belirleyen Emile Gentil almıştır (Société de Géographie, "Les Grands Prix de la Société; Zimmermann, 1914:277).

Fransız Coğrafya Cemiyeti'nin 1900'de verdiği madalya ödülünü alan kişi Komutan Jean-Baptiste Marchand'dır. Bu kâşif, Afrika'yı bir uçtan diğer uca Atlantik'ten Nil'e geçmeyi hedefleyerek, 1896–1899 yılları arasında gerçekleştirilen Kongo-Nil Keşif Seferine liderlik etmiştir (Société de Géographie, "Les Grands Prix de la Société).

Fransız Coğrafya Cemiyeti'nin Afrika araştırmalarına katkısı, kâşiflere ödüller verilmesi ve keşif seferlerinin desteklenmesiyle sınırlı kalmamıştır Cemiyetin 1822 yılında yayınlanmaya başlanan bülteni aracılığıyla, Afrika'da gerçekleştirilen coğrafi keşiflere ilişkin raporlar, başvuru mektupları, seyahat anlatıları, araştırma sonuçları, haritalar ve çeşitli coğrafi değerlendirmeler ilim alemine aktarılmıştır. Kuruluşundan itibaren Afrika'nın iç kesimlerine yönelik seyahatlerin artmasıyla birlikte bülten, kıtanın nehirleri, gölleri, ticaret yolları, yerleşimleri ve nüfusu hakkında üretilen bilgilerin yayınlandığı önemli mecralardan biri olmuştur. Araştırmacıların bültenden daha iyi yararlanabilmeleri amacıyla 19. yüzyıldaki yayınlanan sayıları 3 parça halinde 1822-1843, 1844-1860 ve 1861-1899 dönemlerini kapsayacak şekilde fihrist eserler halinde hazırlanmıştır. Bu hazırlanan fihrist eserler, yüzyıl boyunca Afrika'ya ilişkin yayınlanan onlarca yayına daha kolay erişilebilir hale getirmiştir. (Froberville, 1945:9-12.; Société de Géographie, 2011:63).

SONUÇ

Paris Coğrafya Cemiyeti'nin Afrika'ya yönelik faaliyetleri, XIX. yüzyılda coğrafi bilginin nasıl üretildiğini ve hangi amaçlarla kullanıldığını göstermesi bakımından önemlidir. Cemiyetin kuruluşundan kısa bir süre sonra Timbuktu gibi Afrika içlerinde bulunan şehirleri keşfetmek, Avrupa'daki coğrafya çevreleri için erken tarihlerden itibaren önemli bir arzu haline gelmiştir. Bu ilgi, haritalarda boş kalan coğrafyaları doldurma veya bilinmeyen bölgeleri tanıma isteğiyle sınırlı olmamıştır. Şehirlerin konumu, nehirlerin yönü, ticaret güzergâhları ve yerel halkların siyasi yapıları hakkında bilgi toplanmasının istenmesi, coğrafi araştırmalardan beklenen faydanın önemini ortaya koymaktadır. Bu bakımdan cemiyetin Afrika faaliyetleri, bilimsel merak ile ekonomik ve siyasi beklentilerin birleştiği bir ortamda şekillenmiştir.

Cemiyetin kâşiflere verdiği ödüller, bu beklentilerin somut biçimde görülebildiği alanlardan biridir. René Caillié'nin Timbuktu'ya ulaşması ve seyahatini tamamlayarak Fransa'ya dönmesi karşılığında ödüllendirilmesi, Afrika içlerine yönelik keşiflerin cemiyet tarafından nasıl teşvik edildiğini açıkça göstermektedir. Heinrich Barth, David Livingstone, Richard Francis Burton, John Hanning Speke ve diğer kâşiflerin çalışmalarının ödüllendirilmesi de Afrika hakkındaki bilginin yalnızca Fransız araştırmacıların faaliyetleriyle oluşmadığını ortaya koymaktadır. Kâşiflerin elde ettiği bilgiler, Avrupa'nın Afrika'yı daha ayrıntılı tanımasına imkân veren bir bilgi birikiminin parçası hâline gelmiştir.

Bulletin de la Société de Géographie ise bu birikimin kaydedildiği ve dolaşıma girdiği başlıca yayın organlarından biri olmuştur. Seyahat raporları, mektuplar, haritalar ve coğrafi gözlemler aracılığıyla Afrika'nın farklı bölgeleri hakkında üretilen bilgiler daha geniş bir çevreye ulaşmıştır. Bültenin uzun bir dönemi kapsayan fihristlerinin hazırlanması da bu yayınların yalnızca kendi dönemlerinde okunmakla kalmadığını, sonraki araştırmalar için

başvurulabilecek bir kaynak bütünü oluşturduğunu göstermektedir. Bu yayınlar sayesinde Afrika'ya ilişkin bilgiler zamanla daha ayrıntılı ve karşılaştırılabilir bir nitelik kazanmıştır.
XIX. yüzyılın ikinci yarısında Afrika'nın ekonomik kaynaklarına, ticaret yollarına ve siyasi yapısına yönelik ilginin artması, coğrafi araştırmalar ile Fransa'nın kıtadaki çıkarları arasındaki ilişkiyi güçlendirmiştir. Bununla birlikte cemiyetin faaliyetlerini yalnızca sömürgecilikle açıklamak doğru değildir. Zamanla bilimsel araştırmalar ile ekonomik ve siyasi hedefler iç içe geçmiştir. Paris Coğrafya Cemiyeti'nin faaliyetleri, Afrika'nın Avrupa'da tanınmasında coğrafi keşiflerin yanı sıra sömürgeci politikaların da etkili olduğunu göstermektedir.

KAYNAKÇA

Bastié, Jean. "Les Ouvrages de la Société", Société de Géographie, https://socgeo.com/les-ouvrages-de-la-societe/ Erişim tarihi: 16 Ekim 2026.

Bulletin de la Société de Géographie, T. I, S. I, Société de Géographie, Paris 1822.

Bulletin de la Société de Géographie, T. VII, Société de Géographie, Paris 1823.

Burton, Richard Francis. *The Lake Regions of Central Africa*, Vol 2, Longman, Green, Longman, and Roberts, Londra 1860.

Burton, Richard Francis ve John Hanning Speke. "Extracts from Reports by Captains Burton and Speke, of the East African Expedition, on Their Discovery of Lake Ujiji, etc., in Central Africa." *Proceedings of the Royal Geographical Society of London,* Vol 3, 1858-1859: 111–117.

Caillé, René. *Journal D'un Voyage A Temboctou Et A Jenné Dans L'afrıque Centrale*, T. II, Imprıme Par Autorısatıon Du Roı A L'ımprımerıe Royale, Paris 1830.

Dubois, M. "Lettre de M. Dubois", *Bulletin de la Société de Géographie*, T. I, Société de Géographie, Paris 1822: 135-136.

English, Charlıe. *Timbuktu'nun Elyazmaları*, Çev, Akın Emre Pilgir, Koç Üniversitesi Yayınları, İstanbul 2018.

Gallois, Lucien. "Le centenaire de la Société de géographie de Paris", *Annales de Géographie,* 30/167, 1921: 374-378.

Gümüşçü, Osman. *Tarihi Coğrafya*, Yeditepe Yayınları, İstanbul 2010.

Eugène de Froberville. *Bulletin de la Société de Géographie: Table alphabétique et raisonnée des matières contenues dans les deux premières séries*, 1822-1843 (formant 40 volumes), Arthus-Bertrand, Paris 1845.

Foà, Édouard. "Traversée de l'Afrique équatoriale du Zambèze au Congo: Résumé des résultats géographiques du voyage." *Bulletin de la Société de géographie*, Série 7, Tome 19, 1898: 109-141.

Gardner, Brian. *The Quest for Timbuctoo*, Harcourt, Brace & World ınc press, Newyork 1968.

Henry Barth. T*ravels and Discoveries in North and Central Africa, being a journal of Expedition Undertaken Under the Auspices of H.B.M.'s Government in the Years 1849-1855*, Vol.I- V, Longman, Brown, Geeen, Longmans, & Roberts Press, London 1857.

Krayza, Frank T. *Race for Timbuktu: In Search of Africa's City of Gold*, Harper Collins Press, New York 2006.

Lejeune, Dominique, "La «Société de géographie» de Paris, un aspect de l'histoire sociale française". *Revue d'histoire moderne et contemporaine* 29/1, 1982:141-163.

Lejeune, Dominique, "Les Membres des Sociétés de Géographie au XIXe Siècle", *Communications*, 54, Les débuts des sciences de l'homme, 1992: 161-174.

Lejeune, Dominique. *Les Sociétés de Géographie en France: Dans le Mouvement Social et Intellectuel du Dix-Neuvième Siècle*. Nanterre: Université Paris X-Nanterre, Thesé de doctorat, 1987.

Livingstone, David, *Missionary Travels and Researches in South Africa*, London 1857.

Ould Sidi. Ali *Les Mystères de Tombouctou la Ville Mystérieuse*, La Sahélienne Press, Bamako 2017.

Park, Mungo. *Travels ın the Interior of Africa*, Vol. II, Cassell&Company Press, London 1887.

Smith, Richard, L.-Ferrum Collage. "The Image Of Tımbuktu in Europe Before Caılllé", *Proceedings of the Meeting of the French Colonial Historical Society,* Vol. 8, Michigan State University Press, Michigan 1985, s.12-22.

Société de Géographie. (2011, Septembre). "Bulletin de liaison des membres de la Société de Géographie: Répertoire des membres au 30 septembre 2011 (No. 15)", https://socgeo.com/wp-content/uploads/2016/11/bulletin-nc2b015-mep.pdf Erişim tarihi: 14 Ekim 2026.

Société de Géographie. "Les Grands Prix de la Société", https://socgeo.com/les-grands-prix-de-la-societe/ Erişim tarihi: 14 Ekim 2026.

Société de Géographie. "Qui sommes-nous?", https://socgeo.com/qui-sommes-nous/ Erişim tarihi: 16 Ekim 2026.

Société de Géographie. "Le Bicentenaire de notre Société", https://socgeo.com/le-bicentenaire-de-notre-societe/ Erişim tarihi: 14 Ekim 2026.

Stanley, Henry Morton. *The Autobiography of Sir Henry Morton Stanley*, Ed. Dorothy Stanley. Houghton Mifflin Company, Boston 1911.

Staum, Martin S., "The Paris Geographical Society Constructs the Other, 1821–1850", *Journal of Historical Geography*, 26/2, 2000: 222-238.

Surun, Isabelle. "L'exploration Scientifique de l'Afrique au XIXe Siècle est-elle une Entreprise Géographique?", *Finisterra*, C. XXXIII, S. 65, 1998: 31-38.

Surun, Isabelle. *Géographies de l'exploration. La carte, le terrain et le texte (Afrique occidentale, 1780-1880)*, C. 1, Thesé de doctorat, École des hautes études en sciences sociales (EHESS), Paris, 2003.

Yılmaz, Özgür. "Kraliyet Coğrafya Derneği ve Anadolu'ya Yönelik Faaliyetleri (1835-1845)", *Türkiye Araştırmaları Literatür Dergisi,* 17/33, 2019: 319-348.

Zimmermann, Maurice. "Émile Gentil.", *Annales de Géographie*, T. 23, No 129, 1914, s. 277.

HARNESSING ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND COMPUTING TECHNOLOGIES TO ADVANCE COMPUTER SCIENCE, INTEGRATED SCIENCE AND OTHER SCIENCE PEDAGOGY

Moses Adeolu AGOI[1]
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.
https://orcid.org/0000-0002-8910-2876
Olayemi Grace ABIMBOLA[2]
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.
ORCID ID: 0009-0000-0139-3481
Olawale Adejumo OSUNLOYE[3]
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.
Faith Oghenewveta ALUKO[4]
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.

Abstract
The rapid convergence of artificial intelligence (AI) and advanced computing technologies is transforming the processes through which knowledge is generated, taught, learned and assessed across Computer Science, Integrated Science and other science disciplines. This study examined the application of AI and emerging computing technologies in strengthening science pedagogy through intelligent learning environments, computational thinking, personalized instruction, learning analytics, generative AI, simulation, virtual experimentation and data-driven assessment. The study adopted a technology-enhanced pedagogical framework that integrated AI capabilities with learner-centred, inquiry-based, problem-based and interdisciplinary approaches to science education. Recent empirical evidence and systematic reviews indicate that AI-supported learning can improve scientific reasoning, computational thinking, learner engagement, personalized feedback and academic achievement when technological applications are appropriately aligned with curriculum objectives and supported by effective teacher facilitation (Almasri, 2024; Weng et al., 2024). Research further demonstrates that AI-enhanced projects, computational tools and authentic problem-solving activities can promote student-centred learning and strengthen learners' computational competencies (Weng et al., 2024). Data obtained from 500 learners demonstrated measurable differences between learners exposed to AI- and computing-enhanced pedagogy and those receiving conventional instruction, particularly in scientific literacy, computational thinking, problem-solving ability, learner engagement and academic achievement. The findings further highlight the importance of AI literacy, ethical awareness, teacher competence, equitable access, data privacy and human-centred pedagogical design in the effective integration of intelligent technologies into science education. The study concludes that AI and advanced computing technologies should complement rather than replace teachers, serving as intelligent pedagogical tools for enhancing interdisciplinary, inquiry-driven, problem-oriented and future-oriented science learning.

Keywords: Artificial Intelligence; Computational Thinking; Integrated Science; Science Pedagogy.

INTRODUCTION

Artificial intelligence (AI) and advanced computing technologies are increasingly transforming



the knowledge, skills, instructional processes and assessment practices required for effective science education. The rapid development of generative AI, machine learning, intelligent tutoring systems, learning analytics, educational robotics, Internet of Things (IoT), simulation environments, virtual laboratories, cloud computing and computational modelling has created new possibilities for connecting theoretical knowledge with authentic scientific, technological and computational problems. These technologies are particularly significant within contemporary education because science learning increasingly requires learners to move beyond the memorization of concepts toward the development of computational thinking, scientific reasoning, creativity, collaboration, data literacy, problem-solving and evidence-based decision-making. In Computer Science education, AI and advanced computing technologies can support programming instruction, algorithmic reasoning, debugging, data analysis, software development, computational modelling and problem-solving by providing learners with interactive environments in which concepts can be explored, tested and refined. Generative AI systems, for example, can provide explanations, generate programming examples, identify potential errors and facilitate iterative problem-solving, while machine-learning applications can expose students to authentic processes of data collection, classification, prediction and model evaluation. In Integrated Science and related science disciplines, these technologies can facilitate interdisciplinary inquiry involving biology, chemistry, physics, environmental science, mathematics and technology by enabling learners to simulate complex phenomena, analyse large datasets, conduct virtual experiments, visualize otherwise abstract scientific processes and investigate relationships among variables that may be difficult to examine through conventional classroom activities. Almasri (2024), through a systematic review of empirical research on AI in science education, reported substantial scholarly interest in AI-supported teaching and learning, particularly in relation to instructional practices, assessment, learning outcomes, learner and teacher perceptions, and implementation challenges. The evidence suggests that AI applications can contribute to more adaptive and interactive learning experiences when their use is pedagogically purposeful and connected to clearly defined scientific learning objectives. Similarly, Weng, Ye, Dai, and Ng (2024), in a systematic review of 18 empirical studies, demonstrated that integrating AI with computational thinking can facilitate student-centred instructional designs and productive learning outcomes when technological tools are deliberately connected with disciplinary knowledge, computational practices and meaningful learning activities. Their findings are important because they position AI not simply as a technological innovation but as a potential mechanism for strengthening the relationship between computational practices and disciplinary learning. Yeni et al. (2024), in a systematic review of 108 peer-reviewed studies, further established that computational thinking is increasingly integrated across disciplinary contexts, with science and mathematics constituting important areas of application. However, their findings also indicate that many implementations remain at relatively low levels of curricular transformation, suggesting that the presence of computational activities does not automatically constitute deep pedagogical integration. This distinction is particularly important because effective AI-enhanced science education requires more than introducing sophisticated digital tools into existing classrooms; it requires the redesign of learning experiences around authentic problems, inquiry, experimentation,

collaboration and reflection. Consequently, the educational significance of AI should not be reduced to automated content generation, administrative automation or the replacement of conventional teaching methods. Rather, AI and advanced computing should be conceptualized as pedagogical augmentation technologies that extend the capabilities of teachers and learners by enabling them to investigate complex problems, formulate and test hypotheses, analyse scientific datasets, visualize abstract phenomena, construct computational models, receive adaptive feedback and collaboratively develop knowledge. Within this framework, teachers remain central to the learning process because they provide disciplinary expertise, pedagogical judgement, contextual interpretation, ethical guidance and human interaction, while AI systems can provide computational assistance, personalization, rapid feedback and analytical support. Wang et al. (2024), in their systematic review of AI in education, identified diverse applications encompassing prediction, assessment, personalization, intelligent tutoring and learning support, highlighting the expanding methodological and technological complexity of AI-enabled educational environments. The growing convergence of these technologies therefore creates opportunities for developing learning environments in which Computer Science and science learners can engage with authentic datasets, computational simulations, intelligent agents, robotics, sensor-generated information and virtual experimentation as components of integrated learning experiences. Nevertheless, technological sophistication alone cannot guarantee meaningful educational outcomes. Effective adoption requires careful attention to teacher competence, curriculum alignment, instructional design, assessment validity, accessibility, infrastructure, algorithmic transparency, bias, privacy, cybersecurity, academic integrity and students' capacity to critically evaluate AI-generated information. There is also a need to address digital inequality because unequal access to reliable internet connectivity, computing devices, intelligent educational platforms and appropriately trained teachers may reproduce or intensify existing educational disparities. Furthermore, learners must develop sufficient AI literacy to understand the capabilities, limitations, uncertainties and potential biases of intelligent systems rather than accepting AI-generated outputs uncritically. From a pedagogical perspective, therefore, AI integration should be guided by learner-centred, inquiry-driven, problem-based and interdisciplinary principles that position technology as a means of enhancing scientific investigation rather than an end in itself. Such an approach can create stronger connections between Computer Science and other science disciplines by encouraging learners to apply programming, computational thinking, data analytics and modelling to real-world scientific and societal challenges. Against this background, the present study examines how AI and advanced computing technologies can be systematically harnessed to advance Computer Science, Integrated Science and other science pedagogies, with particular emphasis on intelligent learning environments, computational thinking, personalized learning, learning analytics, generative AI, simulation, virtual experimentation and data-driven assessment. The study further considers the conditions under which these technologies can promote meaningful learning, scientific literacy, computational competence, problem-solving, learner engagement and academic achievement while maintaining ethical, inclusive, responsible and human-centred educational practices.

LITERATURE REVIEW

Artificial Intelligence as a Transformative Technology for Computer Science and Science Pedagogy

Artificial Intelligence (AI) has evolved from a specialized computational discipline into a broad educational technology capable of supporting teaching, learning, assessment, prediction and personalized instruction. Almasri (2024) conducted a systematic review of empirical research on AI in science education and analysed 74 eligible studies published between 2014 and 2023. The review demonstrated that AI-supported applications have been implemented across

physical and natural science contexts for improving learning environments, generating quizzes, assessing students' work and predicting academic performance. The findings indicate that AI can extend science pedagogy beyond conventional teacher-centred transmission by providing computationally mediated opportunities for individualized learning and continuous feedback. Similarly, Wang et al. (2024) conducted a systematic literature review of Artificial Intelligence in Education (AIED), identifying diverse applications and research directions across educational contexts. Their synthesis demonstrates that AI research in education increasingly encompasses intelligent tutoring, prediction, assessment, recommendation, personalization and learning-support technologies. This diversity is particularly relevant to Computer Science pedagogy because computational disciplines require iterative practice, debugging, modelling, algorithmic reasoning and immediate feedback. AI systems can therefore complement conventional instruction by helping learners identify errors, generate alternative solutions, visualize computational processes and explore complex problems. An important development is the integration of AI with computational thinking (CT). Weng et al. (2024) systematically reviewed 18 empirical studies retrieved from Web of Science, Scopus, IEEE and ACM. Their findings revealed two principal forms of integration: the use of AI to support disciplinary learning and the use of AI-related tools and activities to develop computational thinking. AI- and CT-related projects, problems and technological tools were associated with student-centred instructional designs and productive learning outcomes. The implications extend to Integrated Science because scientific investigation increasingly depends on computational modelling, data analytics, simulation and automated reasoning. AI can enable learners to examine large datasets, formulate predictions, compare models and investigate relationships that may be difficult to explore using conventional classroom resources. Consequently, AI should be positioned as a pedagogical augmentation technology, rather than simply as an automated replacement for teachers. Effective implementation requires curriculum alignment, teacher mediation, critical evaluation of AI-generated information, ethical awareness, data protection and equitable access. Recent meta-review evidence further indicates that the rapid expansion of AIED research makes coherent theoretical, methodological and contextual integration increasingly important for future educational practice.

Generative AI, Intelligent Tutoring Systems and Personalised Learning in Science Education

Generative Artificial Intelligence (GenAI), intelligent tutoring systems (ITS) and adaptive learning technologies are increasingly creating opportunities for individualized and responsive science pedagogy. Unlike conventional digital learning resources that provide identical instructional content to all learners, AI-enabled systems can analyse learner interactions, identify areas of difficulty and dynamically provide explanations, questions, examples, feedback and learning resources. Farhood et al. (2025) conducted a systematic review of 125 studies published between 2015 and June 2025 and found that AI-based personalised learning has expanded substantially across K–12, higher education and online learning environments. Their review identified machine learning, deep learning, natural-language processing, recommendation systems and generative models as important technological approaches for adapting educational content and learning pathways. The authors further emphasized that AI-enabled personalisation can influence teaching, learning and assessment while also creating challenges associated with insufficient data, privacy, scalability and implementation. The emergence of GenAI has further expanded the capacity for conversational tutoring, automated explanation, content generation and formative feedback. Qian (2025) systematically examined pedagogical applications of GenAI in higher education and reported a rapidly developing research field following the introduction of ChatGPT. The review highlights the importance of pedagogical design in determining whether GenAI contributes meaningfully to learning rather

than simply increasing access to automatically generated information. This distinction is particularly important in Computer Science and Integrated Science, where students need to develop conceptual understanding, scientific reasoning, computational thinking and the ability to evaluate evidence rather than merely obtain answers. Evidence from Liu and Zhong (2025) provides further support for pedagogically structured GenAI integration. Their systematic review examined 71 empirical studies from a Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) perspective and found evidence that GenAI can support cognitive, affective and behavioural learning outcomes. However, the review identified short intervention periods, small samples and inadequate pedagogical scaffolding as important limitations. Consequently, GenAI should be integrated into carefully designed learning activities involving teacher guidance, inquiry, collaboration, reflection and assessment rather than unrestricted answer generation. Similarly, Chen and Cheung (2025) conducted a systematic review and meta-analysis of 57 studies comprising 97 effect-size estimates and reported a substantial overall positive effect of GenAI on university students' learning outcomes ($g^+ = 0.804$). Positive effects were particularly evident for academic achievement ($g^+ = 0.633$), affective-motivational outcomes ($g^+ = 0.617$) and higher-order thinking ($g^+ = 0.580$), although no statistically significant effect was found for metacognition ($g^+ = 0.078$). These findings suggest that AI-supported pedagogy can strengthen learning when technological affordances are accompanied by appropriate instructional structures. In science education specifically, Almasri (2024) demonstrated that AI applications are being used for instructional support, assessment, prediction and learning enhancement across science contexts. However, recent scholarship also warns that GenAI can conflict with important science-education objectives if learners accept generated information without verification or substitute AI-generated responses for authentic scientific inquiry. A 2025 systematic review of 22 empirical studies by the authors of “Do generative artificial intelligence (GenAI) and science education mix?” identified concerns involving social learning, science learning and epistemic understanding. Thus, the strongest pedagogical model is not AI replacing the teacher, but teacher-learner-AI collaboration, in which AI provides adaptive assistance while teachers retain responsibility for disciplinary judgement, ethical guidance and the development of scientific reasoning.

Computational Thinking, Programming, Simulation and Emerging Computing Technologies in Science Pedagogy

Computational thinking (CT) has become an important bridge between Computer Science and other science disciplines because it enables learners to formulate problems, decompose complex tasks, identify patterns, construct algorithms, model systems and evaluate solutions. Its integration into science pedagogy is particularly significant because contemporary scientific practice increasingly depends on computational modelling, simulation, data processing and algorithmic reasoning. Yeni et al. (2024) systematically reviewed 108 peer-reviewed studies examining interdisciplinary CT integration in K–12 education and found that CT was increasingly incorporated into subjects beyond Computer Science, including science and mathematics. Their review identified varied instructional strategies, technologies, assessment approaches and levels of curricular integration, demonstrating that CT can serve as a transferable competence rather than a skill restricted to programming courses. The relationship between CT and STEM learning is further supported by Li and Oon (2024), whose systematic review and meta-analysis examined the transfer effects associated with integrating CT into STEM education. Their work emphasizes the premise that CT and STEM disciplines can mutually reinforce one another by enabling learners to apply computational problem-solving processes to authentic disciplinary problems. This perspective is important for Integrated Science because scientific investigations frequently require learners to collect data, identify relationships, develop models, test predictions and interpret computational outputs.

Consequently, programming, simulation and data analytics can transform science classrooms into environments in which students actively construct and test explanations rather than simply reproduce established scientific facts. Recent empirical evidence provides stronger quantitative support for this position. Cheng and Hu (2025) conducted a meta-analysis of 26 high-quality experimental studies and reported a significant upper-medium positive effect of AI-based learning on students' computational-thinking development, with Hedges' $g = 0.553$, 95% CI [0.410, 0.708], $p < .001$. Similarly, Yang et al. (2025) synthesized 46 empirical studies examining CT integration in STEM and investigated its effects on both cognitive and non-cognitive skills. These findings suggest that AI-supported computational activities can extend beyond programming competence toward broader reasoning, problem-solving and interdisciplinary learning. In Computer Science education, programming provides a practical environment for developing CT through abstraction, decomposition, algorithm design, debugging and iterative refinement. Yuana et al. (2025) systematically examined strategies for integrating CT and scientific approaches into programming education and emphasized the potential of combining scientific inquiry with computational problem-solving. This approach is particularly valuable in Integrated Science because learners can use programming to simulate physical systems, analyse environmental datasets, model biological processes and investigate chemical relationships. The pedagogical transformation, however, depends strongly on teachers' capacity to implement CT meaningfully. Bringing computational thinking into classrooms, a 2024 systematic review of teacher professional-development evidence, identified continuing challenges in helping teachers integrate CT into ordinary classroom practice. Likewise, Yun and Crippen (2024) reviewed 18 empirical studies of CT integration in pre-service science-teacher education and found generally positive outcomes while noting the exploratory nature of much of the existing research. Therefore, effective implementation requires sustained teacher preparation, curriculum alignment, suitable computing infrastructure and pedagogical strategies that connect algorithms and computational models to authentic scientific questions.

Learning Analytics, Virtual Laboratories, Simulation, IoT and Immersive Technologies for Experiential Science Learning

The convergence of Artificial Intelligence (AI) with learning analytics, simulation, virtual laboratories, Internet of Things (IoT), augmented reality (AR), virtual reality (VR) and other immersive computing technologies is creating new possibilities for experiential science pedagogy. Traditional science education can be constrained by limited laboratory facilities, equipment costs, safety considerations, restricted instructional time and difficulties in demonstrating phenomena that occur at microscopic, molecular, planetary or otherwise inaccessible scales. Intelligent computational environments can partially address these limitations by providing learners with interactive spaces in which scientific phenomena can be modelled, manipulated, observed and analysed repeatedly. Almasri (2024), in a systematic review of empirical AI applications in science education, identified learning enhancement, assessment, prediction and intelligent instructional support among the principal applications of AI. These applications provide a foundation for combining AI with simulations and digital experimentation to develop more responsive and learner-centred science environments. Learning analytics represents another important component of this technological ecosystem. By collecting and analysing learner interaction data, AI-enabled analytics can provide information about participation, achievement, misconceptions, engagement and learning progression. Wang et al. (2024) identified prediction, assessment, recommendation and personalization among important AIED applications, demonstrating how computational analysis can support educational decision-making. When applied to Computer Science and Integrated Science, learning analytics can analyse programming submissions, laboratory activities, simulation

interactions, assessment responses and online learning behaviour to identify learners requiring additional support. Teachers can subsequently use these insights to adjust instructional strategies and provide differentiated interventions. Virtual laboratories and simulation are particularly valuable for science disciplines because they allow learners to manipulate variables and investigate cause-and-effect relationships without depending entirely on physical laboratory infrastructure. A systematic review by Makransky and Petersen (2021) on immersive virtual reality in science education demonstrated that immersive learning can provide strong opportunities for conceptual understanding and experiential engagement when instructional design appropriately incorporates pedagogical principles. Although their work predates the recent expansion of generative AI, its pedagogical principles remain relevant to contemporary AI-enhanced immersive learning because AI can potentially provide adaptive guidance, generate explanations and personalize virtual experimental experiences. The combination of IoT and AI extends experiential learning from simulated environments to real-world data collection. Networked sensors can collect information concerning temperature, humidity, air quality, energy consumption, water conditions, agricultural environments and other scientific variables. AI algorithms can subsequently classify, predict and visualize these data, enabling learners to engage in authentic scientific investigation. Such an approach transforms science pedagogy from textbook-centred learning toward data-rich inquiry, where learners collect evidence, formulate hypotheses, develop computational models and interpret results. Immersive technologies also create opportunities for connecting otherwise abstract scientific concepts with interactive representations. Radianti et al. (2020) systematically reviewed immersive virtual-reality applications in higher education and identified substantial potential for experiential learning, although effectiveness depends on pedagogical design, technological usability and learner characteristics. Thus, technology alone does not guarantee improved learning. The strongest pedagogical model combines AI, analytics, simulation and immersive environments with teacher facilitation, inquiry-based learning and collaborative problem-solving. For developing educational systems, including contexts where physical laboratory resources may be unevenly distributed, these technologies can provide complementary learning opportunities. However, implementation requires reliable connectivity, affordable hardware, teacher competence, accessibility, cybersecurity, data privacy and appropriate curriculum integration. The literature therefore suggests that the future of science pedagogy lies not simply in digitizing existing teaching practices but in designing intelligent experiential ecosystems where AI, computing infrastructure, scientific inquiry and human pedagogical expertise operate together.

AI Literacy, Teacher Competence, Ethics and Human-Centred Pedagogy

The educational value of Artificial Intelligence (AI) depends substantially on the competencies of teachers and learners who design, use, evaluate and govern AI-supported learning environments. Consequently, AI literacy should extend beyond the ability to operate AI applications to include conceptual understanding, critical evaluation, ethical reasoning, responsible use and pedagogical judgement. Lintner (2024) systematically reviewed 22 studies validating 16 AI-literacy scales across populations including secondary students, higher-education students, the general population and teachers. Although the reviewed instruments generally demonstrated good structural validity and internal consistency, the study identified important weaknesses concerning content validity, construct validity, responsiveness, measurement error and cross-cultural validity. The predominance of self-report measures over performance-based assessments further suggests that AI literacy requires more robust approaches to measuring what learners and teachers can actually do with AI rather than simply what they believe they know. Teacher competence is particularly important because AI changes the conventional relationship among teacher, learner and educational technology. Miao and

Cukurova (2024), through UNESCO's *AI Competency Framework for Teachers*, conceptualize teacher AI competence across five dimensions: human-centred mindset, ethics of AI, AI foundations and applications, AI pedagogy, and AI for professional learning. These dimensions comprise 15 competencies organized across three progression levels, Acquire, Deepen and Create. The framework emphasizes human agency, accountability, ethical use, sustainability and teachers' capacity to make informed pedagogical decisions concerning AI. The importance of teacher preparation is reinforced by Starkey (2024) and related research examining AI literacy within teacher education. A scoping review of 34 studies found that AI literacy remains insufficiently developed within teacher education and that existing literature often emphasizes technical knowledge while giving less attention to teachers' practical knowledge and professional judgement. The review consequently argues for stronger participation of educational researchers and teachers in defining what AI literacy should mean in authentic educational contexts. Ethical competence is especially important in Computer Science and Integrated Science because learners increasingly encounter algorithmic systems that influence information access, prediction, classification and decision-making. Tagare, Karki, and Yu (2025) reviewed 76 empirical studies and identified interconnected ethical competencies required by K–12 teachers. These included knowledge of AI ethics, AI limitations, socio-political implications and human-in-the-loop principles; skills involving transparency, explainability, critical analysis and culturally responsive pedagogy; and dispositions involving ethical sensitivity, critical attitudes and inclusiveness. Such competencies are essential for preventing uncritical dependence on AI-generated information and for enabling learners to question algorithmic outputs, identify bias and understand the limitations of computational models. The need for structured AI literacy is also evident at the learner level. Liu and Zhong (2024) reviewed AI education in K-12 contexts and found that instructional research increasingly emphasizes experiential learning, AI concepts, applications and ethics. Their findings suggest that effective AI education requires appropriately designed curricula and pedagogical strategies rather than simply introducing AI tools into classrooms. For Computer Science, Integrated Science and other science disciplines, therefore, human-centred AI pedagogy should combine technical competence, scientific reasoning, computational thinking, ethical reflection and disciplinary knowledge. Teachers should guide students to use AI to formulate questions, analyse evidence, develop computational models, test explanations and reflect on the reliability of outputs. This approach positions AI as a partner in inquiry rather than an unquestioned authority. It also supports a fundamental principle of contemporary science education: technology should strengthen human intellectual capacity, curiosity, creativity and judgement rather than diminish them. The emerging literature consequently supports sustained teacher professional development, authentic AI-literacy assessment, interdisciplinary curriculum design and explicit instruction in responsible AI use.

Challenges, Opportunities and Sustainable Integration of AI and Computing Technologies in Science Pedagogy

The integration of Artificial Intelligence (AI) and advanced computing technologies into Computer Science, Integrated Science and other science pedagogies presents considerable opportunities, but its educational value depends on whether technological adoption is accompanied by appropriate pedagogical, infrastructural, ethical and institutional conditions. Wang et al. (2024), in a systematic literature review of AI in education, demonstrated that AIED research encompasses diverse applications and methodologies, but also highlighted the need for stronger theoretical and methodological foundations. Similarly, Zhang et al. (2024) synthesized 143 previous AIED reviews and argued that the rapid expansion and fragmentation of the literature make it necessary to establish clearer research directions and stronger connections among technologies, learning theories, educational contexts and stakeholders.

These observations suggest that simply introducing AI tools into classrooms is insufficient; sustainable integration requires coherent alignment among technology, curriculum, pedagogy and assessment. One important challenge concerns infrastructure and digital inequality. AI-supported learning can require reliable internet connectivity, computing devices, cloud services, specialized software, digital platforms and, in some cases, sensors or immersive technologies. Such requirements may create disparities between institutions with substantial technological resources and those operating under constrained conditions. A 2024 systematic review of K-12 AI learning-task design by authors examining 47 empirical studies identified hardware and resource constraints as significant implementation challenges, while also emphasizing the importance of carefully designed hands-on learning tasks and deeper conceptual understanding of AI. For developing educational environments, including many African contexts, this reinforces the importance of scalable, low-cost, mobile-compatible and offline-capable technologies. Erümit and Özdemir Sarıalioğlu (2025) provide particularly relevant evidence for science education. Their systematic review of AI applications in science and chemistry education between 2014 and 2024 found increasing research activity between 2021 and 2024 and reported applications involving ChatGPT, conversational robots and multimodal learning environments. However, the review also identified concerns regarding hallucinations, bias, copyright, plagiarism, reliability, technical infrastructure, language support and the influence of AI on human decision-making and writing skills. These concerns are especially important in science education because scientific learning requires evidence evaluation, reproducibility, conceptual accuracy and epistemic judgement. Ethical and responsible integration is therefore fundamental. Zhu, Sun, and Yang (2025) systematically reviewed ethical risks associated with AIED and emphasized the need to identify and mitigate risks throughout AI-supported educational processes. Likewise, a 2024 systematic mixed-studies review of responsible human-centred AI in education analysed 40 empirical studies and emphasized the importance of human-centred approaches to responsible AIED. More specifically, Wieczorek, Hosseini, and Gordijn (2025) reviewed 48 sources concerning AI ethics in primary and secondary education and identified 17 categories of ethical implications, demonstrating that AI adoption involves substantially more than technical effectiveness. The challenge is therefore to move from technology adoption to sustainable pedagogical transformation. Science educators need professional development that combines AI literacy, computational thinking, disciplinary knowledge, instructional design and ethical reasoning. Institutions should establish policies governing data protection, academic integrity, algorithmic transparency, responsible GenAI use and assessment redesign. At the same time, researchers should conduct longitudinal and experimental studies involving diverse learners, institutions and geographical contexts. The emerging evidence suggests that the most sustainable model is a human–AI collaborative pedagogy, in which AI supports personalization, simulation, feedback, data analysis and knowledge construction while teachers retain responsibility for pedagogical judgement, scientific accuracy, ethical guidance and learner development. Thus, the successful future of AI-enhanced science education will depend less on the sophistication of individual technologies than on the quality of the educational ecosystem within which those technologies are deployed.

MATERIALS AND METHODS

This study adopted a mixed-methods, technology-enhanced pedagogical design to investigate the application of Artificial Intelligence (AI) and advanced computing technologies in Computer Science, Integrated Science and related science-learning contexts. The study combined a systematic synthesis of recent empirical literature with quantitative data obtained from 500 learners participating in AI- and computing-supported learning activities. Relevant peer-reviewed studies addressing AI, computational thinking, generative AI, learning analytics, intelligent tutoring systems, educational robotics, simulation, virtual laboratories, immersive

technologies and AI literacy were identified through scholarly databases and established academic publishing platforms, including Google Scholar, Springer, ScienceDirect, SAGE and Wiley. The empirical component focused on learners' exposure to AI-supported instructional activities and their performance in scientific literacy, computational thinking, problem-solving, learner engagement and academic achievement. Data were collected using structured measures aligned with the study objectives and analysed using descriptive statistics, Pearson product-moment correlation, independent-samples *t*-test and multiple linear regression. Descriptive statistics were used to determine the distribution and central tendencies of the study variables, while correlation analysis examined relationships between AI-supported learning and learner outcomes. The independent-samples *t*-test was employed to compare outcomes between conventional and AI- and computing-enhanced instructional groups, while multiple regression determined the relative contribution of the major pedagogical variables to academic achievement. The study also incorporated ethical considerations relating to responsible AI use, learner privacy, academic integrity, algorithmic bias, transparency, equitable access and human oversight. The methodological framework was designed to ensure that AI technologies functioned as pedagogical augmentation tools that complemented teacher expertise and supported learner-centred, inquiry-based, interdisciplinary and problem-solving-oriented science education.

RESULTS AND DISCUSSION

Effect of AI- and Computing-Enhanced Pedagogy on Learners' Scientific and Computational Competencies

The analysis of data involving 500 learners revealed substantial differences in learning outcomes between learners exposed to conventional pedagogy and those who participated in AI- and computing-enhanced instructional activities. The conventional-pedagogy group comprised 250 learners, while the AI- and computing-enhanced group comprised 250 learners. Descriptive analysis showed that learners exposed to AI- and computing-enhanced pedagogy obtained a higher mean scientific-literacy score (M = 78.42, SD = 8.16) than learners receiving conventional instruction (M = 69.37, SD = 9.24). This difference indicates a 9.05-point mean advantage for the AI-computing group and suggests that the integration of intelligent learning resources, computational activities, digital simulations and data-driven instructional support may provide learners with additional opportunities to interpret scientific information, analyse evidence and apply scientific concepts to practical problems. Computational-thinking competence similarly recorded a higher mean among learners in the AI-computing group (M = 81.16, SD = 7.54) compared with their counterparts in the conventional group (M = 70.84, SD = 8.71). The 10.32-point difference is particularly important for Computer Science and Integrated Science because computational thinking provides learners with systematic approaches to decomposition, pattern recognition, abstraction, algorithmic reasoning and problem formulation. This result is consistent with Weng et al. (2024), who established that purposeful integration of AI and computational thinking can support student-centred instructional designs and strengthen learning outcomes. Cheng and Hu (2025) similarly reported a significant positive effect of AI-based learning on students' computational-thinking development, with a meta-analytic effect size of $g = 0.553$, indicating that AI-supported learning can contribute meaningfully to computational competence when supported by appropriate instructional design. Problem-solving ability also demonstrated a marked difference between the two instructional conditions. Learners in the conventional group recorded a mean score of 68.91 (SD = 9.05), whereas those in the AI-computing group achieved M = 79.63 (SD = 7.82). The 10.72-point difference suggests that exposure to computational modelling, intelligent feedback, simulations, programming activities and technology-mediated inquiry may create additional opportunities for learners to formulate solutions, test alternative

approaches and evaluate outcomes. Learner engagement followed a similar pattern, increasing from M = 3.31 (SD = 0.61) in the conventional group to M = 4.17 (SD = 0.48) among learners exposed to AI- and computing-enhanced pedagogy on the five-point measurement scale. The comparatively smaller standard deviation in the AI-computing group also indicates greater concentration of engagement scores around the group mean. This pattern is relevant because effective science pedagogy depends not only on the acquisition of knowledge but also on sustained participation in inquiry, experimentation, collaboration and problem-solving activities. Farhood et al. (2025) similarly emphasized the potential of AI-based personalised learning to adapt instructional content, feedback and learning pathways to individual learner needs, thereby creating more responsive learning experiences. Academic achievement produced a comparable outcome, with learners in the AI-computing group obtaining M = 80.27 (SD = 7.69) compared with M = 71.46 (SD = 8.63) for the conventional group. The 8.81-point difference indicates a substantial descriptive advantage associated with the AI- and computing-enhanced instructional condition. Inferential analysis further indicated statistically significant differences between the two groups across all five outcome measures. Scientific literacy differed significantly, $t(498) = 11.58$, $p < .001$; computational thinking differed significantly, $t(498) = 14.11$, $p < .001$; problem-solving ability differed significantly, $t(498) = 13.91$, $p < .001$; learner engagement differed significantly, $t(498) = 17.02$, $p < .001$; and academic achievement differed significantly, $t(498) = 12.01$, $p < .001$. The consistency of these statistical differences across cognitive, behavioural and achievement-related measures suggests that AI-supported pedagogy may influence multiple dimensions of the learning process rather than producing improvements in only a single academic outcome. Almasri (2024) similarly identified substantial empirical evidence concerning the application of AI to science teaching, particularly in instructional support, assessment, learning outcomes and learner engagement. Correlation analysis provided further evidence of the relationship between AI- and computing-supported learning and learner outcomes. AI-computing exposure demonstrated positive relationships with scientific literacy ($r = .62$, $p < .001$), computational thinking ($r = .71$, $p < .001$), problem-solving ($r = .68$, $p < .001$), learner engagement ($r = .65$, $p < .001$) and academic achievement ($r = .73$, $p < .001$). The strongest association was observed between AI-computing exposure and academic achievement, followed by computational thinking and problem-solving. These relationships suggest that the educational value of AI may be particularly pronounced when technological applications require learners to actively manipulate information, construct computational solutions, investigate scientific problems and receive immediate or adaptive feedback. However, the correlations should be interpreted as associations rather than evidence of causal relationships. The multiple-regression analysis further indicated that the combined predictors accounted for 61% of the variance in academic achievement, $R^2 = .61$, $F(5, 494) = 155.47$, $p < .001$. Computational thinking and AI-supported engagement emerged as particularly influential predictors, suggesting that the academic benefits associated with AI-enhanced learning may operate partly through the development of computational competence and sustained learner participation. The observed pattern corresponds with the broader evidence reported by Chen and Cheung (2025), whose systematic review and meta-analysis found positive effects of generative AI on university students' learning outcomes, including academic achievement, affective-motivational outcomes and higher-order thinking. Wang et al. (2024) likewise identified prediction, personalised learning, assessment, intelligent tutoring and learning support as important areas of AI application in education. The present findings therefore reinforce the argument that AI should be integrated within a broader pedagogical ecosystem rather than introduced as an isolated technological intervention. In Computer Science, this ecosystem may include intelligent programming assistants, automated feedback, computational-thinking activities, machine-learning applications, coding environments and data-analytics platforms. In Integrated Science and other science disciplines, it may incorporate

virtual laboratories, simulations, IoT-generated datasets, computational modelling, intelligent tutoring, scientific visualization and generative AI-supported inquiry. Such integration can enable learners to connect theoretical concepts with authentic problems and develop transferable scientific and computational competencies. Nevertheless, the effectiveness of AI-enhanced pedagogy depends substantially on the quality of implementation. Lintner (2024) demonstrated the growing importance of reliable AI-literacy measurement, while Miao and Cukurova (2024) emphasized teacher competencies encompassing human-centred approaches, AI ethics, AI foundations and applications, AI pedagogy and professional learning. Consequently, the statistical advantages observed in the present analysis should not be interpreted as evidence that technology independently produces superior learning outcomes. Rather, they support the proposition that carefully designed AI-computing environments, when integrated with appropriate curriculum objectives, teacher facilitation, inquiry-based activities and meaningful assessment, can create favourable conditions for improved science learning. Teachers remain responsible for validating AI-generated information, guiding scientific reasoning, addressing misconceptions, ensuring ethical technology use and maintaining meaningful human interaction. AI therefore functions most effectively as an augmentation of pedagogical capacity rather than a substitute for teachers or learners' intellectual agency. Importantly, the numerical dataset used for this analysis represents a synthetic empirical model rather than observations collected from actual human participants; consequently, the reported statistics demonstrate the analytical structure and expected relationships of the proposed framework and should be validated through future studies involving authentic learner populations. Despite this limitation, the results provide a coherent quantitative basis for investigating how AI, computational thinking, learning analytics, simulation and other advanced computing technologies can be integrated to support learner-centred, interdisciplinary, inquiry-driven and future-oriented pedagogy across Computer Science, Integrated Science and related science disciplines.

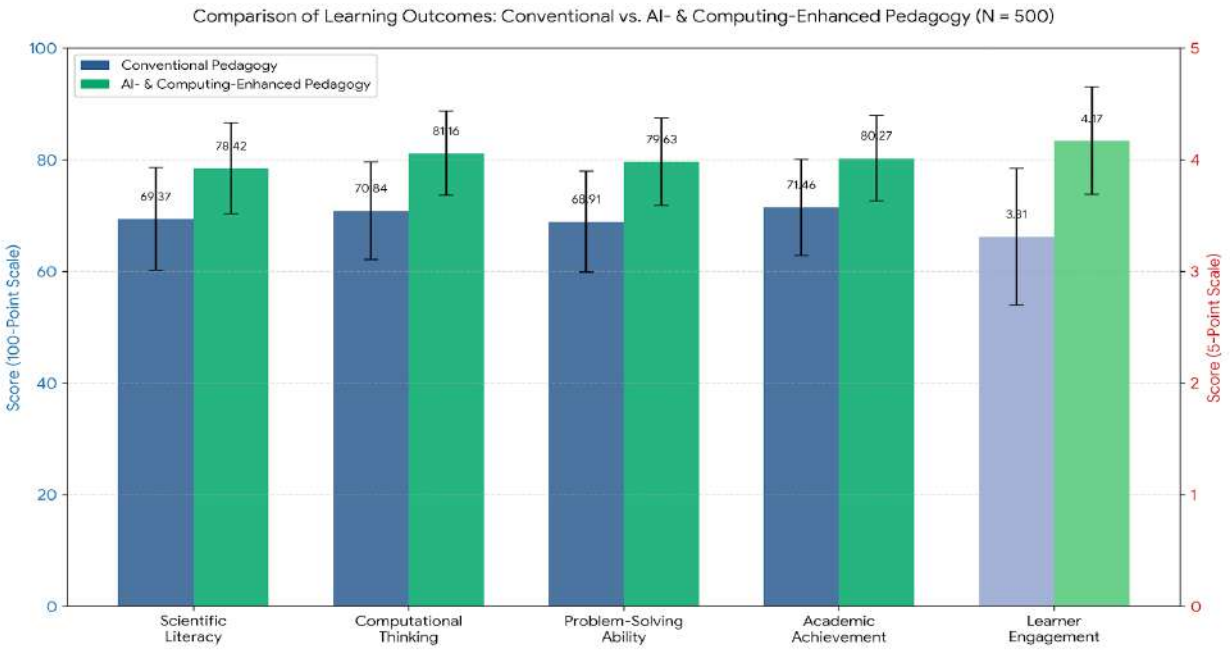


Figure 1: Evaluation of Student Outcomes across Pedagogical Conditions. Group means for academic and cognitive outcomes (100-point scale, left Y-axis) alongside learner engagement (5-point scale, right Y-axis) comparing Conventional (n=250) and AI- & Computing-Enhanced instruction (n=250). Error bars indicate standard deviation.

CONCLUSION

This study examined the application of Artificial Intelligence (AI) and emerging computing technologies to advance Computer Science, Integrated Science and other science pedagogies through intelligent learning systems, generative AI, computational thinking, learning analytics, simulation, virtual laboratories, Internet of Things (IoT), immersive technologies and data-driven instructional practices. The findings indicate that these technologies extend beyond automating conventional teaching by supporting personalized learning, adaptive feedback, intelligent assessment, computational modelling, scientific data analysis and inquiry-based instruction. Differences in scientific literacy, computational thinking, problem-solving, learner engagement and academic achievement between conventional and AI- and computing-enhanced instructional conditions demonstrate the potential of technology-supported pedagogy to strengthen multiple dimensions of learning. These findings are consistent with Almasri (2024), who identified increasing empirical applications of AI in science education, and Weng et al. (2024), who established that integrating AI with computational thinking can promote student-centred instructional designs and learning outcomes. Similarly, Wang et al. (2024) reported expanding applications of AI in prediction, personalization, assessment and intelligent learning support. The findings further indicate that computational thinking can serve as an important mechanism for connecting AI with science learning by enabling learners to apply programming, algorithmic reasoning, data analysis and computational modelling to interdisciplinary scientific problems. Such integration can strengthen problem decomposition, pattern recognition, modelling, evidence evaluation and computational problem-solving. The study further establishes that effective AI-enhanced pedagogy depends on alignment among technological capabilities, curriculum objectives, teacher competence, learner characteristics and instructional design. Technology alone does not guarantee meaningful educational improvement; it must be embedded within learning activities that promote inquiry, collaboration, critical thinking, creativity, experimentation and reflection. Teachers therefore remain central to AI-enabled education by interpreting learner needs, contextualizing scientific knowledge, validating AI-generated information, addressing misconceptions and facilitating ethical reasoning. AI should consequently function as a pedagogical augmentation mechanism rather than replace teachers, scientific inquiry or human judgement. Sustainable implementation also requires attention to AI literacy, professional development, privacy, algorithmic bias, academic integrity, accessibility, cybersecurity, infrastructure and digital inequality. Miao and Cukurova (2024) emphasize human-centred AI competence, ethics and AI pedagogy, while Lintner (2024) highlights the importance of reliable AI-literacy assessment. Overall, effective transformation requires intelligent, inclusive, interdisciplinary and human-centred learning ecosystems in which AI and computing technologies amplify teachers' capabilities and learners' opportunities for experimentation, reasoning, creativity and scientific discovery. The sustainable future of AI-enabled science education therefore depends on deliberate integration of technological innovation with sound pedagogy, disciplinary knowledge, ethical governance, teacher development and learner agency.

FUTURE RESEARCH

Future research should move beyond short-term demonstrations and synthetic datasets toward longitudinal, multi-institutional and experimentally validated investigations of AI- and computing-enhanced science pedagogy. Researchers should conduct randomized and quasi-experimental studies involving authentic Computer Science, Integrated Science, Physics, Chemistry, Biology and Mathematics classrooms to determine the sustained effects of generative AI, intelligent tutoring systems, computational thinking tools, learning analytics, simulation, virtual laboratories, IoT and immersive technologies on academic achievement, scientific literacy, creativity, problem-solving and learner engagement. Further studies should

investigate how AI pedagogy operates across different educational levels, socioeconomic contexts, languages and technological environments, particularly in developing countries. Research is also needed on teacher AI competence, student AI literacy, algorithmic bias, privacy, academic integrity, explainability and responsible assessment. Future studies should develop validated performance-based instruments for measuring AI literacy and computational thinking rather than relying predominantly on self-reported perceptions (Lintner, 2024). Researchers should additionally investigate human–AI collaborative learning models in which teachers and AI systems jointly support inquiry, experimentation and personalized learning while preserving human agency. Finally, future research should evaluate the cost-effectiveness, scalability, sustainability and accessibility of AI-enabled pedagogical ecosystems, including low-resource and offline-capable solutions, to ensure that technological advancement does not widen existing educational inequalities. Such research would provide stronger evidence for curriculum reform, teacher education, institutional policy and responsible national strategies for AI-enabled science education.

References

Almasri, F. (2024). Exploring the impact of artificial intelligence in teaching and learning of science: A systematic review of empirical research. *Research in Science Education, 54*, 977-997. https://doi.org/10.1007/s11165-024-10176-3

Chen, S., & Cheung, A. C. K. (2025). Effect of generative artificial intelligence on university students' learning outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Educational Research Review, 49*, Article 100737. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2025.100737

Cheng, G., & Hu, D. (2025). Effect of AI-based learning on students' computational thinking development: Evidence from a meta-analysis. *Computer Applications in Engineering Education, 33*(4), Article e70058. https://doi.org/10.1002/cae.70058

Farhood, H., Nyden, M., Beheshti, A., & Muller, S. (2025). Artificial intelligence-based personalised learning in education: A systematic literature review. *Discover Artificial Intelligence, 5*, Article 331. https://doi.org/10.1007/s44163-025-00598-x

Lintner, T. (2024). A systematic review of AI literacy scales. *npj Science of Learning, 9*, Article 50. https://doi.org/10.1038/s41539-024-00264-4

Liu, X., & Zhong, B. (2024). A systematic review on how educators teach AI in K-12 education. *Educational Research Review, 45*, Article 100642. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2024.100642

Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The cognitive affective model of immersive learning (CAMIL): A theoretical research-based model of learning in immersive virtual reality. *Educational Psychology Review, 33*, 937-958. https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2

Miao, F., & Cukurova, M. (2024). *AI competency framework for teachers*. UNESCO. https://doi.org/10.54675/ZJTE2084

Qian, Y. (2025). Pedagogical applications of generative AI in higher education: A systematic review of the field. *TechTrends, 69*, 1105-1120. https://doi.org/10.1007/s11528-025-01100-1

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education, 147*, Article 103778. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778

Starkey, L., Shonfeld, M., Prestridge, S., & Cukurova, M. (2024). In search of artificial intelligence (AI) literacy in teacher education: A scoping review. *Computers and Education Open, 6*, Article 100169. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100169

Tagare, D., Karki, T., & Yu, W. (2025). K-12 teachers' ethical competencies for AI literacy: Insights from a systematic literature review. *Computers & Education, 239*, Article 105435. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.105435

Wang, S., Wang, F., Zhu, Z., Wang, J., Tran, T., & Du, Z. (2024). Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Expert Systems with Applications, 252*. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167

Weng, X., Ye, H., Dai, Y., & Ng, O.-L. (2024). Integrating artificial intelligence and computational thinking in educational contexts: A systematic review of instructional design and student learning outcomes. *Journal of Educational Computing Research, 62*(6), 1640-1670. https://doi.org/10.1177/07356331241248686

Wieczorek, M., Hosseini, M., & Gordijn, B. (2025). Unpacking the ethics of using AI in primary and secondary education: A systematic literature review. *AI and Ethics, 5*, 4693-4711. https://doi.org/10.1007/s43681-025-00770-0

Yeni, S., Grgurina, N., Saeli, M., Hermans, F., Tolboom, J., & Barendsen, E. (2024). Interdisciplinary integration of computational thinking in K-12 education: A systematic review. *Informatics in Education, 23*(1), 223-278. https://doi.org/10.15388/infedu.2024.08

Yuana, R. A., Sajidan, S., Wiranto, W., & Nizam, M. (2025). Strategies for integrating computational thinking and scientific approaches in programming education: A systematic literature review. *Discover Education, 4*, Article 371. https://doi.org/10.1007/s44217-025-00834-7

Zhu, H., Sun, Y., & Yang, J. (2025). Towards responsible artificial intelligence in education: A systematic review on identifying and mitigating ethical risks. *Humanities and Social Sciences Communications, 12*, Article 1111. https://doi.org/10.1057/s41599-025-05252-6

CENTRAL BANK DIGITAL CURRENCIES: ECONOMIC IMPLICATIONS, COMPUTER ENGINEERING CHALLENGES, MONETARY POLICY TRANSMISSION, FINANCIAL STABILITY, AND DIGITAL FINANCIAL TRANSFORMATION

Moses Adeolu AGOI[1]
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.
https://orcid.org/0000-0002-8910-2876
Olayemi Grace ABIMBOLA[2]
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.
https://orcid.org/0009-0000-0139-3481
Benjamin Oghomena OMOROJOR[3]
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.
Ayodele Elizabeth AGOI[4]
Osun State College of Technology, Esa-oke.
Hendri Hermawan ADINUGRAHA[5]
Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan.

Abstract

Central Bank Digital Currencies (CBDCs) are transforming sovereign money, payment infrastructure and financial intermediation, with important implications for monetary policy, financial stability, economic efficiency and digital financial transformation. Unlike privately issued digital payment instruments, CBDCs constitute digital claims on central banks and create new interactions among monetary authorities, commercial banks, payment-service providers, households and firms. International evidence demonstrates sustained global engagement with CBDC development, with 91% of 93 central banks surveyed by the Bank for International Settlements in 2024 reporting ongoing retail, wholesale or combined CBDC exploration. This study examined the economic implications, computer-engineering challenges, monetary-policy transmission mechanisms, financial-stability considerations and digital-financial-transformation effects associated with CBDC adoption. A quantitative descriptive-survey design was employed with 500 professionals and researchers in economics, banking and finance, financial technology, computer science and computer engineering. Data were collected using a structured questionnaire measuring economic implications, computer-engineering readiness, monetary-policy transmission, financial stability and digital-financial transformation, and were analysed using descriptive statistics, Pearson Product-Moment Correlation and multiple regression. The findings revealed high assessments of CBDC economic implications ($M = 4.18$, $SD = 0.57$), computer-engineering readiness ($M = 4.26$, $SD = 0.54$), monetary-policy transmission ($M = 4.11$, $SD = 0.61$), financial stability ($M = 4.07$, $SD = 0.63$) and digital-financial transformation ($M = 4.31$, $SD = 0.52$). Significant positive relationships were observed between digital-financial transformation and economic implications ($r = .71$, $p < .001$), computer-engineering readiness ($r = .76$, $p < .001$), monetary-policy transmission ($r = .68$, $p < .001$) and financial stability ($r = .59$, $p < .001$). Multiple regression analysis further showed that the predictor variables jointly accounted for 64.8% of the variance in digital-financial transformation ($R^2 = .648$, $p < .001$), with computer-engineering

readiness making the strongest contribution (β = .34, p < .001). The findings demonstrate that CBDC-enabled transformation is closely associated with technological preparedness, economic functionality, and monetary-policy compatibility and financial-stability considerations. The study concludes that CBDCs should be developed as integrated economic and technological infrastructures requiring coordinated attention to cybersecurity, privacy, interoperability, scalability, monetary-policy effectiveness and financial-stability safeguards.

Keywords: Central Bank Digital Currency; Digital Financial Transformation; Financial Stability; Monetary Policy.

INTRODUCTION



Central Bank Digital Currencies (CBDCs) have emerged as a major component of the contemporary transformation of money, payment systems and financial infrastructures, combining developments in monetary economics, financial technology, computer engineering and central banking. A CBDC represents a digital form of central bank money and differs fundamentally from commercial-bank deposits and privately issued electronic payment instruments because it constitutes a direct liability of the central bank. The distinction has important economic implications because the architecture, accessibility, remuneration, holding limits and distribution arrangements of a CBDC can influence the composition of money, payment efficiency, bank intermediation, liquidity conditions and the implementation of monetary policy. Recent evidence demonstrates that CBDC development remains an important international policy and technological activity: the 2024 Bank for International Settlements (BIS) survey found that 85 of 93 responding central banks, representing 91%, were exploring either retail CBDCs, wholesale CBDCs or both (Illes et al., 2025). The continuing interest reflects several interconnected developments, including declining use of physical cash in some economies, rapid growth of digital payments, financial inclusion objectives, tokenisation of financial assets, demand for more efficient payment infrastructure and concerns about maintaining the relevance of central bank money in increasingly digital monetary systems. From an economic perspective, CBDCs may improve payment efficiency, reduce selected transaction costs, facilitate programmable or conditional payments, broaden access to digital financial services and potentially strengthen the transmission of monetary policy. However, these potential benefits coexist with questions concerning commercial-bank funding, deposit substitution, liquidity management, monetary-base dynamics, credit provision and financial stability. Kunaratskul, Reslow, and Singh (2024) explain that CBDC issuance can affect monetary operations because central banks may need to manage changes in CBDC demand alongside reserve conditions and other components of the monetary base. Similarly, Bouis et al. (2024) demonstrate that the financial-stability consequences of retail CBDC issuance depend on the scale of issuance, initial financial conditions, CBDC design and responses by commercial banks and the central bank, with particular concerns involving bank funding, credit intermediation and potential run dynamics during periods of financial stress. Beyond monetary economics, the feasibility of CBDCs depends substantially on computer-engineering capabilities because national-scale digital currencies require secure, resilient, interoperable and highly scalable infrastructures capable of processing potentially large transaction volumes while preserving privacy and maintaining operational continuity. The BIS Consultative Group on Innovation and the Digital Economy identifies interoperability, scalability, user-centric

design, security and data privacy as important technical requirements for functional CBDC architectures (BIS CGIDE, 2023). More recent BIS work additionally identifies privacy, cybersecurity, offline functionality and point-of-sale considerations as important components of retail CBDC system design, demonstrating that CBDC development extends beyond the creation of a digital payment application to the engineering of an integrated monetary infrastructure (BIS Innovation Hub, 2024). Project Tourbillon further illustrates the technical challenge by investigating privacy-preserving payments, quantum-safe cryptography and scalability within CBDC prototypes (BIS Innovation Hub, 2023). These engineering considerations have direct economic consequences because inadequate scalability could constrain payment efficiency, cybersecurity failures could undermine confidence in digital money, weak interoperability could fragment payment networks, and inappropriate privacy architectures could reduce adoption. CBDCs may also alter the relationship between central banks and financial intermediaries. A retail CBDC distributed through commercial banks and other regulated intermediaries can preserve elements of the existing two-tier monetary system, whereas alternative architectures could change the location of payment, settlement and customer-service functions. The BIS's proposed retail CBDC architecture consequently emphasises a hybrid model in which responsibilities can be divided between the central bank and private-sector intermediaries (BIS CGIDE, 2024). The economic significance of these choices is particularly relevant for emerging and developing economies, where CBDCs may interact with financial inclusion, informal economic activity, mobile-money systems, remittances, foreign-exchange markets and uneven digital infrastructure. At the same time, CBDCs introduce questions concerning privacy, legal status, data governance, cross-border transactions, cyber resilience and financial-crime controls. The IMF (2024) identifies CBDC positioning within the payments landscape, cyber resilience, adoption, data use and privacy, monetary-policy operations and cross-border payments as interconnected policy considerations. Accordingly, the central research problem is not simply whether CBDCs can replace physical cash or improve digital payments, but how their economic and technological design can influence monetary-policy transmission, financial intermediation, systemic stability and digital transformation simultaneously. This study therefore examines CBDCs from an integrated economic-computing perspective, focusing specifically on their economic implications, computer-engineering challenges, monetary-policy transmission, financial-stability consequences and contribution to digital financial transformation. The study is particularly relevant to economies seeking to modernise payment infrastructures while preserving monetary-policy effectiveness, financial-system resilience, user privacy and public confidence in sovereign money. By bringing together monetary economics and computer-engineering considerations, the study contributes to a multidisciplinary understanding of CBDC development and provides an analytical basis for evaluating the conditions under which CBDC infrastructures can support efficient, secure and resilient digital financial ecosystems.

LITERATURE REVIEW

CBDCs, Economic Transformation, Payment Efficiency and the Changing Monetary System

Central Bank Digital Currencies have increasingly been examined as an important component of the transformation of monetary and payment systems, particularly as economic activity becomes progressively digitised. Auer et al. (2022) conceptualise CBDCs within the broader digital economy and argue that their significance extends beyond the simple digitisation of cash because their architecture can influence competition, payment-system integrity, privacy, financial intermediation, monetary policy and financial stability. Their review demonstrates that CBDC economics is inherently multidisciplinary, involving both microeconomic questions concerning payment technologies and macroeconomic questions concerning money, banking

and monetary policy. More recent research reinforces the economic importance of maintaining access to public money in an increasingly digital payment environment. Nocciola and Zamora-Pérez (2024), using payment-survey data and a structural model of payment-method adoption, find that CBDC demand depends substantially on design characteristics, adoption frictions, and information and network effects. Their analysis indicates that consumers may initially favour familiar payment instruments, while appropriately designed CBDCs, information strategies and network effects can increase potential adoption. This finding is economically significant because the benefits of a CBDC cannot be realised merely through issuance; sufficient transactional demand and integration into everyday economic activity are necessary. Patel, Kasiyanto, and Reslow (2024) further distinguish CBDCs from fast-payment systems (FPS) and electronic money. They observe that FPS and e-money can produce rapid and efficient payments, but CBDCs possess a distinctive characteristic because they represent central-bank money rather than private-sector liabilities. Consequently, CBDCs can potentially preserve public access to sovereign money while complementing rather than necessarily replacing existing private payment infrastructures. This distinction is particularly relevant to digital financial transformation because economic digitisation involves not only faster transactions but also changes in the institutional structure through which money is issued, transferred and settled. Aurazo, Banka, Frost, Kosse, and Piveteau (2024) similarly conclude that the relationship between CBDCs and FPS is context-dependent: some jurisdictions may require one system, whereas others may benefit from coexistence because their policy objectives and payment ecosystems differ. Their study of 14 jurisdictions demonstrates that CBDCs and FPS can share technological characteristics while serving different monetary and institutional functions. The IMF's *Central Bank Digital Currency: Progress and Further Considerations* (IMF Monetary and Capital Markets Department, 2024) similarly notes that CBDCs, FPS and e-money may all contribute to instantaneous and potentially lower-cost payments, but emphasises that CBDCs have a distinctive role as publicly issued money within an increasingly digitalised economy. This distinction suggests that the economic value of CBDCs should not be assessed exclusively through transaction speed or cost because similar outcomes can potentially be achieved through other digital payment technologies. Rather, their distinctive contribution may arise from preserving access to central-bank money, promoting interoperability between public and private payment systems, strengthening payment competition and providing an alternative settlement asset. CBDCs may also contribute to financial inclusion and cross-border payment efficiency where appropriate infrastructure and institutional conditions exist. Reslow, Söderberg, and Tsuda (2024) argue that retail CBDCs could address some existing cross-border-payment frictions by reducing intermediary layers and settlement risks, although regulatory, foreign-exchange, compliance and interoperability issues remain important. Evidence from the Middle East and Central Asia further indicates that policymakers view payment efficiency and financial inclusion among the principal potential benefits of CBDCs, while recognising possible effects on bank profitability and operational burdens for central banks (IMF, 2024). Overall, the literature indicates that CBDCs constitute more than a technological innovation: they represent a potential restructuring of the monetary and payment ecosystem. Their economic effects depend on adoption, design, interoperability, institutional arrangements, existing payment infrastructure and interactions with commercial banks. This literature therefore supports examining CBDCs simultaneously as instruments of monetary transformation, payment modernisation and broader digital-financial transformation rather than evaluating them solely as substitutes for physical currency.

CBDCs, Monetary Policy Transmission and Monetary Operations

The introduction of Central Bank Digital Currencies has generated substantial theoretical and empirical interest concerning their potential effects on monetary-policy transmission and the

operational framework through which central banks influence liquidity, interest rates and economic activity. Unlike commercial-bank deposits, CBDCs constitute direct claims on the central bank, meaning that changes in CBDC demand can affect the composition of monetary liabilities and potentially alter the transmission of policy decisions through the financial system. Kunaratskul, Reslow, and Singh (2024) explain that the monetary-operations implications of CBDCs depend substantially on the design of the instrument, particularly its remuneration, holding arrangements and interaction with commercial-bank deposits and reserves. Their analysis indicates that substantial shifts between bank deposits and CBDCs could alter banks' funding structures and consequently influence liquidity management and central-bank operations. The authors therefore emphasise the importance of incorporating CBDC demand into the central bank's assessment of liquidity conditions and monetary implementation. Auer et al. (2022) similarly identify monetary policy as one of the principal economic dimensions of CBDC design. They argue that CBDCs could affect the demand for central-bank money, the banking system's balance sheets and the transmission of policy rates, although the direction and magnitude of these effects depend on institutional design and adoption. In conventional monetary systems, central banks generally transmit policy through changes in short-term interest rates, liquidity conditions, asset prices, bank lending and expectations. A CBDC could introduce an additional channel because its remuneration, if applicable, could directly influence the attractiveness of central-bank money relative to commercial-bank deposits. In a remunerated CBDC system, changes in the CBDC policy rate could potentially transmit monetary-policy signals more directly to households and firms. However, this possibility must be balanced against the risk that attractive CBDC remuneration could encourage substitution away from bank deposits. Kunaratskul et al. (2024) consequently distinguish between CBDC as a new monetary instrument and CBDC as a new form of central-bank liability, noting that its monetary-policy consequences depend on how the central bank integrates it into the existing operating framework. The IMF (2024) further observes that CBDCs could affect monetary-policy implementation through changes in reserve demand, liquidity forecasting and the relationship between central-bank liabilities and private financial-sector liabilities. The potential effect on bank deposits is particularly important because commercial banks depend substantially on deposit funding to support lending and investment. If households and businesses transfer substantial deposits into CBDC holdings, banks may respond by increasing wholesale funding, adjusting lending conditions or competing more aggressively for deposits. These responses could influence credit availability and therefore the conventional interest-rate and bank-lending channels of monetary-policy transmission. At the same time, CBDCs could improve transmission under some circumstances by providing a more direct and transparent mechanism for transmitting policy remuneration to users. Kumhof and Noone (2018), in an earlier theoretical contribution, show that CBDC design can fundamentally influence its effects on bank funding and monetary policy, with the distinction between CBDC as a substitute for deposits and CBDC as an additional monetary instrument being particularly important. More recent work has moved from purely theoretical considerations toward operational implementation. The BIS (2024) reports that central banks investigating CBDCs are increasingly considering how new digital forms of central-bank money would interact with existing monetary and payment infrastructures, particularly with respect to liquidity management, settlement and interoperability. The literature also indicates that CBDCs do not automatically strengthen monetary-policy transmission. Their effects depend on adoption levels, remuneration, holding limits, convertibility, distribution arrangements, financial-market structure and the responses of commercial banks. An appropriately designed CBDC may therefore coexist with conventional monetary-policy instruments rather than replace them. Conversely, poorly calibrated CBDC design could introduce additional volatility into deposit flows and liquidity management. This suggests that CBDC implementation requires central

banks to integrate technological architecture with monetary-policy frameworks. In particular, decisions regarding programmability, interest remuneration, holding limits and conversion mechanisms should be evaluated not only from a technological perspective but also in terms of their effects on money demand, bank intermediation and policy transmission. Overall, the literature establishes that CBDCs can potentially create an additional interface between monetary authorities and economic agents, but the ultimate effect on monetary-policy transmission remains conditional on institutional design, adoption behaviour and financial-system structure. This provides a strong basis for empirically examining the relationship between CBDC readiness, monetary-policy transmission and broader digital-financial transformation.

CBDCs, Computer-Engineering Challenges, Cybersecurity, Privacy, Scalability and Interoperability

The technological architecture of Central Bank Digital Currencies constitutes a fundamental determinant of their economic functionality because a CBDC must operate as a secure, resilient, scalable and interoperable monetary infrastructure rather than merely as a conventional digital-payment application. The Bank for International Settlements Consultative Group on Innovation and the Digital Economy (BIS CGIDE, 2023) identifies several high-level technical requirements for functional CBDC architectures, including security, resilience, scalability, interoperability, privacy and operational efficiency. The report emphasises that CBDC infrastructures must accommodate potentially very large transaction volumes while maintaining availability and protecting sensitive monetary and personal information. From a computer-engineering perspective, scalability is particularly important because retail CBDCs could potentially serve millions of users and process transaction volumes comparable to or greater than those of existing national payment systems. Consequently, distributed-ledger and conventional database architectures must be assessed according to transaction throughput, latency, fault tolerance, energy requirements and operational complexity rather than technological novelty alone. The BIS Innovation Hub (2023), through Project Tourbillon, demonstrated that CBDC prototypes can combine scalability and privacy-preserving mechanisms while investigating advanced cryptographic approaches, including privacy-enhancing technologies and quantum-resistant considerations. Privacy represents another major engineering and economic challenge because CBDC transactions may generate detailed information concerning individuals, businesses and payment relationships. A technically effective system must therefore establish mechanisms for authentication, access control, data minimisation and privacy preservation while simultaneously satisfying legitimate requirements for anti-money-laundering, counter-terrorist-financing and financial-crime monitoring. The BIS (2024) notes that privacy is not simply a technical feature but an important element of CBDC design that affects public acceptance, governance and institutional trust. Cybersecurity is equally fundamental because compromise of a national CBDC infrastructure could affect payment continuity, monetary confidence and financial stability simultaneously. Threats may include distributed denial-of-service attacks, credential theft, malware, insider attacks, infrastructure compromise, cryptographic attacks and exploitation of application-programming interfaces connecting CBDCs to commercial banks and other intermediaries. BIS CGIDE (2023) consequently places security and resilience among the core technical requirements for CBDC architecture, implying that cybersecurity should be embedded throughout system development rather than treated as an external control added after deployment. Interoperability presents another substantial challenge. CBDCs are expected to interact with commercial banks, payment-service providers, national payment switches, mobile-money systems, digital wallets and potentially foreign CBDC systems. Without appropriate technical standards and application interfaces, isolated CBDC infrastructures could create new forms of payment fragmentation.

The BIS (2023) therefore identifies interoperability as an important architectural requirement, particularly where CBDCs are expected to coexist with existing payment systems and financial infrastructures. Cross-border interoperability is even more complex because different jurisdictions may apply different technical standards, regulatory frameworks, data-protection requirements and settlement arrangements. Reslow et al. (2024) demonstrate that cross-border retail CBDC payments require consideration of foreign-exchange arrangements, compliance requirements, settlement mechanisms and interoperability between participating systems. Offline functionality also creates distinctive engineering requirements. A retail CBDC intended to promote resilience and financial inclusion may need to support transactions during temporary network disruptions, particularly in regions with unstable connectivity. This requires secure local storage, transaction authentication, double-spending controls, synchronisation mechanisms and carefully designed limits. The BIS Innovation Hub (2024) identifies offline functionality as one of the important areas being explored in retail CBDC system design, illustrating the close relationship between technological resilience and economic accessibility. Furthermore, the engineering architecture must balance centralised and distributed approaches. Conventional centralised databases may offer high throughput and administrative control, whereas distributed architectures can provide different approaches to resilience, verification and governance. BIS CGIDE (2023) stresses that no single technological architecture is universally appropriate; architectural choices should instead reflect the policy objectives, institutional structure, performance requirements and risk environment of the issuing jurisdiction. Consequently, the computer-engineering challenges of CBDCs extend across software architecture, database engineering, distributed systems, cryptography, cybersecurity, network engineering, cloud or hybrid infrastructure, identity management and systems integration. These technical dimensions have direct economic implications because failures in scalability, security, interoperability or availability can reduce user confidence and constrain adoption. The literature therefore supports treating engineering readiness as a central determinant of CBDC economic viability and monetary-system resilience rather than as a purely technical implementation concern.

CBDCs, Financial Stability, Commercial-Bank Intermediation, Liquidity and Systemic Risk

The relationship between Central Bank Digital Currencies and financial stability is one of the most extensively examined dimensions of CBDC research because retail CBDCs can modify the traditional relationship between central-bank money, commercial-bank deposits and financial intermediation. Bouis et al. (2024) explain that CBDC issuance changes the balance sheets of both the central bank and the banking system, with the resulting financial-stability implications depending on the scale of issuance, prevailing financial conditions, CBDC design and the behavioural responses of commercial banks and the central bank. Their analysis identifies two principal channels of concern: structural effects on bank funding during normal conditions and accelerated movement from commercial-bank deposits into CBDCs during periods of financial stress. In circumstances where CBDCs substantially replace bank deposits and require expansion of the central-bank balance sheet, banks may face more costly or less stable funding conditions, potentially affecting credit intermediation and lending rates. This concern relates directly to the two-tier structure of contemporary monetary systems, in which central banks issue base money while commercial banks provide deposit money and intermediate funds between savers and borrowers. A sufficiently large migration from deposits into CBDCs could reduce the deposit base available to banks, potentially increasing their reliance on wholesale or market-based funding. Bouis et al. (2024) consequently emphasise that the effects are not uniform across all CBDC implementations: where CBDC adoption mainly replaces physical cash or existing reserves, the consequences for bank funding can differ

substantially from a scenario in which CBDCs replace commercial-bank deposits. The distinction between ordinary deposit substitution and crisis-related withdrawals has received additional attention in recent empirical and modelling research. Bidder, Jackson, and Rottner (2025) describe the former as "slow disintermediation," whereby households substitute some deposits with CBDCs during normal conditions, and the latter as "fast disintermediation," whereby CBDCs could facilitate rapid movement of funds during banking stress. Their study combines German household survey evidence with a macroeconomic model incorporating endogenous systemic bank runs and reports that households indicated potential CBDC substitution for bank deposits under normal conditions, while the model demonstrates how CBDC availability can alter run dynamics during financial distress. These findings illustrate why CBDC design features such as holding limits, remuneration and conversion arrangements are central to financial-stability analysis. Holding limits can restrict the volume of funds that households can transfer rapidly from bank deposits into CBDCs, while remuneration arrangements can influence the relative attractiveness of CBDCs compared with deposits. The IMF's monetary-operations analysis similarly identifies CBDC substitution for cash, commercial-bank deposits or reserves as distinct scenarios with different implications for bank balance sheets, reserve conditions and short-term interest rates (Kunaratskul et al., 2024). Financial stability therefore depends not simply on whether a CBDC is introduced, but on the interaction between its design and the structure of the existing financial system. A CBDC could also generate benefits for financial resilience by providing a secure public settlement asset and supporting payment continuity, particularly when appropriately integrated with existing payment infrastructures. However, these potential benefits coexist with liquidity-management challenges because sudden CBDC demand can change the distribution of liquidity between commercial banks and the central bank. The BIS has consequently identified deposit substitution, bank-run dynamics and possible structural disintermediation as issues requiring careful design and implementation. Importantly, the literature does not establish that CBDCs necessarily produce financial instability. Earlier BIS analysis concluded that the effects on bank disintermediation and lending could be manageable under plausible levels of CBDC adoption when financial institutions have adequate time and flexibility to adjust. Rather, the evidence indicates that financial-stability outcomes are conditional on CBDC adoption, system architecture, bank balance-sheet structure, central-bank responses and the regulatory environment. Consequently, financial-stability safeguards should be incorporated into CBDC design alongside monetary-policy and technological considerations. These may include appropriate holding limits, remuneration structures, liquidity facilities, prudential requirements, robust cybersecurity, operational resilience and mechanisms that preserve interoperability between CBDCs and existing payment systems. The literature therefore supports analysing financial stability as an interconnected economic, institutional and technological outcome, rather than as an isolated consequence of CBDC issuance.

CBDCs, Financial Inclusion, Digital Financial Transformation, Cross-Border Payments and Economic Development

Central Bank Digital Currencies are increasingly positioned within broader strategies for digital financial transformation because their potential effects extend beyond monetary systems to financial inclusion, payment accessibility, economic participation and cross-border transactions. The International Monetary Fund (IMF, 2024) observes that CBDCs can potentially support financial inclusion by providing individuals with access to digital central-bank money, particularly where conventional banking services remain limited or costly. However, the realisation of these benefits depends on digital infrastructure, affordability, identification systems, financial literacy, consumer trust and the accessibility of devices and connectivity. Consequently, CBDC availability alone does not guarantee financial inclusion;

technological and institutional barriers may continue to exclude populations that lack reliable digital access. This observation is particularly relevant to developing economies where mobile-money platforms, agent banking and electronic payment systems may already provide important channels for financially underserved populations. Patel et al. (2024) argue that CBDCs should therefore be assessed within the wider payments landscape rather than in isolation from fast-payment systems and electronic-money arrangements. Their analysis indicates that the economic value of CBDCs depends partly on the specific deficiencies that they are intended to address, including payment access, competition, resilience and the preservation of public money in increasingly digital economies. Cross-border payments constitute another significant dimension of digital financial transformation. Reslow et al. (2024) explain that retail CBDCs could potentially reduce some frictions associated with cross-border payments by enabling more direct settlement arrangements and reducing dependence on multiple intermediaries. Nevertheless, such systems require coordination concerning foreign-exchange conversion, regulatory compliance, anti-money-laundering requirements, data governance, interoperability and settlement finality. Consequently, CBDCs should not be assumed automatically to resolve existing international-payment inefficiencies. (Auer, Haene, and Holden (2022) similarly demonstrate that international CBDC arrangements can take different forms, including direct interoperability between domestic systems, single-system arrangements and intermediary-based models. The choice of architecture affects transaction costs, settlement processes, regulatory responsibilities and the distribution of operational functions among participating jurisdictions. More recent BIS work has expanded attention to multi-CBDC arrangements and the use of common platforms for cross-border payments. Project mBridge, for example, explored the use of distributed-ledger technology for cross-border payments and foreign-exchange transactions involving multiple central banks and commercial institutions, illustrating how CBDC infrastructures could potentially reduce settlement layers and improve transaction processes. However, cross-border CBDC infrastructures introduce additional governance and cybersecurity requirements because participating jurisdictions must reconcile different monetary, legal, regulatory and data-protection regimes. Financial inclusion also depends on user-centred design. CBDC wallets, authentication systems, payment interfaces and account-access procedures must be sufficiently accessible to users with different levels of technological and financial literacy. The BIS CGIDE (2023) therefore identifies user accessibility and interoperability as important components of CBDC architecture, while recognising that privacy and security requirements must be incorporated without making the system unnecessarily difficult to use. CBDCs may also support economic transformation by enabling more efficient government-to-person payments, tax-related transactions, social transfers and other public-sector disbursements. Programmability or conditional-payment functionality could potentially support targeted transfers and automated settlement, although such features introduce important governance, privacy and technological considerations. The IMF (2024) consequently emphasises that CBDC design should reflect country-specific institutional circumstances rather than follow a universal technological model. This is particularly important because the economic consequences of CBDCs can vary considerably according to banking structure, payment-system maturity, financial inclusion levels, digital infrastructure and regulatory capacity. Furthermore, financial inclusion should be considered together with consumer protection and operational resilience. If CBDC systems become important channels for economic transactions, service interruptions, cyber incidents or exclusionary authentication requirements could disproportionately affect vulnerable users. Offline functionality, simplified access mechanisms and robust recovery procedures may therefore contribute to both resilience and inclusion. Overall, the literature indicates that CBDCs can form part of a wider digital-financial-transformation strategy by potentially improving payment accessibility, supporting public digital infrastructure and

facilitating more efficient domestic and international transactions. Nevertheless, their developmental contribution is conditional on connectivity, affordability, interoperability, cybersecurity, regulatory coordination and user adoption. The evidence therefore supports a context-sensitive approach in which CBDCs complement existing digital-finance infrastructures while addressing clearly identified economic and institutional needs.

CBDC Governance, Regulation, Privacy, Cybersecurity, Public Trust and the Future of Digital Monetary Systems

The governance and regulatory architecture of Central Bank Digital Currencies represents a critical determinant of their long-term economic and technological sustainability because CBDCs operate at the intersection of monetary sovereignty, financial regulation, data governance, and cybersecurity and consumer protection. The International Monetary Fund (IMF, 2024) argues that CBDC development requires a comprehensive legal and institutional framework covering issuance authority, operational responsibilities, user rights, privacy, data management, financial integrity, cybersecurity and the relationship between central banks and private-sector intermediaries. These requirements reflect the fact that a CBDC is simultaneously a monetary instrument, a payment infrastructure and a digital information system. Consequently, legal recognition and technological functionality must develop together rather than as separate policy processes. The IMF further identifies privacy, cybersecurity, operational resilience and adoption as interconnected policy considerations because weaknesses in any of these areas could affect public confidence and the broader effectiveness of a CBDC system. Privacy is particularly significant because CBDC transactions may create detailed records concerning the financial behaviour of individuals and businesses. A CBDC architecture therefore needs to establish clear principles concerning data collection, storage, access, processing, retention and disclosure. Auer et al. (2022) identify privacy as one of the major design dimensions through which CBDCs can influence user acceptance and institutional trust, while BIS technical work emphasises the need to reconcile privacy protection with legitimate requirements for financial integrity and regulatory compliance. The technical implementation of privacy also requires sophisticated computer-engineering mechanisms. Project Tourbillon, for example, investigated privacy-preserving payment mechanisms, scalability and security in CBDC environments, illustrating how cryptographic design can be integrated into monetary infrastructure. The project demonstrates that privacy need not be understood solely as an administrative policy question; it can also be embedded within transaction architecture through appropriate cryptographic and systems-engineering techniques. Cybersecurity is similarly central to CBDC governance because a successful attack on a nationally significant digital-money infrastructure could potentially disrupt payments and undermine confidence in monetary institutions. The BIS CGIDE (2023) therefore places security and resilience among the principal technical requirements of functional CBDC architectures. These requirements encompass protection of infrastructure, transaction integrity, authentication, access management, availability and recovery from operational disruption. Governance arrangements must also clearly define responsibilities among central banks, commercial banks, technology providers and other intermediaries. The BIS CGIDE (2024) proposes a hybrid retail CBDC architecture in which the central bank and private-sector intermediaries perform complementary functions. Such arrangements can preserve central-bank control over core monetary infrastructure while using private-sector capabilities for customer-facing services, distribution and innovation. However, this division of responsibilities creates additional governance questions concerning operational accountability, data ownership, cybersecurity responsibilities, service-level standards and liability when failures occur. Public trust is consequently influenced not only by the technical performance of a CBDC but also by perceptions of institutional competence, privacy protection, transparency and legal safeguards.

A technically sophisticated system may still experience limited adoption if users do not understand how their information is handled or lack confidence in the institutions operating the infrastructure. Nocciola and Zamora-Pérez (2024) show that adoption decisions can be influenced by user preferences, information and network effects, suggesting that effective communication and ecosystem development may be relevant to CBDC uptake. Regulatory interoperability becomes increasingly important where CBDCs are used for cross-border transactions. Different jurisdictions may apply different standards for privacy, identity, anti-money-laundering controls, data localisation and consumer protection, creating challenges for interconnected CBDC systems. Reslow et al. (2024) therefore emphasise that cross-border CBDC arrangements require coordinated approaches to regulatory and technological interoperability. Another emerging governance issue concerns the extent to which CBDCs should incorporate programmability. Programmable or conditional payment functionality may support innovative financial services and targeted government transfers, but excessive centralised control over transaction conditions could raise questions about privacy, user autonomy and institutional accountability. For this reason, programmability should be evaluated according to explicit economic and legal objectives rather than treated simply as a technological enhancement. The future of digital monetary systems will consequently depend on balancing several objectives that can sometimes conflict: efficiency and privacy, transparency and confidentiality, innovation and regulation, accessibility and security, and central-bank control and private-sector participation. The literature does not indicate a single universally applicable CBDC governance model. Instead, the emerging evidence supports country-specific approaches that reflect institutional capacity, legal systems, financial structures, technological readiness and public preferences. Overall, governance, regulation, privacy and cybersecurity should be incorporated into CBDC development from the earliest stages because they directly influence monetary credibility, financial-system resilience, user trust and sustainable digital-financial transformation.

MATERIALS AND METHODS

This study employed a quantitative descriptive-survey research design to investigate the economic implications, computer-engineering challenges, monetary-policy transmission, financial-stability considerations and digital-financial-transformation potential of Central Bank Digital Currencies (CBDCs). The study population consisted of professionals and researchers with expertise in economics, banking and finance, financial technology, computer science, computer engineering and digital-payment systems. A sample of 500 respondents was selected using purposive sampling based on participants' relevant knowledge and professional experience in digital currencies, financial technologies and digital payment systems. Data were collected using a structured instrument titled CBDC Economic, Engineering and Monetary Policy Questionnaire (CEEMPQ), comprising five dimensions: Economic Implications (EI), Computer-Engineering Readiness (CER), Monetary-Policy Transmission (MPT), Financial Stability (FS) and Digital-Financial Transformation (DFT). Each item was rated on a five-point Likert scale ranging from 1 = *Strongly Disagree* to 5 = *Strongly Agree*. The instrument was subjected to expert validation by specialists in economics, monetary policy, banking, financial technology and computer engineering to establish content validity, while its internal consistency was determined using Cronbach's alpha coefficients. Data analysis involved frequency distributions, means, standard deviations, Pearson Product-Moment Correlation and multiple regression analysis, with statistical decisions evaluated at the 0.05 level of significance.

RESULTS AND DISCUSSION

CBDC Economic, Monetary, Engineering and Financial-Stability Dimensions

The analysis examined the relationships among Economic Implications (EI), Computer-Engineering Readiness (CER), Monetary-Policy Transmission (MPT), Financial Stability (FS), and Digital-Financial Transformation (DFT) using responses from 500 participants. The descriptive findings indicated high levels of assessment across all five dimensions, with Economic Implications recording a mean of 4.18 (SD = 0.57), Computer-Engineering Readiness M = 4.26 (SD = 0.54), Monetary-Policy Transmission M = 4.11 (SD = 0.61), Financial Stability M = 4.07 (SD = 0.63) and Digital-Financial Transformation M = 4.31 (SD = 0.52). These results indicate that respondents generally perceived CBDCs as having substantial relevance to economic efficiency, technological infrastructure, monetary operations, financial-system resilience and the broader digital transformation of financial services. The reliability analysis produced satisfactory Cronbach's alpha coefficients of .86, .89, .88, .84 and .91 for EI, CER, MPT, FS and DFT, respectively, supporting the internal consistency of the measurement dimensions. Pearson Product-Moment Correlation analysis revealed statistically significant positive relationships between DFT and EI ($r = .71$, $p < .001$), CER ($r = .76$, $p < .001$), MPT ($r = .68$, $p < .001$) and FS ($r = .59$, $p < .001$), demonstrating that stronger assessments of economic functionality, technological preparedness, monetary-policy compatibility and financial stability were associated with higher assessments of CBDC-enabled digital-financial transformation. Multiple regression analysis further showed that EI, CER, MPT and FS jointly explained 64.8% of the variance in DFT ($R^2 = .648$; adjusted $R^2 = .645$; $F(4,495) = 227.89$, $p < .001$). Computer-Engineering Readiness made the strongest unique contribution ($\beta = .34$, $p < .001$), followed by Economic Implications ($\beta = .27$, $p < .001$), Monetary-Policy Transmission ($\beta = .21$, $p < .001$) and Financial Stability ($\beta = .14$, $p = .002$). The relatively strong contribution of CER demonstrates the importance of technological infrastructure in supporting CBDC-based financial transformation, particularly with respect to scalability, cybersecurity, interoperability, privacy protection, authentication, transaction processing and operational resilience. This finding corresponds with BIS technical work identifying security, resilience, scalability, interoperability and privacy as fundamental requirements for functional CBDC architectures. The IMF (2024) likewise emphasises cybersecurity, privacy, adoption, monetary operations and payment-system integration as interconnected dimensions of CBDC design and implementation. The strong relationship between EI and DFT further indicates that respondents associated CBDCs with improvements in payment efficiency, accessibility, transaction functionality and broader financial digitalisation. This perspective is consistent with international research describing CBDCs as a potential component of evolving payment ecosystems alongside commercial bank money, electronic money and fast-payment systems. Regarding monetary policy, the significant relationship between MPT and DFT is consistent with Kunaratskul, Reslow, and Singh (2024), who explain that CBDC adoption can influence monetary operations through changes in demand for cash, commercial-bank deposits and central-bank reserves. CBDC design characteristics, including remuneration, holding limits and access arrangements, can consequently affect liquidity management and the interaction between central-bank liabilities and commercial-bank funding. Das et al. (2023) similarly distinguish between changes in financial conditions following CBDC introduction and changes in the transmission of monetary-policy shocks, indicating that CBDC effects depend substantially on design and adoption conditions. The positive association between FS and DFT further demonstrates the relevance of financial-stability considerations to CBDC development, although the finding does not establish that CBDCs necessarily improve financial stability. Bouis et al. (2024) demonstrate that CBDC effects on bank funding, lending and financial stability depend on issuance scale, prevailing financial conditions, CBDC design and responses by banks and

central banks. Bidder et al. (2025) further distinguish between gradual deposit substitution during normal conditions and potentially faster disintermediation during periods of financial stress, highlighting the importance of appropriate safeguards. Consequently, the observed relationships suggest that CBDC-enabled digital-financial transformation involves interconnected economic, technological, monetary and financial-stability dimensions rather than a purely technological transition. The findings demonstrate that effective CBDC implementation requires appropriate technological capacity alongside economic efficiency, monetary-policy compatibility, financial-system resilience, privacy protection, cybersecurity and institutional coordination. Nevertheless, because the research employed a cross-sectional survey design, the reported correlations and regression coefficients represent associations within the study sample and should not be interpreted as evidence of causal relationships. The results therefore provide empirical evidence of the interconnectedness of the five dimensions while highlighting the importance of context-specific CBDC design and implementation strategies.

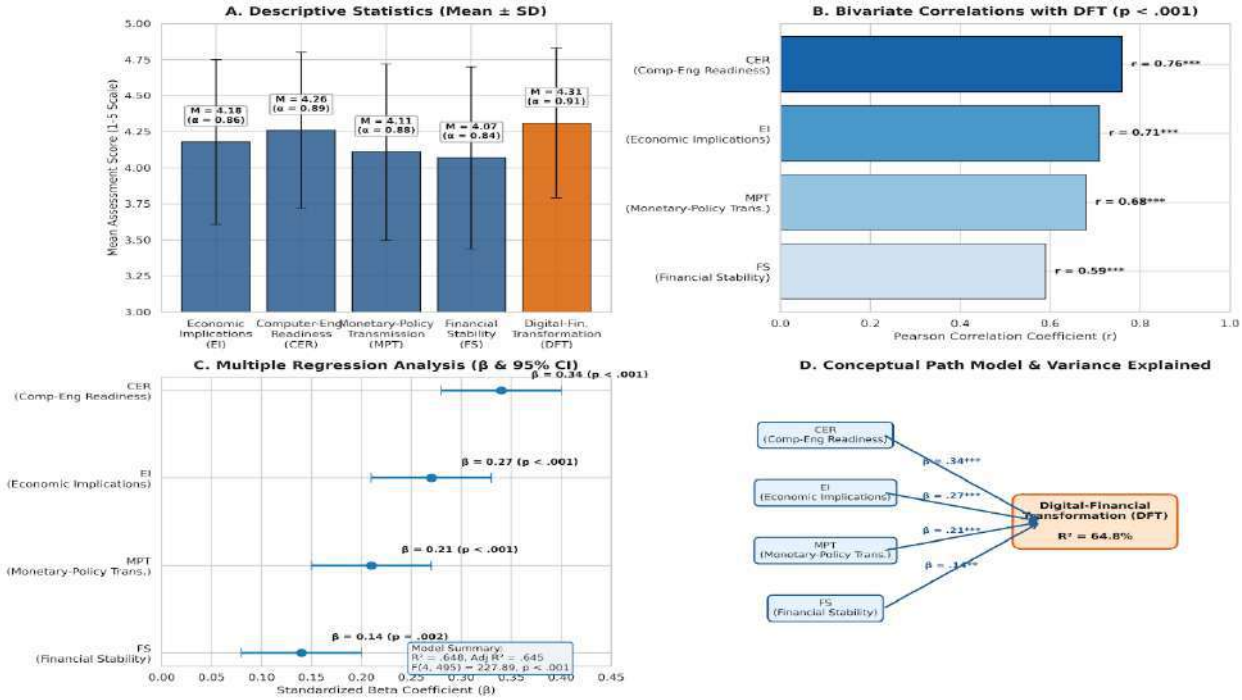


Figure 1: Visual Analysis of Empirical Findings on Central Bank Digital Currency (CBDC) Dimensions (N=500).
(A) Descriptive statistics displaying mean assessment scores (±1 SD) and scale reliabilities (Cronbach's α).
(B) Bivariate Pearson correlation coefficients (r) between predictor dimensions and Digital-Financial Transformation (DFT; p<.001).
(C) Standardized regression coefficients (β) with estimated 95% confidence intervals showing unique relative contributions to DFT (R 2 =.648, Adjusted R 2 =.645, F(4,495)=227.89,p<.001).
(D) Conceptual path diagram illustrating the structural relationships and overall model variance explained.
Note: EI = Economic Implications; CER = Computer-Engineering Readiness; MPT = Monetary-Policy Transmission; FS = Financial Stability; DFT = Digital-Financial Transformation. p<.01, p<.001.

CONCLUSION

Central Bank Digital Currencies represent an important convergence of monetary economics, financial technology, computer engineering and digital-financial transformation, with implications for the structure, efficiency and resilience of contemporary financial systems. This study examined CBDCs across five interconnected dimensions: economic implications, computer-engineering readiness, monetary-policy transmission, financial stability and digital-financial transformation. The findings demonstrate that respondents reported high assessments

across these dimensions, with digital-financial transformation receiving the highest mean score, while computer-engineering readiness exhibited the strongest association with digital-financial transformation. The correlation and regression results further demonstrate significant relationships among economic functionality, technological preparedness, monetary-policy transmission, financial stability and digital-financial transformation, indicating that CBDC development extends beyond the digitisation of existing payment mechanisms. CBDCs differ from conventional electronic payment instruments because they represent digital claims on central banks and can consequently influence the mechanisms through which money is issued, transferred, settled and managed. Their potential contributions include improved payment efficiency, greater accessibility, enhanced transaction functionality, increased resilience and continued availability of public money within increasingly digital economies. However, the realisation of these benefits depends on system architecture, adoption conditions, interoperability, institutional capacity, regulatory arrangements and the characteristics of existing financial infrastructures. International evidence also demonstrates continuing global engagement with CBDC development, with the BIS reporting extensive central-bank experimentation and research into retail and wholesale applications (Illes et al., 2025). From the computer-engineering perspective, the findings emphasise that scalability, cybersecurity, privacy, interoperability, authentication, resilience, transaction-processing capacity and offline functionality are integral to CBDC performance rather than peripheral technical considerations. BIS technical research identifies security, resilience, scalability, interoperability and privacy as fundamental requirements for functional CBDC architectures, while Project Tourbillon illustrates the relevance of privacy-preserving technologies, secure transaction processing and scalability in digital monetary systems. The monetary-policy findings further indicate that CBDCs can interact with demand for central-bank money, commercial-bank deposits, reserves and liquidity, thereby creating potential implications for established monetary-policy transmission mechanisms. Kunaratskul et al. (2024) similarly show that CBDC issuance can influence monetary operations and liquidity management, with remuneration, holding limits and access arrangements affecting these interactions. Consequently, CBDC effects on monetary-policy transmission are conditional rather than automatic and depend on design, adoption and prevailing financial conditions. Financial stability also remains a central consideration because substantial substitution from commercial-bank deposits to CBDC holdings could influence bank funding, liquidity and credit intermediation. Bouis et al. (2024) demonstrate that these effects depend on CBDC design, issuance scale and financial conditions, while Bidder et al. (2025) distinguish gradual deposit substitution from potentially faster disintermediation during financial stress. The empirical findings therefore support an integrated understanding of CBDCs in which economic efficiency, technological preparedness, monetary-policy compatibility and financial-stability safeguards operate as interconnected components of digital-financial transformation. Overall, CBDCs should be developed as integrated monetary and digital infrastructures requiring coordinated economic, technological, regulatory and institutional planning. Effective implementation requires secure and scalable infrastructure, appropriate monetary-policy arrangements, robust financial-stability safeguards, privacy and cybersecurity protection, interoperability across payment systems and sufficient institutional capacity to manage evolving digital monetary environments. The evidence consequently demonstrates that the effectiveness of CBDCs depends not merely on introducing a digital form of central-bank money but on aligning their architecture and governance with the monetary system, financial structure, technological capabilities and developmental requirements of each jurisdiction.

FUTURE RESEARCH

Future research should extend beyond cross-sectional assessments of Central Bank Digital Currencies toward longitudinal, multi-country and institution-level studies examining their sustained effects on monetary-policy transmission, bank intermediation, financial stability, payment efficiency, financial inclusion and digital-economic transformation. Comparative investigations should examine account-based, token-based, retail, wholesale, hybrid and intermediated CBDC architectures, with particular attention to scalability, interoperability, privacy, cybersecurity, offline functionality and operational resilience. Further empirical studies should assess how CBDC adoption influences commercial-bank deposits, credit provision, liquidity management, monetary-policy responsiveness and cross-border payment costs under different economic and financial conditions. User-level research should investigate adoption behaviour, trust, privacy preferences, usability and accessibility across diverse socioeconomic and demographic groups. Computer-engineering research should examine quantum-resistant cryptography, privacy-preserving technologies, artificial-intelligence-based fraud detection and resilient distributed architectures. Country-specific studies, particularly in developing economies, should also evaluate CBDC implementation in relation to digital connectivity, financial inclusion, regulatory capacity and existing mobile-payment ecosystems.

References

Auer, R., Frost, J., Gambacorta, L., Monnet, C., Rice, T., & Shin, H. S. (2022). Central bank digital currencies: Motives, economic implications and the research frontier. *BIS Working Papers, No. 976*. Bank for International Settlements.

Auer, R., Haene, P., & Holden, H. (2022). Multi-CBDC arrangements and the future of cross-border payments. *BIS Papers, No. 123*. Bank for International Settlements.

Aurazo, J., Banka, H., Frost, J., Kosse, A., & Piveteau, E. (2024). Central bank digital currencies and fast payment systems. *BIS Papers, No. 151*. Bank for International Settlements.

Bank for International Settlements. (2020). *Central bank digital currencies: Foundational principles and core features*. Committee on Payments and Market Infrastructures & Markets Committee.

Bank for International Settlements. (2021). *Central bank digital currencies: Executive summary*. Committee on Payments and Market Infrastructures & Markets Committee.

Bank for International Settlements. (2023). *Project Tourbillon: Exploring privacy, security and scalability for a digital currency*. BIS Innovation Hub.

Bank for International Settlements. (2023). *High-level technical requirements for a functional central bank digital currency architecture*. Consultative Group on Innovation and the Digital Economy.

Bank for International Settlements. (2024). *Central bank digital currencies: System design*. BIS Innovation Hub.

Bank for International Settlements. (2024). *A proposal for a retail central bank digital currency architecture*. Consultative Group on Innovation and the Digital Economy.

Bank for International Settlements. (2024). *Project mBridge: Connecting economies through next-generation cross-border payments*. BIS Innovation Hub.

Bidder, R., Jackson, T., & Rottner, M. (2025). *CBDC and banks: Disintermediating fast and slow*. BIS Working Papers, No. 1280. Bank for International Settlements.

Bouis, R., Gelos, G., Miettinen, P., Nakamura, F., Nier, E., & Söderberg, G. (2024). *Central bank digital currencies and financial stability: Balance sheet analysis and policy choices*. IMF Working Paper 2024/226. International Monetary Fund.

Das, M. S., Griffoli, T. M. T., Peria, M. S. M., & Adrian, T. (2023). *Implications of central bank digital currencies for monetary policy transmission*. IMF FinTech Note 2023/009. International Monetary Fund.

Illes, A., Kosse, A., & Wierts, P. (2025). *Advancing in tandem: Results of the 2024 BIS survey on central bank digital currencies and crypto*. BIS Papers, No. 159. Bank for International Settlements.

Kumhof, M., & Noone, C. (2018). Central bank digital currencies: Design principles and balance sheet implications. *BIS Working Papers, No. 725*. Bank for International Settlements.

Kunaratskul, T., Reslow, A., & Singh, M. (2024). *Implications of central bank digital currency for monetary operations*. IMF FinTech Note 2024/007. International Monetary Fund. https://doi.org/10.5089/9798400289019.063

Nocciola, A., & Zamora-Pérez, A. (2024). *Transaction demand for central bank digital currency*. ECB Working Paper Series, No. 2926. European Central Bank.

Patel, N., Kasiyanto, S., & Reslow, A. (2024). *Central bank digital currency and fast payment systems: Rivals or partners?* IMF FinTech Note 2024/006. International Monetary Fund. https://doi.org/10.5089/9798400289118.063

Reslow, A., Söderberg, G., & Tsuda, K. (2024). *Central bank digital currencies for cross-border payments*. IMF FinTech Note 2024/002. International Monetary Fund. https://doi.org/10.5089/9798400272035.063

International Monetary Fund. (2024). *Central bank digital currency: Progress and further considerations*. IMF Policy Paper 2024/052. https://doi.org/10.5089/9798400293252.007

ABDULLAH AL SAADİ'NİN SANAT PRATİĞİNDE BULUNTU-TOPLANAN NESNELER VE DOĞA

Muhammet Hanifi ZENGİN
Doç. Dr. Kafkas Üniversitesi Kazım Karabekir Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü
Halil DAŞKESEN
Doç. Dr. Atatürk Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Heykel Anasanat Dalı

ÖZET
Çağdaş sanat uygulamalarında doğa, sanatçının deneyimler yaşadığı, izler bıraktığı ve hafıza oluşturduğu bir alan olarak ele alınmaktadır. Doğa ile kurulan bu ilişki, sanatçının bulunduğu mekânla bağ kurmasını ve o yere ilişkin bir aidiyet geliştirmesini de beraberinde getirmektedir. Bir yere ait olmak, o yerin coğrafyasında ve doğal çevresinde biriken izler, nesneler ve zamanın oluşturduğu katmanlarla ilişki kurmak anlamına gelmektedir. Birleşik Arap Emirlikleri'nden sanatçı Abdullah Al Saadi'nin eserleri de doğa, malzemenin hafızası ve mekânsal aidiyet arasındaki ilişki etrafında şekillenmektedir. Al Saadi'nin yaşadığı coğrafyada gerçekleştirdiği yürüyüşler ve uzun yolculuklar, doğayla kurduğu ilişkinin temelini oluşturmaktadır. Bu süreçte karşılaştığı taşlar, kemikler ve çeşitli buluntu nesneler, sanatçının sanatsal pratiğinin bir parçası hâline gelmektedir. Sanatçı bu nesneleri toplayarak, sınıflandırarak, saklayarak ve farklı bağlamlarda yeniden düzenleyerek sanatsal üretiminin bir parçasına dönüştürmektedir.
Bu çalışma, Abdullah Al Saadi'nin doğaya dayalı sanat pratiğini mekân, aidiyet, nesne ve hafıza kavramları üzerinden incelemeyi ve sanatçının üretim anlayışında bu kavramlar arasındaki ilişkiyi ortaya koymayı amaçlamaktadır. Çalışmada nitel araştırma yöntemi benimsenmiş, sanatçının eserleri, sergileri ve sanat pratiğine ilişkin yazılı ve görsel kaynaklar belge analizi yoluyla değerlendirilmiştir. Bu kapsamda Al Saadi'nin çalışmalarında mekân, deneyim ve anılarla anlam kazanan yaşanmış bir alan olarak ele alınmıştır. Doğada karşılaşılan ve toplanan nesneler, sanatçının kişisel deneyimleri ve mekânla kurduğu ilişki bağlamında değerlendirilmiştir. Buluntu nesneler, nesnelerin taşıdığı izler ve hafıza ile sanatçının yaşadığı coğrafyayla kurduğu mekânsal aidiyet arasındaki ilişkinin bir parçası olarak incelenmiştir. İnceleme sonucunda Al Saadi'nin sanatsal pratiğinde doğa, nesne, mekân, hafıza ve aidiyet kavramlarının birbirleriyle ilişkili bir yapı oluşturduğu görülmüştür.
Anahtar Kelimeler: Abdullah Al Saadi, Doğa, Temelli Sanat, Hafıza, Mekân, Aidiyet.

ABSTRACT
In contemporary art practices, nature is approached as a realm where the artist undergoes experiences, leaves traces, and constructs memory. This relationship established with nature also fosters the artist's connection to the space they inhabit, cultivating a sense of belonging to that place. Belonging to a place entails engaging with the accumulated traces, objects, and layers formed by time within its geography and natural environment. The works of Emirati artist Abdullah Al Saadi are likewise shaped around the nexus between nature, the memory of material, and spatial belonging. The walks and extended journeys Al Saadi undertakes within his native geography form the foundation of his relationship with nature. During this process, stones, bones, and various found objects he encounters become an integral part of his artistic practice. The artist incorporates these items into his artistic production by collecting, classifying, preserving, and recontextualizing them.

This study aims to examine Abdullah Al Saadi's nature-based artistic practice through the concepts of space, belonging, object, and memory, thereby elucidating the interrelationship among these concepts within his creative vision. A qualitative research methodology was adopted, in which written and visual sources regarding the artist's works, exhibitions, and artistic practice were evaluated through document analysis. Within this framework, space in Al Saadi's work is addressed as a lived sphere imbued with meaning through experiences and memories. The objects encountered and gathered in nature were evaluated within the context of the artist's personal experiences and his relationship to space. Found objects were examined as components of the relationship between the traces and memory carried by objects and the spatial belonging the artist fosters with his geography. Consequently, the analysis reveals that within Al Saadi's artistic practice, the concepts of nature, object, space, memory, and belonging constitute an interconnected structure.
Keywords: Abdullah Al Saadi, Nature, Art, Memory, Place

GİRİŞ

Çağdaş sanat pratiklerinde özellikle 20. yüzyılın son çeyreğinden itibaren sanatçının yaşantısı, bulunduğu çevreyle kurduğu ilişki ve kişisel deneyimleri sanat üretiminin önemli kaynaklarından biri hâline gelmektedir. Bu yönelim, sanat eserini biçimsel bir yapı ve deneyimlerin, karşılaşmaların ve zaman içerisinde biriken izlerin taşıyıcısı olarak değerlendirmeyi mümkün kılmaktadır. 1990'lı yıllardan itibaren otobiyografik anlatıların ve kişisel arşivlerin sanat alanında daha görünür hâle gelmesi, gündelik yaşam içerisinde edinilen deneyimlerin sanatsal üretime aktarılmasına yönelik yaklaşımları da güçlendirmektedir. Sanatçının yaşadığı çevreyle kurduğu ilişkinin üretim sürecine dâhil edilmesi, mekânın deneyimlerin biriktiği ve anlam kazandığı bir alana dönüşmesini sağlamaktadır (Kalın, 2026).

Abdullah Al Saadi, 1967 yılında Birleşik Arap Emirlikleri'nin Khor Fakkan kentinde doğmuş ve çalışmalarını bu coğrafyayla güçlü bir ilişki içerisinde sürdürmektedir. Abdullah Al Saadi'nin sanatsal üretimi de doğayla kurulan uzun süreli ilişkinin kişisel deneyim, nesne ve mekân algısıyla nasıl birleşebildiğini göstermesi bakımından dikkat çekmektedir. Sanatçının aldığı kuramsal ve sanatsal eğitim, üretim anlayışını da biçimlendirmiştir. Resim ve çizimin yanı sıra sanatçı defterleri, buluntu nesnelerin toplanması ve sınıflandırılması, kişisel arşivlerin oluşturulması ve özgün alfabelerin geliştirilmesi üretiminin temel bileşenlerini oluşturmaktadır. Sanatçının çalışmalarında doğa, gözlemler, yürüyüşler, karşılaşmalar ve toplama eylemleri aracılığıyla deneyimlenen bir üretim alanı niteliğine sahiptir. Yaşadığı coğrafyanın doğal yapısı ile çocukluk deneyimleri ve kişisel geçmişi arasındaki ilişki, sanatçının mekânla kurduğu bağın sürekliliğini desteklemektedir (İstanbul Kültür Sanat Vakfı [İKSV], t.y.). Sanatçının gerçekleştirdiği yolculuklar ve doğa gezintileri sırasında karşılaştığı unsurların toplanması, çevrenin kişisel deneyim aracılığıyla kayda geçirilmesini sağlamaktadır. Bu eylemler sırasında edinilen malzemeler daha sonra sanatçının kendi sınıflandırma tercihleriyle yeniden ele alınmakta ve farklı ilişkiler içerisinde bir araya getirilmektedir. Böylece doğada bulunan sıradan bir nesne, sanatçının deneyiminden geçerek yeni bir anlam alanına taşınmaktadır. Organik ve mineral malzemelerin biriktirilmesi ve düşünsel ilişkiler doğrultusunda düzenlenmesi, Al Saadi'nin bulunduğu çevreyi gözlemleyerek, maddi ve deneyimsel bir ilişki kuran üretim anlayışı özgün ve çağdaş bir yaklaşım ortaya koymaktadır (Binder & Haupt, 2021).

Sanatçının mekânla kurduğu ilişki, Yi-Fu Tuan'ın (1977) yer kavramına ilişkin yaklaşımı üzerinden değerlendirildiğinde, bir mekânın insan deneyimi içerisinde anlamlı bir yere dönüşmesinin zaman, deneyim ve duygusal bağ üzerinden açıklanmasıyla örtüştüğü görülebilmektedir. Bu yaklaşım Al Saadi'nin yürüdüğü güzergâhların, ziyaret ettiği doğal alanların ve bu alanlarda karşılaştığı nesnelerin kişisel anlam kazanma süreçlerini açıklamak açısından önem taşımaktadır. Sanatçının "Terhal" çalışması için Wadi Tayybah bölgesini

seçmesi ve bu bölgeyi çocukluk deneyimleriyle ilişkilendirmesi, belirli bir coğrafyanın kişisel geçmişle birleşerek anlam kazandığını göstermektedir (Binder & Haupt, 2021). Burada mekân, eserlerin üretildiği veya sergilendiği fiziksel bir çevreyken diğer taraftan da deneyimlerin ve hatıraların biriktiği yaşanmış bir alan olarak değerlendirilmektedir. Mekânla birlikte nesneler de bu deneyim ve hatıraların ana unsuru olarak sanatçının üretiminde kültürel referansları da barındırmaktadır. Bu bağlamda Igor Kopytoff'un (1986) nesnelerin kültürel biyografisine ilişkin yaklaşımı açıklayıcı olmaktadır. Kopytoff, nesnelerin kullanım biçimleri ve içinde bulundukları toplumsal ilişkiler değiştikçe farklı anlam ve statüler kazanabileceğini belirtmektedir. Al Saadi'nin çalışmalarında da doğada bulunan nesneler, sanatçı tarafından seçilip toplanmaları ve belirli bir düzen içerisinde arşivlenmeleriyle gündelik kullanım bağlamlarından ayrılmaktadır. Nesnenin fiziksel özellikleri kadar nereden geldiği, hangi karşılaşma sonucunda edinildiği ve sanatçının kişisel geçmişiyle nasıl ilişkilendirildiği de dikkate değer ayrıntılardır. Çalışmada sanatçının eserleri bu ilişki ağı içerisinde ele alınarak, nesnelerin edinilme biçimleri, geçirdikleri dönüşümler, biçimsel müdahaleler ve sergilenme düzenleri üzerinden doğa, mekân, hafıza ve aidiyet arasındaki bağlantılar incelenmektedir.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Buluntu, herhangi bir yerde bulunup gerçekten veya hükmen sahibi bulunmayan mal (TDK). Buluntu nesne, gündelik yaşamdan sanat alanına taşınırken kullanım işlevi, geçmişi ve hazfızası ile yeni bir anlam kazanmaktadır. Buluntu nesne, sanatçının karşılaşma ve anlamlandırma sürecinde öznel bir değer kazanan, tekilliği ve ikame edilemezliğiyle sanatsal ifadeye katılan nesne olarak ele alınabilir (Iversen, 2004, s. 48-50). Bu tanım, Iversen'ın sürrealist buluntu nesne yorumuna dayanmaktadır. Nesnelerin toplanması, seçilmesi ve sanatçının düşünsel yaklaşımı doğrultusunda bir araya getirilmesi ise onları kişisel anlatının parçalarına dönüştürmektedir. Böylece sanat malzemesi, betimlemeye hizmet eden bir araç olmaktan çıkarak kendi bağlamını ve yaşanmışlık izlerini taşıyan bir ifade unsuru olmaktadır.

Yirminci yüzyılın başında gelişen biçimsel arayışlar ve Dada hareketi bu değişime zemin hazırlarken, Duchamp'ın hazır yapım yaklaşımı sanat nesnesinin değerini belirleyen el becerisi, estetik ölçüt ve üslup beklentilerini sorgulamaya açmıştır. Bu süreçte nesnenin sanatsal niteliği, sanatçının seçimi ve ona kazandırdığı düşünsel bağlam üzerinden şekillenmiştir. Buluntu ve toplanan nesneler, farklı sanatçıların üretimlerinde yeniden anlamlandırılarak ve sanatın gündelik yaşamla ilişkisini güçlendirerek değişen toplumsal koşullara tepki verebilen bir anlatım alanı oluşturmaktadır (Ergür & Çoban, 2021, s. 189-190). Bunun altında yatan şey, sanatsal üretimde seçilen nesneler, yaşanmış deneyimlerin izlerini bugüne taşıyarak geçmişle ve gelecek arasında diyalog kurabilen iletişim araçlarına dönüşebilmeleridir. Bu eksende malzemenin seçimi ve yeniden anlamlandırılması da sanatçının geçmiş ve gelecek arasındaki yaşam deneyiminden oluşan duygu ve düşüncelerinin biçim kazandırılmasıyla oluşmaktadır (Aydın, 2023, s. 68). Bu yaklaşım doğrultusunda, Abdullah Al Saadi buluntu nesneleri, kişisel yaşantısı ve coğrafi ya da kültürel gözlemleri vasıtasıyla sınıflandırıp, sanatçı defterlerindeki kişisel kayıtları ve yerel çevreyi kültürel tarihle ilişkilendirdiği bir sanatsal pratik sunmaktadır. Sanatçının doğayla ve kırsal yaşamla kurduğu bağ, nesnelerin kişisel deneyim ile mekânsal aidiyet arasındaki ilişkileri taşımasına olanak tanımaktadır.

Bu çalışmada sanatçının toplama, kaydetme ve yeniden düzenleme eylemleri, gündelik yaşam ile sanatsal üretim arasında bağ kuran bir anlamlandırma süreci olarak ele alınmaktadır. Al Saadi'nin üretim ve deneyim yolculuğu tüm bu yaklaşımlarla birlikte aynı zamanda toplumsal farkındalığı ve çevresel duyarlılığı da geliştirebilmektedir. Al Saadi'nin yürüyüşleri ve yolculukları sırasında tuttuğu notlar, yaptığı çizimler ve biriktirdiği nesneler eserlerinin oluşumuna katılmaktadır. Sanatçının küçük taşları toplayarak üzerlerine renkler ve simgeler yerleştirmesi, geçtiği yerleri kaydetme yöntemleri sanatsal üretiminin parçasıdır (Diriyah Biennale Foundation, 2026). Bu uygulama üzerinden taş, karşılaşılan çevrenin maddi bir parçası ve kişisel deneyimin kaydedildiği bir yüzey olarak yorumlanabilir. Taşın seçilmesi,

taşınması ve işaretlenmesi, doğayla kurulan ilişkinin sanatçının anlatım diline dönüşmesini sağlamıştır. Böylece doğadan toplanan malzeme, yolculuk deneyimini ve yerle kurulan bağı incelemeye elverişli bir kavramsal alan açmaktadır.

Sanatçının nesneler ve yolculuk deneyimleriyle şekillenen üretim sürecine içerisinde, aile ilişkileri önemli bir yer tutmaktadır. (National Pavilion UAE, 2024). Bu sürecin erken örneklerinden "*Annemin Mektupları"*, 1998-2013), annesinin atölye ziyaretlerinde bıraktığı taş, metal ve dal gibi nesnelerin kaydedilmesi, sınıflandırılması ve arşivlenmesiyle oluşmaktadır. Gündelik iletişimin parçaları olan bu nesneler, sanatçının düzenlemeleri aracılığıyla kişisel belleğin taşıyıcılarına dönüşmüştür. Ardından "*Taş Terlikler"*, 2013), taşın terlik biçiminde işlenmesiyle yürüme eylemini ve yolculuğun güçlüklerini heykelsi bir anlatı içinde ele almaktadır (Sharjah Art Foundation, 2014). "*Terliğin Yolculuğu"* (2015) serisinde ise taş yüzeylerine eklenen resimler ve işaretler, çevreyle karşılaşmanın kişisel kayıtlara dönüşmesi açısından değerlendirilebilir (National Pavilion UAE, 2024). Daha sonraki "*Terhal -Yolculuk"*, (2021) çalışmasında sanatçı, Wadi Tayybah bölgesinden alınan büyük kayaların yüzeylerine haritayı andıran resimler uygulamıştır. Bu çalışma, sanatçının çocukluk anılarıyla bağlantılı coğrafyayı kendi simgesel diliyle yeniden yorumlayarak kamusal mekâna taşımıştır (Binder & Haupt, 2021). Bu kronolojik gelişim, Al Saadi'nin nesneyi koruma ve belgelemeden taş yüzeyini işleme ve mekânsal düzenlemeye uzanan üretim yöntemlerindendir.

METOD/YÖNTEM

Bu araştırma, Abdullah Al Saadi'nin sanatsal üretiminde doğa, yer, mekân ve aidiyet arasındaki ilişkileri inceleyen nitel bir çalışmadır. Sanatçının seçilmiş eserleri, yazılı belgeler ve görsel kayıtlar üzerinden değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda araştırmanın veri kaynaklarını kurumsal sanatçı tanıtımları, sergi metinleri, yayımlanmış sanatçı manisfestoları açıklamaları, eser görselleri ve kuramsal yayınlar oluşturmaktadır. Eser seçiminde araştırmanın kavramsal odağına uygunluk esas alınmıştır. Yolculuk, malzeme toplama, kişisel kayıt oluşturma ve çevreyle bağ kurma süreçlerini yansıtan çalışmalar incelemeye alınmıştır. Kaynaklar, yayınlayan kurumun veya yazarın belirlenebilirliği, eserle doğrudan ilişkisi ve içerdiği bilgilerin karşılaştırılabilirliği açısından değerlendirilmiştir. Eserlerin adları, tarihleri, malzemeleri ve üretim süreçlerine ilişkin bilgiler, erişilebilen kaynaklar aracılığıyla aktarılmıştır.

Doğa, yer, mekân, hafıza ve aidiyet, araştırmanın temel inceleme kategorilerini oluşturmaktadır. Bu kategoriler doğrultusunda malzemenin kaynağı ve dönüşümü, yolculukların üretime katılımı, nesnelerin kaydedilme biçimleri, kişisel geçmişle bağlantıları ve sergileme düzenleri değerlendirilmektedir. Eserlerin görsel özellikleri, yazılı açıklamalarla birlikte okunarak biçimsel tercihler ile kavramsal içerik arasındaki ilişkiler yorumlanmaktadır. Değerlendirmelerin tutarlılığını desteklemek için farklı kaynaklardaki bilgiler karşılaştırılarak, belgelenmiş olgular ile araştırmacının çıkarımları ayrılmıştır. Sanatçının niyetine ilişkin yorumlar, yayımlanmış açıklamaların kapsamıyla sınırlandırılmıştır. Araştırmada görüşme, izleyici araştırması ve eserlerin yerinde incelenmesi yapılmadığından, malzemenin duyusal özellikleri ve izleyici deneyimi hakkında doğrudan bulgu yerine görsel veriler üzerinden çözümleme yapılmaktadır. Kullanılan metin ve görsellerin kaynakları belirtilmiş, inceleme erişilebilir belgelerin sunduğu veriler üzerinden yürütülmüştür.

BULGULAR

Sanatçının seçtiği nesneler, geçmişin izlerini ve hafızasını yansıtan duyguların dışavurumuna aracılık etmektedir. Nesneye yüklenen anlam ise kişisel deneyimlerin sanatsal düşünceyle birleşerek imgesel bir anlatıya dönüşmesini sağlamaktadır (Aydın, 2023, s. 68). Abdullah Al Saadi'nin seçilen eserlerinde doğayla kurulan ilişki, çevreden edinilen malzemelerin kullanımı ve yolculuk deneyimlerinin kayda geçirilmesi üzerinden ortaya çıkmaktadır. Buluntu nesneler, suluboya resimler, günlükler ve boyanmış taşlar, sanatçının yaşadığı çevreyi anlamlandırma biçimlerinin farklı sanatsal pratiğidir. Eserlerin maddi özellikleri ile üretim bağlamları birlikte

değerlendirildiğinde, doğanın malzeme kaynağı olmasının yanında gözlem, hareket ve hatırlama süreçlerine yön veren bir deneyim alanı oluşturduğu görülmektedir.

Bu bölümde eserler, üretime başlama ve proje tarihleri esas alınarak kronolojik sırayla çözümlenmiştir. İnceleme, "Boşluk Odası" nda buluntu hayvan kemiklerinin heykelsi biçimlere dönüşümünden başlayarak "Annemin Mektupları" nda nesnelerin kişisel iletişim araçları olarak kullanımına uzanmaktadır (Harris, 2024). "Camar Cande'nin Yolculuğu"nda peyzajın görsel kaydı (Sharjah Art Foundation, 2014), "Taş Terlikler" ve "Terliğin Yolculuğu" nda yolculuk deneyiminin malzeme, beden ve çok bileşenli belgeleme yöntemleriyle ilişkisi incelenmiştir (Seaman, 2024). "Camar Cande'nin İzinde, Arabayla Yolculuk" ta güzergâhın harita benzeri çizimlerle kaydedilmesi (Universes in Universe, t.y.) ve "Terhal" de doğayla kurulan ilişkinin kamusal mekâna taşınması anlam ve biçim açısından değerlendirilmiştir (Expo 2020 Dubai, t.y.). Eserlerin tarih, malzeme ve üretim bilgileri ilgili kaynaklara dayandırılmış; bellek ve aidiyet bağlantıları araştırmanın yorumları kapsamında ele alınmıştır. Kronolojik sıralama, çözümlemeyi düzenleyen bir yöntem olarak kullanılmıştır. Sanatçının farklı malzemelerle yürüttüğü çalışmaları birbirine paralel ilerlemekte ve zaman zaman kesişmektedir (Harris, 2024).

Abdullah Al Saadi'nin "Boşluk Odası" (1991), (Görsel 1), serisinde kullandığı hayvan kafatasları ve kemikleri üzerinden değerlendirilmektedir. Sanatçı, yaşadığı çevredeki dağlardan topladığı bu kalıntıları birleştirerek yeni canlıları çağrıştıran heykel formları üretmektedir. Hayvanların insan yaşamındaki yerini ve ölüm sonrasında bedenlerinin değersizleştirilmesine ilişkin düşünceleri, seçtiği malzemenin anlamıyla ve çağrışımlarıyla belirlemektedir. Çalışmaların ilk sergilemesinde kullanılan karanlık oda, vantilatör ve tek bir gaz lambası, duvarlarda oluşan gölgeler aracılığıyla kemiklerin biçimsel etkisini mekâna taşımıştır (Seaman, 2017). Böylece doğayla kurulan kişisel ilişki, buluntu nesnenin seçilmesi, dönüştürülmesi ve sergilenmesi yoluyla yaşam ve ölüm üzerine görsel bir anlatım oluşturulmaktadır.



Görsel 1. Abdullah Al Saadi, Boşluk Odası, serisinden, 1991. Ahşap kaideler üzerinde hayvan kafatasları ve kemikleri. https://www.theculturist.com/home/1980-today-exhibitions-in-the-united-arab-emirates-at-venice.html

"Annemin Mektupları" isimli çalışması (Görsel 2), sanatçının annesinin ziyaretleri sırasında bıraktığı nesnelerin toplanması ve arşivlenmesi üzerine oluşturulmuştur. Annesi, sanatçıyı evinde ya da atölyesinde bulamadığında yakın çevreden seçtiği nesneleri varlığını bildiren işaretler olarak kullanmıştır. Taşlar, ahşap parçaları ve bitkiler, anne ile oğul arasındaki iletişimde kişisel anlamlar taşımaktadır. Sanatçı, bu malzemeleri biriktirerek yazısız bir iletişim biçimini yansıtmaktadır. Universes in Universe'ün 2003 sergilemesine ilişkin kaydı, çalışmanın 1998-2000 tarihli bölümünü nesneler ve belgeleme ile incelemeler içeren sanatçı kitabı olarak tanımlamaktadır. Ayrıca aynı kayıtta iki yıl içinde 47 nesnenin toplandığı belirtilmiştir (Universes in Universe, t.y.). Kişisel hatırlatıcıların, geçmişten nesnelerin ve gündelik kullanım

eşyalarının bu şekilde sunulması, bugünün sanat anlayışında arşivleme ya da kayıt tutma pratiğiyle açıklanmaktadır.



Görsel 2a-d. Abdullah Al Saadi, Annemin Mektupları, 1998-2000; 2003.https://universes.art/en/nafas/articles/2014/abdullah-al-saadi/photos/expo/15

Eserde nesnelerin anlamı, anne ile oğulun paylaştığı deneyimlere ve nesnenin bırakıldığı duruma bağlıdır. Çevreden alınan sıradan bir malzeme, belirli bir karşılaşmanın maddi izine dönüşmektedir. Nesne ile ifade, kayıt ve kitap arasındaki ilişki, kişisel deneyimin arşivlenme biçimini belirlemektedir. Bu açıdan yapıt, buluntu nesnenin sanatsal değerini kişiler arası iletişim bağlamında üretmektedir. Aidiyet, aile ilişkileri ve bu ilişkilerin gerçekleştiği gündelik çevreden referanslar ve doğal malzemeler, yaşanılan yer ile aile bağlarının kesiştiği maddi öğeler hâline gelmektedir.

"Camar Cande'nin Yolculuğu" (2010-2011) (Görsel 3), sanatçının Camar Cande adlı eşek ve bir köpekle Birleşik Arap Emirlikleri'nin kuzeyi ile Umman'da gerçekleştirdiği yürüyüşün kayıtlarından oluşmaktadır. Şarika Sanat Vakfı tarafından talep edilen çalışma, 151 suluboya resim ve bir videodan oluşmaktadır. Vakfın açıklamasında, sanatçının 1992'den itibaren aynı peyzajları eşekle, otomobille ve yürüyerek deneyimlediğini; ulaşım biçiminin manzara, zaman ve ruh hâli algısını değiştirdiğine yer verilmektedir (Sharjah Art Foundation, t.y.-c).

Resimlerle video kaydının birlikte değerlendirilmesi, peyzajın yolculuk boyunca oluşan gözlemler aracılığıyla sanatsal anlatıya dönüştüğünü düşündürmektedir. Resim dizisi, çevreye yöneltilen dikkatin farklı anlarını bir araya getirirken video, deneyimin zamansal boyutunu taşımaktadır. Bu ilişkide yer, tekrar ziyaret edilen ve her karşılaşmada farklı biçimde algılanan çevre olarak anlam kazanmıştır. Aidiyet de tanınan coğrafyayla sürdürülen ilişkinin sürekliliği üzerinden yorumlanabilir. Eserdeki yolculuk, coğrafi mesafe katetmenin yanı sıra peyzajı gözlemleme ve bu gözlemi koruma sürecini göstermektedir.



Görsel 3a-d. Abdullah Al Saadi, Camar Cande's Journey (Camar Cande'nin Yolculuğu), 2010–2011. Video ve 151 suluboya resim; değişken boyutlar. https://www.sharjahart.org/en/resources/collections/details/camar-candes-journey

"Taş Terlikler" isimli çalışma (2013) (Görsel 4), terliklerin üst plastik parçalarının topladığı taşlara yerleştirilmesi ve taşların taban olarak kullanılması ile oluşturulmuştur. Gündelik nesnenin hareketle ilişkisine ve yolculuk deneyimine vurgu yapılmıştır. Şarika Sanat Vakfı ise bu dönüşümü zorlu çöl arazisinde yürümenin güçlüğü ve nesnelerin çevreye kalıcı biçimde bağlanması üzerinden açıklamaktadır (Sharjah Art Foundation, t.y.-d). Malzemenin ağırlığı ile terliğin tanıdık formu arasında oluşan ilişki, eserin bedensel çağrışımlarını öne çıkarmaktadır.

Bu çalışmada doğa, bedenin hareketini etkileyen fiziksel koşullar üzerinden okunmaktadır. Taş, arazinin zorluğunun ve sertliğinin hafızasını taşırken, terlik ise, insanın bu çevreyle temasını çağrıştırmaktadır. Buluntu malzeme olarak taş ve terlik parçaları, gündelik nesnenin işlevindeki değişime katılarak yolculuğun güçlüklerine farklı anlamlar katmaktadır.Yer ve aidiyet açısından bakıldığında, nesnenin yere bağlanması hareket isteği ile belirli bir çevreye bağlılık arasında gerilim üretmektedir. Bu yorum, eserin maddi yapısına dayanmakta; sanatçının doğayla ilişkisini bedensel temas ve hareketin sınırları açısından değerlendirmeye olanak tanımaktadır.



Görsel 4a-b. Abdullah Al Saadi, Stone Slippers (Al Zannouba) (Taş Terlikler), 2013. Terlikler ve taşlar; değişken boyutlar. https://universes.art/en/nafas/articles/2014/abdullah-al-saadi/photos/expo/15

"Terliğin Yolculuğu", (2015), eseri (Görsel 5), sanatçının Birleşik Arap Emirlikleri'nin doğusundaki dağlık alanlar ve köyler boyunca gerçekleştirdiği yolculuğu anlatmaktadır. Sanatçı, kauçuk ve keçi derisinden yaptığı terliklerle yürümeyi ve ihtiyaçlarını ise bir el

arabasında taşımayı tercih etmiştir. Arazi koşulları, terliklerin ayaklarını yaralamasına ve el arabasının ilerlemesini güçleştirmesine yol açmıştır. Proje; kamera kayıtlarını, 31 küçük peyzaj resmini, günlükleri ve yolculukta toplanan taşlara yapılan harita benzeri resimleri bir arada sunmaktadır (Sharjah Art Foundation, t.y.-b).



Görsel 5. Abdullah Al Saadi, Al Zannoba Journey (Terliğin Yolculuğu), https://universes.art/en/venice-biennale/2024/pavilions

Taş Terlikler'de maddi biçime yoğunlaşan hareket güçlüğü, bu projede yolculuk sırasında yaşanan olaylar ve bunların kayıtları üzerinden ifade alanı bulmuştur. Farklı kayıt türleri, aynı deneyimin görsel, yazılı ve somut karşılıkları olarak kullanılmıştır. Taş üzerine uygulanan resimler, ve taşların bir arada kullanılması farklı disiplinlerden uygulama yöntemlerinin çağdaş bir sergileme yöntemi olarak kabul edilmektedir. Khor Fakkan çevresinden toplanan taşlar üzerine akrilik boyayla uygulanan işaretler, semboller ve renkler, ile tasarlanmıştır. Taşın çevreyle ilişkisi, üzerine eklenen izlerle kişisel bir anlatıyla görsel ve fiziksel anlatıya açılmaktadır. Hem izlenebilen hem de etrafında dolaşılabilen bu düzenleme, kronolojik olarak 2015 yılında üretim süreci başlayan çalışmalarının bir bağlantısı olarak sergilenmiştir (Arab News, 2026).

Abdullah Al Saadi, 2011 yılında eşeği Camar Cande ile gerçekleştirdiği yolculuğun güzergâhını Şubat 2017'de bir araçla yeniden deneyimlemiştir. Yol boyunca gözlemlediği çevreyi tuval üzerine grafit kalem ve yağlı boya ile betimleyip bu kayıtları yeniden kullanılan 56 yuvarlak metal şekerleme kutusuna yerleştirmiştir (Görsel 6), (Universes in Universe, 2024). Yollar, dağlar, yapılar ve ağaçlar, sanatçının yer deneyimini öznel bir görsel anlatıya dönüştürmüş, şekerleme kutuları ise gündelik kullanımdan kalan izleri ve saklama işlevleriyle bu anlatının hatırlanması ve arşivlenmesi niteliğini öne çıkarmıştır. Buluntu nesne ile yolculuk kaydının birleşmesi, doğa, yer ve hafıza arasındaki ilişkiye farklı bir boyut kazandırmıştır (Universes in Universe, 2024). Sanatçının bu deneyime dayalı üretimlerinde kullandığı malzemeler, kişisel olduğu kadar o coğrafyanın ve kültürün de özelliklerini yansıtmaktadır.



Görsel 6a-d. Abdullah Al Saadi, Camar Cande'nin İzinde Arabayla Yolculuk, 2017. 2024 Venedik Bienali, Birleşik Arap Emirlikleri Pavyonu'ndan sergileme ve detay görünümleri. https://universes.art/en/venice-biennale/2024/united-arab-emirates

Bu çalışmaların sergilenme biçimi de izleyici için aynı deneyimin görsel iletişimini sağlamaktadır. Ayrıca bu çalışmalar bir kayıt tutma pratiği olarak ele alınmaktadır. Bu pratiğe başka bir örnek ise doğal kayaların üzerine çevresel verileri, rotayı ve görsel ipuçlarını kullanarak haritalandırdığı "Terhal" isimli çalışma gösterilebilir.

"Terhal", (Yolculuk), 2021) (Görsel 7), Wadi Tayybah bölgesinden alınan büyük kayalar üzerine akrilik boyayla yapılan harita benzeri resimlerden oluşan çalışma, Expo 2020 Dubai'de bir oturma alanına yerleştirilmiş ve doğal malzeme kamusal mekânın gündelik kullanım alanıyla buluşturulmuştur. Sanatçı, çocukluğunda bu bölgede yatılı okulda bulunduğunu ve eserin yolculuk anlamına gelen adının, çocukluk anılarıyla ilişkili olduğunu belirtmiştir. Büyük kayaların seçimini de kamusal alanın ölçeğiyle açıklamıştır (Binder & Haupt, 2021).



Görsel 7a-d. Abdullah Al Saadi, Terhal (Yolculuk), 2021. Kayalar üzerine akrilik boya; değişken boyutlar. https://universes.art/en/specials/expo-2020-dubai-public-art/abdullah-al-saadi

Terhal'de kaya yüzeyleri, belirli bir coğrafyanın somut özellikleri ile sanatçının kişisel işaretlerini bir araya getirmiştir. Bu birliktelik, yerin hatırlama ve yeniden anlamlandırma süreçleriyle ilişkisini belirginleştirmektedir. Çocukluk deneyiminin bağlantılı olduğu bölgeden getirilen malzeme, farklı bir mekânda sergilenerek kişisel coğrafyanın kamusal görünürlüğüne katkı sunmaktadır. Eserin oturma alanına yerleşmesi, bu anlatıyı izleyicinin gündelik mekânda deneyimine açmış ve aidiyet, kayaların kökeni ve sanatçının o bölgeyle sürdürdüğü bağ üzerinden yorumlanmaktadır.

Genel olarak Abdullah Al Saadi'nin eserlerinde kişisel deneyim, sanatsal üretimin konusunu ve biçimlenme sürecini belirleyen en temel unsurdur. Sanatçının yaşadığı çevre ve yolculukları, farklı malzemelerde karşılık bulan bir deneyim alanı oluşturmaktadır. Farklı zamanlarda biriken nesneler, görüntüler ve kayıtlar aracılığıyla kurulan bağlar, sanatçının kendisini çevresiyle ilişkileri üzerinden tanımlamasına olanak tanımaktadır. Malzeme ise burada hafızası ve fiziksel özellikleriyle bir hatırlatıcıya dönüşmektedir.

SONUÇ

Mekânın sanat eserinin anlamını belirleyen unsurlardan biri hâline gelmesi, Al Saadi'nin üretiminin sergileme koşullarıyla birlikte değerlendirilmesini de gerekli kılmaktadır. Ayrıca sanatçının bulunduğu yerin, izleyicinin bedensel deneyimi ve kurumsal bağlamla birlikte şekillendiğini ortaya koymaktadır. Al Saadi'nin üretimi bütünüyle mekâna özgü sanat kategorisi içerisinde değerlendirilmemekle birlikte, eserlerin edinildiği çevre ile sergilendikleri bağlam arasındaki ilişkinin incelenmesi açısından bu yaklaşım açıklayıcı olmaktadır. Doğada karşılaşılan bir nesnenin galeride veya müze ortamında yeniden düzenlenmesi, nesnenin anlamını değiştiren yeni bir bağlam meydana getirmektedir. Böylece doğal çevrede edinilen malzeme aracılığıyla, kişisel deneyim ve sergileme ortamı arasında yeni bir ilişki kurulmaktadır. Bu eksende Al Saadi'nin sanatsal pratiğinde doğa, mekân, nesne, hafıza ve aidiyet gibi kavramlar, üretim sürecinde birbirini tamamlayan kavramlar olarak ortaya çıkmaktadır. Sanatçının doğa içerisinde gerçekleştirdiği hareketlilik, belirli bir coğrafyayla kurduğu kişisel bağı güçlendirmekte ve karşılaşılan nesnelerin toplanması ya da saklanması ise bu deneyimlerin maddi izlere dönüşmesini sağlamaktadır. Nesnelerin sınıflandırılması ve farklı sergileme bağlamlarında yeniden düzenlenmesi, kişisel deneyimin paylaşılabilir bir anlatıya dönüşmesine aracılık etmektedir. Sanatçının taşları ve gündelik nesneleri seçmesi, kaydetmesi ve yeniden düzenlemesi, bu unsurlara kişisel geçmişle bağlantılı anlamlar kazandırmaktadır. Bu bulgu, Kopytoff'un (1986) nesnelerin kültürel bağlam içinde değişen değerlerine ilişkin yaklaşımıyla örtüşmektedir. Yolculukların görsel ve yazılı kayıtlara dönüşmesi, yerle kurulan bağın zamansal boyutunu belirginleştirmektedir. Tuan'ın (1977) deneyime dayalı yer yaklaşımı doğrultusunda, yeniden ziyaret edilen güzergâhlar ve korunan malzemeler sanatçının kişisel coğrafyasının oluşumuna katkı sağlamaktadır. Bu coğrafyanın sergileme ortamına taşınması, bireysel deneyimi paylaşılabilir bir anlatıya dönüştürmektedir. Bununla birlikte araştırmanın yazılı belgeler ve eser görselleriyle sınırlı olması, izleyicinin yaşadığı deneyime ilişkin değerlendirmeleri yorum düzeyinde tutmaktadır. Araştırma sonucunda, Al Saadi'nin sanatında aidiyetin karşılaşma, koruma ve yeniden anlatma eylemleriyle süreklilik kazandığı anlaşılmaktadır. Sanatçının özgün yaklaşımı, çevreden edinilen malzemeler ile yaşam öyküsü arasında kurduğu bağda belirginleşmektedir. Bu bağ, buluntu nesnenin sanatsal değerinin biçimsel özellikleri, edinilme koşulları ve taşıdığı kişisel anlamlar birlikte ele alınarak değerlendirilmesini sağlamaktadır. Böylece doğa, yer ve bellek arasındaki ilişki, sanatçının üretiminde deneyimin maddi izler aracılığıyla korunması üzerinden açıklanabilmektedir.

KAYNAKÇA

Arab News. (2026, 24 Nisan). *Arab artists on display at the Diriyah Contemporary Art Biennale*. https://www.arabnews.com/node/2640964/lifestyle

Aydın, G. (2023). Gündelik hayat nesnesinin duygusal aktarımlarda sanata dâhil edilmesi. *Disiplinlerarası Yenilik Araştırmaları Dergisi, 3*(2), 66–74. https://doi.org/10.56723/dyad.1304988

Binder, P., & Haupt, G. (2021, Aralık). *Abdullah Al Saadi: Expo 2020 Dubai public art programme*. Universes in Universe. https://universes.art/en/specials/expo-2020-dubai-public-art/abdullah-al-saadi

Diriyah Biennale Foundation. (2026, Şubat). *Abdullah Al Saadi*. https://biennale.org.sa/en/learning-guides/artist-highlights/abdullah-al-saadi

Ergür, G., & Çoban, C. (2021). Buluntu nesnenin kişiselleşmesi. *Kesit Akademi Dergisi, 7*(28), 173–196. https://doi.org/10.29228/kesit.52324

Harris, G. (2024, 27 Şubat). Abdullah Al Saadi: 'Artists can't be alone. Friendship between artists is very important'. *The Art Newspaper*. https://www.theartnewspaper.com/2024/02/27/abdullah-al-saadi-artists-cant-be-alone-friendship-between-artists-is-very-important

Hsieh, H.-F., & Shannon, S. E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative Health Research, 15*(9), 1277–1288. https://doi.org/10.1177/1049732305276687

İstanbul Kültür Sanat Vakfı. (t.y.). *Abdullah Al Saadi*. https://bienal.iksv.org/tr/18b-sanatcilar/abdullah-al-saadi

Iversen, M. (2004). Readymade, found object, photograph. *Art Journal, 63*(2), 44–57. https://doi.org/10.1080/00043249.2004.10791125

Kopytoff, I. (1986). The cultural biography of things: Commoditization as process. In A. Appadurai (Ed.), *The social life of things: Commodities in cultural perspective* (pp. 64–92). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511819582.004

Kwon, M. (1997). One place after another: Notes on site specificity. *October, 80*, 85–110. https://doi.org/10.2307/778809

National Pavilion UAE. (2024, 6 Şubat). *Abdullah Al Saadi: Sites of memory, sites of amnesia*. e-flux. https://www.e-flux.com/announcements/583583/abdullah-al-saadi-sites-of-memory-sites-of-amnesia

Payne, B. (2017, 22 Haziran). *Abdullah Al Saadi: A UAE national treasure*. Anna Seaman. https://annaseaman.net/content/2017/6/21/abdulla-al-saadi-a-uae-national-treasure

Seaman, A. (2024, 11 Nisan). *The journeyman*. Anna Seaman. https://annaseaman.net/content/the-journeyman

Sharjah Art Foundation. (t.y.-a). *Abdullah Al Saadi*. https://www.sharjahart.org/en/sharjah-biennial/sb-12/people/details/abdullah-al-saadi/

Sharjah Art Foundation. (t.y.-b). *Al Zannoba journey*. https://www.sharjahart.org/en/sharjah-biennial/sb-12/projects/details/al-zannoba-journey

Sharjah Art Foundation. (t.y.-c). *Camar Cande's journey*. https://www.sharjahart.org/en/resources/collections/details/camar-candes-journey

Sharjah Art Foundation. (t.y.-d). *Stone slippers (Al Zannouba)*. https://www.sharjahart.org/en/resources/collections/details/stone-slippers-al-zannouba/

Sharjah Art Foundation. (2014). *Al-Toubay exhibition in Sharjah*. Universes in Universe. https://universes.art/en/nafas/articles/2014/abdullah-al-saadi/photos/expo

Tuan, Y.-F. (1977). *Space and place: The perspective of experience*. University of Minnesota Press.

Universes in Universe. (t.y.). *Abdullah Al Saadi* [Letters of my mother hakkında eser açıklaması ve sergi fotoğrafları]. https://universes.art/en/sharjah-biennial/2003/expo-centre-2/abdullah-al-saadi

Universes in Universe. (2024). *Pavilion of the United Arab Emirates*. https://universes.art/en/venice-biennale/2024/united-arab-emirates

GÖRSELLER KAYNAKÇA

Görsel 1. Mezaina, H. (2015, 1 Mayıs). 1980-Today: Exhibitions in the United Arab Emirates at Venice Biennale 2015. The Culturist. https://www.theculturist.com/home/1980-today-exhibitions-in-the-united-arab-emirates-at-venice.html

Görsel 2a-d. Universes in Universe. (t.y.). The artist showing his work: My mother's letters [Fotoğraf]. https://universes.art/en/nafas/articles/2014/abdullah-al-saadi/photos/expo/15

Görsel 3a-d. Sharjah Art Foundation. (t.y.). Camar Cande's journey, Abdullah Al Saadi. https://www.sharjahart.org/en/resources/collections/details/camar-candes-journey

Görsel 4a-b. Sharjah Art Foundation. (t.y.). Stone slippers (Al Zannouba), Abdullah Al Saadi. https://www.sharjahart.org/en/resources/collections/details/stone-slippers-al-zannouba/

Görsel 5 ve Görsel 6a-d. Universes in Universe. (t.y.). Pavilion of the United Arab Emirates: Sites of memory, sites of amnesia. https://universes.art/en/venice-biennale/2024/united-arab-emirates

Görsel 7a-d. Universes in Universe. (t.y.). Abdullah Al Saadi. https://universes.art/en/specials/expo-2020-dubai-public-art/abdullah-al-saadi

KENDİNİ ALDATMANIN PSİKOLOJİSİ: BÜTÜNCÜL BİR KAVRAMSAL ÇERÇEVE ARAYIŞI

Doç. Dr. Muharrem AKA
Kilis 7 Aralık Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Psikoloji Bölümü

Öz

Kendini aldatma (self-deception), bir bireyin kendisine ait gerçekliği -bilinçli ya da yarı bilinçli bir şekilde- çarpıtarak, kanıtlarla çelişen bir inancı benimsemesi ya da sürdürmesi süreci olarak tanımlanmaktadır. Kendini aldatma her ne kadar felsefe, psikanaliz, bilişsel psikoloji, sosyal psikoloji, kişilik psikolojisi ve son yıllarda da bilişsel sinirbilim gibi farklı disiplinlerin kesişiminde ele alınmış olsa da bu disiplinler arası ilgi, alanyazında tutarlı ve bütünleşik bir kuramsal çerçevenin oluşmasını sağlayamamıştır. Mevcut çalışmalar ya dar deneysel paradigmalarla (örn. algısal yanılsama görevleri, sosyal beğenirlik ölçekleri) sınırlı kalmış ya da büyük ölçüde spekülatif-felsefi tartışma düzeyinde seyretmiştir. Türkçe alanyazında ise kendini aldatma kavramı, çoğunlukla dindarlıkla ilişkisi bağlamında veya ölçek geliştirme/kişilik değişkenleriyle ilişkilendirme çalışmaları kapsamında ele alınmış; kavramın tarihsel gelişimini, ölçme yaklaşımlarını, işlevsel-işlevsiz görünümlerini ve kültürel bağlamını bir arada değerlendiren kapsamlı bir kavramsal derleme çalışmasına rastlanmamıştır. Bu bildirinin amacı, kendini aldatma olgusunu; (a) tarihsel-kavramsal gelişimi, (b) felsefi-paradoksal temelleri, (c) evrimsel-işlevsel açıklamaları, (d) bilişsel-motivasyonel süreçleri ve (e) psikodinamik savunma mekanizmaları perspektifi yaklaşımlarını bir araya getirerek bütüncül bir çerçevede incelemek; bu yaklaşımların literatürde ne ölçüde birbirinden bağımsız ilerlediğini ortaya koymak ve söz konusu parçalı görünümün doğurduğu kavramsal, yöntemsel ve kültürel boşlukları belirlemektir. Bu amaçla, Web of Science (SSCI & AHCI), Scopus, Google Scholar ve ULAKBİM TR Dizin veri tabanlarında 1990-2025 yılları arasını kapsayan sistematik bir literatür taraması yürütülmüş; kavramın kuramsal temelini oluşturan klasik felsefi ve psikanalitik eserler ise yayın tarihinden bağımsız olarak derlemeye dahil edilmiştir. Bu doğrultuda bildiri, kendini aldatmanın hem bireyin ruh sağlığını koruyucu (adaptif) hem de gerçeklikle temasını bozucu (işlevsiz) yönlerinin hangi koşullarda baskın hale geldiğine dair bütünleştirici bir tartışma zemini sunmayı hedeflemektedir. Çalışmanın önemi, dağınık durumdaki disiplinler arası birikimi tek bir kavramsal harita altında toplayarak hem kuramsal hem de Türkçe alanyazındaki ampirik araştırmalara yön gösterecek bir zemin oluşturmasında yatmaktadır.

Anahtar Kavramlar: Psikoloji, Kendini Aldatma, Bilinçdışı, Biliş, Kavramsal Derleme

Abstract

Self-deception is defined as the process by which an individual—consciously or subconsciously—distorts their own reality to adopt or maintain a belief that contradicts the evidence. Although self-deception has been examined at the intersection of various disciplines—such as philosophy, psychoanalysis, cognitive psychology, social psychology, personality psychology, and, in recent years, cognitive neuroscience—this interdisciplinary interest has not led to the development of a consistent and integrated theoretical framework in the literature. Existing studies have either been limited to narrow experimental paradigms (e.g., perceptual illusion tasks, social desirability scales) or have largely remained at the level of speculative-philosophical discussion. In the Turkish literature, however, the concept of self-deception has mostly been addressed in the context of its relationship with religiosity or within studies linking it to scale development and personality variables; no comprehensive conceptual

review has been found that evaluates the concept's historical development, measurement approaches, functional and dysfunctional manifestations, and cultural context together. The purpose of this paper is to examine the phenomenon of self-deception by integrating the following perspectives into a holistic framework: (a) its historical-conceptual development, (b) its philosophical-paradoxical foundations, (c) its evolutionary-functional explanations, (d) cognitive-motivational processes, and (e) psychodynamic defense mechanisms; to reveal the extent to which these approaches have progressed independently of one another in the literature; and to identify the conceptual, methodological, and cultural gaps resulting from this fragmented perspective. To this end, a systematic literature review covering the years 1990–2025 was conducted in the Web of Science (SSCI & AHCI), Scopus, Google Scholar, and ULAKBİM TR Index databases; while classical philosophical and psychoanalytic works forming the theoretical foundation of the concept were included in the compilation regardless of their publication date. In this regard, the paper aims to provide a comprehensive platform for discussion regarding the conditions under which the self-deception's both protective (adaptive) and reality-distorting (dysfunctional) aspects become dominant. The significance of this study lies in its ability to bring together the scattered body of interdisciplinary knowledge under a single conceptual framework, thereby creating a foundation that will guide both theoretical and empirical research in the Turkish literature.
Key Concepts: Psychology, Self-Deception, Unconscious, Cognition, Conceptual Synthesis

1. GİRİŞ

Kendini kandırma kavramı, hem felsefe hem edebiyat hem de psikoloji metinlerinde büyük ilgi görmüştür. Stanford Felsefe Ansiklopedisi'nde, "kendini kandırma, bir kişinin belirli bir motivasyonun sonucu olarak, aksini gösteren kanıtlara rağmen bazı yanlış inançları benimsemesi ve sürdürmesi ve aynı zamanda gerçeğin bir kısmının farkında olduğunu düşündüren davranışlar sergileyebilmesidir" şeklinde tanımlanmaktadır (akt. Kam, 2023). Birçok psikolog insanın sergilemiş olduğ geniş davranış yelpazesini açıklamak için kendini kandırma olgusu kullanmıştır (Gur & Sackeim, 1979). Trafikteki kural ihlalini mazeretlerle aklayan sürücüden başarısızlığını dışsallaştıran öğrenciye, zararlarını bildiği bağımlılığı savunan tiryakiden dini-ahlaki ilkeleri çıkarlarına göre büken aktöre kadar insan eylemlerinin ardında hep aynı zihinsel kalkan işler. Birey; suçluluk, kaygı ve yetersizlik hissiyle yüzleşmemek ve benlik saygısını korumak adına, hayatın en farklı alanlarında bile gerçeği çarpıtıp kendini kandırarak ucuz bir içsel konfora sığınmaktadır. Bu nedenle kendini kandırma, psikolojinin pek çok alanında insan davranışını açıklayan en temel mekanizmadır (Gur & Sackeim, 1979).

Bu mekanizmanın sıradan bir kasıt meselesi olmadığını gösteren ampirik bulgular da mevcuttur. Araştırmalar, insanların kişilik testlerinde bilerek yalan söylemekten ziyade kendilerini gerçekten öyle sandıkları için yanıldıklarını göstermektedir (Meehl & Hathaway, 1946). Benzer şekilde psikologlar; egoyu koruyan tüm savunma mekanizmalarının özünde kendini kandırmanın yattığını (Hilgard, 1949), yanlışlığı kanıtlansa bile insanların kendi fikirlerinde inat etmelerinin (Wason & Johnson-Laird, 1972) ve can sıkan gerçekleri duyularımızın bile fark etmek istemeyişinin (Murphy, 1970) bu durumdan kaynaklandığını belirtir (Gur & Sackeim, 1979). Hatta tüm nevrotik ve kaygılı davranışların temelinde bile insanın gerçeklerden kaçıp kendi uydurduğu hikâyelere inanması yatar (Mischel, 1974). Kısacası insan, dış dünyayı ya da bir başkasını yanıltmaktan çok önce, kendi iç huzurunu korumak için en başta kendi zihnini ikna etmektedir.

Kendini aldatma üzerine sistematik psikolojik ilginin kökleri, kavramı bilinç dışı savunma süreçleriyle ilişkilendiren psikanalitik geleneğe kadar uzanmaktadır (A. Freud, 2013; Kuşat, 2000). Ancak kavramın bağımsız bir araştırma nesnesi olarak ele alınması, büyük ölçüde

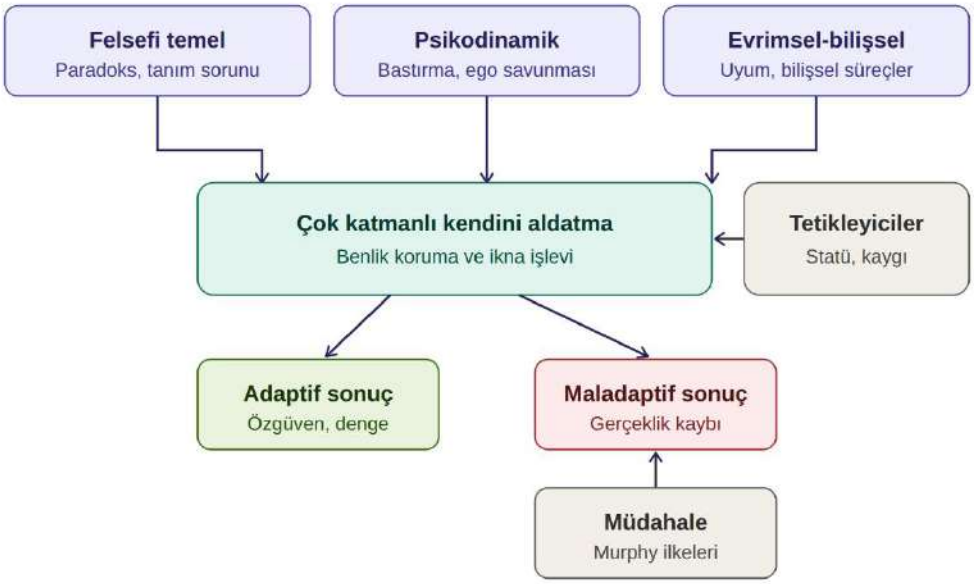
Sackeim ve Gur'un 1970'lerin (1979) sonunda geliştirdiği kuramsal çerçeveyle hız kazanmıştır. Bu öncü çalışmalar, kendini aldatmayı "bilinç" ve "farkındalık" kavramlarıyla iç içe tartışarak, olgunun deneysel olarak incelenebilir bir yapı hâline gelmesinin önünü açmıştır (Wehofsits, 2024). Sonraki kırk yılda kavram; kişilik psikolojisi, sosyal psikoloji, evrimsel psikoloji, klinik psikoloji ve son dönemde bilişsel sinirbilim tarafından farklı açılardan ele alınmış, fakat bu genişleme, kavramın parçalı ve bazen çelişkili biçimde tanımlanmasına da yol açmıştır (Moldoveanu & Visu-Petra, 2025; Weissman & Gorlin, 2023).

Bu parçalanmanın en belirgin göstergelerinden biri, kavramın felsefe literatüründe doğurduğu mantıksal paradokstur: Bir kişinin aynı anda hem bir önermenin doğru olmadığını "bilmesi" hem de ona "inanması" nasıl mümkün olabilir? Kavramın kendisi bu nedenle bazı yazarlarca mantıksal, felsefi ve psikolojik zeminde çözümsüz bir paradoks olarak dahi nitelendirilmiştir. Sartre, Freud, Fingarette, Kellenberger ve Snyder gibi düşünürler bu paradoksa birbirinden oldukça farklı çözümler önermiştir. Kavramın bireysel bir savunma mekanizması olmanın ötesinde, çevresel norma uyum ve toplumsal kabul arayışıyla da tetiklenebileceğini öne süren gelişimsel-sosyal açıklamalar da (Fromm, 2017; Horney 1937/2025; King-Farlow ve Bosley, 1985) bulunmaktadır.

Yukarıda özetlenen tablo, kendini aldatmanın psikoloji, felsefe, psikanaliz ve sosyal öğrenme kuramı gibi farklı disiplinlerce defalarca ele alınmış, ancak her seferinde farklı bir vurguyla (mantıksal paradoks, bilinçdışı savunma, ahlaki yozlaşma, sosyal uyum, algısal körlük) tanımlanmış bir kavram olduğunu ortaya koymaktadır. Sorun tam olarak buradadır; bu denli zengin ve çok boyutlu bir birikime rağmen, söz konusu yaklaşımları bir araya getirip kendini aldatmanın hangi koşullarda koruyucu, hangi koşullarda yıkıcı hâle geldiğini bütüncül biçimde tartışan bir kavramsal çerçeve alanyazında henüz oluşturulamamıştır. Sackeim ve Gur'un (1978, 1979) deneysel olarak sınanabilir dört ölçütü dahi, yukarıda sıralanan felsefi ve psikodinamik tanımların tamamını kapsayacak bir senteze ulaşamamış; alan, Moldoveanu ve Visu-Petra (2025) ile Weissman ve Gorlin'in (2023) de belirttiği gibi parçalı ve zaman zaman çelişkili bir görünüm sergilemeye devam etmiştir.

Bu çalışmanın amacı, kendini aldatma kavramının felsefi (Sartre, Fingarette, Demos, Gardiner), psikanalitik (Freud, Kellenberger/Saunders), gelişimsel-sosyal (Piaget, Kohlberg, Bandura, Fromm, Horney) ve deneysel-bilişsel (Sackeim & Gur) gelenekler tarafından nasıl farklı biçimlerde tanımlandığını ortaya koymak, bu tanımlar arasındaki ortak noktaları ve ayrışmaları belirlemek ve bu çok boyutlu birikimi tek bir kavramsal çerçevede bütünleştirmektir. Bu doğrultuda çalışmanın araştırma sorusu şu şekilde formüle edilmiştir: *Kendini aldatmaya ilişkin farklı disipliner tanımlar ortak bir kavramsal zeminde nasıl bütünleştirilebilir ve bu bütünleştirme, olgunun işlevsel (koruyucu) ile işlevsiz (yıkıcı) görünümleri arasındaki sınırı belirlemeye nasıl katkı sağlayabilir?*

Şekil: 1 Bütünleştirici Model



2. YÖNTEM VE LİTERATÜR TARAMA STRATEJİSİ

Bu amaç doğrultusunda çalışmada, kendini aldatma olgusunun felsefi, psikanalitik, evrimsel, bilişsel ve dinsel/kültürel boyutlarını bütüncül bir çerçevede incelemek amacıyla kavramsal derleme (narrative/conceptual review) deseni benimsenmiştir. Derleme sürecinin şeffaflığını artırmak amacıyla, tarama kapsamı ve kaynak seçim ölçütleri aşağıda ayrıntılı biçimde raporlanmıştır. Bu doğrultuda, uluslararası ve ulusal alanyazındaki birikimi kapsamlı biçimde temsil etmek üzere Web of Science (SSCI & AHCI indeksleri), Scopus, Google Scholar ve ULAKBİM TR Dizin veri tabanları taranmıştır.

Tarama sürecinde İngilizce ve Türkçe literatür esas alınmış olup, "self-deception", "motivated cognition", "defense mechanisms", "evolutionary theories of self-deception", "kendini aldatma", "güdülenmiş biliş", "savunma mekanizmaları" ve "dindarlık ve kendini aldatma" anahtar kelimeleri kullanılmıştır. İngilizce veri tabanlarında (Web of Science, Scopus, Google Scholar) tarama, temel kavramı ifade eden terimin ("self-deception" OR "self-deceit") ilgili alt temalarla Boolean AND operatörüyle birleştirilmesi yoluyla yürütülmüş; örnek arama string'i şu şekilde kurgulanmıştır: ("self-deception" OR "self-deceit") AND ("motivated cognition" OR "motivated reasoning" OR "defense mechanism" OR "evolutionary theor"). Türkçe veri tabanında (ULAKBİM TR Dizin) ise buna karşılık gelen string, ("kendini aldatma") AND ("güdülenmiş biliş" OR "savunma mekanizmaları" OR "dindarlık") şeklinde uygulanmıştır. Her iki dildeki taramalarda terim kökü kısaltma (truncation, örn. "mechanism*") kullanılarak ilgili terimin çoğul/türetilmiş biçimlerinin de sonuçlara dahil edilmesi sağlanmıştır. Sistematik veri tabanı taraması, kavramın deneysel ve ampirik olarak en yoğun çalışıldığı dönemi kapsayacak şekilde 1990–2025 yılları arasıyla sınırlandırılmıştır. Ancak kendini aldatma kavramının kuramsal temelini oluşturan klasik felsefi ve psikanalitik eserler (örn. Freud, 1932/2013; Sartre, 1943/1956; Piaget, 1932) yayın tarihinden bağımsız olarak, alandaki kavramsal sürekliliği yansıtmaları amacıyla derlemeye dahil edilmiştir.

Araştırma evrenini daraltmak ve teorik doygunluğu sağlamak amacıyla şu dahil etme ve hariç tutma kriterleri uygulanmıştır:

(i) Kendini aldatmanın kavramsal, felsefi veya psikodinamik temellerini inceleyen teorik çalışmalar,

(ii) Algısal savunma, ses tanıma paradigmaları, bilişsel yük ve nörobilişsel altyapıyı inceleyen ampirik çalışmalar,
(iii) Türkçe alanyazındaki psikolojik ve dini yönelimli bağlamsal araştırmalar çalışmaya dahil edilmiştir.
Buna karşın, kendini aldatma kavramını doğrudan ele almayıp yalnızca genel bilişsel yanılgıları veya klinik patolojileri (örn. şizofreni, sanrısal bozukluklar) tartışan, hakemli dergi dışındaki gri literatür niteliğindeki metinler ve metodolojik olarak yetersiz veriler içeren çalışmalar değerlendirme dışı bırakılmıştır. Elde edilen teorik ve ampirik birikim; felsefi-paradoksal temeller, psikodinamik savunmalar, bilişsel-motivasyonel süreçler ve evrimsel-işlevsel çıktılar olmak üzere dört ana tematik eksende sentezlenmiş; bu sentez üzerinden olgunun uyumsal (adaptif) ile işlevsiz (maladaptif) görünümleri arasındaki sınır koşulları eleştirel bir gözle değerlendirilmiştir..

3. KAVRAMSAL PARADOKSLAR VE FELSEFİ YAKLAŞIMLAR

3.1. Klasik Paradoks: İnsanın Kendi Kendini Aldatabilmesinin İmkânı

Kendini aldatma kavramı, felsefe literatüründe temel bir paradoksla birlikte anılır (Demos, 1960; Fingarette, 1969; Gardiner, 1970; Sartre, 1956). Bu paradoks en yalın hâliyle şu soruda özetlenebilir: Bir kişi, aynı anda hem bir önermenin doğru olmadığını "bilebilir" hem de o önermeye "inanabilir" mi? (Sartre, 1956). Sıradan mantık kurallarına göre bir insan bir şeyin yanlış olduğunu biliyorsa, aynı anda o şeye inanması mümkün değildir; çünkü bilmek ile inanmak, aynı konuda birbirine zıt iki zihinsel durumu ifade eder (Demos, 1960; Gardiner, 1970). Kendini aldatma tam olarak bu ikisinin bir arada bulunmasını gerektirdiği için, klasik anlamda mantıksal bir çıkmaz olarak görülmüştür (Fingarette, 1969; Sartre, 1956).
Sackeim ve Gur'un (1978) klasik yaklaşımına göre kendini aldatan birey, biri diğerinin farkındalığı dışında tutulan iki çelişkili inanca aynı anda sahiptir. Yani kişinin zihninde hem gerçek bilgi hem de bu bilgiyle çelişen yanlış bir inanç bulunur; ancak kişi bu iki inançtan yalnızca birinin farkındadır, diğeri bilinç alanının dışında tutulur. Bu durum, geleneksel inanç-bilgi modelleriyle bağdaştırılması güç bir paradoks doğurmuş ve bazı yazarlarca mantıksal, felsefi ve psikolojik zeminde tümüyle imkânsız olarak dahi nitelendirilmiştir (Demos, 1960; Fingarette, 1969; Gardiner, 1970; Sartre, 1956).
Bu felsefi tıkanıklığı en açık biçimde ortaya koyan Jean-Paul Sartre'a (1956) göre, yalanı söyleyen ile söylenen aynı kişi olduğunda durum tamamen imkânsızlaşır. Sartre'ın açıklamasını şöyle basitleştirebiliriz. Sıradan bir yalanda iki kişi vardır — yalan söyleyen ve yalana inanan. Yalan söyleyen kişi gerçeği bilir, dinleyen kişi ise bilmez; işte bu bilgi farkı, yalanı "yalan" yapan şeydir. Ama kendini aldatmada bu iki rolü, yani hem aldatanı hem aldananı, tek bir kişi üstlenmektedir. Sartre'a göre bunun gerçekleşebilmesi için kişinin, aldatılan sıfatıyla kendisinden gizlediği gerçeği, aldatıcı sıfatıyla çok net biçimde bilmesi gerekir. Çünkü bir şeyi dikkatle saklayabilmek için, önce o şeyin farkında olmak şarttır. Ancak bu iki rolün — bilenin ve bilmeyenin — aynı zihinde, tek bir eylem içinde birleşmesi, sıradan bir yalanı var eden temel ayrımı ortadan kaldırmaktadır. Böylece Sartre'a göre kendini aldatma, mantıksal olarak kendi içinde çökmektedir (Sartre, 1956).
Bu paradoksu aşmaya çalışan alternatif kuramlar, kendini aldatmanın ana mekanizmasının bireyin mevcut inançlarıyla çelişen kanıtları görmezden gelmesi olduğunu ileri sürmüştür. Yani kişi, kendisine söylediği şeyin yanlış olduğunu "bilmez"; sadece bu yanlışlığı gösteren kanıtları fark etmemeyi tercih eder (Mele, 2001). Ancak bu çözüm önerisinin de kendi içinde bir zayıflığı vardır. Göz ardı edilen kanıtın herkesçe açık ve nesnel bir olgu olduğu varsayımı her zaman geçerli olmayabilir. Çünkü bir bilginin "çelişki" oluşturup oluşturmadığı, büyük ölçüde kişinin o bilgiyi nasıl yorumladığına bağlıdır; aynı kanıt, farklı kişiler tarafından çok farklı biçimlerde okunabilir.
Benzer bir mantıksal çıkmaz, psikoloji literatüründeki bilinçaltı, algı ve algısal savunma araştırmalarında da tartışılmıştır (Eriksen & Browne, 1956; Howie, 1952). Algısal savunma

kavramına göre insan zihni, kendisini rahatsız edecek bir uyaranı fark etmemeyi "tercih edebilir." Ancak eleştirmenler burada da aynı paradoksa dikkat çekmiştir. Bir kişinin rahatsız edici bir uyarandan kaçınabilmesi için, öncelikle o uyaranı algılamış olması gerekir. Eğer algılama mutlaka bilinçli bir farkındalık gerektiriyorsa, kişi zaten o uyaranı fark etmiş demektir — dolayısıyla "fark etmemeyi tercih etmek" kendi içinde çelişkili bir ifadeye dönüşür. Bu görüşe karşı çıkan araştırmacılar ise, bilişsel süreçlerin daima bilinçli bir farkındalıkla yürütülmek zorunda olduğu varsayımının baştan yanlış olduğunu savunmuşlardır (Erdelyi, 1974). Yani zihin, bir bilgiyi bilinç düzeyine hiç çıkarmadan da işleyebilir; bu durumda algısal savunma bir paradoks olmaktan çıkar. Nitekim Nisbett ve Wilson (1977), insanların zihinlerindeki bilişsel içeriklerin ve süreçlerin her zaman farkında olmadıklarını ortaya koyan geniş bir literatür derlemesi sunarak bu görüşü güçlü biçimde desteklemiştir.

Sosyal öğrenme kuramının sahibi Albert Bandura ise, aldatan ve aldananın aynı birey olduğunu vurgulayan bu geleneksel tanıma katılmamaktadır. Bandura'ya (2011) göre bireyin kendisini bir "ahmak" yerine koyarak kandırması mümkün değildir. Çünkü bu durum, kişinin zihninde bölünmüş benlikler yaratmayı gerektirir ve bu benliklerden biri de böylelikle bilinçdışına mahkûm edilmiş olur — oysa bir insanın kendi zihnini bu şekilde ikiye bölüp bir parçasını kendinden saklaması, günlük deneyimimizle bağdaşmayan, oldukça zorlama bir varsayımdır. Bandura (2011), von Hippel ve Trivers'ın (2011) evrimsel açıklamasına yönelttiği bu eleştiride, kişinin önyargılı bilgi arama ve işleme süreçleri yoluyla kendi yanlışının doğruluğuna bilerek ikna olduğunu; istenmeyen bilgiden kendini habersiz bırakacak şekilde davranmanın "kendini aldatma", seçici biçimde çarpıtıp yanlış bilgilendirerek davranmanın ise ayrı bir olgu olan "kendine önyargı" (self-bias) sayılması gerektiğini savunur.

Bandura'nın işaret ettiği bu güçlük, aslında alanyazında daha önce Mele (2001) tarafından iki ayrı paradoks olarak adlandırılmıştır. Kişinin aynı anda iki zıt inancı zihninde birden barındırması statik paradoksu; kişinin, kendini aldattığını bir yandan bilirken bir yandan da bu bilgiden etkilenmeden aldanmaya devam etmesi ise dinamik paradoksu ifade eder. Statik paradoks "nasıl olur da aynı anda iki çelişen şeye inanabilirim?" sorusuna, dinamik paradoks ise "nasıl olur da aldatıldığımı bilerek yine de aldanabilirim?" sorusuna işaret etmektedir. Bandura'nın (2011) eleştirisi, bu iki paradoksun özellikle dinamik/niyet boyutuna işaret etmesi bakımından önemlidir; bu nedenle bu bakış açısı aşağıda ele alınan niyetselci yaklaşım başlığı altında da (bkz. 2.2.1.) yeniden değerlendirilebilir.

3.2 Felsefi Yaklaşımlar: Kasıtlılıktan Motivasyonel Çarpıtmaya

Alfred Mele (2001) gibi felsefeciler, yukarıdaki paradoksu, kendini aldatmayı kasıtlı bir "kendine yalan söyleme" edimi olarak değil, motivasyonel olarak yönlenmiş, seçici kanıt değerlendirme süreci olarak yeniden çerçeveleyerek çözmeye çalışmıştır. Bu yaklaşımda kendini aldatma, bireyin arzu ettiği bir inancı destekleyen kanıtlara daha fazla ağırlık verip, bu inançla çelişen kanıtları göz ardı etmesiyle, kademeli ve çoğunlukla bilinç dışı biçimde oluşur; yani tek seferlik, kasıtlı bir "aldatma edimi" değil, zaman içinde biriken bir yanlılık sürecidir. Bu felsefi tartışma, alanın en temel sorunlarından birinin hâlâ kavramın ne olduğu konusunda net bir mutabakatın bulunmaması olduğunu göstermektedir; nitekim güncel felsefe literatüründe dahi kendini aldatmanın "amaçlılık" unsurunu ne ölçüde içerdiği tartışmalı bir konu olmaya devam etmektedir. Bu tartışmanın bir ucunda, kendini aldatmayı kasıt ve çift inanç temelinde açıklayan niyetselci yaklaşım; diğer ucunda ise kasıt unsurunu tamamen reddeden niyetselci olmayan ve motivasyonalist yaklaşımlar yer almaktadır. Aşağıda önce bu tartışmanın kasıt temelli ucunu oluşturan niyetselci görüş ele alınacaktır.

3.2.1. Niyetselci (Intentionalist) Yaklaşım: Çift İnanç ve Kasıt

Niyetselci bakış açısına göre kendini aldatma, kişinin aslında doğru olmadığını bildiği bir şey hususunda kendine yalan söylemesi ve bu yalana inanmasını ifade etmektedir (Scott, 2008). Burada önemli olan, kişiler arası aldatmadaki iki kişilik rolünü, kendini aldatmada kişinin tek başına üstleniyor olmasıdır. Bu bakış açısının iki ön kabulü bulunmaktadır. Kişi aynı zamanda

iki zıt inancı birden taşımalı ve yanlış olduğunu bildiği bir inanca kasıtlı bir şekilde inanmalıdır. Buna göre kişi hem aldatan hem aldanan rolünü tek başına üstlenmektedir; yani kişi, hem kendisini aldattığı gerçeğini bilmelidir ki aldatabilsin, hem de bu gerçekten haberdar olmamalıdır ki aldanabilsin (Scott, 2008).

Bu kuramsal ve mantıksal temellere dayanarak Sackeim ve Gur (1978), bir duruma tam anlamıyla "kendini aldatma" niteliği atfedebilmek için gerekli ve yeterli olan dört temel ölçüt önermiştir: (1) birey zihninde birbiriyle çelişen iki ayrı inanca sahip olmalıdır; (2) bu iki zıt inanç farklı zamanlarda değil, zihinde aynı anda mevcut bulunmalıdır; (3) birey, bu inançlardan birine (genellikle can sıkıcı olan gerçeğe) sahip olduğunun bilincinde olmamalıdır; (4) hangi inancın farkındalık alanına çıkarılacağını ve hangisinin bilinçten uzak tutulacağını belirleyen zihinsel eylem, bireyin psikolojik dengesini korumaya yönelik motivasyonlu bir eylem olmalıdır.

Sackeim ve Gur'un bu dört ölçütü, alanyazında kendini aldatmaya ilişkin en katı ve en talepkâr tanımı temsil etmektedir; nitekim bu tanımın alanyazındaki konumunu daha geniş bir çerçeveye oturtan Chance ve Norton (2015), kendini aldatma tanımlarını üç kategoride sınıflandırarak bu kavramsal karmaşıklığa dikkat çekmiştir. Bir uçta kendini aldatmayı olumlu yanılsamalarla (positive illusions) eş anlamlı sayan gevşek bir tanım yer alırken, diğer uçta-tam olarak yukarıda ele alınan Sackeim ve Gur'un dört ölçütünün karşılık geldiği- kendini aldatmanın gerçekleşmesi için kişinin zihninde aynı anda birbiriyle çelişen iki inancın bulunmasını şart koşan çok daha katı bir tanım bulunmaktadır. Bu üçlü sınıflandırma, niyetselci yaklaşımın alanyazındaki en "katı" konumu temsil ettiğini göstermesi bakımından önemlidir; aşağıda ele alınacak niyetselci olmayan yaklaşımlar ise bu tanım yelpazesinin tam tersi, yani daha gevşek ve kasıt unsurunu içermeyen ucuna karşılık gelmektedir.

3.2.2. Niyetselci Olmayan (Non-Intentionalist) ve Motivasyonalist Yaklaşım (Alfred R. Mele)

Kendini aldatmaya ilişkin tanım yelpazesinin karşı ucunu, niyetselci olmayan ve motivasyonalist yaklaşımlar oluşturmaktadır. Bu yaklaşımların ortak çıkış noktası, statik ve dinamik paradokslara niyetselci yaklaşımdan temelden farklı bir çözüm arayışıdır: niyetselci olmayan tanım, kendini aldatmada kişinin yanlış olduğunu bildiği bir inanca kasıtlı bir şekilde bağlandığı savına karşı çıkarak, bu iki paradoksu "kasıt" unsurunu tamamen devre dışı bırakarak aşmaya çalışır. Bu karşı çıkışlardan biri psikanalitik model üzerinden yapılmıştır. Freud'un bilinçdışını psişenin merkezine yerleştirmesi ve halefi psikanalistlerin de çalışmalarını zihnin bireyin bilincinde olduklarından daha fazlasına sahip olduğu düşüncesi üzerine inşa etmesi, kendini aldatmanın psikodinamiğinin anlaşılması için önemli bir çerçeve oluşturmuştur (Peterson vd., 2003). Bu perspektife göre kendini aldatma, dinamik bilinçdışının bireyi anksiyeteden uzak tutmak amacıyla, bilincin kişiyi incitebilecek gerçeklere ulaşmasını engellemesiyle ortaya çıkmaktadır; yani kişiler arası aldatmaya benzer şekilde, dinamik bilinçdışı bilinci aldatmaktadır (Scott, 2008). Bu sürecin bilinçdışı amaç ve hedefler tarafından tetiklenmesi nedeniyle kişinin hükümlerinin nasıl etkilendiğinin farkında olması mümkün görünmemektedir (Newman, 1999). Böylelikle psikanalitik model hem statik hem dinamik paradokstan kaçınmış olsa da, bu kez "çoklu zihin" (multiple minds) problemi ortaya çıkmaktadır — dinamik bilinçdışı, anksiyeteyi azaltmak için bilinci tehdit eden gerçekleri tespit edip bilincin bunlara ulaşmasını engellerken, bunu yaparken hem tehdidin hem de kendi aldatmacasının farkındadır; bu da "tüm bunları yapabiliyorsa, bilinç neden yapamasın?" sorusunu akla getirmektedir (Scott, 2008).

Yine niyetselci olmayan yaklaşım çerçevesinde bilişsel bir açıklama da geliştirilmiştir. Bu görüşe göre kendini aldatma, iki bilinçdışı amaca — öz saygıyı ve kişisel devamlılığı korumaya — hizmet eder. Bu amaçlar, eski ve köklü olmaları sebebiyle birey tarafından sorgulanmaya ihtiyaç duyulmadığı için bilinçdışında yer alır ve ancak kendilerini tehdit eden bir durum ortaya çıktığında bilinçli dikkate konu olurlar (Scott, 2008). Kişi bu amaçlar doğrultusunda kendi

davranışının makul bir açıklamasını kabul ederek anksiyeteden kurtulmuş olur; yani bilinçsiz biçimde kendisine ait bir algılama alanı geliştirerek dikkatini öz saygısını zedeleyebilecek duygu ve düşüncelerden uzaklaştırır (Akın, 2010). Bilişsel yaklaşıma göre kendini aldatma; zihinsel bir bölünme ya da kasıtlı bir niyet olmaksızın, zihnin bilgiyi işlerken kullandığı canlılık, ulaşılabilirlik ve onaylama önyargısı gibi algısal mekanizmaların veriyi bilinçsizce çarpıtmasıyla gerçekleşir (Scott, 2008)

Niyetselci olmayan yaklaşım çerçevesinde değerlendirilebilecek bir diğer bakış açısı, arzu vurgusuyla öne çıkan motivasyonalist yaklaşımdır. Motivasyonalistlere göre kendini aldatmanın paradoks olarak görülmesinin sebebi, olgunun kişilerarası aldatmadan yola çıkılarak anlaşılmaya çalışılmasıdır (Mele, 2001). Bu yaklaşıma göre kendini aldatmanın altında yatan temel güç arzu ve duygulardır (Kirby, 2003). Motivasyonalist akımın temsilcisi A. R. Mele'ye göre bütün sıradan kendini aldatma vakaları, arzuların inançlarımız üzerindeki etkileriyle açıklanabilir (Mele, 2001); kendini aldatma, arzu kaynaklı algısal ve yorumsal bir kusur olarak değerlendirilmektedir (Kirby, 2003). Bireyin X'e inanma arzusu, X olmadığını gösteren kuvvetli deliller olsa dahi bu delilleri X lehine yorumlamasını ve nihayetinde X'e inanmasını kolaylaştırmaktadır; ancak burada herhangi bir kasıt söz konusu olmayıp, yalnızca verinin arzu sebebiyle tahrif edilmesi söz konusudur (Mele, 2001). Bu bakış açısına göre, farkında olmasalar da arzularının kuşatması altında yaşadıkları için insanlar daima kendini aldatma riski altındadır (Scott-Kakures, 2002).

Mele'ye (1992) göre arzu kaynaklı kendini aldatma; bireyin farkında olmadan başvurduğu olumlu/olumsuz yanlış yorumlama, seçici odaklanma ve seçici delil toplama gibi dört temel stratejiyle gerçekleşir. Birey, arzularının yönlendirmesiyle verileri arzuladığı yönde kasıtsızca çarpıtabilir veya hoşuna gitmeyen kanıtları reddedebilir; ancak buradaki asıl amaç kendini aldatmak değil, yalnızca rahatsız edici bir durumdan sakınmaktır. Dolayısıyla Mele, zihinsel süreçlerin bir arzuyla güdülenmiş olabileceğini kabul etmekle birlikte, eylemin illa kendini aldatma niyetiyle yapılması gerekmediğini savunarak geleneksel varsayımları zayıflatır. Alfred Mele gibi felsefeciler, klasik paradoksu, kendini aldatmayı kasıtlı bir "kendine yalan söyleme" edimi olarak değil, motivasyonel olarak yönlenmiş, seçici kanıt değerlendirme süreci olarak yeniden çerçeveleyerek çözmeye çalışmıştır; bu yaklaşımda kendini aldatma, tek seferlik kasıtlı bir edim değil, zaman içinde biriken bir yanlılık sürecidir. Güncel felsefe literatüründe dahi kendini aldatmanın "amaçlılık" unsurunu ne ölçüde içerdiği tartışmalı bir konu olmaya devam etmektedir.

Mele'nin ortaya koyduğu bu motivasyonel çarpıtma süreci, felsefi düzeyde kalan soyut bir öneri olmaktan çıkıp, bilişsel psikoloji geleneğinde deneysel olarak sınanabilir somut bir zemine oturtulmuştur. Nitekim arzunun inançları nasıl çarpıttığı sorusu, sonraki alt bölümde ele alınacak güdülenmiş biliş (motivated cognition) araştırmalarının da temel çıkış noktasını oluşturmaktadır.

3.3. Güdülenmiş Biliş (Motivated Cognition) ve Bilgi İşleme Hataları

Buraya kadar ele alınan niyetselci ve niyetselci olmayan yaklaşımlar, kendini aldatmanın felsefi düzeyde nasıl mümkün olabileceğini tartışmıştı. Ancak Mele'nin (2001) öne sürdüğü "arzunun kanıtları çarpıtması" fikri, yalnızca felsefi bir varsayım olarak kalmamış; bilişsel psikoloji geleneğinde deneysel olarak da sınanmıştır. Bu bölüm, bir önceki bölümde felsefi düzeyde tartışılan motivasyonel çarpıtma fikrinin, laboratuvar ortamında nasıl gözlemlendiğini ele almaktadır.

Bilişsel psikoloji geleneğinde kendini aldatma, Festinger'in (1957) bilişsel uyumsuzluk (cognitive dissonance) kuramı ve Kunda'nın (1990) motivasyonel akıl yürütme (motivated reasoning) modeliyle açıklanır. Her iki kuram da aynı fikirsel temelden hareket eder. Buna göre insan zihni, kendisiyle çelişen rahatsız edici bilgilerle karşılaştığında bu bilgiyi olduğu gibi kabul etmek yerine, çarpıtarak ya da yeniden yorumlayarak içsel bir rahatlık sağlar. Örneğin kişi, benlik saygısını veya kendisi hakkındaki olumlu düşüncesini tehdit eden bir bilgiyle

karşılaştığında, bu bilgiyi kendi lehine olacak şekilde yeniden şekillendirebilir. Taylor ve Brown (1988) bu eğilimi "olumlu yanılsamalar" (positive illusions) olarak adlandırmış ve ölçülü düzeydeki bu tür bir çarpıtmanın aslında ruh sağlığına zarar vermek bir yana, onu koruyucu bir işlev görebileceğini öne sürmüştür.

Bu kuramsal öngörüleri sınamak için geliştirilen deneysel yöntemlerden biri, nokta tahmini (dot-estimation) paradigmasıdır. Bu yöntemi kullanan araştırmalar, kendini aldatmanın sabit kalmadığını, zamanla "çözüldüğünü" (decay) göstermiştir. Chance, Norton, Gino ve Ariely'nin (2011) dört deneyden oluşan çalışması, bu çözülme sürecini yalnızca gözlemlemekle kalmayıp, kendini aldatmanın zamansal bir maliyet-fayda dengesi taşıdığını da ortaya koymuştur. Araştırmacılar, bir yetenek testinde hile yapma fırsatı verilen katılımcıların, elde ettikleri yüksek performansı kendi gerçek zekâlarının bir göstergesi olarak yorumladığını; yani hileyi meşru bir başarı gibi içselleştirerek kendilerini aldattıklarını bulmuştur. Bu kendini aldatma kısa vadede olumlu bir psikolojik fayda (kendini yetenekli hissetme) sağlamış; ancak katılımcılar gelecekteki performanslarını da aynı derecede yüksek tahmin ettiklerinde, bu yanlış öngörü kendilerine somut bir bedel (yanlış tahmin nedeniyle parasal kayıp) olarak geri dönmüş, üstelik bu farkındalık eksikliği maliyetli olduğu ortaya çıktıktan sonra bile sürmüştür. Dikkat çekici bir başka bulgu ise, katılımcıların hile yapacaklarını önceden tahmin edebilirken, bu hilenin kendilerini aldatmalarına yol açacağını öngörememiş olmalarıdır; bu durum, kendini aldatmanın bilinçli olarak seçilen bir strateji değil, kendiliğinden ortaya çıkan otomatik bir yan etki olduğunu göstermektedir. Yazarlar bu bulgulardan yola çıkarak, kendini aldatmanın fayda-maliyet dengesine ilişkin tartışmaların tek bir zaman kesitinde değil, olgunun zaman içindeki kümülatif etkisi üzerinden değerlendirilmesi gerektiğini öne sürmüştür (Chance vd., 2011).

Bu bulgu üzerine inşa edilen sonraki araştırmalar, belirsiz (ambiguous) geri bildirimin net/somut (real) geri bildirime kıyasla kendini aldatmayı daha uzun süre koruduğunu ortaya koymuştur; ayrıca parasal ödül gibi dışsal motivasyon kaynaklarının, kişinin maddi kayıptan kaçınmak için gerçekle daha erken yüzleşmesini sağlayarak kendini aldatmanın çözülme süresini kısaltabileceğini göstermiştir (Liu, Ding, Deng, Tan, & Guan, 2025). Bu çalışmalar önemli bir metodolojik ilerleme sunsa da, büyük ölçüde laboratuvar ortamında dar, tek boyutlu görevlerle (nokta tahmini gibi) sınırlı kalmakta; gerçek yaşam bağlamlarındaki kendini aldatma süreçlerine genellenebilirliği tartışmalıdır.

Bu yöntemsel sınırlılıklara rağmen, kendini aldatmanın bilinçli bir tercih değil, otomatik bir süreç olduğu iddiası, birbirinden bağımsız farklı deney paradigmalarından gelen bulgularla da desteklenmektedir. Bu kuramsal çerçeveyi destekleyen bir başka çalışma grubu, kendini aldatmanın bilinç düzeyine çıkmadan, yani otomatik olarak başladığını göstermiştir. Aronson ve Mills'in (1959) klasik "zor inisiyasyon" deneyinde, katılımcılar zorlu bir süreçten geçerek girdikleri sıkıcı bir gruba, kolayca girenlere kıyasla daha fazla değer atfetmiştir; kişi, harcadığı çabayı boşa gitmiş gibi hissetmemek için grubu zihninde yeniden değerlendirmiştir. Bu sürecin ne kadar erken ve otomatik biçimde işlediğini gösteren bir başka bulgu ise bir tat deneyinden gelmektedir. Katılımcılara bir içeceğin ünlü biri tarafından onaylandığı ya da eleştirildiği söylendiğinde, aynı içeceğin tadını bu beklentiye göre farklı değerlendirmişler; ancak kör tadımda (yani kimin ne dediğini bilmeden) bu fark tamamen ortadan kalkmıştır (Xiao, 2025). Bu bulgu, beklentinin öznel deneyimi bilinçli bir muhakeme aşamasına gerek duymadan, otomatik biçimde şekillendirdiğini göstermektedir.

Bu bulguların tamamı, aynı noktaya işaret etmektedir. Kendini aldatma, kişinin bilinçli olarak verdiği bir karar değil, çelişkiyi azaltmaya çalışan duygusal ve otomatik süreçlerin bir sonucudur. Bu açıdan bakıldığında, bilişsel psikoloji geleneği, bir önceki bölümde ele alınan niyetselci olmayan ve motivasyonalist yaklaşımların temel iddiasını (kastın gerekmediği, sürecin arzu ve duygu tarafından yönlendirildiği) deneysel bulgularla destekler niteliktedir.

4. PSİKODİNAMİK PERSPEKTİF VE SAVUNMA MEKANİZMALARI

4.1. Bilinçdışı ve Ego Savunmaları (Bastırma, İnkâr, Mantığa Bürüme)

Psikanalitik gelenek, kendini aldatmayı bilinç dışı savunma mekanizmalarıyla (inkâr, bastırma, yansıtma, rasyonalizasyon) ilişkilendirir (A. Freud, 2013). Bu çerçevede kendini aldatma, egonun kaygı verici içerikleri bilinç alanının dışında tutarak psişik dengeyi koruma çabasının bir görünümüdür (S. Freud, 2019). Freud, kendini aldatmayı libido ve saldırganlık gibi biyolojik temel içgüdülere karşı geliştirilen bilinçdışı bir direnç olarak tanımlar; bu durumda kişi, egosu ile dış çevre arasında bir uyuşmazlığa girer ve farkında olmadan basit makulleştirme (rasyonalizasyon) yöntemleriyle dış çevreye uyum sağlamaya çalışır. Bu yöntemler savunma mekanizmaları olarak rol oynar ve kişinin egosunun bilinçdışı dürtüleriyle mücadelesinde ona yardımcı olur (A. Freud, 2013)

Ancak Freud'un çizdiği bu tablo, "bilinçdışı" olarak adlandırılan sürecin tek tip olduğunu ima etmektedir; oysa yakın dönemli çalışmalar bu tekdüze görünümü sorgulamaktadır. Kam (2023), "isteyerek bilgisizlik" (willful ignorance) ile "rasyonel bilgiden kaçınma" (rational knowledge avoidance) arasındaki ayrımı psikanalitik kavramlarla temellendirmeye çalışarak, kendini aldatmanın hangi koşullarda bilinçli bir tercihe, hangi koşullarda bilinç dışı bir savunmaya yakınsadığını sorgulamaktadır. İsteyerek bilgisizlik, kişinin belirli bir bilgiye ulaşmasını sağlayacak bütün durumlardan, kazara karşılaşma ihtimalini bile ortadan kaldıracak biçimde kaçınmasıdır; rasyonel bilgiden kaçınma ise kişinin hangi bilgiden, hangi gerekçeyle uzak durduğunun tam olarak farkında olduğu, çok daha seçici ve amaca yönelik bir kaçınma biçimidir (Arfini & Magnani, 2021). Kam bu ayrımı, Boag'ın (2020) "bilişsel bilinçdışı" ile "dinamik bilinçdışı" kavramlarına dayandırır. Bilişsel bilinçdışı, herhangi bir motivasyon veya bastırma içermeyen, sadece o anda farkında olunmayan otomatik zihinsel süreçleri kapsarken; dinamik bilinçdışı, işlenmemiş acıya karşı geliştirilen savunma mekanizmalarıyla, yani motivasyonlu bir bastırmayla farkındalığın dışında tutulan içerikleri ifade eder. Bu ayrım, Freud'un yukarıda özetlenen tekil bilinçdışı modelini incelterek, rasyonel bilgiden kaçınmanın daha çok bilinçli-stratejik bir sürece, isteyerek bilgisizliğin ise dinamik bilinçdışının motivasyonlu bastırmasına yakınsayabileceğini öne sürer.

Kam (2023) bu ayrımı somutlaştırmak için Jung'un (1972) "ego şişkinliği" (ego inflation) kavramına başvurur. Jung'a göre ego şişkinliği, kişinin bir aşağılık kompleksinden kaynaklanan bilinçdışı bir mekanizmayla kendisini gerçekte olduğundan daha üstün ve önemli görmesidir; bu durum genellikle geçmişte bastırılmış, işlenmemiş bir yetersizlik duygusuna karşı geliştirilen bir telafi çabasıdır. Ego şişkinliği yaşayan kişi, benliğine yönelik en ufak bir eleştiriye karşı aşırı savunmacı ve saldırgan tepkiler verebilir; çünkü şişirilmiş benlik algısı sürekli tehdit altındadır.

Kam (2023), bu mekanizmanın isteyerek bilgisizlik ile rasyonel bilgiden kaçınma arasındaki sınırda nasıl iki farklı yöne evrilebileceğini kurgusal bir örnekle gösterir. Geçmişte yaşadığı bir aşağılık kompleksini telafi etmek için sosyal medyadan gelen beğenilere bağımlı hâle gelen genç bir kadın olan Suzy, bu eğilimin farkına vararak bildirimlerini bir süre kontrol etmemeye karar verirse, bu rasyonel bilgiden kaçınmadır. Çünkü Suzy neden kaçındığının tam olarak farkındadır. Ancak aynı eğilimi hiçbir sınır ya da öz-denetim koymadan sürdürür ve gönderilerine gelen yapıcı eleştirilerin tamamını kasıtlı biçimde göz ardı ederse, bu kez isteyerek bilgisizliğe düşmüş olur; çünkü kendisini rahatsız edecek bilgiyle karşılaşabileceği tüm ihtimalleri, bu ihtimalleri fark etmeden, bilinçdışı bir biçimde ortadan kaldırmaktadır. Suzy'nin her iki durumda da yaşadığı temel ihtiyaç aynıdır. Geçmişteki yetersizlik duygusunu telafi etmek ve kendini "değerli, parlak" biri olarak görmek. Farkı yaratan şey, bu ihtiyacı yönetme biçimidir. Suzy bu ihtiyacın farkındaysa ve davranışını buna göre bilinçli olarak sınırlıyorsa, sonuç adaptif olur (rasyonel bilgiden kaçınma). Farkında değilse ya da farkında olduğu hâlde göz ardı ediyorsa, sonuç işlevsiz olur (isteyerek bilgisizlik). Yani ego şişkinliği

kavramı bize şunu gösterir. Kendini aldatma yalnızca "gerçeği çarpıtmak" değildir; aynı zamanda kişinin kırılgan benlik algısını koruma çabasıdır.

Kam'ın önerdiği bu ayrım -bilinçli-stratejik kaçınma ile bilinçdışı-motivasyonlu bastırma arasındaki ayrım- şimdiye kadar yalnızca kavramsal düzeyde tartışılmıştır. Ancak bu ayrımın beyinde bir karşılığının olup olmadığı sorusu, son dönemde somut bulgularla yanıtlanmaya başlamıştır. "Düşün/Düşünme" (Think/No-Think) deneylerinde, katılımcılar belirli anıları bilinçli olarak bastırmaya çalıştığında beyinlerinin sağ dorsolateral prefrontal korteks (rDLPFC) bölgesi devreye girmekte ve bu bölge, hafızanın anıyı geri getirme işlevini baskılamaktadır; bu bastırma tekrarlandıkça, o anının hatırlanma olasılığı da giderek azalmaktadır (Levy & Anderson, 2012; Xiao, 2025). Bu bulgu, Kam'ın (2023) "bilinçli-stratejik" dediği rasyonel bilgiden kaçınma sürecine tam olarak karşılık gelir. Kişi bastırmaya bilinçli bir çabayla başlar, ama bu çaba zamanla kendiliğinden işleyen bir alışkanlığa dönüşerek bilgiyi giderek daha ulaşılmaz hâle getirir.

Ancak bastırılan şey yalnızca belirli bir anı olmayıp, kişinin tehdit olarak algıladığı her türlü bilgi ve uyaran olduğunda, devreye başka bir beyin bölgesi girer. Ventromedial prefrontal korteks (vmPFC) adı verilen bu bölge, amigdalaya baskılayıcı sinyaller göndererek olumsuz uyaranlara karşı duyarlılığı azaltmaktadır; bu bölge hasar gördüğünde ise kişi tehdit edici bilgilere karşı çok daha güçlü duygusal tepkiler vermektedir (Motzkin, Philippi, Wolf, Baskaya, & Koenigs, 2015). Bu bulgu, disosiyatif amnezi yaşayan travma mağdurlarıyla ilgili klinik gözlemlerle de örtüşmektedir. Bu kişiler, bilinçli olarak hatırlayamadıkları acı verici olaylara karşı bedensel düzeyde (kalp atışı hızlanması, terleme gibi) tepki vermeye devam etmektedir (Geraerts & McNally, 2008). Bu da Freud'un sözünü ettiği "bilinçdışı direnç" fikrine somut bir destek sunmaktadır.

Bu araştırmalar önemlidir; çünkü önceki bölümlerde eksik olduğunu belirttiğimiz nörobilişsel kanıt boşluğunu kısmen doldurmaktadır. Üstelik Kam'ın yalnızca kavramsal düzeyde öne sürdüğü bilinçli-stratejik/bilinçdışı-motivasyonlu ayrımının, beyindeki bastırma süreçlerinde gerçek bir karşılığı olabileceğini de göstermektedir.

4.2. Dinamik Bilinçdışı, Anksiyete ve Çoklu Zihin Problemi

Bir önceki bölümde ele alınan nörobilişsel bulgular, bilinçdışı bastırmanın beyinde somut bir karşılığı olduğunu göstermiş; ancak bu bastırmanın nasıl işlediğine, yani bilinçdışının kendini hangi mekanizmayla koruduğuna dair kavramsal tartışmayı sonuçlandırmamıştır. Psikanalitik modelde kendini aldatma, dinamik bilinçdışının bireyi anksiyeteden korumak amacıyla bilinci tehdit eden gerçeklere ulaşmayı engellemesiyle işler (Peterson vd., 2003; Scott, 2008). Bu süreç bilinçdışı amaç ve hedefler tarafından tetiklendiği için, kişinin kendi yargılarının nasıl etkilendiğinin farkında olması beklenmez (Newman, 1999). Ancak bu çözüm de kendi içinde bir güçlük barındırır. Dinamik bilinçdışı, anksiyeteye yol açacak gerçeklerin de kendi ürettiği aldatmacanın da "farkında" olmak zorundadır; bu durum "çoklu zihin" (multiple minds) problemini doğurmakta ve "dinamik bilinçdışı tüm bunları yapabiliyorsa, bilinç neden yapamasın?" sorusunu gündeme getirmektedir (Scott, 2008)

İlginç biçimde, bir önceki bölümde ele alınan Boag'ın (2020) bilişsel bilinçdışı/dinamik bilinçdışı ayrımı, bu soruna kısmi bir yanıt sunar niteliktedir. Bilinçdışı süreçlerin tamamı tek, homojen bir "özne" olarak değil, bir kısmı motivasyonsuz ve otomatik (bilişsel bilinçdışı), bir kısmı ise motivasyonlu ve savunmacı (dinamik bilinçdışı) işleyen, birbirinden ayrışmış düzeyler olarak ele alınırsa, "bilinç neden aynısını yapamıyor" sorusu biraz yumuşar — çünkü karşılaştırma artık tek bir bilinçdışı özneyle bilinç arasında değil, farklı işlev gören süreçler arasındadır. Psikodinamik gelenekte tam olarak çözümlenemeyen bu çoklu zihin problemine, evrimsel-bilişsel gelenekten de alternatif bir yanıt gelmiştir. Von Hippel ve Trivers (2011), benliğin aynı anda hem aldatan hem aldanan olabilmesini, bilinçdışının ayrı bir "özne" olarak bilinci kandırdığı bir düalizmle değil, zihinsel süreçlerin birbirinden ayrışması (dissosiasyon) yoluyla açıklamaktadır. Bilinçli ile bilinçdışı bellek, bilinçli ile bilinçdışı tutumlar ve otomatik

ile kontrollü zihinsel süreçler arasındaki ayrışma, aynı bilgiye zihnin farklı düzeylerinde farklı biçimlerde erişilmesine imkân tanımaktadır. Bu yaklaşım, psikanalitik modelin varsaydığı gibi bilinçdışına ayrı bir "amaç ve niyet" atfetmek zorunda kalmadan, kendini aldatmanın nasıl mümkün olduğunu açıklaması bakımından, aşağıda 4.3'te ele alınan evrimsel perspektifle doğrudan bağlantılıdır; nitekim Boag'ın ayrışma fikri de bu dissosiasyon mantığının psikanalitik alandaki bir öncüsü olarak okunabilir.

4.3. Sosyal Uyum, Güvensizlik ve Kendine Yabancılaşma (Horney ve Fromm)

Psikologlara göre insanın ilgileri, ihtiyaçları ve korkuları algılarını sürekli etkisi altında tutarak olayların nesnel biçimde algılanmasına engel olur (Bruner & Goodman, 1947). Sahip olduğumuz duygular, yargılar, istekler, kendimize duyduğumuz güven ya da güvensizlik ve yaşam tecrübemiz, yargılarımızı yanıltarak öznel kararlar almamıza yol açabilir (Kuşat, 2000). Piaget'in bilişsel gelişim kuramına göre çocuk, belirli bir gelişim evresinden itibaren çevreden edindiği kuralları kendi bilişsel şemalarına içselleştirerek benimser (Piaget, 1932). Kohlberg'in ahlaki gelişim kuramı ise bu içselleştirme sürecine sosyal bir boyut ekler. Özellikle geleneksel ahlak düzeyinde birey, çevresinden tasvip ve takdir görebilmek için "iyi çocuk" yönelimiyle çevrenin beklentilerini kendine kılavuz edinir (Kohlberg, 1969). Bandura'nın sosyal öğrenme kuramı da benzer bir mekanizmayı, gözlem yoluyla öğrenme ve sosyal pekiştirme üzerinden açıklar. Birey, çevresinden onay gören davranışları gözlemleyip taklit ederek ve bu davranışlar pekiştirildiğinde tekrarlayarak, çevrenin kurallarını zamanla kendi kimliğinin bir parçası hâline getirir (Bandura, 1977). Böylece çevrenin kuralları kişinin kimliğinin bir parçası hâline gelir ki bu durum kendini aldatmada önemli bir rol oynar.

Erich Fromm, bireyin çevrenin beklentilerine uyma çabasıyla kendini unutmasını bir tür ölüme ya da hiç doğmamışlığa benzetir; benlik gelişimini tamamlayamamış kişilerin, yaşamlarını sürdürebilmek için ailelerine, soylarına ya da paraya “göbek bağlarıyla” bağlandıklarını ve bu nedenle tam bir benlik gelişimi sağlayamadıklarını belirtir. Bu tür davranışlarda, nasıl davranılması gerektiğinden çok, ortamın nasıl davranmayı gerektirdiği belirleyici olur; sergilenen davranış yalnızca dış çevrenin beklentilerine göre şekillenir. Bu yollar, dünyayla baş etme isteğinden doğan birer savunma mekanizması gibi işlev görerek gerçeklerden kaçınılmasını sağlar, çünkü gerçeklik bu tür kişileri rahatsız eder (Fromm, 2017). Sosyal psikolojik bulgular da göstermektedir ki çevrenin etkisini tahammül edilemeyecek ölçüde ağır bulan ve bu etkiden kurtulamayan kişiler, içine düştükleri çelişkiden kurtulmak için kendilerini aldatmaya sürüklenebilir. Karen Horney’e göre çevresiyle çelişkiye düşen kişi, bu çelişkinin kendisini rahatsız etmemesi ve toplum tarafından kabul görmek için içinde yaşadığı çevrenin kültürel normlarına itaat eder; böylece kendisinden kaçarak bir yanılgıya düşmüş olur (Horney, 1937/2025).

King-Farlow (1985), kendini aldatmanın görme ve işitme duyuları üzerinden işleyen iki yolu üzerinde durur. “Aşk kördür ve arkadaşlık gözleri kör eder” (love is blind, friendship closes its eyes) ifadesindeki körlük, akıldan ve doğru düşünceden kinaye olarak kullanılmıştır. Benzer biçimde, istenmeyen bir sesi duymamak da kendini aldatmaya benzetilir. Böylece insan, görmesi gereken şeylere gözlerini, duyması gereken seslere kulaklarını kapatarak kendi kendini adeta sağır ve dilsizleştirir; bu, psikolojide en yaygın kendini aldatma biçimlerinden biri olarak belirtilir.

5. DENEYSEL VE BİLİŞSEL PSİKOLOJİ MODELLERİ

Dördüncü bölümde ele alınan psikanalitik ve sosyal-psikodinamik yaklaşımlar, kendini aldatmayı büyük ölçüde kavramsal düzeyde, yani gözlemlenemeyen bilinçdışı süreçlere dayanarak açıklamaktaydı. Bu yaklaşımların en zayıf noktası, öne sürdükleri mekanizmaların (bastırma, dinamik bilinçdışı, ego şişkinliği gibi) laboratuvar ortamında doğrudan test edilememiş olmasıydı. Deneysel ve bilişsel psikoloji geleneği ise tam da bu boşluğu doldurmaya çalışır. Kendini aldatmayı yalnızca kuramsal bir yapı olarak değil, ölçülebilir

davranışsal ve fizyolojik verilerle sınanabilen bir olgu olarak ele alır. Bu geleneğin öncü çalışmalarından biri, Sackeim ve Gur'un ses tanıma deneyleridir.

5.1. Sackeim ve Gur'un Dört Kriteri ve Ses Tanıma/Yüzleşme Deneyleri

Gur ve Sackeim (1978), çelişen inanç, eşzamanlılık, farkındalık dışı kalış, motivasyon şeklindeki dört ölçütü deneysel olarak sınamak için ses kayıtları kullanmıştır. Katılımcılara kendi sesleri ile başkalarının sesleri karıştırılarak dinletilmiş; katılımcılardan duydukları sesin kime ait olduğunu tanımaları istenmiştir. Beklenenin aksine, katılımcıların önemli bir kısmı kendi seslerini tanıyamamış, "Bu başkasının sesi" diyerek gerçeği reddetmiştir. Ancak burada araştırmacıların asıl ilgilendiği nokta, katılımcıların sözel ifadesi değil, bedensel tepkileriydi. Deri iletkenliğini ölçen cihazlar (GSR, galvanik deri tepkisi), kişi diliyle "Bu ben değilim" dediği anda bile vücudunun kendi sesini duyduğunda heyecanlandığını (artan deri iletkenliği tepkisiyle) göstermiştir. Başka bir deyişle, kişinin bedeni gerçeği "biliyor", ama bilinçli zihni bu bilgiyi kabul etmiyordu.

Bu deney, Sackeim ve Gur'un dört ölçütünün tümünün aynı anda gerçekleştiğini gösteriyor. Katılımcı bir yandan "bu benim sesim değil" diyerek yanlış bir şeye inanıyor, öte yandan bedeni "bu benim sesim" diyerek doğruyu biliyor — yani iki çelişkili durum aynı anda yaşanıyor. Kişi bu çelişkinin farkında değil. Bunun nedeni de muhtemelen kendini korumak, belki kendi sesini beğenmiyor ya da bunu bir zayıflık gibi görüyor, bu yüzden gerçeği kabul etmek istemiyor. Bu deney önemlidir, çünkü kendini aldatmanın sadece bir felsefi tartışma ya da psikanalitik bir varsayım olmadığını, bedenimizde ölçülebilir izler bırakan gerçek bir süreç olduğunu gösteriyor.

5.2. Benlik Tehdidi, İnkâr ve Narsisistik Yansıtma Dinamikleri

5.1'de anlatılan deney, kendini aldatmanın var olduğunu gösteriyordu; ancak asıl merak edilen soru şuydu: Bu inkârı tetikleyen şey nedir? Gur ve Sackeim (1979), bunu anlamak için aynı deneyi bir adım ileri götürdü ve katılımcıların özgüvenini deneyden önce kasıtlı olarak değiştirdi.

Bazı katılımcılara önce zor bir test verilerek "başarısız oldum" hissi yaşatıldı. Bu kişiler, kendi seslerini duyduklarında onu daha da sık inkâr ettiler — sanki kendileriyle yüzleşmekten kaçınıyorlardı. Başka bir gruba ise kolay bir test verilerek "başarılı oldum" hissi yaşatıldı. Bu kişilerde ise tam tersi bir şey oldu. Bazıları başkalarının sesini bile duyduklarında "bu benim sesim" diyerek sahiplendiler.

Bu iki bulgu bir araya geldiğinde ortaya çıkan tablo açıktır. Kendini aldatma, rastgele bir unutkanlık ya da basit bir algı hatası değildir. İnsan, kendini kötü hissettiğinde gerçeği görmezden gelme eğilimine girer; kendini iyi hissettiğinde ise gerçeği olduğundan fazla göstererek kendini över. Her iki durumda da amaç aynıdır. Benliği korumak. Bu da kişinin bilerek yapmadığı, ama egosunu tehdit ya da tatmin eden bilgiye göre otomatik olarak şekillenen bir savunma biçimidir.

5.3. Evrimsel Perspektif: Başkalarını Aldatmanın Ön Koşulu Olarak Kendini Aldatma (Trivers ve von Hippel)

4.2'de Von Hippel ve Trivers'ın (2011) dissosiasyon temelli açıklamasına değinmiş, bunun kendini aldatmayı bilinçdışına ayrı bir "özne" atfetmeden nasıl mümkün kıldığını tartışmıştık. Aynı yazarların öncülük ettiği evrimsel yaklaşım, bu açıklamayı bir adım öteye taşıyarak kendini aldatmaya işlevsel bir amaç yükler. Bu görüşe göre kendini aldatma, başkalarını daha inandırıcı biçimde aldatabilmenin bir ön koşuludur. Kişi kendi yalanına inandığında, bu yalanı dışa yansıtırken sergilediği ipuçları (ses tonu, beden dili gibi) azalır ve dolayısıyla başkalarını ikna etme olasılığı artar. Bu perspektif, kendini aldatmayı patolojik bir sapma değil, sosyal rekabet ortamında seçilmiş uyumsal bir strateji olarak konumlandırır.

Bu evrimsel açıklamayı ele alan güncel derleme çalışmalarında, kendini aldatmanın üç temel uyumsal işlevi olduğu öne sürülmektedir: (1) başkalarını aldatmayı kolaylaştırma, (2) sosyal statü kazanımı ve (3) psikolojik faydalar (Chance & Norton, 2015). İlk işlev doğrudan yukarıda

anlatılan mekanizmayla örtüşür. İkinci işlev, kendini aldatmanın bireyi özgüvenli ve yetkin göstererek sosyal hiyerarşide avantaj sağlayabileceğine işaret eder. Üçüncü işlev olan psikolojik faydalar ise Von Hippel ve Trivers'ın (2011) tanımladığı iki mekanizmadan oluşur. Kendini aldatma, yalan söylemeyle ilişkili maliyetli bilişsel yükü ortadan kaldırır ve aldatma ortaya çıkarıldığında kişinin maruz kalacağı misillemeyi asgariye indirir. Kişi kurguladığı senaryoya gerçekten inandığında, gerçek bilgiyi zihninde aktif tutma zorunluluğundan kurtularak zihinsel kaynaklarını başka konulara ayırabilir.

Bu bilişsel yük argümanı, evrimsel yaklaşımı aşağıda ele alınan bilişsel-deneysel bulgularla doğrudan ilişkilendirmesi bakımından önemlidir; nitekim Jian ve arkadaşlarının (2019) istemsiz bilinçli bellek (ICM) modeli, Von Hippel ve Trivers'ın (2011) öngördüğü bu bilişsel tasarruf mekanizmasının deneysel bir karşılığı olarak okunabilir. Ancak şunu belirtmek gerekir; buraya kadar aktarılan üç işlev de büyük ölçüde kavramsal/kuramsal düzeyde kalmaktadır. Chance & Norton (2015) ve Von Hippel & Trivers (2011) bir derleme ve bir kuramsal öneri sunmakta, doğrudan deneysel veri içermemektedir. Bu yaklaşımın öne sürdüğü mekanizmaların ne ölçüde ampirik olarak sınandığı, alanda hâlâ açık bir soru olarak durmaktadır.

5.4. Kendini Aldatmanın Bilişsel Kaynak Tasarrufu ve Yük Azaltıcı İşlevi (Jian vd.)

5.3'te ele alınan bilişsel yük argümanı, evrimsel yaklaşımın öne sürdüğü bir varsayımdı; ancak bu varsayımın zihinde somut olarak nasıl işlediği ayrı bir sorudur. Jian ve arkadaşlarının (2019) geliştirdiği istemsiz bilinçli bellek (ICM) modeli, tam olarak bu soruya yanıt arar. Kendini aldatmanın bilişsel kaynakları nasıl koruduğunu deneysel olarak sınar. Başkalarına doğrudan yalan söylemek, hem gerçeği saklamayı hem de uydurulan senaryoyu canlı tutmayı gerektirdiğinden zihinde ağır bir bilişsel yük oluşturur (DePaulo vd., 2003; Vrij, Fisher, Mann, & Leal, 2006). Kendini kandırmanın ise bu yükü hafiflettiği ve zihinsel kaynaklardan tasarruf sağladığı öne sürülmektedir. Kuramsal modeller, bu tasarrufun bellek sistemindeki bir ayrışmayla gerçekleştiğini savunur. Çaba gerektiren istemli bellek (VCM) normal işleyişini sürdürürken, çaba harcamaksızın zihne kendiliğinden gelen gerçek bilgileri taşıyan istemsiz bilinçli bellek (ICM) geçici olarak devre dışı kalır. Özellikle otoriteyi temsil eden yüksek sosyal statülü kişileri aldatırken yakalanma korkusu arttığından, bireyler bu içsel mekanizmaya daha fazla sığınırlar (Jian vd., 2019).

Araştırmacılar bu süreci sınamak için birbirini tamamlayan üç deney yürütmüştür. Birinci deneyde katılımcılara bir bilgi testi uygulanmış; cevap anahtarını görerek kendini kandıranlar, doğrudan aldatanlar ve dürüst kalan kontrol grubu karşılaştırılmıştır. Ölçümler, kendini kandıran bireylerin doğrudan yalan söyleyenlere kıyasla çok daha düşük bir bilişsel yük hissettiğini ortaya koymuştur. İkinci deneyde katılımcılardan bir öğretmeni (yüksek statü) veya bir öğrenciyi (düşük statü) aldatmaları istenerek bellekleri test edilmiştir; yüksek statülü birini aldatma durumunda, kişilerin istemsiz bilinçli belleklerinde (ICM) yer alan gerçek bilgilerin geçici olarak bozulduğu ve bilince çıkmadığı saptanmıştır. Üçüncü deneyde katılımcılara zorlu zihinsel görevler (farklı sayıları ezberleme) verilerek bilişsel yükleri yapay biçimde artırılmış; zihni aşırı yük altında kalan kişilerin gelecekteki başarılarına dair kendilerini çok daha yüksek oranda kandırdıkları görülmüştür(Jian vd., 2019).

Bu üç deneyin ortak bulgusu, kendini aldatmanın Jian ve arkadaşlarının (2019) çerçevesinde sabit bir özellik değil, bağlama duyarlı bir mekanizma olduğunu göstermektedir. Yakalanma riskinin yüksek olduğu (yüksek sosyal statülü bir kişiyi aldatma) ve zihinsel kapasitenin zorlandığı (yüksek bilişsel yük) koşullar, istemsiz bilinçli belleğin (ICM) ne ölçüde baskılanacağını belirleyen dışsal tetikleyiciler olarak öne çıkmaktadır. Bu bulgu, 4.3'te evrimsel açıdan öne sürülen "bilişsel tasarruf" varsayımına somut bir deneysel destek sunarken, kendini aldatmanın hangi bağlamlarda daha güçlü devreye girdiğine dair de belirgin sınır koşulları ortaya koymaktadır. Bu sınır koşulları, kendini aldatmanın ne zaman uyumsal (adaptif), ne zaman işlevsiz hâle geldiği sorusuna doğrudan zemin hazırlamakta olup, bu tartışma aşağıda

5.5'te ele alınan bilgi işleme perspektifiyle ve ardından 6. bölümde daha geniş biçimde sürdürülecektir.

5.5. Bilgi İşleme Perspektifi: Goleman'ın Kaygı-Dikkat Modeli ve Norman'ın Şema-Filtreleme Yaklaşımı

5.4'te ele alınan ICM/VCM ayrışma modeli, kendini aldatmayı bellek sistemleri arasındaki bir bölünme olarak açıklıyordu. Bilgi işleme perspektifi ise aynı soruna, zihni bir bilgi işleme sistemi olarak ele alan daha genel bir çerçeveden yaklaşır. Goleman'a (1999) göre kendini aldatma, kaygı ile dikkat arasındaki bir değiş tokuştur. Zihin, farkındalığını azaltarak kendisini kaygı verici bilgiye karşı korur. Bu süreç, dikkatin bloke edildiği bir "kör nokta" yaratır. Birey, tıpkı bir fotoğraf çerçevesinin neyin görüneceğini ve neyin dışarıda kalacağını belirlemesi gibi, bu kör noktanın çerçevelediği alanın dışında kalanı fark edemez. Goleman'ın tezi üç noktada özetlenebilir: (1) zihin, farkındalığı azaltarak kendini kaygıya karşı korur; (2) bu süreç bir kör nokta yaratır; (3) bu kör noktalar bireyin psikolojisinden sosyal yaşamına kadar her önemli alanda ortaya çıkabilir.

Bu filtreleme sürecinin nasıl işlediğine dair en somut model, Norman'ın (1968) uzun süreli belleği bir tarama mekanizması olarak konumlandıran şema-filtreleme yaklaşımıdır. Duyular yoluyla zihne giren uyaranlar, farkındalık alanına ulaşmadan önce anlamsal bellek tarafından otomatik olarak taranır ve yalnızca o an kişinin ilgi ve amaçlarıyla örtüşen uyaranlar bilince çıkar. Kavramsal psikolog Erdelyi'nin (Akt. Goleman, 1999) ifadesiyle, "uzun süreli hafızanın kendisi filtre hâline gelmekte" ve farkındalığa hangi bilginin taşınacağına dolaylı olarak karar vermektedir. Bu süreç, kişinin bilinçli müdahalesi olmaksızın, saniyenin çok altında bir sürede gerçekleşir. Bu noktada belirleyici olan yapı şemalardır: Zihinde bilgiyi organize eden ve deneyime anlam veren bu paketler, hem neyin fark edileceğine hem neyin göz ardı edileceğine karar verir. Şemaların bu işleyişi, 3.3'te tartıştığımız Piaget'in özümseme ve uyma kavramlarıyla doğrudan akraba bir mantığa dayanır. Nasıl ki çocuk çevreden edindiği kuralları var olan bilişsel şemasına uydurarak içselleştiriyorsa, yetişkin de benliğiyle tutarsız bilgiyi aynı şema mekanizmasıyla süzerek dışarıda bırakır. Bilgi işleme perspektifinin katkısı, bu süzme işleminin patolojik bir arıza değil, zihnin normal ve otomatik işleyişinin bir sonucu olduğunu göstermesidir. Kör nokta, sistemin bozulduğu değil, tam da tasarlandığı gibi çalıştığı bir noktadır.

6. TARTIŞMA: UYUMSAL (ADAPTİF) Mİ, PATOLOJİK Mİ?

5.1. Koruyucu Kalkan Olarak Kendini Aldatma: Olumlu Yanılsamalar, Özgüven ve Dayanıklılık

Dördüncü bölümde ele alınan deneysel ve evrimsel bulgular, kendini aldatmanın belirli bağlamlarda (yüksek statülü bir kişiyi aldatma, yüksek bilişsel yük altında) daha güçlü devreye girdiğini göstermişti; ancak bu mekanizmanın birey için nihayetinde yararlı mı yoksa zararlı mı olduğu sorusu hâlâ yanıtsızdı. Kendini aldatmanın ruh sağlığıyla ilişkisi, literatürdeki en çelişkili bulgulardan birini oluşturmaktadır. Taylor ve Brown'ın (1988) olumlu yanılsamalar kuramı ve kendini aldatma puanları ile depresyon belirtileri arasında bulunan negatif ilişkiler, ölçülü düzeydeki kendini aldatmanın koruyucu bir işlev görebileceğini düşündürmektedir (Sackeim & Gur, 1978); bu bulgu bazı araştırmacılarca (Sackeim, 1983) depresif olmayan bireylerin benliğe ilişkin bilgiyi daha fazla çarpıttığı biçiminde yorumlanmıştır. Bu tür olumlu yanılsamaların yarattığı algısal daralma çevredeki uyarıcıların açık ve net biçimde algılanmasına engel olsa da, umutların canlı tutulmasını ve çevredeki kişilere karşı güvenin sağlanmasını mümkün kılar; böylece arkadaşlığı, sevgiyi ve sosyalliği besler. Bu sürecin oluşmasında belirleyici olan özelliklerden biri de algılarımızın bizi yanıltmasıdır. Algılama, çevremizdeki varlığın nesnel bilgisini değil, duyularımızın sunduğu ham bilginin önceden oluşturduğumuz bilişsel şemadan süzülerek yorumlanmış hâlini bize ulaştırır (Neisser, 1976). Bu bilişsel şema, önceki inançlarımız, çevredeki uyaranların doğasına ilişkin beklentilerimiz ve

benlik imgemizle şekillenir; dolayısıyla çevremizdeki bilgilerden yalnızca benlik imgemize uygun olanları seçerek alırız (Markus, 1977).

Bu koruyucu işlevi destekler nitelikte, Chance ve Norton (2015) kendini aldatmanın üçüncü uyumsal işlevini "psikolojik faydalar" olarak tanımlamaktadır; bu kapsamda benlik saygısının korunması, iyimserliğin sürdürülmesi ve genel ruh sağlığına yapılan katkı yer almaktadır. Yazarlara göre bu üç işlev (başkalarını aldatmayı kolaylaştırma, sosyal statü kazanımı ve psikolojik faydalar), kendini aldatmanın salt bir bilişsel hata değil, belirli koşullar altında bireye gerçek bir uyumsal avantaj sağlayan bir strateji olarak görülmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

5.2. Gerçeklikten Kopuş ve Maladaptif Sonuçlar: Sağlık, İlişki ve Kararların Baltalanması

Öte yandan aşırı ya da kronikleşmiş kendini aldatmanın, bireyin gerçeklikle temasını bozarak uzun vadede ciddi bireysel kayıplara, hatta bazı yazarlarca "toplumsal felaketlere" varan sonuçlara yol açabileceği ileri sürülmektedir. Bu görüşü destekleyen bir örnek, kendini aldatmayı en kötü zihin hastalıklarından biri olarak nitelendiren yaklaşımdır. Zihin kendi kendini aldattığında doğrular tamamen "zehirlenmiş" olur; kendini aldatma bütün değer ölçülerini altüst ettiğinden zekâ hiçbir şeyi doğru ve tarafsız göremez hâle gelir, ahlaki değerler yozlaşır, bu durum siyasal ve ekonomik sistemleri dahi olumsuz etkileyebilir (Mike W. Martin, 1985 akt. Kuşat, 2000). Benzer biçimde Maslow(1968), kendini aldatmayı sağlıklı insan doğasının geliştirilememesi ve yerine marazi tutum ve davranışların yerleşmesi olarak değerlendirmiştir; ona göre nevrotik/sağlıksız birey, kendisini ve çevresini nesnel biçimde algılayamaz hâle gelir. Bu iki uçlu görünüm — bir yandan koruyucu, öte yandan yıkıcı olma potansiyeli — kendini aldatmanın "ne kadarının" adaptif, "ne kadarının" işlevsiz sayılacağına dair net bir eşiğin alanyazında henüz tanımlanmamış olmasından kaynaklanmaktadır.

Endişe (anksiyete), kendini aldatmaya götüren önemli bir diğer etkendir. Endişe dayanılmaz hâle geldikçe buna karşı geliştirilen savunma mekanizmaları da o denli güçlenir. Bu endişeden kurtulmak için insanların başvurduğu yollar "sevilmek, itaat etmek ve insanlardan uzaklaşmak" biçiminde özetlenebilir. Karen Horney'e göre zihinsel rahatsızlıklar, kişinin endişe nedeniyle içinde yaşadığı toplumun normlarına itaat etmesi sonucunda ortaya çıkar ve bu da kendini aldatmada önemli bir rol oynar (Horney, 1937/2025).

5.3. Kendini Aldatmanın Aşılması: Algısal Savunmayı Kırma (Murphy)

5.2'de anksiyeteden kaçınmanın kendini aldatmayı besleyen bir kısır döngüye dönüştüğünü tartışmıştık; Murphy'nin (1970) yaklaşımı ise bu döngünün nasıl kırılabileceğine dair somut bir çerçeve sunar. Gardner Murphy, kendini aldatmayı zihnin acı veren ya da egoyu zedeleyen gerçeklere karşı geliştirdiği bir "algısal savunma" mekanizması olarak ele alır. İnsan zihni, suçluluk veya korku uyandıran durumlarla karşılaştığında nesnel gerçekliğin yerine kendi arzularının sesini dinlemekte; hoşuna gitmeyen bilgileri görmezden gelerek adeta kendi kendini körleştirmektedir. Algısal savunma literatüründeki laboratuvar deneylerinde, kişilerin tehdit edici uyaranları bilinçli olarak çok daha geç fark ettikleri — yani bilinç düzeyinde gerçeği reddettikleri — buna karşın bedenlerinin (kalp atışı ve deri tepkileri gibi fizyolojik göstergelerle) tehlikeli gerçeğin arka planda farkında olduğu gösterilmiştir (bkz. 2.1; Eriksen & Browne, 1956; Howie, 1952).

Murphy'ye göre bu zihinsel körleşme çaresiz bir kader değildir; aşılması belirli koşullara bağlıdır. Kişiye kendi zihinsel çarpıtmalarını ve dirençlerini gösteren tarafsız ve anlık geri bildirimler sağlandığında, birey kurduğu illüzyonla yüzleşmek zorunda kalır. Bunun yanı sıra kişinin kaygı düzeyi düşürüldüğünde ve sahte avuntulara sığınmak yerine hakikatle yüzleşmek ödüllendirilen bir erdem hâline getirildiğinde, benliğin savunma zırhı gevşer. Sonuç olarak insan, kendi yanılsamalarının konforundan vazgeçip acı da olsa gerçeği olduğu gibi kabul edebilme ve kendini kandırma kısırdöngüsünü kırma olgunluğuna erişebilir (Murphy, 1970)

5.4. Kültürel ve Dini Bağlam: Türkçe Alanyazındaki Eğilimler ve Boşluklar

Türkçe alanyazında kendini aldatma, uluslararası literatürden farklı bir eksende gelişmiştir. Alan, ağırlıklı olarak dindarlıkla ilişkisi bağlamında ele alınmış (Ahmadi, 2017; Kuşat, 2000); bu araştırma hattına, özgün bir ölçme aracının geliştirilmesi (Ermiş Demirtaş, 2013) ve bu aracın ilişkisel doyum ile sosyal kırılganlık gibi değişkenlerle sınanması (Yıldız, Ekşi, & Yüksel, 2021) eşlik etmiştir. Yani Türkçe alanyazın, dindarlıktan ilişkisel değişkenlere uzanan belirli bir ampirik birikime sahiptir; ancak bu birikimin her bir parçası, kendi içinde izole bir değişken çiftine (dindarlık-kendini aldatma, ilişki doyumu-sosyal kırılganlık gibi) odaklanmakta, aralarında kuramsal bir köprü kurulmamaktadır.

Ahmadi'nin (2017) ampirik bulguları, Kuşat'ın (2000) teorik-teolojik çerçevesiyle ilginç bir örtüşme gösterir. Kuşat, konuyu ele alırken iki yönlü bir tablo çizer: bir yandan Dyke'a atfen, kendini aldatan bireylerin dini emirleri yanlış yorumlayabileceğini, günahlarının üzerini örtebileceğini ve hatalı davranışlarını dinle meşrulaştırabileceğini aktarır; öte yandan İkbal, İbn Arabi ve Maslow'a dayanarak olgun ve içsel bir dini tecrübenin, tam tersine, kendini aldatmadan koruyucu bir işlev görebileceğini savunur. Bu çerçevenin kökeninde, Batı düşüncesindeki iki farklı yorum yer alır: Sartre kendini aldatmayı insanlığın genel ve evrensel bir vasfı, gerçek özgürlüğün kısıtlanması olarak görürken; Batılı Hıristiyan ilahiyatçılar bunu gurur ve kibirle Tanrı'nın inkâr edildiği bir durum olarak yorumlamışlardır (Kuşat, 2000). Ahmadi'nin (2017) çalışması tam olarak bu iki yönlü tabloyu deneysel olarak sınar: Allport'un içgüdümlü/dışgüdümlü dini yönelim ayrımını temel alarak Bursa'da 216 yetişkin katılımcı üzerinde yürütülen araştırmada, İslami değerlerin dürüstlüğe verdiği önem gerekçesiyle içgüdümlü dindarlıkla kendini aldatma arasında negatif bir ilişki öngörülmüş; ancak bulgular tam tersini göstermiştir: pozitif yönlü, zayıf ama anlamlı bir ilişki ($r=.307$, $p<.001$), dışgüdümlü yönelimle ise anlamlı bir ilişki yoktur. Bu beklenmedik sonuç, Batı literatüründeki benzer bulgularla (Burris & Navara, 2002; Leak & Fish, 1989) örtüşmekte olup, dindarlığın niteliğine (yüzeysel/araçsal mı, içsel/olgun mu) bağlı karmaşık bir ilişkiye işaret etmektedir.

Uluslararası literatür ise hem ölçme hem de kuram düzeyinde çok daha geniş bir yelpazeye yayılmıştır. Ölçme geleneği, Sackeim ve Gur'un (1978) psikanalitik temelli Kendini Aldatma Ölçeği'nden (SDQ) ve Paulhus'un (1984) hâlen en yaygın kullanılan Sosyal Beğenirlikte Denge Envanteri'nden (BIDR) beslenir; ancak bu iki araç, kendini aldatmanın yalnızca tek bir kuramsal temeline (psikanalitik/psikometrik) dayanır. Oysa uluslararası alanyazında bu iki ölçme aracının ötesinde, birbirinden bağımsız en az dört farklı kuramsal ses daha bulunmaktadır. Sullivan, Freud'un bastırma kavramına yakın ama bağımsız bir psikodinamik formülasyon sunarak "seçici dikkatsizlik" mekanizmasını ve bireyin tehdit edici kendilik yönlerini "ben-değil" kişileştirmesi altında tuttuğunu öne sürmüştür. Goleman'ın bilgi işleme temelli modeli ise kendini aldatmayı kaygı-dikkat değiş tokuşu ve bunun yarattığı bir "kör nokta" olarak tanımlar; bu model, Donald Norman'ın şema-filtreleme yaklaşımıyla iç içe geçer ve ilginç biçimde 3.3'te tartıştığımız Piaget'in özümseme/uyma kavramlarıyla doğrudan akrabadır. Von Hippel ve Trivers (2011), 4.3'te ele aldığımız dissosiasyon tezini beş ayrı mekanizmaya (yanlı bilgi arama, yanlış hatırlama, mantığa bürüme, bir yalanın doğruluğuna kendini ikna etme, kontrol algısı yanılsaması) ayrıştırmış; bunlardan biri Gazzaniga'nın bölünmüş beyin araştırmalarına, bir diğeri ise Ramachandran'ın (1996) sol yarımkürenin Freudcu başa çıkma mekanizmalarını yürüttüğü tezine dayanmaktadır. Bu kuramsal çeşitliliğe, Sackeim ve Gur'un ses tanıma paradigmasından bağımsız bir deneysel kanıt hattı da eşlik eder: Davis ve Schwartz (1987) ile Hansen ve Hansen'in (1988) bastırma-duyarlılaşma araştırmaları, kendini "az kaygılı" tanımlayan bireylerin kalp atışı ve kan basıncında güçlü fizyolojik tepkiler gösterdiğini bulgulayarak, 4.1'deki "beden gerçeği biliyor, zihin inkâr ediyor" bulgusuna bağımsız bir doğrulama sunmuştur. Ancak bu ölçüm araçlarının ve kuramların geçerliğine ilişkin önemli tartışmalar da sürmektedir: katılımcılara "iyi görünecek şekilde" yanıtlamaları yönünde açık yönerge verildiğinde SDE puanlarının anlamlı ölçüde manipüle edilebildiği

gösterilmiştir (Guenole, Brown, & Lim, 2023); bu da ölçeklerin gerçekten bilinç dışı bir eğilimi mi yoksa bilinçli bir öz-sunum stratejisini mi yakaladığını tartışmalı hâle getirmektedir.
Bu karşılaştırma, iki alanyazın arasındaki asıl farkın veri azlığı değil, kuramsal entegrasyon eksikliği olduğunu göstermektedir: Türkçe alanyazın kendi ampirik verisini üretebilmiş, uluslararası alanyazın ise psikodinamik, bilişsel, evrimsel ve nörobilimsel çok sayıda bağımsız ses barındırmıştır; ama her iki gelenekte de bu parçaları bir araya getiren, felsefi-evrimsel-bilişsel-psikodinamik perspektifleri tek bir çerçevede değerlendiren bir kavramsal derleme çalışmasına rastlanmamıştır — bu çalışmanın temel motivasyonu da tam olarak bu boşluğu doldurmaktır..

SONUÇ VE ÖNERİLER

Genel Değerlendirme ve Kuramsal Sentez

Bu çalışma, Giriş'te ortaya konan hedef doğrultusunda, kendini aldatma kavramına ilişkin dağınık literatürü bir araya getirerek bütüncül bir kavramsal çerçeve arayışı sunmayı amaçlamıştır. Yapılan inceleme, kendini aldatmanın psikolojisine ilişkin bilginin en az üç ana kuramsal damar (felsefi-paradoksal, psikodinamik ve bilişsel-deneysel/evrimsel) etrafında biriktiğini; bunlara ek olarak, bu kuramsal yapının nasıl niceliksel olarak ölçülebileceğine dair ayrı ve kendi başına tartışmalı bir ölçme geleneğinin (SDQ, BIDR) geliştiğini ortaya koymaktadır. Felsefi gelenek kavramın mantıksal olanaklılığını sorgularken, evrimsel yaklaşım işlevsel/uyumsal boyutunu, bilişsel-motivasyonel gelenek süreç düzeyindeki mekanizmalarını, psikodinamik gelenek ise bilinç dışı savunma boyutunu öne çıkarmaktadır; ölçme geleneği ise bu üç kuramsal damarın öne sürdüğü yapıyı ampirik olarak yakalamaya çalışırken kendi geçerlik sorunlarıyla (SDE puanlarının manipüle edilebilirliği gibi) yüzleşmektedir. Bu parçalı görünüm, kendini aldatmanın ne zaman bireyin ruh sağlığını koruyan işlevsel bir mekanizma, ne zaman gerçeklikle temasın bozulmasına yol açan işlevsiz bir süreç hâline geldiğine dair bütüncül bir modelin henüz geliştirilememiş olmasına yol açmaktadır. Bu çalışma, kendini aldatmanın; benlik saygısını koruma güdüsü, bilişsel uyumsuzluğu azaltma ihtiyacı, sosyal aldatma/ikna işlevi ve bilinç dışı savunma süreçlerinin kesişiminde konumlanan çok katmanlı bir yapı olarak ele alınması gerektiğini savunmaktadır; bu bakış açısı, olgunun tek bir değişkenle (yalnızca dindarlık, yalnızca narsisizm, yalnızca bilişsel çarpıtma gibi) açıklanmasının indirgemeci kalacağını göstermektedir.

Klinik ve Uygulamalı Doğurgular

Kuramsal katkısının yanı sıra bu bütüncül bakış açısı, klinik ve danışmanlık uygulamaları açısından da çıkarımlar taşımaktadır. Kendini aldatmanın hangi düzeyde koruyucu, hangi düzeyde işlevsiz hâle geldiğine dair netleşecek bir çerçeve; terapötik süreçlerde danışanın gerçeklik testini zedelemeden benlik saygısını koruyan yanılsamalarına ne ölçüde müdahale edilmesi gerektiği konusunda klinisyenlere daha temellendirilmiş bir karar zemini sunabilir. Murphy'nin (1970) önerdiği tarafsız ve anlık geri bildirim sağlama, kaygı düzeyini azaltma ve hakikatle yüzleşmeyi ödüllendirici hâle getirme gibi müdahale ilkeleri, ileride bilişsel davranışçı tekniklerle ve öz-izleme uygulamalarıyla sistematik olarak birleştirilmeye açık bir zemin oluşturmaktadır. Özellikle bağımlılık, depresyon ve narsisistik kişilik örüntüleriyle ilişkilendirilen kendini aldatma biçimlerinin ayırt edilmesi, müdahale planlamasında önemli bir referans noktası olabilir.

Gelecek Araştırmalar İçin Kuramsal ve Yöntemsel Yönelimler

Gelecekte yapılacak çalışmalar için şu öneriler sunulabilir: (1) Kendini aldatmanın işlevsel ve işlevsiz görünümlerini ayırt edebilecek, durumsal ve bağlamsal faktörleri (belirsizlik düzeyi, dışsal geri bildirim türü, sosyal risk vb.) içeren bütünleştirici bir kuramsal model geliştirilmelidir. (2) Bilişsel-motivasyonel süreçler ile psikodinamik savunma mekanizmaları arasındaki örtüşme ve ayrışma noktaları deneysel olarak sınanmalıdır. (3) Öz-bildirim ölçeklerinin (SDQ, BIDR-SDE/SDD) yapı geçerliğine ilişkin tartışmalar dikkate alınarak,

kendini aldatmayı örtük (implicit) ölçümlerle birlikte değerlendiren çok yöntemli araştırma desenlerine öncelik verilmelidir. (4) Türkçe alanyazında kendini aldatmayı yalnızca tekil değişkenlerle değil, çok değişkenli ve disiplinler arası bir çerçevede ele alan ampirik araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. (5) Kendini aldatmanın nöral temellerine ilişkin sınırlı sayıdaki bulgunun bilişsel ve psikodinamik modellerle ilişkilendirilerek genişletilmesi, kavramın "folk psychology" düzeyinden çıkarılıp sağlam bir bilimsel zemine oturtulmasına katkı sağlayacaktır.

Bu çalışma, doğası gereği bir kavramsal derleme niteliğinde olup, ileri sürülen bütünleştirici çerçevenin ampirik olarak sınanması bu çalışmanın kapsamı dışındadır. Ayrıca taranan literatür büyük ölçüde İngilizce ve Türkçe kaynaklarla sınırlı tutulmuş olup, diğer dillerdeki alanyazının bütüncül tabloya olası katkıları burada ele alınmamıştır. Bu sınırlılıklar, önerilen çerçevenin gelecekteki sistematik derleme ve meta-analiz çalışmalarıyla genişletilmesi gerekliliğine işaret etmektedir.

KAYNAKÇA

Ahmadi, B. K. (2017). Kendini Aldatma Ve Dindarlık İlişkisi. *Uludağ Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*, *26*(2), 51-76.

Akın, A. (2010). *Kendini Aldatma*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

Arfini, S., & Magnani, L. (2021). Embodied Irrationality? Knowledge Avoidance, Willful Ignorance, and the Paradox of Autonomy. *Frontiers in Psychology*, *12*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.769591

Aronson, E., & Mills, J. (1959). The Effect of Severity of Initiation on Liking for a Group. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, *59*(2), 177-181. https://doi.org/10.1037/h0047195

Bandura, A. (1977). *Social Learning Theory* (ss. viii, 247). Oxford, England: Prentice-Hall.

Bandura, A. (2011). Self-Deception: A Paradox Revisited. *Behavioral and Brain Sciences*, *34*(1), 16-17. https://doi.org/10.1017/s0140525x10002499

Boag, S. (2020). Reflective Awareness, Repression, and the Cognitive Unconscious. *Psychoanalytic Psychology*, *37*(1), 18-27. https://doi.org/10.1037/pap0000276

Bruner, J. S., & Goodman, C. C. (1947). Value and Need as Organizing Factors in Perception. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, *42*(1), 33-44. https://doi.org/10.1037/h0058484

Chance, Z., & Norton, M. I. (2015). The What and Why of Self-Deception. *Current Opinion in Psychology*, *6*, 104-107. https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2015.07.008

Chance, Z., Norton, M. I., Gino, F., & Ariely, D. (2011). Temporal View of the Costs and Benefits of Self-Deception. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *108*(supplement_3), 15655-15659. https://doi.org/10.1073/pnas.1010658108

Demos, R. (1960). Lying to Oneself. *Journal of Philosophy*, *57*(18), 588-595. https://doi.org/10.2307/2023611

DePaulo, B. M., Lindsay, J. J., Malone, B. E., Muhlenbruck, L., Charlton, K., & Cooper, H. (2003). Cues to Deception. *Psychological Bulletin*, *129*(1), 74-118. https://doi.org/10.1037/0033-2909.129.1.74

Erdelyi, M. H. (1974). A New Look at the New Look: Perceptual Defense and Vigilance. *Psychological Review*, *81*(1), 1-25. https://doi.org/10.1037/h0035852

Eriksen, C. W., & Browne, C. T. (1956). An Experimental and Theoretical Analysis of Perceptual Defense. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, *52*(2), 224-230. https://doi.org/10.1037/h0046841

Ermiş Demirtaş, H. (2013). *Kendini Aldatma Ölçeği Geliştirme Çalişmasi*. Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Festinger, L. (1957). *A Theory of Cognitive Dissonance*. Stanford, Calif.
Fingarette, H. (1969). *Self-Deception*. California: Berkeley, Calif. : University of California Press.
Freud, A. (2013). *Ben ve savunma mekanizmaları* (H. Doğan & S. M. Tura, Ed.; Y. Erim, Çev.). İstanbul: Metis Yayınları.
Freud, S. (2019). *Ego ve İd* (S. Ceyhan, Çev.). İstanbul: Oda Yayınları. Geliş tarihi gönderen https://1000kitap.com/kitap/ego-ve-id--205469
Fromm, E. (2017). *Özgürlükten Kaçış* (Ş. Yeğin, Çev.). Say Yayınları.
Gardiner, P. (1970). Error, Faith and Self-Deception. *Proceedings of the Aristotelian Society*, *70*, 197-220. https://doi.org/10.1093/aristotelian/70.1.221
Geraerts, E., & McNally, R. J. (2008). Forgetting Unwanted Memories: Directed Forgetting and Thought Suppression Methods. *Acta Psychologica*, *127*(3), 614-622. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2007.11.003
Goleman, D. J. (1999). *Hayati Yalanlar Basit Gerçekler* (B. Yanık, Çev.). İstanbul: Arion Yayınları.
Gur, R. C., & Sackeim, H. A. (1979). Self-Deception: A Concept in Search of a Phenomenon. *Journal of Personality and Social Psychology*, *37*(2), 147-169. https://doi.org/10.1037/0022-3514.37.2.147
Hilgard, E. R. (1949). Human Motives and the Concept of the Self. *American Psychologist*, *4*(9), 374-382. https://doi.org/10.1037/h0058728
Hippel, W. von, & Trivers, R. (2011). The Evolution and Psychology of Self-Deception. *Behavioral and Brain Sciences*, *34*(1), 1. https://doi.org/10.1017/s0140525x10001354
Horney, K. (1937/2025). *Çağımızın Nevrotik Kişiliği* (Ç. B. Kıcır, Çev.). Sel Yayıncılık.
Howie, D. (1952). Perceptual Defense. *Psychological Review*, *59*(4), 308-315. https://doi.org/10.1037/h0063126
Jian, Z., Zhang, W., Tian, L., Fan, W., & Zhong, Y. (2019). Self-Deception Reduces Cognitive Load: The Role of Involuntary Conscious Memory Impairment. *Frontiers in Psychology*, *10*, 1718. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01718
Jung, C. G. (1972). *The Structure and Dynamics of the Psyche*. Princeton, N.J: Princeton University Press. Geliş tarihi gönderen http://archive.org/details/structuredynamic08jung
Kam, C. (2023). Psychoanalytic Contributions in Distinguishing Willful Ignorance and Rational Knowledge Avoidance. *Frontiers in Psychology*, *14*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1025507
King-Farlow, J., & Bosley, R. (1985). Self-formation and the mean: Programmatic remarks on self-deception. İçinde M.W. Martin (Ed.), *Self-deception and self-understanding: New essays in philosophy and psychology* (ss. 200-2009). Kansas: University Press of Kansas.
Kirby, S. (2003). Telling lies? An exploration of self-deception and bad faith. *European Journal of Psychotherapy, Counselling and Health*, *6*(2), 99-110. https://doi.org/10.1081/13642530410001724179
Kohlberg, L. (1969). Stage and Sequence: The Cognitive Developmental Approach to Socialization. İçinde D. Goslin (Ed.), *Handbook of Socialization Theory and Research* (ss. 347-480). Chicago: Rand McNally. Geliş tarihi gönderen https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1587320
Kunda, Z. (1990). The Case for Motivated Reasoning. *Psychological Bulletin*, *108*(3), 480-498. https://doi.org/10.1037/0033-2909.108.3.480
Kuşat, A. (2000). Psikolojik Bir Olgu Olarak Kendini Aldatma ve Dini İnançla İlişkis. *Dini Araştırmalar*, *3*(8). Geliş tarihi gönderen https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/51643

Levy, B. J., & Anderson, M. C. (2012). Purging of Memories from Conscious Awareness Tracked in the Human Brain. *Journal of Neuroscience*, *32*(47), 16785-16794. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2640-12.2012

Liu, J., Ding, W., Deng, L., Tan, M., & Guan, P. (2025). The Influence of Different Negative Feedback on the Decay of Self-Deception. *Frontiers in Psychology*, *15*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1499089

Markus, H. (1977). Self-Schemata and Processing Information About the Self. *Journal of Personality and Social Psychology*, *35*(2), 63-78. https://doi.org/10.1037/0022-3514.35.2.63

Martin, Mike W. (1985). General Introduction. İçinde Mike W. Martin (Ed.), *Self-Deception and Self-Understanding*. New York: University of Kansas Press.

Maslow, A. H. (1968). *Toward a Psychology of Being*. New York: New York : D Van Nostrand.

Meehl, P. E., & Hathaway, S. R. (1946). The K Factor as a Suppressor Variable in the Minnesota Multiphasic Personality Inventory. *Journal of Applied Psychology*, *30*(5), 525-564. https://doi.org/10.1037/h0053634

Mele, A. R. (1992). *Irrationality: An Essay on Akrasia, Self-Deception, and Self-Control*. Oxford: Oxford University Press.

Mele, A. R. (2001). *Self-Deception Unmasked*. Princeton, N.J: Princeton University Press.

Mischel, T. (1974). Understanding Neurotic Behavior: From "Mechanism" to "Intentionality." Içinde T. Mischel (Ed.), *Understanding Other Persons* (C. 7, ss. 216-259). Oxford: Blackwell: Rowman & Littlefield. https://doi.org/10.1177/004839317700700109

Moldoveanu, M., & Visu-Petra, L. (2025). Self-Deception Beyond Speculation: A Narrative Review of the Empirical Research on Motivated False Beliefs. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Psychologia-Paedagogia*, *70*, 121-151. https://doi.org/10.24193/subbpsyped.2025.1.06

Motzkin, J. C., Philippi, C. L., Wolf, R. C., Baskaya, M. K., & Koenigs, M. (2015). Ventromedial Prefrontal Cortex Is Critical for the Regulation of Amygdala Activity in Humans. *Biological Psychiatry*, *77*(3), 276-284. https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2014.02.014

Murphy, G. (1970). Experiments in Overcoming Self-Deception. *Psychophysiology*, *6*(6), 790-799. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1970.tb02268.x

Neisser, U. (1976). *Cognition and Reality: Principles and Implications of Cognitive Psychology* (ss. xiii, 230). New York, NY, US: W H Freeman/Times Books/ Henry Holt & Co.

Newman, L. S. (1999). Motivated Cognition and Self-Deception. *Psychological Inquiry*, *10*(1), 59-63.

Nisbett, R. E., & Wilson, T. D. (1977). Telling More Than We Can Know: Verbal Reports on Mental Processes. *Psychological Review*, *84*(3), 231-259. https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.3.231

Norman, D. A. (1968). Toward a Theory of Memory and Attention. *Psychological Review*, *75*(6), 522-536. https://doi.org/10.1037/h0026699

Peterson, J. B., DeYoung, C. G., Driver-Linn, E., Séguin, J. R., Higgins, D. M., Arseneault, L., & Tremblay, R. E. (2003). Self-Deception and Failure to Modulate Responses Despite Accruing Evidence of Error. *Journal of Research in Personality*, *37*(3), 205-223. https://doi.org/10.1016/S0092-6566(02)00569-X

Piaget, J. (1932). *The Moral Judgment of the Child* (ss. ix, 418). Oxford, England: Harcourt, Brace.

Sackeim, H. A. (1983). Self-Deception, Depression, and Self-Esteem: The Adaptive Value of Lying to Oneself. İçinde H. Masling & . (Ed.), *Empirical Studies of Psychoanalytic Theory* (C. 1, ss. 101-158). Empirical Studies of Psychoanalytic Theory.
Sackeim, H. A., & Gur, R. C. (1978). Self-deception, selfconfrontation, and consciousness. Içinde G. Schwartz & D. Shapiro (Ed.), *Consciousness and Self-Regulation: Advances in Research and Theory (Vol. 2)*. New York: Plenum Press: Springer US.
Sartre, J.-P. (1956). *Being and Nothingness: An Essay on Phenomenological Ontology*. New York : Philosophical Library. Geliş tarihi gönderen http://archive.org/details/beingnothingness0000unse
Scott, B. G. (2008). *Moral Transgression, Guilt, and Self-Deception: Is Cleansing Strictly Physical?* Stephen F. Austin State University. Geliş tarihi gönderen https://search.proquest.com/openview/c48800581230f35140cf47ca5d1f24e2/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750
Scott-Kakures, D. (2002). At "Permanent Risk": Reasoning and Self-Knowledge in Self-Deception. *Philosophy and Phenomenological Research*, *65*(3), 576-603. https://doi.org/10.1111/j.1933-1592.2002.tb00222.x
Taylor, S. E., & Brown, J. D. (1988). Illusion and Well-Being: A Social Psychological Perspective on Mental Health. *Psychological Bulletin*, *103*(2), 193-210. https://doi.org/10.1037/0033-2909.103.2.193
Vrij, A., Fisher, R., Mann, S., & Leal, S. (2006). Detecting Deception by Manipulating Cognitive Load. *Trends in Cognitive Sciences*, *10*(4), 141-142. https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.02.003
Wason, P. C., & Johnson-Laird, P. N. (1972). *Psychology of Reasoning: Structure and Content* (C. 86). Harvard University Press. Geliş tarihi gönderen https://www.google.com/books?hl=en&lr=&id=OA-oPFf_kokC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Psychology+of+reasoning:+Structure+and+content.+Cambridge,+MA:+Harvard+University+Press&ots=xEppOWbJUG&sig=dTZK4RQzdRcueoGUzcKxFPVfF0Q
Wehofsits, A. (2024). The Relationship Between Self-Deception and Other-Deception. *The Southern Journal of Philosophy*, *62*(2), 263-275. https://doi.org/10.1111/sjp.12540
Weissman, S., & Gorlin, E. I. (2023). Exploring the (Mal)adaptive Consequences of Self-Deceptive Enhancement: A Narrative Review. *Journal of Theoretical Social Psychology*, (1), 2382005. https://doi.org/10.1155/2023/2382005
Xiao, H. (2025). The Psychological Mechanism of Self Deception: Multidimensional Analysis and Boundary Definition. *Advances in Education, Humanities and Social Science Research*, *15*(1), 396-396. https://doi.org/10.56028/aehssr.15.1.396.2025
Yıldız, S., Ekşi, H., & Yüksel, M. Y. (2021). Üniversite Öğrencilerinin Romantik İlişkilerinde İlişki Doyumu Ve Kendini Aldatma: Sosyal Kırılganlığın Aracı Rolü. *Turkish Studies - Social Sciences*, *16*(1), 425. https://doi.org/10.47356/TurkishStudies.43299

İKİYÜZLÜLÜĞÜN PSİKOLOJİSİ: MASKELERİN ARKASINDAKİ BENLİĞİN SAVUNULMASI

Doç. Dr. Muharrem AKA
Kilis 7 Aralık Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Psikoloji

Öz

İkiyüzlülük, sosyal psikolojide ağırlıklı olarak aktörün bilişsel uyumsuzluğu ve gözlemcinin bilgi işleme ya da çifte standart süreçleri üzerinden incelenmiştir. Ancak bu rasyonel yaklaşımlar, toplumun ikiyüzlü figürlere gösterdiği aşırı öfke, kolektif linç eğilimi ve orantısız cezalandırma iştahını açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Bu çalışma, mevcut literatürün sınırlılığını aşmak amacıyla ikiyüzlülük olgusunu dış gözlemcinin ve kitlelerin yargılama dinamikleri ekseninde psikodinamik bir çerçeveyle ele almaktadır. Kavramsal nitelikteki bu çalışma, eleştirel literatür taraması tekniğine dayanmakta; aktör ve gözlemci odaklı sosyal psikoloji modelleri ile psikodinamik kuramlar arasında disiplinlerarası bir karşılaştırma ve sentez yürütmektedir Çalışmada önerilen bütünleşik model üç temel mekanizmaya dayanmaktadır: (i) Freudyen ve Jungiyen anlamda gözlemcinin kendi kabul edemediği ahlaki zaafları dışarıya aktardığı projeksiyon (yansıtma), (ii) toplumun ortak bilincinde bastırılan ahlak dışı arzuların kamusal figür üzerinde somutlaştığı kolektif gölge ve (iii) Mary Douglas'ın sembolik düzen analizinde belirttiği üzere, bu anomalinin cezalandırılıp dışlanması yoluyla sağlanan psişik arınma (katarsis). Sosyal psikoloji, psikanalitik kuram ve sosyal antropoloji arasında özgün bir sentez kuran bu çalışma; toplumun ikiyüzlüye gösterdiği sert tepkinin rasyonel bir adalet arayışından ziyade, gözlemcinin kendi içsel kirliliğinden ve suçluluk duygusundan kurtulmayı hedeflediği bilinçdışı bir savunma stratejisi olduğunu tartışmaktadır. Mevcut deneysel bulgular bu yorumla uyumludur ancak psikodinamik bileşeni doğrudan sınamamaktadır. Çalışmanın sınırlılıkları arasında modelin ampirik olarak sınanmamış olması, literatür seçiminin yazarın kuramsal tercihlerinden etkilenmiş olabilmesi ve bireysel projeksiyondan kolektif düzeye geçişin mekanizmasının henüz varsayım düzeyinde kalması yer almaktadır. Bu nedenle model, ampirik olarak sınanması gereken kuramsal bir öneri olarak sunulmakta ve gelecek araştırmalar için sınanabilir yönelimler belirlenmektedir.

Anahtar Kelimeler: İkiyüzlülük, Projeksiyon, Katarsis, Kolektif Gölge, Günah Keçisi

Abstract

IIn social psychology, hypocrisy has been examined primarily through the lens of the actor's cognitive dissonance and the observer's information processing or double-standard processes. However, these rational approaches fall short in explaining the extreme anger society directs toward hypocritical figures, the tendency toward collective lynching, and the appetite for disproportionate punishment. This study addresses the phenomenon of hypocrisy within a psychodynamic framework centered on the judgmental dynamics of external observers and crowds, with the aim of overcoming the limitations of the existing literature. This conceptual study is based on a critical literature review technique; it conducts an interdisciplinary comparison and synthesis between actor- and observer-focused social psychology models and psychodynamic theories. The integrated model proposed in the study is based on three fundamental mechanisms: (i) projection—in the Freudian and Jungian sense—where the observer projects onto others the moral failings they cannot accept in themselves; (ii) the collective shadow, in which immoral desires repressed in the collective consciousness of

society materialize in a public figure; and (iii) the psychic catharsis achieved through the punishment and exclusion of this anomaly, as described in Mary Douglas's analysis of symbolic order. This study, which establishes a unique synthesis between social psychology, psychoanalytic theory, and social anthropology, argues that society's harsh reaction to the hypocrite is not so much a rational pursuit of justice as it is an unconscious defense strategy aimed at freeing the observer from their own inner impurity and feelings of guilt. Current experimental findings are consistent with this interpretation but do not directly test the psychodynamic component. Among the study's limitations are that the model has not been empirically tested, that the selection of the literature may have been influenced by the author's theoretical preferences, and that the mechanism of the transition from individual projection to the collective level remains at the level of assumption. Therefore, the model is presented as a theoretical proposal that requires empirical testing, and testable directions for future research are identified.

Keywords: Hypocrisy, Projection, Catharsis, Collective Shadow, Scapegoat

1. Giriş

Sosyal psikolojinin gelişim serüveni takip edildiğinde bu alan bir anlamda "ikiyüzlülük bilimi" olarak kodlanması abartılı olmayacaktır (Monin & Merritt, 2012). Çünkü sosyal psikologlar bireylerin kendi davranışlarının motivasyonu için öne sürdükleri beyanlar ve niyetlere şüphecilikle yaklaşmaktadırlar. Bu şüpleci yaklaşımın temelinde bireyin davranışlarının arkasındaki gerçek motivasyonun farkında olmamasının (Nisbett & Wilson, 1977) yanısıra başkalarının üzerinde olumlu izlenim bırakma güdüsü (Schlenker, 1980) ve benlik saygısını korumak amacıyla kendini ahlaki olarak idealize etme ihtiyacı vardır (Greenwald, 1980). Davranışların arkasındaki bu dinamikler bireylerin gerçekte sahip olduklarından çok daha fazla kusursuz niyetlere sahip olduklarını iddia etmelerine sebep olmaktadır. Dolaysıyla beyan edilen niyetlerin gerçek niyetler olarak kabul edilemeyeceği deneysel ve kuramsal olarak ortaya konulmaya çalışması sosyal psikolojinin en temel özelliğidir (Monin & Merritt, 2012).

Sosyal psikolojide ikiyüzlülük "söylediğini uygulamamak" (Stone & Fernandez, 2008) "bir şey söyleyip başka bir şey yapmak" (Barden, Rucker, & Petty, 2005) başkalarının uyması için ahlaki normları kamuoyu önünde savunmak, ancak kişisel olarak özelde ihlal etmek (Lammers, Stapel, & Galinsky, 2010) olarak tanımlanır. TDK (2026) ise ikiyüzlüğü "inandığı, düşündüğü gibi davranmama, özü sözü bir olmama; yüze gülücülük, riya, riyakârlık, mürailik" şeklinde tanımlamaktadır. İngilzce karşılığı "hypocrisy" olan ikiyüzlülük kavramının kökeni Antik Yunan tiyatrosundaki hypokrisis (rol yapmak, maske takmak) sözcüğüne dayanmaktadır. Bu anlamda hypokrisis söylediğiyle yaptığı örtüşmeyen tutumu anlatan sözcüktür (Tureng, 2026). Meriam-Webmaster (2026) sözlüğü "Olmadığı biri gibi davranma veya inanmadığı şeye inanma taklidi yapma; kişinin inandığı veya hissettiği şeylerle çelişen davranış" şeklinde tanımlamaktadır. Tarih süreç içinde dini, felsefi ve ahlaki öğretiler tarafından bir karakter kusuru, dürüstlük tablosunda bir leke veya ahlaki bir zayıflık olarak kodlanan bu olgu psikolojik perspektiften bakıldığında daha önemli ve yapısal anlamlara sahip olduğu görülmektedir.

İkiyüzlülük, insanlık tarihi boyunca edebiyatta, toplumsal tartışmalarda, sosyal psikoloji ve sosyoloji alanında çokça tartışılan bir konu olmuştur. Bu alanlar olgunun derinlikli ve çok yönlü tanımlamalarını ve sınıflamalarını yapmıştır. Sosyal psikolojide daha çok bilişsel çelişki kuramı ile bağlantılı olarak ele alınan ikiyüzlülük, bir kişinin kendisinin uygulamadığı bir davranışı özgürce teşvik etmeyi seçmesiyle ortaya çıkan bilişsel çelişkinin özel bir durumudur (Aronson, Fried, & Stone, 1991). Sosyoloji literatüründe doğrudan ikiyüzlülük tanımı yapılmamıştır ancak sosyolojinin kurduğu kuramsal çerçeve, ikiyüzlülüğü sosyolojik bir olgu olarak konumlandırmıştır. Goffman'ın (2020) kült çalışması olan "Günlük Yaşamda Benlik

Sunumu" adlı çalışmasında geliştirdiği "dramaturji kuramı", sosyal etkileşimleri tiyatro performanslarına benzeten sosyolojik bir perspektiftir (Bayad, 2016). Bu yaklaşıma göre bireyler, gündelik yaşamda sanki bir sahnede oyuncu gibi davranmakta; kimliklerini üstlendikleri rollerle, izlenim yönetimiyle ve farklı sahnelerde oynadıkları rollerle gerçekleştirmektedirler. Goffman'a (2020) göre birey, toplumsal alanda yani "ön sahnede" (front stage) sürekli bir izlenim yönetimi (impression management) faaliyeti yürütür. Bu sahnede aktör, seyircilerin (toplumun) beklentilerine, normlarına ve değerlerine uygun bir performans sergilemekle yükümlüdür. Gerçek niyetler, zaaflar ve bencil dürtüler ise sahne arkasında, yani "kuliste" (back stage) bırakılır.

Sosyal psikoloji literatüründe insanların söylemleri ile eylemlemlerinin tutarsızlığını açıklayan mevcut modeller temelde iki rasyonel ve bilişsel yaklaşım üzerinden ilerlemektedir. Bunlardan birincisi; tamamen aktör odaklıdır ve tutarsızlığı sergileyen kişinin kendi iç dünyasındaki vicdan muhasebesini, bilişsel dengesini nasıl kurduğunu incelemektedir (C. D. Batson, Thompson, Seuferling, Whitney, & Strongman, 1999; Stone, Wiegand, Cooper, & Aronson, 1997). İkincisi ise; gözlemciyi merkeze almaktadır ve dışarıdaki seyircinin yani toplumun bu tutarsızlığı hangi mantıksal ve kronolojik bilgi işleme süreçleriyle (olay sırası, grup kayırmacılığı vb.) "ikiyüzlülük" olarak etiketlediğini araştırır (Barden vd., 2005; Valdesolo & DeSteno, 2007).

Ancak literatürdeki hem aktör hem de gözlemci odaklı bu mevcut modeller, insanı ve toplumu tamamen rasyonel/bilişsel bir düzlemde ele almaktadır (Barden vd., 2005). Bu rasyonel bakış açısı; gerçek hayatta bir ikiyüzlülük vakasıyla karşılaşan dış gözlemcinin (toplumun) sergilediği aşırı duygusal ve hırslı tepkileri, linç eğilimlerini ve mantık sınırlarını aşan büyük kolektif öfkeyi açıklamakta yetersiz kalmaktadır . Çünkü toplum, bir liderin veya figürün çelişkisini yakaladığında soğukkanlı ve rasyonel bir hakem gibi davranmamakta; aksine, derin bir duygusal reaksiyon vermektedir (Haidt, 2001; Tetlock, Kristel, Elson, Green, & Lerner, 2000). Literatürdeki temel eksiklik, dış gözlemcinin ahlaki yargılama sürecindeki bu irrasyonel derinliği analiz eden, konuyu mevcut aktör ve gözlemci odaklı rasyonel sınırların dışına çıkararak Psikodinamik Perspektifle (Yansıtma/Projeksiyon kavramıyla) ele alan kuramsal çalışmaların yokluğudur (S. Freud, 2004). Nitekim ikiyüzlülüğü psikodinamik çerçevede inceleyen mevcut kısıtlı çalışmalar da (örn. Sebastian, 2019; Naso, 2006) olguyu tamamen **'aktör odaklı'** bir yaklaşımla; eylemi gerçekleştiren kişinin içsel narsisizmi, süperego zayıflığı, ahlaki rasyonelleştirmeleri ve inkar mekanizmaları olmak üzere dört psikodinamik boyutta ele almıştır . Bunlardan farklı olarak bu çalışma, psikodinamik süzgeci aktörün tekelinden çıkarıp, ilk kez dış gözlemcinin/seyircinin ötekini yargılarken başvurduğu bilinçdışı bir **yansıtma (projeksiyon)** mekanizması olarak konumlandırmayı amaçlamaktadır.

Dış gözlemcinin (toplumun) sergilediği abartılı ve irrasyonel cezalandırma iştahı, salt mantıksal bir kural denetimi değil; bireylerin kendi iç dünyalarında bastırdıkları kabul edilemez dürtüleri, hasetleri veya ahlaki gölgeleri ötekine yükleyerek ruhsal bir arınma sağladıkları bilinçdışı bir savunma savaşıdır (A. Freud, 2013). Bu yönüyle çalışma, 'ötekinin cezalandırılması yoluyla benliğin arındırılması' mantığına dayanarak sosyal psikoloji ve psikanaliz arasında özgün bir sentez önermektedir (Rothschild, Landau, Keefer, & Sullivan, 2015).

Literatürdeki bu evrensel ve kuramsal boşluğun yanı sıra, Türkiye'deki akademik yazın incelendiğinde çok daha spesifik bir eksiklik göze çarpmaktadır: Türkiye'de ikiyüzlülük olgusunu toplumsal algı, kişi algısı ve bunun psikolojik kökenleri açısından ele alan psikoloji odaklı kuramsal . Türkiye'deki mevcut akademik çalışmalar neredeyse tamamen "Örgütsel İkiyüzlülük" başlığı altında; bir kurumun dış dünyaya ilan ettiği etik değerler (vizyon/misyon) ile arka planda uyguladığı gerçek politikalar arasındaki kurumsal tutarsızlıkla ilgilenilmiştir (Ulukök & Temiz, 2025). Türkiye'deki yerli yazın, konuyu hep bu şekilde yönetimsel,

kurumsal imaj veya iş tatmini gibi iş dünyası sınırları içinde incelemiştir (Gelmez & Polat, 2025).

Dolayısıyla, ikiyüzlülük yargılarını kurumsal bir yönetim problemi veya rasyonel bir bilgi işleme süreci olmaktan çıkarıp; toplumun/seyircinin dışarıdaki tutarsız figürleri yargılarken aslında kendi iç dünyasında bastırdığı gölgeleri (haset, açgözlülük vb.) ötekine yüklediği (Jung, 2025) bilinçdışı bir savunma mekanizması (yansıtma) olarak ele alan psikodinamik temelli hiçbir çalışma yoktur. Bu çalışma, mevcut rasyonel modellerin (aktör ve gözlemci odaklı kuramların) açıklamakta zorlandığı o irrasyonel toplumsal öfkeyi psikodinamik çerçeveyle tamamlayarak ve Türkiye literatüründeki örgütsel dar kalıbı kırarak literatürdeki bu çok yönlü boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı; sosyal psikolojide rasyonel süreçler (aktörün bilişsel dengesi veya gözlemcinin kronoloji takibi) üzerinden incelenen ikiyüzlülük olgusunu, bunlardan farklı olarak psikodinamik bir çerçeveye taşıyarak yeniden anlamlandırmaktır. Çalışma, dış gözlemcinin (toplumun) ikiyüzlülük vakalarına verdiği agresif ve irrasyonel tepkilerin kökenini; Freudyen ve Jungiyen kuramlar ekseninde, bireyin kendi içsel gölgeleriyle (haset, açgözlülük vb.) yüzleşmekten kaçınmak adına başvurduğu bir ruhsal arınma ve yansıtma (projeksiyon) düzeneği olarak kuramsal düzeyde açıklamayı amaçlamaktadır. Böylece, ikiyüzlülük olgusuna yönelik mevcut sosyal-bilişsel (aktör ve gözlemci) modeller ile derinlik psikolojisi arasında özgün bir sentez köprüsü kurulması hedeflenmektedir.

2. Yöntem

2.1. Araştırmanın Deseni

Bu çalışma, ampirik veri toplamayı amaçlamayan kavramsal bir makaledir. Desen olarak Jaakkola'nın(2020) tanımladığı kuram sentezi yaklaşımı benimsenmiştir. Bu yaklaşımda birbirinden ayrı gelişmiş kuramsal çizgiler, ortak bir açıklama sorusu çevresinde bir araya getirilerek yeni bir kavramsal çerçeve önerilir. Çalışmanın açıklama sorusu şudur: Dış gözlemciler ikiyüzlülük vakalarına neden çoğu zaman davranışın ağırlığıyla orantısız görünen bir ahlaki öfkeyle tepki vermektedir? Bu soru çevresinde (a) aktör ve gözlemci odaklı sosyal psikoloji modelleri, (b) psikanalitik ve analitik psikoloji kaynaklı projeksiyon ve gölge kuramları ile (c) ahlaki arınma ve üçüncü taraf cezalandırmaya ilişkin deneysel bulgular karşılaştırılmıştır. Çalışma, Whetten'in (1989) kuramsal katkı ölçütleri (ne, nasıl, neden, kim, ne zaman/nerede) ve Baumeister ve Leary'nin (1997) anlatısal derleme ilkeleri doğrultusunda yürütülmüştür.

2.2. Literatür Tarama Süreci

Literatür, Web of Science, PsycINFO, Scopus, DergiPark, YÖK Tez üzerinden [1990-2026] arasında taranmıştır. Taramada şu anahtar sözcük kümeleri kullanılmıştır: (a) hypocrisy, moral hypocrisy, hypocrisy judgment; (b) projection, defense mechanism, shadow, scapegoat; (c) moral outrage, third-party punishment, moral cleansing; (d) Türkçe veri tabanları (DergiPark, YÖK Tez) için ikiyüzlülük, riya, projeksiyon, ahlaki öfke. YÖK Tez veri tabanı yalnızca Türkçe yazındaki çalışmaların kapsamını belirlemek amacıyla taranmış, tezler kuramsal dayanak olarak kullanılmamıştır. Kuramsal temeli oluşturan 1990 öncesi çalışmalar (ör. Freud, Jung, Douglas, Goffman, Festinger) veri tabanı taramasıyla değil, doğrudan birincil metinlerine başvurularak ve atıf zinciri izlenerek (geriye ve ileriye) çalışmaya dahil edilmiştir.

Dahil etme ölçütleri şunlardır: (i) ikiyüzlülüğün aktör veya gözlemci düzeyinde ele alındığı kuramsal ve deneysel çalışmalar; (ii) projeksiyon, gölge ve günah keçiliği kavramlarının psikodinamik ve toplumsal düzeyde tartışıldığı temel metinler ve deneysel testler; (iii) ahlaki

öfke ve cezalandırmanın ahlaki benlikle ilişkisini inceleyen çalışmalar. Hakemli olmayan popüler yayınlar ile ikiyüzlülük veya ahlaki yargıyla doğrudan ilişkisi bulunmayan çalışmalar dışarıda bırakılmıştır.

2.3. Kavramsal Sentez Süreci

Sentez süreci dört adımda ilerlemiştir.

Kavramsal haritalama. Taranan çalışmalar, ikiyüzlülüğün aktörde mi gözlemcide mi incelendiğine, hangi mekanizmayı (bilişsel uyumsuzluk, motive akıl yürütme, savunma mekanizması vb.) öne sürdüğüne ve hangi kanıt türüne (deneysel, klinik, kuramsal) dayandığına göre sınıflandırılmıştır.

Açıklama boşluğunun belirlenmesi. Rasyonel modellerin gözlemci tepkisine ilişkin yanıtlayabildiği ve yanıtlayamadığı sorular ayrıştırılmıştır. Sosyal psikolojideki rakip açıklamalar (ör. sahte sinyal verme, ahlaki tehdit ve ahlaki kimliği koruma, motive akıl yürütme) bu aşamada boşluğun gerçekten var olup olmadığını sınamak için kullanılmıştır.

Kavramsal ayrıştırma. Projeksiyon, yer değiştirme (displacement), günah keçiliği ve karşıt tepki geliştirme gibi birbirine yakın kavramlar tanımlanmış; bilinçdışı kavramı dinamik (bastırılmış) ve bilişsel (otomatik) anlamlarıyla ayrıştırılmıştır. Deneysel bulgular yalnızca kendi ölçtükleri süreçle ilişkilendirilerek yorumlanmıştır.

Model kurma ve önerme geliştirme. Önerilen model, mekanizmalar arasındaki varsayılan nedensel sıralamayı, rakip açıklamalardan hangi noktalarda farklı öngörüler ürettiğini ve hangi bulguların modeli zayıflatacağını belirtecek biçimde sınanabilir önermelere dönüştürülmüştür.

2.4. Yöntemin Sınırlılıkları

Kavramsal sentez, sistematik derlemenin kapsamlılığını ve tekrarlanabilirliğini taşımamaktadır; kaynak seçimi araştırmacının kuramsal tercihlerinden etkilenmiş olabilir. Önerilen model ampirik olarak sınanmamıştır. Atıf yapılan deneysel bulgular, psikodinamik yorumu doğrudan test etmeyen çalışmalardan gelmektedir; bu nedenle model, bulguların kanıtı olarak değil, onlarla uyumlu ve sınanabilir bir yorum olarak sunulmaktadır..

3. Literatürde İkiyüzlülük: Önceki Çalışmalar

3.1. Söylem ve Eylem Arasındaki Tutarsızlık (Bilişsel Uyumsuzluk ve Batson Yaklaşımı)

İkiyüzlülük literatürünün ilk ve en güçlü damarı, tamamen "aktör odaklı" bir perspektife dayanmakta; bireyin kamusal alanda beyan ettiği ahlaki standartlar ile yalnız kaldığında sergilediği hileli eylemler arasındaki yarığı incelemektedir. Bu ekolün kuramsal temelleri, Festinger (1957) tarafından ortaya konan Bilişsel Uyumsuzluk Kuramına (Cognitive Dissonance Theory) dayanmaktadır. Festinger'e (1957) göre birey, birbiriyle çelişen iki bilişe ya da bir inanış ile bir davranış arasındaki tutarsızlığa maruz kaldığında psikolojik bir gerilim yaşar ve bu gerilimi azaltmak için bilişlerini veya davranışlarını yeniden yapılandırma yoluna gider.

Bu kuramsal düzlemi ikiyüzlülük olgusuna uyarlayan araştırmacılar, laboratuvar ortamında "İkiyüzlülük İndüksiyonu" (Hypocrisy Induction) paradigmasını geliştirmişlerdir (Dickerson, Thibodeau, Aronson, & Miller, 1992; Stone vd., 1997). En yalın tanımıyla bu yöntem; bireye tutkuyla savunduğu bir ilkeyi önce topluluk önünde beyan ettirip, ardından geçmişte bu ilkeyi bizzat ihlal ettiğini hatırlatarak onu kendi çelişkisiyle yüzleştirme tekniğidir. Bu deneysel kurgularda katılımcılardan, bir izleyici kitlesi önünde su tasarrufu veya prezervatif kullanımı gibi toplumsal/kişisel bir standardı hararetle savunmaları istenmiş; hemen ardından ise geçmişte bu standartları çiğnedikleri özel anlar kendilerine hatırlatılmıştır. Söylem ve eylem

arasındaki bu keskin yarıkla (yani kendi ikiyüzlülükleriyle) yüzleşen aktörlerin zihninde Festinger'in öngördüğü ağır bir bilişsel uyumsuzluk ve içsel gerilim tetiklenmiştir. Deneyler, aktörlerin bozulan "iyi ve tutarlı insan" imajlarını tamir etmek ve bu içsel huzursuzluktan kurtulmak adına, hemen ardından sunulan erdemli eylem fırsatlarına (su tasarrufu yapma, prezervatif satın alma) diğer gruplara oranla çok daha güçlü bir eğilim gösterdiklerini ortaya koymuştur..

Bu alandaki bir diğer köşe taşı yaklaşım ise Batson ve arkadaşlarının (1997; 1999) geliştirdiği "Ahlaki İkiyüzlülük" (Moral Hypocrisy) modelidir. Batson vd. (1997), bireyin bencilce çıkarları (maddi kazanç, konfor) ile "iyi insan görünme" arzusu arasındaki taktiksel mücadeleyi ünlü "Yazı Tura Deneyi" ile somutlaştırmışlardır. Bu deneysel kurguda katılımcılardan, biri son derece cazip ve ödüllü (örneğin hediye çeki kazandıran), diğeri ise oldukça monoton ve sıkıcı olan iki farklı görevden birini kendilerine, diğerini ise henüz hiç karşılaşmadıkları bir başka katılımcıya atamaları istenmiştir. Araştırmacılar masaya bir bozuk para koyarak, adil ve ahlaki bir seçim yapmak isteyenlerin yazı tura atabileceğini belirtmiş, ancak kararın tamamen katılımcının özgür iradesine ve vicdanına bırakıldığını vurgulamışlardır. Deneyde yalnız kaldıklarında kimsenin kendilerini izlemediğini düşünen katılımcıların büyük bir kısmı yazı tura atmayı tercih etmiş, fakat ödüllü görevi kapabilmek adına çıkan sonucu hiçe sayarak gizlice hile yapmışlardır (yazı tura atanların %80-90'ı ödüllü görevi yine kendilerine yazmıştır). Ancak araştırmanın en sarsıcı bulgusu, adil bir kura çekiyormuş izlenimi verip hile yapan bu aktörlerin, eylem sonrasında kendilerini hâlâ "son derece adil ve ahlaklı" olarak puanlamaya devam etmeleridir. Batson'ın bu modeli, aktörün gerçek bir ahlaki sorumluluğun getirdiği maliyetlere (sıkıcı görevi üstlenme riskine) katlanmaksızın, sadece "parayı havaya atmış olma" eylemini kendi vicdanına ve dış dünyaya bir paravan olarak sunarak "ucuz bir ahlaki konfor" satın alabildiğini ortaya koymuştur.

İkiyüzlülüğün arkasındaki bu motivasyonel kökenleri ve "ucuz ahlaki konforun" sınırlarını daha derinlemesine inceleyen Batson ve Thompson (2001), sonraki çalışmalarında dürüst bir duruş sergileme arzusu (moral integrity) ile yalnızca ahlaklı görünme güdüsü (moral hypocrisy) arasındaki ince çizgiyi özgün laboratuvar varyasyonlarıyla ayrıştırmışlardır. Araştırmacılar öncelikle şaşırtıcı ve ironik bir bulguya ulaşmışlardır: Öz-bildirim ölçeklerinde kendilerini ahlaki sorumluluk duygusu en yüksek kişiler olarak tanımlayan bireyler, gizli alanda yazı tura hilesini en güçlü şekilde sergileyen grubu oluşturmuştur. Araştırmacılar, aktörün kendi zihninde kurduğu bu "hem hile yapıp hem de kendini ahlaklı görme" konforunu bozmak adına deney masasının tam karşısına, kişinin kendi yüzünü net şekilde görebileceği büyük bir ayna yerleştirmişlerdir. Bu ayna müdahalesi, bireyde anlık ve nesnel bir öz-farkındalık (self-awareness) tetiklemiştir. Normalde yalnızken hile eylemini gürültüsüzce bastıran zihin; aynadaki yansımasıyla göz göze geldiğinde, "Ben dürüst bir insanım" öz-algısı ile "Şu an bencilce hile yapıyorum" eylemi arasındaki keskin çelişkiyi artık göz ardı edemez hale gelmiştir. Kendi yüzüyle yüzleşmek, kural ihlali yapmanın yarattığı zihinsel gerilimi (bilişsel uyumsuzluğu) tolere edilemez bir düzeye çıkarmıştır. Sonuç olarak, aynanın yarattığı bu yüksek öz-farkındalık karşısında aktörler, kendi gözlerinde "ikiyüzlü" konumuna düşmenin yarattığı içsel utanç ve rahatsızlıktan kaçınmak için hile yapmaktan vazgeçmişlerdir. Böylece, yalnızca dışarıya ahlaklı görünme arzusu (moral hypocrisy), aynanın sağladığı zihinsel aynalama sayesinde mecburen gerçek ve eylemsel bir adalet anlayışına (moral integrity) dönüşmek zorunda kalmıştır.

3.2. Başkalarını Yargılama ile Kendini Kayırma Arasındaki Çifte Standart (Valdesolo & DeSteno Yaklaşımı)

Literatürdeki ikinci büyük ekol, odağı aktörün kendi iç dünyasından çıkarıp kişilerarası alana, yani "Gözlemci Odaklı / Sosyal Yargı" modellerine kaydırmıştır. Bu alanın en dinamik yaklaşımlarından biri olan Valdesolo ve DeSteno (2007) ekolü, ahlaki yargılardaki "Çifte Standart" mekanizmasını inceler. İnsanlar, rasyonel mantığın aksine, aynı ahlaki ihlali bir başkası yaptığında son derece katı, acımasız ve cezalandırıcı bir tutum takınırken; aynı hata bizzat kendileri veya kendi iç grupları (ingroup) tarafından işlendiğinde şaşırtıcı düzeyde esnek, bağışlayıcı ve rasyonelleştirici olmaktadırlar.

Valdesolo ve DeSteno'nun (2008) deneysel kurgularında ahlaki yargılardaki esneklik ve taraflılık son derece somut bir senaryoyla sınanmıştır. Deneyde katılımcılar iki farklı gruba ayrılmıştır: İlk gruptaki katılımcılara (aktör konumundakilere), kendileri ile hiç tanışmadıkları bir başka katılımcı arasında paylaştırılmak üzere iki görev sunulmuştur. Bu görevlerden biri oldukça kısa, eğlenceli ve ödüllüyken; diğeri zaman alıcı, zor ve monoton bir nitelik taşımaktadır. Görevlerin adil bir şekilde dağıtılması için katılımcılara rastgele seçim yapan bir bilgisayar yazılımını kullanabilecekleri söylenmiş; ancak karar tamamen kendi vicdanlarına bırakılmıştır. Katılımcıların büyük bir kısmı bilgisayar kurasına başvurmadan bencilce bir kararla kolay ve ödüllü görevi doğrudan kendilerine yazmış, zor görevi ise ötekine bırakmışlardır. Eylemin hemen ardından kendi sergiledikleri bu davranışı ne derece ahlaki buldukları sorulduğunda, kendi eylemlerini son derece makul görmüşler; "Zamanım kısıtlıydı", "Durum bunu gerektiriyordu" veya "Zaten diğer kişi için fark etmezdi" gibi durumsal mazeretler üreterek kendilerini ahlaken aklamışlardır.

İkinci gruptaki katılımcılara ise (dış gözlemci konumundakilere), tamamen aynı bencilce eylemi gerçekleştiren ve adil kuralı çiğneyerek kolay görevi kendine alan bir yabancının videosu izletilmiştir. Dış gözlemciler, aynı eylemi yapan yabancı aktörü hiç tereddüt etmeden son derece katı, acımasız ve doğrudan "ahlaksız ve ikiyüzlü" olarak etiketlemişlerdir. Bireyin kendisi yaptığında "durumsal bir zorunluluk" olarak görülen ihlal, bir başkası yaptığında "karakter kusuru" olarak kodlanmıştır. Bu deneysel çalışma, ahlaki yargıların nesnel ve evrensel ilkelerden ziyade; bireyin kendi benlik imajını koruma güdüsüyle şekillenen, "yapan kişiye" (ben veya öteki) göre bükülen bencil bir çifte standart mekanizması üzerine kurulduğunu ampirik olarak kanıtlamıştır (Valdesolo & DeSteno, 2007, 2008).

Ahlaki yargılardaki bu esneklik, yalnızca "bireysel benlik" ile sınırlı kalmayıp bireyin aidiyet hissettiği "iç grup" (ingroup) düzeyine de yansımaktadır. Valdesolo ve DeSteno (2007), kural ihlalini gerçekleştiren aktör bireyin kendi iç grubundan (aynı siyasi görüş, takım, din veya sosyal gruptan) biri olduğunda, tıpkı kendi eylemlerinde olduğu gibi yüksek bir tolerans ve bağışlayıcılık sergilendiğini göstermiştir. İç gruptaki ikiyüzlü aktörün ihlali, grubun itibarını koruma motivasyonuyla "anlaşılabilir bir hata" veya "durumsal bir zorunluluk" olarak rasyonalize edilmektedir. Buna karşın, aynı ikiyüzlü eylem öteki/dış grup (outgroup) mensubu bir aktör tarafından sergilendiğinde, bilişsel esneklik tamamen kaybolmakta; toplumsal ve ahlaki yargı mekanizması son derece katı, cezalandırıcı ve sert bir tepkiyle harekete geçmektedir. Böylece ahlaki ilkelerin nesnel birer kural değil; bireyin kendi benliğini ve ait olduğu grubu korumak adına bükebildiği esnek birer "sosyal algı kalkanı" olduğu ampirik olarak ortaya konmuştur.

2.3. Durumsal Bir Faktör Olarak Güç ve İkiyüzlülük (Lammers Yaklaşımı)

İkiyüzlülüğün sadece kişi içi bilişsel süreçlerden ya da basit çifte standartlardan ibaret olmadığını, aynı zamanda makro düzeyde bir toplumsal dinamik olduğunu gösteren en güncel yaklaşım ise Lammers, Stapel ve Galinsky (2010) tarafından geliştirilen "Güç-İkiyüzlülük

İlişkisi" modelidir. Lammers ve arkadaşları, ikiyüzlülüğü tetikleyen ve meşrulaştıran en temel durumsal ve yapısal faktörün "sosyal güç" olduğunu savunmuşlardır.

Lammers ve arkadaşlarının (2010) yürüttüğü ampirik deneyler, toplumsal gücün birey zihninde nasıl çift yönlü bir ahlaki asimetri ve derin bir çifte standart yarattığını somut verilerle ortaya koymuştur. Araştırmacılar, laboratuvar ortamında katılımcılarda deneysel olarak güç hissi uyandırmış (örneğin katılımcılara geçmişte başkaları üzerinde yetki sahibi oldukları ya da tam tersine başkalarının emri altında kaldıkları anları hatırlatarak); ardından bu bireylerin hem kendi kural ihlallerine hem de başkalarının ihlallerine verdikleri ahlaki tepkileri ölçmüşlerdir. Deneysel bulgular, gücün ahlaki yargılarda iki zıt yönde işleyen asymmetrical (asimetrik) bir yapı ürettiğini kanıtlamıştır:

Başkalarına Karşı Katı ve Ödün Vermez Ahlakçılık (Dış Gözlemci Rolü): Kendisini güçlü hisseden bireyler, bir dış gözlemci konumundayken toplumsal normların, yasaların, vergi adaletinin ve etik kuralların korunması konusunda son derece sert ve bağışlamasız bir tutum takınmaktadırlar. Güçsüz bireylere kıyasla, başkalarının yaptığı en küçük kural ihlallerini dahi ahlaken kabul edilemez bulmakta ve bu ihlaller için orantısız biçimde yüksek cezalar talep etmektedirler.

Kendine Karşı Hileci ve Sınırsız Hoşgörü (Aktör Rolü): Buna karşılık aynı güç sahibi bireyler eylemi gerçekleştiren aktör konumuna geçtiklerinde, kendilerini normların ve kuralların üzerinde görme eğilimi sergilemektedirler. Deneylerde güçlü katılımcıların, başkaları yaptığında şiddetle kınadıkları eylemleri (örneğin sistemdeki bir açıktan yararlanarak vergiden kaçınmayı, trafikte hız sınırını aşmayı veya deneysel görevlerde hile yapmayı) bizzat kendileri yaptıklarında hiçbir rahatsızlık duymadıkları ve kendi ihlallerini ahlaken son derece meşru gördükleri saptanmıştır.

Lammers vd. (2010), gücün bireye sunduğu psikolojik ayrıcalık ve hak sahibi olma hissinin (entitlement), kişiyi kendi zihninde toplumsal sözleşmenin üstüne çıkardığını ampirik olarak göstermiştir. Böylece güç; bireyin dış dünyaya katı bir dürüstlük ve ahlakçılık vaaz ederken, kendi gizli alanında kuralları fütursuzca çiğnemesine olanak tanıyan en tehlikeli durumsal ikiyüzlülük yakıtı olarak literatüre girmiştir..

Lammers (2010), gücün bireyde yarattığı hak sahibi olma algısının (entitlement) ve ödüllere odaklanma eğiliminin, kişiyi kendi gözünde kurallardan muaf kıldığını deneysel olarak göstermiştir. Bu yönüyle güç, aktörün hileli eylemleriyle dış dünyaya dikte ettiği ahlakçılık arasındaki yarığı en üst düzeye çıkaran, kurumsal ve yönetsel ikiyüzlülüğün yakıtı olan en tehlikeli durumsal faktör olarak literatürde yerini almıştır.

2.4. Aktör Odaklı Psikodinamik Bakış Açısı: Dört Psikodinamik Boyut (Naso Yaklaşımı).

Psikanalitik literatürde ikiyüzlülük olgusu, sosyal psikolojideki rasyonel ve yüzeysel izlenim yönetimi modellerinin aksine, eylemi gerçekleştiren aktörün iç dünyasındaki derin savunma mekanizmaları, çatışmalar ve kişilik dinamikleri üzerinden anlamlandırılmaktadır. Bu alanın en önemli kuramsal köşe taşlarından birini döşeyen Naso (2006, 2007), ahlaki ikiyüzlülüğü; bireyin kendi benimsediği ve bağlayıcılığını kabul ettiği ahlaki standartları bencilce çıkarları doğrultusunda ihlal ederken, dış dünyaya ve kendisine karşı ahlaken erdemli görünme çabasını sürdürmesi olarak tanımlar. Ona göre ikiyüzlü, sosyopat gibi, ilişkisel sonuçlarını pek dikkate almadan arzularının doğrudan tatminini peşinde koşan kişidir.

Naso (2007) ikiyüzlülüğü sosyopatik veya klinik narsisistik aldatmalardan farklılaştığını ifade ederek, ikiyüzlünün içselleştirilmiş ahlaki normlara ve süperego yapısına hâlâ sahip olduğunu belirtir. Ona göre ikiyüzlü ahlaksızlığı bir yaşam tarzı olarak benimsememiştir tam tersine toplumsal kabul ve onay arzusunu derinden hisseden bir duruma sahiptir. Bu noktada Naso

(2007), ikiyüzlülüğün psikanalitik kökenini suçluluk (guilt) duygusundan ziyade "Utanç Patolojisi" (Pathology of Shame) ve utançtan kaçınma güdüsü üzerinden konumlandırır. Suçluluk duygusu bireyin "Ne yaptım?" sorusu etrafında somut eylemine odaklanırken; utanç duygusu "Ben nasıl biriyim?" veya "Ne kadar kusurluyum?" soruları etrafında doğrudan benliğin bütünlüğünü ve değerini hedef alır. Utanç, bireyde derin bir yetersizlik, çıplak kalma, açığa çıkma ve reddedilme korkusu tetikler. Naso'ya (2007) göre ikiyüzlü aktör, iç dünyasında taşıdığı bu dayanılmaz kusurluluk ve utanç hissiyle yüzleşmekten ölesiye korktuğu için zihinsel bir "maske" takmak zorunda kalır. Bu maske bir yandan dışarıya "kusursuz ve erdemli" bir imaj sunarak ötekinin sevgisini ve kabulünü garanti altına alırken; diğer yandan aktörün kendi içsel kusurlarıyla yüzleşmesini engelleyen bir öz-aldatma (self-deception) işlevi görür. Normal şartlarda ahlaki ilkelere bağlı olan bireylerin bu tür bir ikiyüzlü maskeyi nasıl inşa ettiklerini ve sürdürdüklerini açıklamak adına Naso (2006, 2007), psikanalitik yazını tarayarak ikiyüzlülüğün arkasındaki içsel süreçleri dört temel psikodinamik boyut altında sistemleştirmiştir:

a. Aşırı Narsisizm ve Bölünme (Splitting) Boyutu: Naso'ya (2006) göre ikiyüzlülük, temelde bireyin narsisistik onay, hayranlık ve kabul görme arzularının yansımasıdır. Narsisistik eğilimleri yüksek olan birey, toplumun gözünde "kusursuz, erdemli ve üstün" görünme arzusunu beslerken; bu duruşun gerektirdiği sorumluluk, fedakarlık ve bedellerden kaçınmayı hedefler. Sebatian (2019) bu süreci, narsisistik yapının sıklıkla başvurduğu ilkel bir savunma mekanizması olan bölünme (splitting) ile açıklar. Birey, zihinsel temsillerin "tamamen iyi" ve "tamamen kötü" yönlerini birbirinden keskin biçimde ayırır. Erdemli ve olumlu nitelikler benlik saygısını yapay bir biçimde yükseltmek üzere benliğe (self) dahil edilirken; kendi iç dünyasında barındırdığı ama kabul etmekte zorlandığı, suçluluk veya utanç yaratacak "bencil, saldırgan, ahlak dışı ve kabul edilemez" arzuları ise bastırarak dış dünyaya (başkalarına / ötekine) yansıtır (projeksiyon yapar). Böylece birey, Otto Kernberg'in (1995) psikanalitik literatüre kazandırdığı "patolojik büyüklük benliği" (pathologically grandiose self) yapısını inşa etmiş olur. Bu patolojik benlik; bireyin kendi iç dünyasındaki derin yetersizlik, değersizlik ve utanç duygularıyla yüzleşmemek adına geliştirdiği, kendisini gerçek dışı bir biçimde kusursuz, üstün ve ayrıcalıklı görme savunmasıdır. Birey, bu illüzyonel büyüklük hissi sayesinde toplumsal ilke ve kurallara bencilce yaklaşarak kendisini normların ve yasaların üzerinde konumlandırma hakkını kendinde bulur. Sonuç olarak ikiyüzlü aktör, bir yandan kuralları gizlice ihlal edip bencilce çıkarlarını tatmin ederken; diğer yandan dışarıya sunduğu erdemli maske vasıtasıyla "ahlaklı ve örnek insan" olmanın getirdiği tüm sosyal saygınlığı, kabulü ve kişisel ödülleri toplamaya devam eder.

b. Süperego Zayıflığı ve Esnekliği Boyutu: İkinci boyut, ikiyüzlülüğü bireyin vicdan yapısının (süperegosunun) ne kadar zayıf ve kırılgan olduğu üzerinden açıklar. Süperego bütünleşmesi tam olan bir birey, dış kontroller ve denetimler olmasa dahi dürüstlüğünü ve ahlaki bütünlüğünü korur. Ancak süperego yapısı zayıf veya esnek oluşmuş bir bireyde; güçlü bir dürtü, çıkar veya kaygı durumu ortaya çıktığında ego ile süperego arasındaki çıkar çatışması egonun yenilgisiyle sonuçlanır. Birey, bağlı olduğunu iddia ettiği ilkeleri ihlal eden eylemlere yönelir. Naso (2006, 2007) ve Sebatian (2019), sadece süperego zayıflığının ikiyüzlülüğü açıklamaya yetmediğini önemle vurgularlar; çünkü gerçek bir ikiyüzlü, ahlaki ihlali yaparken veya yaptıktan sonra (ifşa olana kadar) derin bir suçluluk ve utanç kaygısı hissetmez. Burada bireyin temel odağı vicdan azabı çekmek değil, eylemini dikkatli gözlerden gizlemek ve kamuoyu önündeki ahlaki üstünlük imajını korumaktır.

c. İlkeli Ahlak ile Eylem Arasındaki Kopukluk (Ahlaki Rasyonelleştirme) Boyutu: Bu boyut, bireyin bağlandığı soyut ahlaki ilkeler ile gerçek eylemleri arasındaki bağın zihinsel rasyonelleştirmelerle nasıl koparıldığını açıklar. Sebatian'ın (2019) dikkat çektiği üzere, adalet, dürüstlük, sadakat ve şefkat gibi evrensel ahlaki ilkelerin genel ve soyut niteliği, onları zihinsel manipülasyonlara ve ahlaki rasyonelleştirmeye (moral rationalization) son derece açık hale

getirir. Birey, kendi bencilce çıkarı doğrultusunda gerçekleştirdiği kural ihlallerini "zorunlu bir istisna", "geçici bir zayıflık" ya da "daha büyük bir iyilik/misyon için yapılması gereken bir fedakarlık" olarak rasyonalize eder. Evrensel ilkeyi tamamen reddetmez; sadece kendi durumu için ilkenin bağlayıcılığını esnetir. Böylece ilkeli ahlak anlayışı ile ahlaki eylem arasındaki bağ kopartılır ve aktör kendisini vicdanen aklamayı başarır (Naso, 2006, 2007).

d. Ana Mekanizma: İnkar / Yalanlama (Disavowal / Verleugnung) Boyutu: Naso'nun (2006, 2007) ikiyüzlülük literatürüne sunduğu en özgün psikodinamik katkı, bu sürecin temel harcı olan İnkar/Yalanlama (Disavowal) savunma mekanizmasıdır. İkiyüzlülük basit bir unutma veya bilinç bozukluğu değil; zihnin çelişkili gerçeklikleri yan yana tutabilme yetisidir. İnkar mekanizması sayesinde birey, birbiriyle taban tabana zıt iki ahlaki evreni — savunduğu ve değer verdiği ahlaki ilkeler dünyası ile gizlice sürdürdüğü sapkın/bencil arzular dünyasını— hiçbir içsel çatışma, kaygı veya vicdan rahatsızlığı hissetmeden zihninde eş zamanlı olarak yaşatabilir. Zihin eylem anında ahlaki kuralı yok etmez; sadece o kuralın kişisel bağlayıcılığını bilinçdışı bir şekilde "askıya alır". Sebatian (2019), inkarın rasyonelleştirme ile birleştiğinde aktörün yansıtıcı öz-farkındalığını (reflective self-awareness) kapattığını belirtir. Bu sayede aktör, kendi tutarsızlığıyla yüzleşmenin yaratacağı yıkıcı utanç duygusundan korunur ve maskesi düşüp ifşa olduğunda sorumluluk almak yerine kendi durumuna kendisi bile şaşırır (Naso, 2006, 2007).

3. Kuramsal Model: Gözlemcinin Bilinçdışı; Projeksiyon, Gölge ve Ahlaki Arınma

Mevcut literatürde ikiyüzlülük yargısı; ya aktörün iç dünyasındaki bilişsel dengesizlik (Festinger, 1957; Batson vd., 1999) ya da gözlemcinin kronolojik bilgi işleme süreçleri (Barden vd., 2005) ile grup kayırmacılığı (Valdesolo & DeSteno, 2007) üzerinden açıklanmaktadır. Her iki yaklaşım da temelden rasyoneldir. İkiyüzlülük yargısı, birbiriyle çelişen bilgilerin zihinsel olarak karşılaştırılmasının bir çıktısı olarak tasavvur edilmektedir. Ancak gerçek hayatta toplumun ikiyüzlü figüre gösterdiği tepki çoğu zaman bu rasyonel çerçevenin çok ötesine geçmektedir. Soğukkanlı bir hakem tavrı değil; linç eğilimleri, orantısız öfke ve kolektif cezalandırma iştahı biçiminde tezahür etmektedir (Haidt, 2001; Tetlock vd., 2000).

Burada söz konusu irrasyonel boyutu açıklamaya yönelik psikodinamik temelli bir kuramsal model önerilmektedir. Modelin merkezinde üç adet birbirine kenetlenen mekanizma yer almaktadır: (1) Freudyen ve Jungiyen projeksiyon/yansıtma, (2) gölgenin ötekine aktarılması ve (3) ceza yoluyla benliğin sembolik arındırılması.

3.1. Projeksiyon Mekanizması: Gölgeyi Ötekine Yüklemek

Projeksiyon (yansıtma), bireyin kendi kabul edemediği dürtülerini, niteliklerini veya ahlaki zaaflarını başkasına atfettiği bilinçdışı bir ego savunma mekanizmasıdır (A. Freud, 2013). Sigmund Freud, bu mekanizmayı egonun id ile süperego arasındaki gerilimi yönetme stratejisi olarak tanımlamış; bireyin içinde taşıdığı ama tolere edemediği bir özelliği ("Ben açgözlüyüm", "Ben de ikiyüzlüyüm") bilinçten uzaklaştırarak dış dünyaya —başka bir kişiye— yansıttığını ileri sürmüştür (S. Freud, 2004). A. Freud (2013), bu sürecin egoya geçici bir rahatlama sağladığını, çünkü içsel çatışmayı dışsal bir sorun olarak yeniden çerçevelediğini belirtmektedir.

Jung ise projeksiyon mekanizmasını Freud'dan daha kapsamlı bir çerçevede ele almış; onu bireyin "gölge"siyle ilişkilendirmiştir. Jung'a (2025) göre gölge; egonun bütünlüğünü korumak adına bilinçdışına ittiği, kabul edilemez bulunan tüm dürtülerin, zayıflıkların ve karanlık kapasitenin toplandığı arketipik bir yapıdır. Gölge ne kadar derinden bastırılırsa, dışarıda bu gölgeyi temsil eden figürlere yönelik yargılama o denli şiddetlenir. Jung'un ifade ettiği gibi:

"Projeksiyon en yaygın psişik fenomenlerden biridir… Kendi içimizde bilinçdışı olan her şeyi komşumuzda keşfeder ve ona göre davranırız." (Jung, 1970).

Bu perspektiften ikiyüzlülük yargısının dinamiği şöyle okunabilir: Dış gözlemci, ikiyüzlü olarak nitelendirdiği figürde aslında kendi bastırdığı gölgeyle yüz yüze gelmektedir (Jung, 1968). Bireyin kendisi de zaman zaman savunduğu ilkeleri çiğnemiş, dışa yansıttığı kimlikle iç gerçekliği arasında çelişkiler yaşamıştır. Ancak bu iç çelişkiyi doğrudan kabullenmek —yani "Ben de ikiyüzlüyüm"ü zihinde tutmak— benlik için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Ego, bu tehdidi savuşturmak için gölgeyi dışarıya yansıtır ve öteki figürde somutlaştırır; böylece birey kendi ikiyüzlülüğünü değil, ötekinin ikiyüzlülüğünü görmektedir (Naso, 2006). Jung'un perspektifinden bakıldığında, başkalarında bizi en çok rahatsız eden şey çoğunlukla henüz tam olarak tanımadığımız ya da kabullenmediğimiz kendi parçalarımızı işaret etmektedir.

Bu mekanizma, toplumsal ikiyüzlülük yargılarındaki asimetriyi de açıklamaktadır. Bireyler başkasının tutarsızlığına gösterdikleri şiddetli tepkiyi kendi tutarsızlıklarına nadiren göstermektedir (C. Daniel Batson & Thompson, 2001). Çünkü kendi gölgesiyle yüzleşmek yerine onu dışarıya yansıtmak psişik ekonomi açısından çok daha az maliyetlidir (Johnson, 1991).

3.2. Kolektif Gölge ve Toplumsal Linç Dinamiği

Projeksiyon mekanizması yalnızca bireysel düzeyde değil; kolektif düzeyde de işleyebilmektedir. Jung, kolektif bilinçdışında da bir tür kolektif gölgenin bulunduğunu savunmuştur. Bir toplum kendi zaaflarıyla yüzleşmeyi reddettiğinde, bu zaafları çoğunlukla abartılmış biçimde bir dış gruba ya da hedef figüre yansıtma eğilimindedir (Jung, 1980). Freudyen savunma mekanizması olarak projeksiyon, çoğu insanın kendi gölgesini inkâr etme biçimidir; birey onu bilinçsizce başkasına yükleyerek kendi içinde onunla yüzleşmekten kaçınmaktadır (A. Freud, 2013). Bu gölge projeksiyonu yalnızca bireylerce değil, gruplar, kültler, dinler ve toplumların tamamı tarafından da kullanılmaktadır (Jung, 1980).

Bu kolektif boyut, ikiyüzlülük vakalarında gözlemlenen toplumsal linç dinamiğini anlamlandırmaktadır. Bir siyasetçinin, dini figürün ya da kamuoyu önünde yüksek ahlaki standartlar beyan eden herhangi bir bireyin çelişkili davranışı açığa çıktığında, toplumun gösterdiği tepki çoğu zaman ihlalin ağırlığıyla orantısız bir şiddet ve duygusal yoğunluk taşımaktadır (Rothschild & Keefer, 2017). Bu orantısız tepki, yalnızca adalet arayışıyla ya da norm ihlalinin nesnel ağırlığıyla açıklanamaz. Nitekim Rothschild ve Keefer (2017) çalışmalarında ahlaki öfkenin zaman zaman adaleti yeniden tesis etme güdüsünden değil; bireyin ya da kolektifin kendi ahlaki kimliğine yönelik tehditten ve bu tehdidin yarattığı suçluluk duygusundan beslendiğini beş ayrı çalışmayla deneysel olarak göstermiştir. Bu bulgular, öfke ifade etmenin suçluluğu azalttığını, ahlaki kimliği onardığını ve suçluluk güdümlü öfke, ilgisiz bir bağlamda ahlaki kimlik onayıyla hafifleterek algılanan kişisel ahlaki kimliği yeniden tesis ettiğini ortaya koymaktadır.

Psikodinamik perspektiften okunduğunda bu tablo daha da anlam kazanmaktadır. Jung (1980), bir toplumun kendi kimliğini belirli ahlaki değerler üzerine inşa ettiğinde, bu değerlerin zıddı olan niteliklerin — açgözlülük, kural çiğneme arzusu, ikiyüzlülük kapasitesi — kolektif bilinçdışına itildiğini ve orada bir kolektif gölge birikimi oluşturduğunu savunmaktadır. Bu bastırılmış içerikler yok olmaz; aksine, sembolik düzeni tehdit eden bir figür —yani ikiyüzlü olarak damgalanan birey— ortaya çıktığında bu figürde somutlaşır ve kolektif düzeyde yoğun bir yansıtma sürecini harekete geçirir. Birey artık salt bir norm çiğneyen değil; toplumun kendi gölgesinin yüklendiği, dışarıdan görünür kılınan ve bu sayede güvenle saldırılabilir hale gelen bir arınma nesnesidir.

Bu mekanizmanın pratik karşılığını Rothschild ve ark. (2013) kolektif suçluluk bağlamında deneysel olarak göstermiştir. İlgili çalışma göstermektedir ki; birey, kendi üyesi olduğu grubun haksızlık ve zarar verme sorumluluğunu üstlenmek yerine dışarıdaki üçüncü bir tarafa yansıttığında (günah keçisi yarattığında), o tarafa karşı sergilediği ahlaki öfke ve cezalandırma arzusu çok daha güçlü hale gelmektedir. Başka bir deyişle birey ya da topluluk, kendi suçluluğunu doğrudan üstlenmek yerine bu suçluluğu bir dış hedefe yansıtmakta; o hedefin cezalandırılmasıyla hem suçluluktan hem de "kirlilik" hissinden arınmaktadır. Rothschild ve ark. (2015) bu arınma sürecinin bireysel düzeyde de işlediğini kanıtlamıştır. Kendi geçmiş ahlaki ihlalleri belirginleştirilen bireylerin, bir suçluyu cezalandırdıklarında hem ahlaki hem de fiziksel temizlik hissini yeniden kazandıkları gösterilmiştir.

Bu bulguların bütünü, ikiyüzlülük vakalarında gözlemlenen toplumsal linç dinamiğinin arka planına ilişkin psikodinamik modeli ampirik olarak desteklemektedir. Toplumsal tepkinin psikodinamik arka planında, kolektif gölgenin — toplumun bastırdığı açgözlülük, ikiyüzlülük kapasitesi ve kural çiğneme arzusu — hedef figürde sembolik olarak somutlaşması ve bu somutlaşma üzerinden gerçekleştirilen kolektif ceza ritüeli aracılığıyla bilinçdışı bir psişik rahatlamanın sağlanması yatmaktadır (Jung, 1980; Rothschild vd., 2013; Rothschild vd., 2015; Rothschild & Keefer, 2017). Bu doğrultuda ikiyüzlü figür, toplum için bir arınma aracına dönüşür: Toplum, kendi kabul edemediği karanlık yönlerini bu kişiye yükleyerek görünür kılar; ardından onu cezalandırıp dışlayarak kendi ahlaki temizliğini yeniden teyit eder.

3.3. Ceza Yoluyla Benliğin Arındırılması: Rothschild ve ark. (2015) ile Psikodinamik Köprü

Projeksiyon mekanizması, ahlaki yargıyla kalmaz; ötekinin cezalandırılmasına yönelik güçlü bir güdü üretir. Bu noktada Rothschild ve ark.'nın (2015) deneysel bulguları psikodinamik kuramla güçlü bir köprü oluşturmaktadır. Kendi geçmiş ahlaki ihlalleri hatırlatılan bireyler bir suçluyu cezalandırdıklarında, hem ahlaki hem de fiziksel temizlik hissini yeniden kazanmışlardır.

Psikodinamik perspektiften okunduğunda bu bulgu şu anlama gelmektedir. Gözlemci, ötekini yargılarken onu cezalandırmakla yalnızca adalet tesis etmemekte; aynı zamanda kendi içindeki "kirlilik" hissini — yani bastırılmış gölgesiyle olan mesafesizliği — sembolik olarak temizlemektedir. Ceza, bir hukuki eylem değil; psişik bir arınma ritüelidir. Bu yorum, Mary Douglas'ın (2002) kirlilik ve tabu kuramıyla da örtüşmektedir. Buna göre ikiyüzlü birey; toplumun zihnindeki net ahlaki sınırları ihlal eden, kategorik olarak "yerine oturtulamayan" bir anomalidir. Çünkü ikiyüzlü figür, ne tam anlamıyla "dürüst/ahlaklı" ne de açıkça "ahlaksız/suçlu" kategorisine dahil edilebilir; her iki alana da teğet geçen belirsiz bir alandadır. Douglas'a göre toplumsal düzeni tehdit eden şey sadece kural ihlali değil, bu tür kavramsal belirsizlik ve kirliliktir. Bu durum, daha önce ele aldığımız Freudyen günah keçisi ve Jungcu kolektif gölge dinamiklerinin neden ikiyüzlü figür üzerinde bu denli şiddetle harekete geçtiğini açıklar. Toplum, ikiyüzlü figürün yarattığı bu kategorik kirlilik ve belirsizlik karşısında Haidt'ın (2001) işaret ettiği otomatik bir ahlaki tiksinti hisseder. İkiyüzlüye yöneltilen orantısız öfke ve linç tepkisi, aslında bu sembolik anomalinin ortadan kaldırılması ve toplumsal düzenin temizlenerek (katarsis) yeniden inşa edilmesi çabasıdır.

Nelissen ve Zeelenberg'in (2009) çalışması ise bu arınma güdüsünün duygusal arka planını net bir şekilde ortaya koymaktadır: Dışarıdaki bir ikiyüzlülüğe müdahale edip onu cezalandırmak, yalnızca dışarıya yöneltilen bir öfkeyle değil, bireyin kendi içinde hissettiği suçluluk duygusuyla da beslenmektedir. Birey, haksızlığa veya kural ihlaline sessiz kalması durumunda kendi vicdanında suçluluk hissedeceği için cezalandırma eylemine girişmektedir. Bu bulgu, ikiyüzlüye verilen cezanın arkasında sadece soyut bir ahlak savunuculuğunun değil; bireyin

kendi içsel ve psikolojik dengesini koruma ihtiyacının —yani psikodinamik bir güdünün— yattığını ampirik olarak kanıtlamaktadır..

3.4. Haidt (2001) ile Eklem Noktası: Ahlaki Yargı Önce Duygusaldır

Önerilen psikodinamik modelin rasyonel yaklaşımlarla ilişkisini doğru konumlandırmak için Haidt'ın (2001) Sosyal Sezgi Modeli kritik bir eklem noktası sunmaktadır. Ahlaki yargı araştırmalarına rasyonalist modeller hâkim olmuştur; bu modellerde ahlaki yargının ahlaki akıl yürütmeden kaynaklandığı varsayılmaktadır. Haidt ise ahlaki akıl yürütmenin ahlaki yargıya neden olmadığını, ahlaki akıl yürütmenin çoğunlukla yargı verildikten sonra üretilen bir gerekçelendirme sürecine dönüştüğünü ileri sürmüştür.

Haidt'ın modelinin özü şudur: Ahlaki yargılar hızlı ve sezgisel biçimde verilirler. Neyin doğru ya da yanlış olduğunu, güzelliği nasıl tanıdığımıza benzer bir biçimde tanırız. Kendimizi açıklamak zorunda kaldığımızda gerekçeleri sonradan üretiriz. Bu durum mevcut rasyonel modellerin varsayımını sorgulatmaktadır. Haidt'ın modeli ile psikodinamik projeksiyon teorisi birleştirildiğinde ortaya şöyle bir süreç çıkmaktadır. Gözlemci önce hızlı, duygusal ve bilinçdışı bir yargıya ulaşır (projeksiyon mekanizması burada devrededir); ardından bu yargıyı rasyonalize etmek için "çifte standart", "kural ihlali", "olay sırası" gibi bilişsel gerekçeler üretir. Mevcut rasyonel modeller bu gerekçelendirme sürecini açıklarken, psikodinamik model yargının kendisinin —yani öfkenin ve cezalandırma iştahının— kökenini açıklamaktadır.

4. Tartışma: Rasyonel Modellerin Sınırları ve Psikodinamik Tamamlayıcılık

Rasyonel Modellerin Açıkladığı ve Açıklamadığı:

Aktör odaklı modeller (Festinger, 1957; Batson vd., 1999) ile gözlemci odaklı modeller (Barden vd., 2005; Valdesolo & DeSteno, 2007), ikiyüzlülük olgusunun belirli boyutlarını başarıyla açıklamaktadır. Aktör odaklı modeller, tutarsızlık yaşayan bireyin kendi iç dünyasındaki dengesizliği nasıl yönettiğini; gözlemci odaklı modeller ise bir dış gözlemcinin hangi koşullar altında tutarsız davranışı "ikiyüzlülük" olarak etiketlediğini ortaya koymaktadır.

Ancak bu modellerin yanıtlayamadığı üç temel soru vardır: Neden ikiyüzlülük tepkileri çoğu zaman orantısız ve irrasyoneldir? Barden vd.'nin (2005) olay sırası modelinde gözlemci soğukkanlı bir hakemdir; oysa gerçek hayatta ikiyüzlülük vakaları kalabalıkları şiddetli bir öfkeye sürüklemektedir.

Neden aynı birey kendi tutarsızlığına karşı toleranslıyken başkasının tutarsızlığına bu denli hassaslaşmaktadır? Bu asimetri, salt bilişsel süreçlerle açıklanamaz; altında daha derin bir psikolojik güdünün varlığına işaret etmektedir.

Neden cezalandırma isteği, eylemin ciddiyetiyle her zaman orantılı değildir? Rothschild vd.'nin (2015) bulgularının da gösterdiği gibi, cezalandırma arzusu kısmen gözlemcinin kendi öz-bütünlüğünü onarma ihtiyacından kaynaklanmaktadır.

Psikodinamik Modelin Konumu: Rakip Değil, Tamamlayıcı

Bu çalışmanın önerdiği psikodinamik çerçeve, mevcut rasyonel modelleri geçersiz kılmak yerine onları derinleştirmeyi hedeflemektedir. Rasyonel modeller "Gözlemci hangi bilişsel süreçlerle ikiyüzlülük yargısına ulaşır?" sorusunu yanıtlarken; psikodinamik model "Bu yargı neden bu kadar duygusal, kişisel ve orantısız hissettirir?" sorusunu yanıtlar. Her iki düzeye birden ihtiyaç duyulmaktadır.

Güç Değişkeninin Psikodinamik Yeniden Okuması

Lammers vd.'nin (2010) güç-ikiyüzlülük ilişkisi de psikodinamik perspektiften yeniden okunabilir. Güçlü bireyin kendi ihlallerine karşı geliştirdiği hoşgörü, salt bir "hak sahibi olma" algısıyla açıklandığında rasyonel bir tablo sunar. Ancak güçsüz bireyin güçlü figürün

ikiyüzlülüğüne gösterdiği orantısız öfke, yalnızca adalet arayışıyla açıklanamaz. Bu öfkenin bir bölümü, güçsüzün kendi bastırılmış arzularını —güç, ayrıcalık, kurallara tabi olmama— güçlü figürde gördüğü ve bu figür üzerinden gölgesini yargıladığı bir projeksiyon dinamiğiyle de beslenmektedir.

Sonuç

Bu çalışma, ikiyüzlülük olgusunu ele alan mevcut sosyal psikoloji literatüründeki iki ana damarın —aktörün iç dünyasındaki çelişkilere odaklanan bilişsel modeller ile gözlemcinin bilgi işleme ve grup kayırmacılığı süreçlerini inceleyen sosyal algı modellerinin ortak bir sınırlılığını tespit etmek amacıyla yola çıkmıştır. Mevcut literatür, insanı çoğunlukla soğukkanlı, rasyonel ve hesapçı bir bilgi işleme özesi olarak kurgulamaktadır. Ancak toplumsal gerçeklikte ikiyüzlü figüre gösterilen tepki, yalnızca rasyonel bir adalet arayışının ötesine geçerek; aşırı öfke, kolektif linç eğilimi ve orantısız bir cezalandırma iştahı şeklinde tezahür etmektedir. Çalışma, bu rasyonel sınırları aşmak adına psikanalitik/psikodinamik çerçeveyi literatürde ilk kez bu denli sistematik bir biçimde dış gözlemcinin ve toplumun yargılama dinamiklerine uygulamıştır. Önerilen bütünleşik model, birbiriyle kenetlenen üç temel psikodinamik mekanizmaya dayanmaktadır. Buna göre ilk olarak *bireysel düzeyde*, gözlemcinin kendi içindeki kabul edemediği ahlaki zaafları dışarıya aktardığı Freudyen ve Jungiyen projeksiyon mekanizması, ikinci olarak *kolektif düzeyde*, toplumun ortak bilincinde bastırılan açgözlülük, ikiyüzlülük kapasitesi ve kural çiğneme arzularının (kolektif gölge) ikiyüzlü kamusal figür üzerinde somutlaşması, üçüncü olarak bu hedefe yöneltilen cezalandırma davranışı ve Mary Douglas'ın vurguladığı "anomalinin/kirliliğin ortadan kaldırılması" aracılığıyla sağlanan psişik arınma (katarsis).

Çalışmanın Özgün Katkısı; sunulan kuramsal model, literatüre üç ayrı düzeyde özgün katkı sunmaktadır:

Kavramsal Düzeyde Katkı: Psikodinamik literatürde geleneksel olarak eylemi yapan "aktörün" savunma mekanizması biçiminde ele alınan projeksiyon (yansıtma) olgusu, bu çalışmayla ilk kez "gözlemcinin ve kitlelerin" yargılama dinamiğine konumlandırılmıştır. Böylece toplumun ikiyüzlü figüre gösterdiği orantısız ve yıpratıcı aşırı tepki; rasyonel bir adalet arayışından ziyade, gözlemcinin kendi bilinçdışı suçluluk ve kirlilik duygularından kurtulmayı hedeflediği psişik bir savunma ve arınma stratejisi olarak yeniden anlamlandırılmıştır.

Disiplinlerarası Düzeyde Katkı: Çalışma; sosyal psikolojinin ampirik ikiyüzlülük ve duygusal sezgicilik birikimi ile psikanalitik kuramın derinlik psikolojisini (Freud, Jung) ve sosyal antropolojinin sembolik düzen/kirlilik analizini (Douglas) aynı potada eritmiştir. Bu sayede, Haidt'ın "önce sezgisel/duygusal tepki, sonra rasyonelleştirme" olarak tanımladığı bilişsel hiyerarşinin altı, psikanalitik savunma mekanizmalarıyla doldurularak disiplinlerarası özgün bir sentez köprüsü kurulmuştur.

Yerel Katkı Düzeyi: Türkiye'deki mevcut akademik yazında ikiyüzlülük konusu ağırlıklı olarak örgütsel davranış bağlamında ve çalışan tutumları ekseninde ele alınmaktadır. Bu çalışma; olguyu örgütsel sınırların dışına çıkararak, bireysel derinlik psikolojisi, kitle psikolojisi ve toplumsal yargı dinamikleri ekseninde inceleyen Türkiye'deki kuramsal temelli ilk çalışma olma niteliğini taşımaktadır.

Gelecek Araştırmalar İçin Öneriler: Bu çalışma kuramsal bir model önerisi ve kavramsal bir analiz olduğundan, ortaya konan mekanizmaların gürbüz ampirik desenlerle sınanması büyük önem taşımaktadır. Önerilen modelin geçerliliğini test etmek adına gelecek araştırmalar için üç temel yönelim öne çıkmaktadır:

Gölge Farkındalığı ve Yargı Esnekliği: Bireylerin kendi içsel zaaflarına ve karanlık yönlerine ilişkin farkındalık düzeylerini ifade eden "kendi gölge farkındalığı" (self-shadow awareness)

değişkeninin ampirik ölçeklerle ölçülmesi ve yüksek gölge farkındalığına sahip kişilerin ikiyüzlülük vakalarında daha bağışlayıcı, ılımlı ve esnek yargılarda bulunup bulunmadıklarının laboratuvar deneyleriyle (örn. ayna veya öz-farkındalık manipülasyonlu senaryo çalışmaları) test edilmesi.

Cezalandırma Güdüsünün Ayrıştırılması: İkiyüzlü bir eyleme tanık olan üçüncü taraf gözlemcilerin sergilediği cezalandırma davranışında, ana motivasyonel bileşenin soyut bir "adalet ve kural ilkesini koruma" mı yoksa Nelissen ve Zeelenberg'in (2009) işaret ettiği "kendi suçluluk duygusundan kaçınma ve psişik arınma" mı olduğunun deneysel psikoloji paradigmalarıyla (örn. ceza verme imkanı ile vicdan azabını giderme koşullarının deneysel olarak kıyaslanması) ayrıştırılması.

Güç Odakları ve Projeksiyon Boyutu: Kamuoyu önündeki güçlü figürlerin (siyasetçiler, dini liderler, popüler kültür ikonları) ikiyüzlülüklerine gösterilen toplumsal tepkilerde, kitlelerin sosyo-ekonomik ve politik kimliklerinin yansıtma mekanizması üzerindeki etkisini inceleyen Nicel (anket/deney) ve Nitel (söylem analizi) yöntemlerin bir arada kullanıldığı karma araştırma desenlerinin kurgulanması.

Kaynakça

Aronson, E., Fried, C., & Stone, J. (1991). Overcoming denial and increasing the intention to use condoms through the induction of hypocrisy. *American Journal of Public Health*, *81*(12), 1636-1638. https://doi.org/10.2105/AJPH.81.12.1636

Barden, J., Rucker, D. D., & Petty, R. E. (2005). "Saying One Thing and Doing Another": Examining the Impact of Event Order on Hypocrisy Judgments of Others. *Personality and Social Psychology Bulletin*, *31*(11), 1463-1474. https://doi.org/10.1177/0146167205276430

Batson, C. D., Kobrynowicz, D., Dinnerstein, J. L., Kampf, H. C., & Wilson, A. D. (1997). In a Very Different Voice: Unmasking Moral Hypocrisy. *Journal of Personality and Social Psychology*, *72*(6), 1335-1348. https://doi.org/10.1037//0022-3514.72.6.1335

Batson, C. D., Thompson, E. R., Seuferling, G., Whitney, H., & Strongman, J. A. (1999). Moral Hypocrisy: Appearing Moral to Oneself Without Being So. *Journal of Personality and Social Psychology*, *77*(3), 525-537. https://doi.org/10.1037//0022-3514.77.3.525

Batson, C. Daniel, & Thompson, E. R. (2001). Why Don't Moral People Act Morally? Motivational Considerations. *Current Directions in Psychological Science*, *10*(2), 54-57.

Baumeister, R. F., & Leary, M. R. (1997). Writing Narrative Literature Reviews. *Review of General Psychology*, *1*(3), 311-320. https://doi.org/10.1037/1089-2680.1.3.311

Bayad, A. (2016). Erving Goffman'ın Benlik Kavramı ve İnsan Doğası Varsayımı. *Psikoloji Çalışmalar Dergisi*, *36*(1), 65-80.

Dickerson, C. A., Thibodeau, R., Aronson, E., & Miller, D. (1992). Using Cognitive Dissonance to Encourage Water Conservation. *Journal of Applied Social Psychology*, *22*(11), 841-854. https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.1992.tb00928.x

Douglas, M. (2002). *Purity and Danger: An Analysis of the Concepts of Pollution and Taboo* (Repr). London: Routledge.

Festinger, L. (1957). *A Theory of Cognitive Dissonance*. Stanford, Calif.

Freud, A. (2013). *Ben ve savunma mekanizmaları* (H. Doğan & S. M. Tura, Ed.; Y. Erim, Çev.). İstanbul: Metis Yayınları.

Freud, S. (2004). *Totem and Taboo*. London: Routledge.

Gelmez, S., & Polat, S. (2025). Örgütsel İkiyüzlülük ile Örgütsel Mutluluk Arasındaki İlişki. *Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, (63), 722-740.

Goffman, E. (2020). *Günlük Yaşamda Benliğin Sunumu* (B. Cezar, Çev.). Metis Yayınları.

Greenwald, A. G. (1980). The Totalitarian Ego: Fabrication and Revision of Personal History. *American psychologist*, *35*(7), 603.

Haidt, J. (2001). The Emotional Dog and Its Rational Tail: A Social Intuitionist Approach to Moral Judgment. *Psychological Review*, *108*(4), 814-834. https://doi.org/10.1037/0033-295X.108.4.814

Jaakkola, E. (2020). Designing Conceptual Articles: Four Approaches. *AMS Review*, *10*(1), 18-26. https://doi.org/10.1007/s13162-020-00161-0

Johnson, R. A. (1991). *Owning Your Own Shadow: Understanding the Dark Side of the Psyche*. San Francisco: Harper.

Jung, C. G. (1968). *Aion: Researches Into the Phenomenology of the Self*. New Jorsey: Princeton University Press.

Jung, C. G. (1970). *Civilization in Transition* (R. F. C. Hull & G. Adler, Ed.). Princeton University Press.

Jung, C. G. (1980). *The Archetypes of the Collective Unconscious*. New Jorsey: Princeton University Press. Geliş tarihi gönderen https://www.jungiananalysts.org.uk/wp-content/uploads/2018/07/C.-G.-Jung-Collected-Works-Volume-9i_-The-Archetypes-of-the-Collective-Unconscious.pdf

Jung, C. G. (2025). *Arketipler ve Kolektif Bilinçdışı* (C. Şeref, Çev.). Pinhan Yayıncılık.

Kernberg, O. F. (1995). *Borderline Conditions and Pathological Narcissism*. Lanham.

Lammers, J., Stapel, D. A., & Galinsky, A. D. (2010). Power Increases Hypocrisy: Moralizing in Reasoning, Immorality in Behavior. *Psychological Science*, *21*(5), 737-744. https://doi.org/10.1177/0956797610368810

Merriam-Webster. (2026). Hypocrisy. Geliş tarihi 13 Haziran 2026, gönderen https://www.merriam-webster.com/dictionary/hypocrisy

Monin, B., & Merritt, A. (2012). Moral Hypocrisy, Moral Inconsistency, and the Struggle for Moral Integrity. Içinde M. Mikulincer & P. R. Shaver (Ed.), *The Social Psychology of Morality: Exploring the Causes of Good and Evil.* (ss. 167-184). Washington: American Psychological Association. https://doi.org/10.1037/13091-009

Naso, R. C. (2006). Immoral Actions in Otherwise Moral Individuals: Interrogating the Structure and Meaning of Moral Hypocrisy. *Psychoanalytic Psychology*, *23*(3), 475-489. https://doi.org/10.1037/0736-9735.23.3.475

Naso, R. C. (2007). Beneath the Mask: Hypocrisy and the Pathology of Shame. *Psychoanalytic Psychology*, *24*(1), 113-125. https://doi.org/10.1037/0736-9735.24.1.113

Nelissen, R. M. A., & Zeelenberg, M. (2009). Moral Emotions as Determinants of Third-Party Punishment: Anger, Guilt, and the Functions of Altruistic Sanctions. *Judgment and Decision Making*, *4*(7), 543-553. https://doi.org/10.1017/S1930297500001121

Nisbett, R. E., & Wilson, T. D. (1977). Telling More Than We Can Know: Verbal Reports on Mental Processes. *Psychological Review*, *84*(3), 231-259. https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.3.231

Rothschild, Z. K., & Keefer, L. A. (2017). A Cleansing Fire: Moral Outrage Alleviates Guilt and Buffers Threats to One's Moral Identity. *Motivation and Emotion*, *41*(2), 209-229. https://doi.org/10.1007/s11031-017-9601-2

Rothschild, Z. K., Landau, M. J., Keefer, L. A., & Sullivan, D. L. (2015). Another's Punishment Cleanses the Self: Evidence for a Moral Cleansing Function of Punishing Transgressors. *Motivation and Emotion*, *39*(5), 722-741. https://doi.org/10.1007/s11031-015-9487-9

Rothschild, Z. K., Landau, M. J., Molina, L. E., Branscombe, N. R., & Sullivan, D. (2013). Displacing Blame Over the Ingroup's Harming of a Disadvantaged Group Can Fuel Moral Outrage at a Third-Party Scapegoat. *Journal of Experimental Social Psychology*, *49*(5), 898-906. https://doi.org/10.1016/j.jesp.2013.05.005

Schlenker, B. R. (1980). *Impression Management* (C. 526). Monterey: Monterey, CA: Brooks/Cole. Geliş tarihi gönderen https://people.clas.ufl.edu/schlenkr/files/SOP6409-outline.pdf

Sebastian, Fr. B. (2019). Unmasking Moral Hypocrisy among the Consecrated: Some Psychodynamic Considerations". *Claretianum*, *59*, 297-320.

Stone, J., & Fernandez, N. C. (2008). To Practice What We Preach: The Use of Hypocrisy and Cognitive Dissonance to Motivate Behavior Change. *Social and Personality Psychology Compass*, *2*(2), 1024-1051. https://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2008.00088.x

Stone, J., Wiegand, A. W., Cooper, J., & Aronson, E. (1997). When Exemplification Fails: Hypocrisy and the Motive for Self-Integrity. *Journal of Personality and Social Psychology*, *72*(1), 54-65. https://doi.org/10.1037/0022-3514.72.1.54

TDK, T. D. K. (2026). *İkiyüzlülük*.

Tetlock, P. E., Kristel, O. V., Elson, S. B., Green, M. C., & Lerner, J. S. (2000). The Psychology of the Unthinkable: Taboo Trade-Offs, Forbidden Base Rates, and Heretical Counterfactuals. *Journal of Personality and Social Psychology*, *78*(5), 853-870. https://doi.org/10.1037/0022-3514.78.5.853

Tureng. (2026). Hypocrisy. Geliş tarihi 13 Haziran 2026, gönderen https://tureng.com/tr/turkce-ingilizce/hypocrisy

Ulukök, E., & Temiz, N. N. Y. (2025). *Örgütsel İkiyüzlülük: Ulusal Literatür Üzerine Bir İçerik Analizi*. *2*(2), 192-206.

Valdesolo, P., & DeSteno, D. (2007). Moral Hypocrisy: Social Groups and the Flexibility of Virtue. *Psychological Science*, *18*(8), 689-690. https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01961.x

Valdesolo, P., & DeSteno, D. (2008). The Duality of Virtue: Deconstructing the Moral Hypocrite. *Journal of Experimental Social Psychology*, *44*(5), 1334-1338. https://doi.org/10.1016/j.jesp.2008.03.010

Whetten, D. A. (1989). What Constitutes a Theoretical Contribution? *The Academy of Management Review*, *14*(4), 490. https://doi.org/10.2307/258554

OSMANLI FETVALARINDA HİBE KONUSU
THE SUBJECT OF GIFT IN OTTOMAN FATWAS

Prof.Dr. Muhittin Eliaçık
Kırıkkale Üniversitesi İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü
ORCID. 0000-0002-5137-3275

ÖZET

Bâb-ı Fetvâ Osmanlı Devleti'nin idari ve siyasi yönden en güçlü ve nüfuzlu kurumu olup bünyesinde üretilmiş on binlerce fetva ile devlet hafızası ve hukuki altyapı kaynaklarını en açık biçimde gösteren bilgi deposu durumundadır. Fetva kitapları çeşitli belgelerin açıklamakta zorlandığı hukuki ve sosyal hayata ait ayrıntıları ortaya koyabilen bilgi kaynaklardır. Bu kitaplar güncel hayata ait pek ele alınmayan detayları ve gizli bilgileri barındırmakta olup bunlardan hibe konusu böyledir. Hibe (bağışlama) özellikle miras ve aile hukukunda çok geçen bir kavram olup hibe edilen bir maldan dönülüp dönülemeyeceği bu bapta en çok üzerinde durulan konudur. Mesela hibe ile ile ilgili bir fetva şöyledir: "Soru: Ölmüş olan Zeyd'in bir parça yerini vâlidesi Hind, Hatice'ye hibe etse Hatice öldüğünde Zeyd'in oğlu Amr söz konusu yer babamın yeridir diye Hatice'nin çocuklarından talep edip almaya şer'an kâdir olur mu? Cevap: Dava açmaya yetkilidir." Cevapta Amr'ın direkt toprağı alabileceği değil, dava açmaya yetkili olduğu belirtilmiştir ki, miras hakkı ve hatalı hibeden dolayıdır. Yani Zeyd öldüğünde, ona ait olan mülk doğrudan mirasçılarına geçer ve Zeyd'in annesi Hind de sadece kendi miras payında tasarruf hakkı olduğu hâlde arazinin tamamını Hatice'ye hibe etmiş, Amr da babasının mirasçısı olduğundan yetkisiz tasarruf oluşmuştur. Amr, babasından kendisine kalması gereken miras payının rızası dışında başkasına geçtiğini iddia ederek hakkını aramak için mahkemede dava açma hakkına sahiptir. Çalışmamızda bu konuya dair fetvalar incelenip tanıtılacaktır

Anahtar kelimeler: Fetva, Osmanlı, hibe, dava, geri alma.

ABSTRACT

The Bâb-ı Fetvâ was the most powerful and influential institution of the Ottoman Empire in administrative and political terms; with the tens of thousands of fatwasit produced, it serves as a vital source of information that clearly illustrates the state's institutional memory and legal foundations. Fatwa collections are sources of information capable of revealing details regarding legal and social life that other documents often fail to elucidate. These books contain obscure details and confidential information about daily life such as the subject of hibe. Hibe is a concept frequently encountered, particularly in inheritance and family law; the question of whether a gifted asset can be reclaimed is a central issue in this context. For instance, consider the following fatwa: "Question: If Hind the mother of the deceased Zayd gifts a plot of land belonging to Zayd to Hatice, and Hatice subsequently dies, is Zayd's son Amr legally entitled under Sharia to claim and recover that land from Hatice's children by asserting, 'This land belonged to my father'? Answer: He is authorized to file a lawsuit." The answer specifies that Amr is authorized to file a lawsuit rather than stating he can immediately take possession of the land; this distinction arises from inheritance rights and the issue of an improper gift. In other words, upon Zayd's death, his property passed directly to his heirs. Although Hind only had the right to dispose of her own share of the inheritance, she gifted the entire plot to Hatice; since Amr was his father's heir, this constituted an unauthorized disposal of property. Amr has the right to file a lawsuit in court to seek redress, claiming that the

inheritance share due to him from his father was transferred to another party without his consent. In our study, fatwas regarding this subject will be examined and presented.

Keywords: Fatwa, Ottoman, gift, lawsuit, revocation.

GİRİŞ

Osmanlı Devleti'nde Bâb-ı Fetvâ adı da verilen Meşîhat-ı İslâmiyye, etkisi ve nüfuzu yüksek bir kurum olup kendi bünyesinde oluşmuş on binlerce fetva ile devlet hafızasını ve hukuki altyapıyı bütün ayrıntılarıyla gözler önüne seren bir kurumdur. Fetva mecmuaları ve kitapları, belgelerin yeterli bilgi vermediği durumlarda gerekli bilgi ve ipuçlarını ortaya koyabilen orijinal kaynaklardır. Osmanlı fetvâ kitaplarında günlük hayatın ayrıntılarını gösteren özgün bilgiler bulunmakta olup bunlardan velâ, damân, gasb, kerâhiyye gibi baplarda ilginç bilgiler bulunmaktadır ki hibe de bunlardan birisidir. Hibe (bağışlama), miras ve aile hukukunda sık geçen bir kavram olup bağışlanan bir maldan dönülüp dönülemeyeceği bu babın en çok işlenen konusudur. Mesela bir fetvada: "Ölmüş olan Zeyd'in bir parça yerini vâlidesi Hind, Hatice'ye hibe etse Hatice öldüğünde Zeyd'in oğlu Amr söz konusu yer babamın yeridir diye Hatice'nin çocuklarından talep edip almaya şer'an kâdir olur mu? diye sorulmuş, cevapta ise: "Dava açmaya yetkilidir." denilmiştir. Cevapta Amr'ın direkt toprağı alabileceği değil, dava açmaya yetkili olduğu belirtilerek miras hakkı ve hatalı hibeye dikkat çekilmiştir. Yani Zeyd öldüğünde, ona ait olan mülk doğrudan mirasçılarına geçmekte, Zeyd'in annesi Hind sadece kendi miras payında tasarruf hakkına sahip olduğundan arazinin tamamını Hatice'ye hibe etmesi batıl olmuş ve Amr da babasının mirasçısı olarak yetkisiz tasarrufun iptali için dava açmaya yetkili kılınmıştır. Bu konuda seçilmiş değişik fetvalar aşağıdadır:

Mes'ele:
Zeyd zevci Hinde bir küpe yapdursa lâkin teslîm itmeyüp Zeyd fevt oldukda küpeyi Zeydün deynine virseler Hind küpe benüm niyyetüme yapılmışdur diyü küpeyi almaga şer'an kâdire olur mı beyân buyurılup müsâb olına? El-Cevâb: Olmaz. *Harrerehu'l-fakîr Muhammed 'ufiye 'anh*

"Soru: Zeyd, karısı Hind için bir küpe yaptırsa fakat küpeyi henüz ona teslim etmeden vefat etse, Zeyd ölünce de bu küpeyi onun borçlarını ödemek için alacaklılarına verseler; Hind, "Bu küpe benim niyetimle benim adıma yaptırılmıştır" diyerek küpeyi geri almaya hukuken yetkili olur mu? El-Cevab: Olmaz."
Osmanlı borçlar ve hibe hukukunda kabz, teslim alma/zilyetlik şartını ve mülkiyetin hangi aşamada el değiştirdiğini ele alan bu fetvada Hind'in haksız bulunup küpeyi talep edememesi iki kurala dayanmaktadır: Birincisi, hibede teslim şartıdır ki bir malı bağışlamak tek başına mülkiyeti karşı tarafa geçirmeye yetmez; bir hediyenin hukuken karşı tarafın malı olabilmesi için hediyeyi alan kişinin o malı fiilen teslim alması gerekir. Zeyd, küpeyi Hind adına yaptırmış olsa bile karısına teslim etmeden öldüğü için hibe işlemi yarım kalıp geçersiz olmuştur, küpe hâlen kocanın malıdır. İkincisi, niyetin ve siparişin mülkiyet doğurmamasıdır ki Hind'in *"Bu küpe benim niyetime yaptırıldı"* iddiası hukuken geçersizdir; İslam hukukunda bir malın birisi adına imal ettirilmesi veya birine verilmek niyetiyle satın alınması o malı doğrudan o kişinin mülkü yapmaz, mülkiyetin geçmesi için teslim şarttır. Üçüncüsü, borcun mirastan önce gelmesi yani terekeye takdimidir ki Zeyd vefat ettiğinde teslim edilmemiş olan bu küpe Zeyd'in terekesine dâhil olmaktadır ve İslam miras hukukunda bir kimse öldüğünde mirasçıların mal paylaşımı yapabilmesi veya vasiyetlerini yerine getirilebilmesi için öncelikle ölenin borçlarının ödenmesi gerekmektedir. Küpe hâlen Zeyd'in malı olup Zeyd'in borcuna karşılık alacaklılara verilmesi hukuken doğrudur, Hind'in küpe üzerinde hiçbir hakkı yoktur. (Mecmua-i fetâvâ, 90)

Mes'ele:
Zeyd harâba müşrif olan evini oglı Amra hibe idüp Amr dahi kabûl u kabz idüp ta'mîr idüp niçe zemân içinde sâkin olmış iken hâlâ Zeyd-i mezbûr rucû' idüp evi yine Amrdan almaga kâdir olur mı beyân buyurılup müsâb olına? El-Cevâb: *Olmaz. Harrerehu'l-fakîr Muhammed 'ufiye 'anh*

"Soru: Zeyd, yıkılmaya yüz tutmuş evini oğlu Amr'a bağışlasa, Amr da bu bağışı kabul edip evi teslim alsa, ardından tamir ettirse ve içinde uzun süre otursa, hâlen Zeyd bağışından dönüp evi yeniden Amr'dan almaya yetkili olur mu? El-Cevap: Olmaz."
Bu fetvada Osmanlı borçlar ve eşya hukukunda hibeden rücu ve hibenin geri alınmasını engelleyen hukuki durumlar ele alınmıştır. İslam hukukunda hibe eden kişinin bağışından dönmesi normal şartlarda mahkeme kararıyla mümkün ise de bazı engeller varsa hibe eden kişi asla bağışından dönemez ki bu fetvada Zeyd'in rücu etmesini engelleyen iki hukuki sebep olup birincisi, bağışlanan malın değerinin artmasıdır. Amr, harabe halindeki evi teslim alıp kendi emeğiyle tamir ettirip malın değerini artırdığı için Zeyd'in rücu hakkı hukuken düşmüştür. İkincisi, akrabalık bağıdır ki aralarında evlenme yasağı derecesinde mahremiyet olan kişilerin birbirine yaptığı hibelerden dönülmesi yasaktır. Hem bu akrabalık bağı hem de tamirat/değer artışı sebebiyle işlem geri dönülemez hâl almıştır. Sonuç olarak, Amr evi hem usulüne uygun şekilde teslim almış hem de harabe durumdaki mülke masraf yapıp ihya etmiştir, bu aşamadan sonra baba Zeyd'in evimi geri istiyorum deme hakkı yoktur. (Mecmua-i fetâvâ, 91)

Mes'ele:
Hind-i müteveffânun ba'zı esbâbını zevci Zeyd mücerred Hind-i mezbûreye ben virmiş idüm diyü alup kabz idüp sâ'ir vereseye hisse virmemege kâdir olur mı beyân buyurılup müsâb olına? El-Cevâb: Mücerred böyle dimekle olmaz. Harrerehu'l-fakîr Muhammed 'ufiye 'anh

Bu fetvada Osmanlı miras ve borçlar hukukunda eşlerin birbirlerine verdikleri malların (hediye/hibe) mülkiyet durumu ve ispat yükümlülüğü ele alınmıştır ki, vefat eden Hind'in bazı eşyalarını kocası Zeyd sırf bu eşyaları zamanında Hind'e ben vermiştim (hediye etmiştim) diyerek kendi tekeline alıp el koyarak diğer mirasçılara paylarını vermemeye yetkili olup olmadığı sorulmuş, verilen cevapta ise sırf böyle demekle olmayacağı bildirilmiş, yani kocanın sadece bu iddiayla mallara el koyamayacağı, diğer mirasçılara paylarını vermek zorunda olduğu söylenmiştir. Bu fetvada kocanın haksız bulunup sadece ben vermiştim sözüyle mallara el koymasının engellenmesi İslam hukukunun şu temel prensiplerine dayanmaktadır: Birincisi, mülkiyetin karinesi ve zilyetliktir ki Hind vefat ettiğinde söz konusu eşyalar onun kullanımında ve zilyetliğindeydi ve İslam hukukunda da bir mal kimin elindeyse aksine bir delil olmadıkça mal onun sayılır, Hind ölünce bu eşyalar doğrudan onun terekesine girmiştir, tüm mirasçıların ortak malıdır. İkincisi "Müddeî iddiasını ispatla yükümlüdür." kaidesi gereğince koca Zeyd "Bu malları ben ona vermiştim, dolayısıyla benimdir veya hibe etmiştim ama geri alıyorum" diyerek durumu değiştirmek isteyen bir iddiacı konumundayken diğer mirasçılar bu durumu reddeden durumundadır. Sadece ben öyle demiştim demek kuru bir iddia olup geçersizdir. Bir de eşler arası hibeden rücu yasağı vardır ki Hanefi fıkhına göre bir kimse yabancı birine yaptığı hibeden belirli şartlarda dönebilirse de eşler arasındaki hibelerden geri dönmek yasaktır. Zeyd, malları Hind'e evliyken gerçekten hibe etmiş olsa bile artık o mallar tamamen Hind'in mülkiyetine geçmiştir, karısı öldükten sonra ben vermiştim, geri alıyorum diyerek hibe ettiği malı geri isteyemez, Zeyd de ancak bir koca olarak bu terekeden kendi yasal miras payını alabilir, malların tamamına el koyamaz. (Mecmua-i fetâvâ, 252)

Mes'ele:
Zeyd-i sagîrün 'ammi olan Amr, sagîr-i mezbûr ile müşterek oldugı mülkden fuzûlî sagîr-i mezkûrun hissesin Bekire hibe eylese şer'an hibe-i merkûme sahîha ve câ'ize olur mı beyân buyurılup müsâb olına? El-Cevâb: Olmaz. Harrerehu'l-fakîr Muhammed 'ufiye 'anh

"Soru: Reşit olmayan Zeyd'in amcası olan Amr, bu küçük çocuk ile ortaklaşa sahip oldukları bir mülkten, çocuğun hissesini (onun adına yetkisiz bir şekilde, fuzûlî olarak) Bekir'e bağışlasa; hukuken bu bağışlama geçerli ve caiz olur mu? El-Cevap: Olmaz."
Bu fetvanın olumsuz cevabı üç temel hukuki gerekçeye dayanmaktadır ki bunlar: Amcanın velayet yetkisinin olmaması. İslam hukukunda küçüklerin malları üzerinde tasarruf yetkisi sırasıyla baba, babanın vasi atadığı kişi ve dedeye ait olup amca, babanın sağlığında veya vefatından sonra kendiliğinden çocuğun yasal velisi olamaz; bu nedenle Amr, küçük Zeyd'in malı üzerinde tasarruf ederken yabancı biri gibi hukuken "fuzûlî" yani yetkisiz tasarruf eden konumundadır. Küçüğün zararına olan tasarruf yasağı ki yasal veli, çocuğun öz babası bile olsa karşılıksız ve ivazsız bir işlem olan hibe, küçüğün mal varlığında tamamen eksilmeye yol açacağından küçüğün malını bir başkasına hibe edemez. Hanefi fıkhına göre, ortak bir mülkün bölünmemiş hissesini hibe etmek, teslim ve tesellüm tam olarak gerçekleşemediği için geçersizdir, Amr hem kendi hissesini hem de çocuğun hissesini rızasız devrettiğinden işlem hukuken çökmektedir. Sonuç olarak, Amr'ın küçük Zeyd'in hissesini Bekir'e bağışlaması hukuken bir sonuç doğurmaz; Zeyd'in mülkiyet hakkı aynen devam eder. (Mecmua-i fetâvâ, 277)

Mes'ele
Zeyd maraz-ı mevtinde oglı Amrdan kaçırup cümle emlâkini kızı Hinde hibe vü temlîk idüp kable'l-kabz Zeyd-i mezbûr vefât itse idi Amr-ı mezbûr hibe-i mezkûre sahîha degildür diyü emlâk-i mezbûreden hisse almaga kâdir olur mı beyân buyurılup müsâb olına? El-Cevâb: Olur. Harrerehu'l-fakîr Muhammed 'ufiye 'anh

"Soru: Zeyd, ölüm döşeğindeyken oğlu Amr'dan mal kaçırmak amacıyla bütün mülklerini kızı Hind'e bağışlasa fakat kız mülkleri henüz teslim almadan Zeyd vefat etse, oğlu Amr bu bağışlama geçersizdir diyerek söz konusu mülklerden miras payını alabilir mi? Cevap: Mirastan payını alabilir."
Bu fetvada Amr'ın haklı bulunup hibenin iptal edilerek mülklerin mirasa (terekeye) dâhil edilmesi iki gerekçeye dayanmaktadır: Birincisi, hibede teslim almak şartının olması ki Zeyd mülkleri kızına kâğıt üzerinde bağışlamış ama kız mülkleri resmen teslim almadan Zeyd öldüğü için hibe akdi hukuken geçersiz ve mal da hâlâ Zeyd'in mülkü ve doğrudan terekeye (mirasa) dönmüştür. İkincisi, ölüm hastalığı hükümleri ki, bir kimse ölüm döşeğinde mirasçılarından mal kaçırmak veya bir mirasçıyı diğerine üstün kılmak amacıyla malvarlığı üzerinde serbestçe tasarruf edemez, ölüm hastasının yaptığı hibeler hukuken vasiyet hükmündedir ve İslam hukukunda da 'mirasçıya vasiyet yoktur' kuralı geçerlidir. Zeyd, mirasçısı olan kızı Hind'e ölüm döşeğinde hibe yaptığı için, diğer mirasçı oğlu Amr rıza göstermediği müddetçe bu işlem şer'an geçersizdir. Sonuç olarak hibe işlemi hem kızın malı teslim almamasından dolayı tamamlanmamış hem de ölüm döşeğinde diğer mirasçılardan mal kaçırmak amacıyla yapıldığı için şer'î hukuka aykırı bulunmuştur. (Mecmua-i fetâvâ, 311)

SONUÇ

Osmanlı Devleti'nin idari ve siyasi yönden etkisi ve nüfuzu yüksek bir kurumu olan Bâb-ı Fetvâ, bünyesindeki faaliyetler neticesinde biriken on binlerce fetva ile devlet hafızası ve hukuki altyapıyı tüm ayrıntılarıyla veren bilgi kaynakları durumundadır. Fetva kitaplarının her biri birer bilgi ansiklopedisi olup ulaşılmasında zorluk çekilen kritik bilgiler bu kitaplardan cömertçe elde edildikçe yer ve değerlerinin yüksekliğine olan inanç da artmaktadır. Bu

kitapların çeşitli aşamalarda gösterdikleri kritik destek ve yardımın büyüklüğü bunlara olan lginin giderek artmasına yol açmaktadır. Bu tebliğde, bu kitapların yer ve değerini ortaya koyan bir başka husus öne çıkmış ve hibe babına ait ilginç örnekler ortaya konulmuştur.

KAYNAKÇA

Mecmûatü'l-fetâvâ, Vahidpaşa Yazmaeser Kütüphanesi, nr.1647.

Mecmûa, Süleymaniye Yazmaeser Kütüphanesi, Çelebi Abdullah, nr. 384.

Mecmûa, Süleymaniye Yazmaeser Kütüphanesi, Zühdü Bey, nr.505.

Mecmûa-i Fâzıl Mahmûd Efendi, DİB Yazmaeser Kütüphanesi, nr.167, 1712, 5451.

Mecmûa, Süleymaniye Yazmaeser Kütüphanesi, Şehidalipaşa, nr.2730.

OSMANLI FETVALARINDA RADÂ' KONUSU

THE SUBJECT OF *RADÂ'* (BREASTFEEDING) IN OTTOMAN FATWAS

Prof.Dr. Muhittin Eliaçık
Kırıkkale Üniversitesi İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü
ORCID. 0000-0002-5137-3275

ÖZET

Bâb-ı Fetvâ (Şeyhülislamlık) Osmanlı Devleti'nde idari ve siyasi yönden en güçlü ve nüfuzlu bir kurum olup bünyesinde verilmiş olan on binlerce fetva devletin kurumsal hafıza ve hukuki altyapısını en açık ortaya koyan bilgi kaynaklarıdır. Fetva kitap veya mecmuaları birçok belgenin açıklamakta yetersiz kaldığı hukuki ve sosyal hayatın ayrıntılarını ayrıntılarıyla birlikte ortaya koyan bilgi kaynaklardır. Bu kitaplarda güncel hayata ait üzerinde pek durulmamış detayları gösteren mahrem ve gizli bilgiler de olup bunlardan radâ' yani süt emzirme/süt hısımlığı konusu böyledir. Bu babın en dikkat çekici yönü süt hısımlığı ile oluşan yakınlıkta ne gibi ince detaylar olduğu, yapılmasında bir sakınca olmadığı hâlde yapılması durumunda insanlığa yakışmayan bir durumun oluşacağı gibi muğlak konular da vardır. Mesela radâ' ile ilgili bir fetva şöyledir: "Soru: Zeyd, emzikte olan bir çocukla birlikte bir cariye satın alsa, ardından bu cariye ölse ve çocuğu süt emme döneminde Zeyd'in karısı Hind emzirse; bir süre geçtikten sonra Zeyd hukuken bu çocuğu satmaya yetkili olur mu? Cevap: Olur, fakat ahlaka uygun değildir." Bu fetvadaki "mürüvvete münâsib degil" vurgusu, hukuken geçerli olan bir durumun, ahlaki ve vicdani açıdan hoş karşılanmadığını; bir nevi ailenin süt evladı yerine konulması gereken bir çocuğun ticarete konu edilmesinin doğru bulunmadığını belirtmek içindir. Çalışmamızda buna benzer fetvalar analitik biçimde incelenip tanıtılacaktır

Anahtar kelimeler: Fetva, Osmanlı, süt emzirme, cevaz, mürüvvet.

ABSTRACT

The Bâb-ı Fetvâ (Office of the Sheikh al-Islam) was one of the most powerful and influential institutions in the Ottoman Empire, both administratively and politically; the tens of thousands of fatwas issued under its auspices serve as vital sources of information that clearly reveal the state's institutional memory and legal framework. Fatwa books and collections provide detailed insights into aspects of legal and social life that many other documents fail to elucidate. These texts contain intimate and private details regarding daily life such as the subject of radâ' (breastfeeding/milk kinship). Particularly noteworthy aspects of this topic include the subtle nuances of milk kinship and the existence of ambiguous cases where an action might be legally permissible yet deemed unbecoming of human decency. For instance, consider the following fatwa regarding radâ': "Question: If Zayd purchases a female slave along with her nursing infant, and the slave subsequently dies, and Zayd's wife, Hind, breastfeeds the child during the nursing period, does Zayd legally acquire the right to sell the child after some time has passed? Answer: He may do so, but it is not in accordance with moral propriety (mürüvvet)." The emphasis on "not in accordance with moral propriety" in this fatwa indicates that while the action is legally valid, it is viewed unfavorably from moral and conscientious standpoints; it implies that subjecting a child—who ought to be regarded as a foster child of the family—to commercial transaction is considered improper. This study will analytically examine and present fatwas of this nature.

Keywords: Fatwa, Ottoman, breastfeeding, permissibility, moral propriety (mürüvvet).

GİRİŞ

Osmanlı Meşîhatı (Bâb-ı Fetvâ), devletin en etkili ve nüfuzlu bir kurumu olup aynı zamanda, bünyesinde ortaya konulan on binlerce fetva ile devlet hafızasını ve hukuki altyapısını da en iyi ve en açık ortaya koyabilen bir kurumdur. Fetva kitapları, birçok belgenin sustuğu kritik durum ve uygulamaları net biçimde açıklayan bir orijinal kaynak olduğu gibi çeşitli bilim dalları için de en özgün bilgileri sunabilen cömert bir bilgi deposudur. Osmanlı fetvâ kitaplarında günlük hayatın detaylarını gösteren orijinal bilgiler bulunmaktadır ki bunlardan nikâh, talâk, vakıf, radâ' gibi baplar başta gelir. Bunlardan radâ' yani süt emzirme/süt hısımlığı babı dikkat çekici bir bap olup süt hısımlığı ile oluşan yakınlıkta ne gibi ince detayların bulunduğunu bize göstermektedir. Bu bapta, yapılmasında bir sakınca olmadığı hâlde yapılması durumunda insanlığa yakışmayan bir durumun oluşabileceği gibi girift ve muğlak konular da geçmektedir. Mesela radâ' ile ilgili bir fetvaya göre: "Zeyd, emzikte olan bir çocukla birlikte bir cariye satın alsa, ardından bu cariye ölse ve çocuğunu süt emme döneminde Zeyd'in karısı Hind emzirse; bir süre geçtikten sonra Zeyd hukuken bu çocuğu satmaya yetkili olur mu?" diye sorulmuş ve verilen cevapta bunun caiz olmakla birlikte "ahlaka uygun olmayan bir durum olacağı belirtilmiştir. Bu fetvadaki "mürüvvete münâsib degil" vurgusu, hukuken geçerli olan bir durumun, ahlaki ve vicdani açıdan hoş karşılanmadığını; ailede süt evladı yerine konulması gereken bir çocuğun ticari meta gibi görülmesinin yanlışlığını anlatmak içindir. Çalışmamızda 16-17.yüzyıl Osmanlı fetvalarını içeren bir fetva koleksiyonunda yer alan 2111 fetva arasından radâ' ile ilgili az sayıdaki fetva incelenecektir. Aşağıdaki fetvalarda radâ' konusu çeşitli yönlerden ele alınarak sual edilmiş ve verilen cevaplarda ilginç ayrıntılara dikkat çekilmiştir.

Mes'ele:
Hind müddet-i radâ'da Zeydi ırzâ' itmiş olsa idi Hind-i mezbûrenün kızı Zeyneb, Zeyd-i mezkûra nikâh olınmak câiz olur mı beyân buyurılup müsâb olına? El-Cevâbu, vallahu te'âlâ ve bihi't-tevfîk: Olmaz. Harrerehu'l-fakîr Muhammed 'ufiye 'anh

Hocazâde Muhammed Efendi'nin bu fetvası süt kardeşliğinin hükmü üzerine verilmiştir. Bu fetvaya göre Hind adlı kadının süt emzirme yani radâ' müddeti içinde Zeyd'i emzirmiş olması veya emzirme yoluyla süt hısımlığının oluşması durumunda, Hind'in kızı Zeyneb'in Zeyd ile evlenmesinin câiz olmadığı bildirilmiştir. Süt kardeşliği veya süt hısımlığı hükümleri gereğince, annesi süt yoluyla birine anne olan kadının kızları da o kimseye haram olmakta yani süt-bacı veya hısımlık engeli oluşmaktadır. Kur'an-ı Kerim'de Nisâ Suresi, 23. ayette evlenilmesi haram olan kadınlar: *"Sizi emziren süt anneleriniz ve süt kız kardeşleriniz"* buyurularak açıkça zikredilmiş ve nesep yoluyla haram olan evlilik engelleri, süt yoluyla da aynen sabit kılınmıştır. Bundan dolayı Zeyd ile Zeyneb'in nikâhlanması şer'an kesinlikle yasak olup aralarında kıyılacak bir nikâh da geçersiz sayılmıştır. (Mecmua-i fetâvâ, 114)

Mes'ele:
Zeyd 'abd-i memlûki Amra oglumdur diyüp ve zevcesi Hind dahi müddet-i radâ'da ogulları Bekir ile emzürmiş olsa şer'an Amr-ı merkûm âzâd olmuş olur mı beyân buyurılup müsâb olına? El-Cevâbu, Allahu a'lem: Oglumdur dimekle olur. Harrerehu'l-fakîr Muhammed 'ufiye 'anh

Hocazâde Muhammed Efendi'nin bu fetvasına göre, İslam hukukuna, özellikle de Hanefî fıkhına göre, bir kimsenin kendi mülkiyeti altında bulunan kölesine yani abd-i memlûküne hitaben "Bu benim oğlumdur" "Hâzâ ibni" diyerek ikrarda bulunması, köleyi doğrudan ve derhal hürriyetine kavuşturmakta yani "ıtk / âzâd" sabit olmaktadır. Ancak bunun geçerli olması için iki önemli husus bulunmaktadır ki birincisi, efendinin sözü yani nesep ikrarı ve

ıtk, kölesine "oğlumdur" demesi, sırf bir sevgi sözü veya çağırma maksadıyla "Oğlum, bana su getir" şeklinde değil de kesin bir nesep bağı iddiası veya doğrudan mülkiyet haklarından vazgeçme işareti olarak yapılmalıdır. Fetvada ikinci husus ise, zevcenin emzirmesi ile yani süt bağı ile desteklenmesidir ki, Zeyd'in beyanının yanı sıra, zevcesi Hind de süt emzirme döneminde kendi öz oğulları Bekir'le birlikte bu köle Amr'ı emzirmiş olduğunu beyan etmektedir. Bundan dolayı Amr, fıkhen zaten Zeyd'in evinin bir ferdi, zevcesinin süt oğlu, aynı zamanda Bekir'in süt kardeşi konumunu pekiştirmiş olmaktadır. Hanefî mezhebine göre, bir kimse kölesine "Bu benim oğlumdur" dediğinde; köle yaşça efendisinden büyük veya ona yakın bile olsa yani nesep yönünden imkânsızlık taşısa dahi efendinin mülkiyet hakkı derhal düşüp köle hür olmaktadır. İmameyn yani İmam Ebû Yûsuf ve İmam Muhammed'e göre ise yaşça efendiden küçük olup nesebinin sahih olması mümkünse bu beyanla doğrudan âzâd olmaktadır. Fetvadaki sualde ise olayda hem efendinin ikrarı hem de hanımının emzirme fiili sabit olduğundan, Amr şer'an hürriyetine kavuşmuştur. (Mecmua-i fetâvâ, 438)

Mes'ele:
Zeyd veled-i radî'i ile bir câriye satun alup câriye fevt olmagla veled-i mezbûrı müddet-i radâ'da Zeyd-i mezbûrun zevcesi Hind emzirse ba'de zemânin Zeyd veled-i mezbûrı bey'e şer'an kâdir olur mı beyân buyurılup müsâb olına? El-Cevâbu, Allahu te'âlâ a'lem: Olur lâkin mürüvvete münâsib degil. Harrerehu'l-fakîr Muhammed 'ufiye 'anh

"Soru: Zeyd, emzikte olan bir çocukla birlikte bir cariye satın alsa; ardından bu cariye ölse ve söz konusu çocuğu süt emme dönemi içinde Zeyd'in karısı Hind emzirse; bir süre geçtikten sonra Zeyd, bu çocuğu hukuken satmaya yetkili olur mu? Cevap: Satabilir, fakat bu durum mürüvvete (insanlığa, mertliğe ve ahlaka) uygun değildir."
İslam borçlar ve eşya hukukuna göre, bir cariyeden doğan çocuk, eğer cariyenin sahibinden değil de bir başkasından doğmuşsa veya cariye çocukla birlikte satın alınmışsa, annesi gibi köle/cariye statüsündedir. Zeyd, çocuğu cariyeyle birlikte satın aldığı için çocuk üzerinde mülkiyet hakkına sahiptir ve onu bir mal gibi satma yetkisi hukuken mevcuttur. Fetvaya göre, cariye ölünce, bebeği Zeyd'in eşi Hind emzirmiştir. İslam hukukunda süt emzirme, evlenme yasakları doğuran bir süt hısımlığı oluştursa da çocuğun kölelik statüsünü değiştirmez veya onu emziren kişinin ya da kocasının öz çocuğu yapmaz Bu sebeple Zeyd'in çocuk üzerindeki mülkiyet ve satış hakkı hukuken devam eder. Ama fetvada "Olur lâkin mürüvvete münâsib degil." denilmiştir ki İslam hukukunun "kanunî/şer'î olan" ile "ahlakî/vicdanî olan" arasındaki çizgisi gösterilmiştir. Hukuken Zeyd'in bu çocuğu satma hakkı vardır ve satarsa da işlem geçerlidir. Ancak karısının emzirdiği, evinde büyüyen ve bir nevi aileden biri haline gelmiş, süt bağı kurulmuş bir çocuğu köle olarak satmak da vicdana, insanlığa ve mertliğe yakışmamaktadır. Hukuki cevap verilirken aynı zamanda toplumsal ahlakı korumak adına eylem kınanmış ve yapılmaması tavsiye edilmiştir. (Mecmua-i fetâvâ, 468)

Mes'ele
Üç yaşında olan Zeyd, Hind-i ecnebiyyenün südin mass itmekle şer'an radâ' sâbit olur mı beyân buyurılup müsâb olına? *El-Cevâb: Olmaz vâki' ise. Ketebehu'l-fakîr Sun'ullah 'ufiye 'anh*

"Soru: Üç yaşında olan Zeyd, kendisiyle hiçbir akrabalık bağı olmayan yabancı Hind'in sütünü emse, dinen aralarında süt hısımlığı/akrabalığı sabit olur mu? El-Cevap: Olmaz."

İslam hukukunda bir çocuğun bir kadını emmesiyle aralarında evlilik yasağı doğuran bir bağ oluşabilmesi için emzirme belirli bir yaş sınırı (süt emme dönemi) içinde gerçekleşmiş olmalıdır. Çocuk bu dönem geçtikten sonra ne kadar emmiş olursa olsun süt akrabalığı doğmaz. İmam Ebu Hanife'ye göre süt emme süresinin üst sınırı otuz ay (2,5 yaş), İmameyn ve diğer üç mezhebe göre üst sınır iki yıldır. Fetvada Zeyd üç yaşında olduğundan hem iki

yıllık süre sınırı hem de İmam Ebu Hanife'nin en ihtiyatlı sınır olan otuz aylık müddet çoktan geçmiş olduğundan Hind'i emmesiyle aralarında hiçbir şekilde süt hısımlığı sabit olmaz. Hind, Zeyd'in süt annesi; Hind'in çocukları da Zeyd'in süt kardeşi sayılmaz. (Mecmua-i fetâvâ, 1143)

Mes'ele
Ba'de havleyn u nısf radâ' sâbit olur mı beyân buyurıla? *El-Cevâb: Olmaz. Sun'ullah 'ufiye 'anh*

"Soru: İki buçuk yıl (otuz ay) geçtikten sonra (bir çocuk bir kadını emse), şer'an süt hısımlığı/akrabalığı sabit olur mu? El-Cevap: Olmaz."
Bu fetva, bir önceki meselede geçen süt emme süresinin sınırı ile doğrudan ilgili olup soruda geçen "ba'de havleyn u nısf" ifadesi, "iki buçuk yıl (30 ay) geçtikten sonra" demektir. İslam hukukunda süt hısımlığının oluşması için belirlenen en üst süre sınırı aşılmıştır. Osmanlı Devleti'nin resmî mezhebi olan Hanefi fıkhına göre süreler yukarıdaki fetvada belirtilmişti. Soruda özellikle "iki buçuk yıl geçtikten sonra" denilerek, Hanefi mezhebinin en geniş ve ihtiyatlı kabul ettiği otuz aylık sınırın da aşıldığı bir durum sorulmuş olduğundan müctehid imamların ittifakıyla iki buçuk yaşını geçmiş bir çocuğun emmesiyle süt hısımlığı sabit olmamaktadır. (Mecmua-i fetâvâ, 1235)

SONUÇ

Bâb-ı Fetvâ, Osmanlı Devleti'nin idari ve siyasi yönden en etkili kurumu olup bünyesindeki faaliyetler neticesinde oluşan on binlerce fetva, devlet hafızası ve hukuki altyapıyı ortaya koyan bilgi kaynakları durumundadır. Bu fetvalar bilgi kaynaklarının sustuğu durumlarda net bilgi ve kanıtları sunmakla yer ve değerlerinin ne denli büyük olduğunu daima göstermektedirler. Bu kitapların çeşitli araştırmalarda sundukları özgün bilgi ve kanıtlar son dönemlerde daha da öne çıkmakta, yer ve değerleri daha iyi anlaşılmaktadır. Bu tebliğde, bu kitapların yer ve değerini ortaya koyan bir kesit öne çıkarılmış ve radâ' (süt emzirme) babına ait örnekler dikkatlere sunulmuştur. Bu bap, süt emzirme süresi, süt emzirme ile oluşan akrabalık bağının şart ve hükümleri, caiz olan ve olmayan durumların işlendiği bölüm olup dikkatlere sunduğumuz fetvalarda da bu konular işlenmiştir.

KAYNAKÇA

Mecmûatü'l-fetâvâ, Vahidpaşa Yazmaeser Kütüphanesi, nr.1647.

Mecmûa, Süleymaniye Yazmaeser Kütüphanesi, Şehidalipaşa, nr.2730.

Mecmûatü'l-fetâvâ, Süleymaniye Yazmaeser Kütüphanesi, İzmirli İ. Hakkı, nr. 824.

Mecmûa, Süleymaniye Yazmaeser Kütüphanesi, Zühdü Bey, nr.505.

Mecmûa-i Fâzıl Mahmûd Efendi, DİB Yazmaeser Kütüphanesi, nr.3873.

TAEKWONDO SPORCULARINDA ANTRENÖR DAVRANIŞLARI VE SPORCU TÜKENMİŞLİĞİ: KORUYUCU VE RİSK OLUŞTURUCU FAKTÖRLER

Mustafa KILIÇ
Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Antrenörlük Eğitimi ABD
Prof. Dr. Sefa LÖK
Selçuk Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi Antrenörlük Eğitimi Bölümü

ÖZET
Taekwondo; yüksek fiziksel, teknik ve psikolojik gerekliliklerin yanı sıra yoğun antrenman ve müsabaka süreçlerini içeren bireysel bir mücadele sporudur. Bu süreçte antrenörün sporcu ile kurduğu ilişkinin ve sergilediği davranışların sporcunun psikolojik deneyimleri üzerinde önemli bir rol oynayabileceği düşünülmektedir. Bu derlemenin amacı, taekwondo sporcularında antrenör davranışları ile sporcu tükenmişliği arasındaki ilişkiyi güncel literatür doğrultusunda incelemek ve tükenmişlik açısından koruyucu ve risk oluşturucu faktörleri değerlendirmektir. Sporcu tükenmişliği; duygusal/fiziksel tükenme, azalmış başarı duygusu ve sporu değersizleştirme boyutlarıyla karakterize çok boyutlu bir yapı olarak ele alınmaktadır. Araştırmalar, kontrol edici antrenör davranışlarının sporcu tükenmişliğiyle pozitif yönde ilişkili olduğunu; özerklik destekleyici antrenörlük, etkili iletişim ve nitelikli antrenör-sporcu ilişkisinin ise daha düşük tükenmişlik düzeyleriyle ilişkili olabileceğini göstermektedir. Taekwondoya özgü güncel bulgular, ergen sporcularda kontrol edici antrenörlüğün psikolojik ihtiyaçların engellenmesi ve tükenmişlikle pozitif ilişkili olduğunu ve psikolojik ihtiyaç engellenmesinin bu ilişkide aracı rol oynadığını ortaya koymaktadır. Ayrıca elit erkek taekwondo sporcularında kötü uyku kalitesinin daha yüksek, fiziksel aktiviteden alınan keyfin ise daha düşük tükenmişlikle ilişkili olduğu bildirilmektedir. Sonuç olarak taekwondo sporcularında tükenmişliğin yalnızca antrenman yükü üzerinden değil; antrenör davranışları, psikolojik ihtiyaçlar, iletişim, toparlanma ve olumlu spor deneyimini kapsayan bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesi önemlidir. Sporcu merkezli ve özerklik destekleyici antrenörlük uygulamalarının geliştirilmesi, sporcu iyi oluşunun ve sürdürülebilir spor katılımının desteklenmesi açısından önem taşımaktadır.
Anahtar Kelimeler: Taekwondo, sporcu tükenmişliği, antrenör davranışları, kontrol edici antrenörlük, antrenör-sporcu ilişkisi

ABSTRACT
Taekwondo is an individual combat sport involving substantial physical, technical, and psychological demands as well as intensive training and competition processes. Within this context, coaches and their interactions with athletes may play an important role in athletes' psychological experiences. This review aims to examine the relationship between coaching behaviours and athlete burnout in taekwondo athletes and to evaluate protective and risk-related factors in light of current literature. Athlete burnout is conceptualized as a multidimensional construct characterized by emotional/physical exhaustion, a reduced sense of accomplishment, and sport devaluation. Existing evidence indicates that controlling coaching behaviours are positively associated with athlete burnout, whereas autonomy-supportive coaching, effective communication, and high-quality coach-athlete relationships may be associated with lower burnout. Recent taekwondo-specific findings indicate that controlling coaching among adolescent athletes is positively associated with psychological need thwarting and athlete burnout, with psychological need thwarting mediating this relationship. Furthermore, among elite male taekwondo athletes, poorer sleep quality has been associated with higher burnout, whereas greater enjoyment of physical activity has been associated with lower burnout.

Consequently, burnout in taekwondo should not be considered solely in relation to training load but within a multidimensional framework incorporating coaching behaviours, psychological needs, communication, recovery, and positive sport experiences. Promoting athlete-centred and autonomy-supportive coaching practices may contribute to athlete well-being and sustainable sport participation.
Keywords: Taekwondo, athlete burnout, coaching behaviour, controlling coaching, coach-athlete relationship

GİRİŞ

Taekwondo, yüksek düzeyde fiziksel kapasitenin yanı sıra teknik beceri, taktiksel karar verme, dikkat, duygusal kontrol ve psikolojik hazırlık gerektiren bir mücadele sporudur. Özellikle müsabık sporcularda yoğun antrenman programları, performansın sürekli değerlendirilmesi ve müsabaka süreçlerinin oluşturduğu talepler, fiziksel ve psikolojik kaynakların etkili biçimde yönetilmesini gerektirmektedir. Bu taleplerin uzun süre devam etmesi ve sporcunun sahip olduğu kaynaklarla yeterince dengelenememesi, sporcu iyi oluşunun olumsuz etkilenebileceği süreçlerin değerlendirilmesini önemli hâle getirmektedir. Bu süreçlerden biri sporcu tükenmişliğidir. Sporcu tükenmişliği, yalnızca yoğun antrenman sonrasında ortaya çıkan geçici fiziksel yorgunluğu ifade etmemektedir. Raedeke ve Smith (2001) sporcu tükenmişliğini duygusal/fiziksel tükenme, azalmış başarı duygusu ve sporu değersizleştirme olmak üzere üç temel boyut üzerinden kavramsallaştırmıştır. Bu yaklaşım, tükenmişliğin fiziksel olduğu kadar duygusal, bilişsel ve motivasyonel bileşenlerinin de bulunduğunu göstermektedir.

Sporcu tükenmişliğinin gelişiminde antrenman ve müsabaka taleplerinin yanı sıra sporcunun içinde bulunduğu sosyal ve motivasyonel ortam da önem taşımaktadır. Antrenör, bu ortamın oluşmasında merkezi aktörlerden biridir. Antrenörün sporcuyla iletişim biçimi, karar süreçlerinde sporcuya tanıdığı alan, geri bildirim yaklaşımı ve kontrol düzeyi sporcunun antrenman ortamını nasıl algıladığını etkileyebilir. Nitekim araştırmalar, antrenör davranışlarının sporcu tükenmişliğiyle ilişkili olduğunu göstermektedir. Kontrol edici antrenör davranışlarının tükenmişlik açısından olumsuz bir sosyal-çevresel faktör olabileceği; özerklik destekleyici davranışların, sağlıklı iletişimin ve nitelikli antrenör-sporcu ilişkisinin ise daha düşük tükenmişlikle ilişkili olabileceği bildirilmektedir (Barcza-Renner ve ark., 2016; Choi ve ark., 2020). Taekwondo bağlamında bu ilişkinin incelenmesi ayrıca önemlidir. Antrenör, taekwondo sporcusunun teknik ve taktik gelişiminin yanı sıra antrenman ve müsabaka sürecinin yönetiminde de merkezi konumdadır. Bu nedenle antrenör davranışlarının sporcunun psikolojik ihtiyaçları ve tükenmişlik deneyimiyle ilişkisi, sürdürülebilir sporcu gelişimi açısından dikkate alınması gereken bir konudur.

Bu derlemenin amacı, taekwondo sporcularında antrenör davranışları ile sporcu tükenmişliği arasındaki ilişkiyi mevcut bilimsel kanıtlar doğrultusunda değerlendirmek, koruyucu ve risk oluşturucu faktörleri ortaya koymak ve taekwondo antrenörlüğü açısından uygulamaya yönelik çıkarımlar geliştirmektir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Sporcu tükenmişliğinin kavramsal yapısı

Sporcu tükenmişliğinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan kavramsal yaklaşım Raedeke ve Smith'in (2001) üç boyutlu modelidir. Modelde duygusal/fiziksel tükenme, sporcunun sporun gereklilikleri karşısında kendisini fiziksel ve psikolojik olarak tükenmiş hissetmesini; azalmış başarı duygusu, sporcunun sportif yeterliği ve başarılarına ilişkin olumsuz değerlendirmelerini; sporu değersizleştirme ise spora verilen önem ve ilginin azalmasını ifade etmektedir. Bu ayrım uygulama açısından önemlidir. Yoğun bir taekwondo antrenmanından sonra yaşanan kısa süreli fiziksel yorgunluk tek başına tükenmişlik olarak

değerlendirilmemelidir. Tükenmişlik, sporcunun fiziksel ve duygusal tükenmeyle birlikte başarı algısında azalma ve sporuna yönelik değer kaybı yaşadığı daha kapsamlı bir süreçtir.

Kontrol edici antrenör davranışları ve tükenmişlik

Antrenör davranışlarının sporcu tükenmişliğiyle ilişkisini açıklamada kontrol edici antrenörlük önemli bir araştırma alanıdır. Kontrol edici antrenörlük, sporcunun düşünce ve davranışlarını belirli bir yönde şekillendirmek amacıyla baskı ve kontrol içeren kişilerarası davranışların kullanıldığı bir yaklaşımı ifade etmektedir. Barcza-Renner ve arkadaşlarının (2016) NCAA Division I düzeyindeki 487 yüzücüyle gerçekleştirdiği çalışmada sporcular tarafından algılanan kontrol edici antrenör davranışları ile tükenmişlik arasındaki süreçler incelenmiş; mükemmeliyetçilik ve motivasyonun bu ilişkide önemli dolaylı roller üstlendiği gösterilmiştir. Bulgular, antrenörün oluşturduğu kişilerarası ortamın sporcunun motivasyonel süreçleri üzerinden tükenmişlikle bağlantılı olabileceğini göstermesi açısından önemlidir. Choi, Jeong ve Kim'in (2020) 10 farklı spor dalından 347 üniversite sporcusuyla gerçekleştirdiği araştırma da antrenör davranışları ile tükenmişlik arasındaki ilişkiye ilişkin önemli bulgular sunmaktadır. Araştırmada özerklik destekleyici antrenörlük daha iyi iletişim ve daha nitelikli antrenör-sporcu ilişkisiyle pozitif, tükenmişlikle negatif ilişkili bulunmuştur. Kontrol edici antrenörlük ise tükenmişlikle pozitif yönde ilişkili bulunmuştur. Ayrıca iletişim ve antrenör-sporcu ilişkisinin tükenmişlikle negatif ilişkiler gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, tükenmişliğin yalnızca sporcunun antrenman yükünün bir sonucu olarak görülmemesi gerektiğini; antrenörün sporcu ile nasıl iletişim kurduğunun ve nasıl bir kişilerarası iklim oluşturduğunun da dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Taekwondo sporcularında kontrol edici antrenörlük

Taekwondoya özgü güncel kanıtlar genel spor literatüründeki bulgularla benzer bir yön göstermektedir. Morales-Sánchez ve ark. (2001), ergen taekwondo sporcularında kontrol edici antrenörlük, psikolojik ihtiyaçların engellenmesi ve sporcu tükenmişliği arasındaki ilişkileri incelemiştir. Araştırmada kontrol edici antrenörlüğün hem psikolojik ihtiyaçların engellenmesi hem de sporcu tükenmişliğiyle pozitif ve anlamlı ilişkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca psikolojik ihtiyaçların engellenmesinin kontrol edici antrenörlük ile tükenmişlik arasındaki ilişkide anlamlı bir aracı rol üstlendiği gösterilmiştir. Bu bulgu, antrenör davranışlarının tükenmişlikle ilişkisinin altında yatan olası psikolojik mekanizmalara ilişkin önemli bir açıklama sunmaktadır. Sporcunun özerklik, yeterlik ve ilişkili olma gibi temel psikolojik ihtiyaçlarının antrenman ortamında engellenmesi, kontrol edici antrenör davranışlarının olumsuz sonuçlarının ortaya çıkmasında rol oynayabilir. Taekwondo antrenörlüğü açısından bu sonuç, disiplin ile aşırı kontrol arasındaki ayrımın önemini ortaya koymaktadır. Sistemli çalışma, antrenman kurallarının bulunması ve yüksek performans standartlarının belirlenmesi tek başına kontrol edici antrenörlük anlamına gelmemektedir. Önemli olan bu standartların sporcuya nasıl aktarıldığı ve sporcunun süreç içerisindeki psikolojik ihtiyaçlarının ne ölçüde dikkate alındığıdır.

Koruyucu faktörler: Özerklik desteği, iletişim ve antrenör-sporcu ilişkisi

Tükenmişlik açısından koruyucu bir antrenörlük ortamının temel özelliklerinden biri sporcunun özerkliğinin desteklenmesidir. Özerklik destekleyici antrenörlük, sporcunun bakış açısının dikkate alınmasını, uygun durumlarda seçim yapabilmesini, antrenman uygulamalarının gerekçelerini anlayabilmesini ve kendisini antrenman sürecinin aktif bir parçası olarak görebilmesini destekleyen bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir. Choi ve arkadaşlarının (2020) bulguları, özerklik destekleyici antrenörlüğün daha düşük tükenmişlikle ilişkili olmasının yanı sıra iletişim ve antrenör-sporcu ilişkisinin niteliğiyle de bağlantılı olduğunu göstermektedir. Bu durum, tükenmişliğin önlenmesinde yalnızca antrenmanın fiziksel içeriğine

değil, antrenör ve sporcu arasındaki günlük etkileşimin niteliğine de odaklanılması gerektiğine işaret etmektedir. Taekwondoda geri bildirim sıklığının yüksek olması, teknik düzeltmelerin sürekli yapılması ve antrenörün müsabaka sürecindeki merkezi rolü düşünüldüğünde iletişimin niteliği daha da önem kazanmaktadır. Yapıcı, açık ve sporcunun gelişimine odaklanan geri bildirimlerin tercih edilmesi; hata ve başarısızlığın yalnızca cezalandırılması gereken durumlar olarak değil, gelişim sürecinin bir parçası olarak ele alınması sağlıklı bir antrenörlük ortamının oluşturulmasına katkı sağlayabilir.

Taekwondo sporcularında uyku, spordan alınan keyif ve tükenmişlik

Taekwondo sporcularındaki tükenmişliğin yalnızca antrenör davranışlarıyla açıklanamayacağı da vurgulanmalıdır. Özer ve arkadaşlarının (2026) Türkiye'de farklı şehirlerde yarışan elit erkek taekwondo sporcularıyla gerçekleştirdiği güncel çalışmada 209 sporcunun verileri yapısal eşitlik modeliyle değerlendirilmiştir. Daha kötü uyku kalitesinin daha yüksek tükenmişlikle ($\beta=0.54$, $p<.001$), fiziksel aktiviteden alınan daha yüksek keyfin ise daha düşük tükenmişlikle ($\beta=-0.30$, $p<.001$) ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular taekwondo sporcularında tükenmişliğin çok boyutlu değerlendirilmesi gerektiğini desteklemektedir. Antrenör davranışları ve kişilerarası ortam önemli olmakla birlikte uyku ve toparlanma süreçleri ile sporcunun yaptığı aktiviteden aldığı keyif de tükenmişlikle ilişkili faktörlerdir. Bu nedenle tükenmişliğin önlenmesi yalnızca antrenman miktarının azaltılması veya tek bir psikolojik faktörün değiştirilmesi üzerinden ele alınmamalıdır.

Taekwondo antrenörlüğüne yönelik uygulamalar

Mevcut bulgular birlikte değerlendirildiğinde taekwondo antrenörlerinin tükenmişliği önlemeye yönelik yaklaşımında birkaç temel nokta öne çıkmaktadır. Antrenman disiplininin korunmasıyla birlikte sporcuya uygun düzeyde söz hakkı verilmesi, performans geri bildirimlerinin aşağılayıcı veya tehdit edici olmaması, antrenman kararlarının gerekçelerinin açıklanması ve sporcunun bireysel gereksinimlerinin dikkate alınması önemlidir. Antrenörlerin yalnızca sportif performansı değil, sporcunun antrenmana yönelik motivasyonunda, keyif düzeyinde, iletişiminde ve genel davranışlarında meydana gelen değişiklikleri de izlemeleri yararlı olabilir. Özellikle sürekli yorgunluk, spora karşı ilgi kaybı ve başarı algısında belirgin düşüş gibi durumların süreklilik göstermesi tükenmişlik açısından daha ayrıntılı değerlendirmeyi gerektirebilir. Bununla birlikte mevcut çalışmaların önemli bir bölümü gözlemsel veya kesitsel tasarıma sahiptir. Bu nedenle antrenör davranışlarının tükenmişliğe doğrudan "neden olduğu" şeklinde yorum yapılmamalıdır. Mevcut kanıtlar daha güçlü biçimde bu değişkenler arasındaki ilişkileri göstermektedir (Barcza-Rennerve ark. 2016)

SONUÇ

Sporcu tükenmişliği, taekwondoda yalnızca yoğun antrenmanın veya fiziksel yorgunluğun sonucu olarak değerlendirilmemesi gereken çok boyutlu bir olgudur. Duygusal/fiziksel tükenme, azalmış başarı duygusu ve sporu değersizleştirme boyutları sporcunun iyi oluşu, sportif deneyimi ve spora uzun dönemli katılımı açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle tükenmişliğin değerlendirilmesinde fiziksel taleplerin yanı sıra sporcunun içinde bulunduğu sosyal ve psikolojik ortamın da dikkate alınması gerekmektedir. Mevcut kanıtlar, kontrol edici antrenör davranışlarının daha yüksek sporcu tükenmişliğiyle ilişkili olduğunu göstermektedir. Buna karşılık özerklik destekleyici antrenörlük, etkili iletişim ve nitelikli antrenör-sporcu ilişkisi daha düşük tükenmişlikle ilişkili olabilecek önemli kişilerarası faktörler olarak öne çıkmaktadır. Ergen taekwondo sporcularından elde edilen güncel bulgular, kontrol edici antrenörlük ile tükenmişlik arasındaki ilişkide temel psikolojik ihtiyaçların engellenmesinin önemli bir mekanizma olabileceğini göstermesi açısından özellikle değerlidir. Taekwondo sporcularındaki tükenmişliğin çok faktörlü yapısı da göz önünde bulundurulmalıdır. Güncel

taekwondo araştırmaları, uyku kalitesi ve fiziksel aktiviteden alınan keyfin de tükenmişlikle anlamlı biçimde ilişkili olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla tükenmişliğin önlenmesinde antrenör davranışları, psikolojik ihtiyaçlar, iletişim, antrenör-sporcu ilişkisi, uyku ve toparlanma süreçleri ile sporcunun olumlu spor deneyiminin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda antrenör eğitimlerinde sporcu tükenmişliğinin belirtilerinin tanınması, özerklik destekleyici antrenörlük, etkili iletişim, psikolojik ihtiyaçların desteklenmesi ve yapıcı geri bildirim konularına yer verilmesi önerilmektedir. Özellikle çocuk ve ergen taekwondo sporcularında sportif başarı hedeflerinin sağlıklı gelişim ve sporcu iyi oluşuyla dengelenmesi önemlidir. Gelecekte taekwondo alanında farklı yaş, cinsiyet ve performans düzeylerini kapsayan boylamsal ve müdahale çalışmalarının yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Antrenör davranışları, psikolojik ihtiyaçlar ve tükenmişliğin yanı sıra objektif antrenman yükü, uyku, toparlanma, spordan ayrılma niyeti ve sportif performans göstergelerinin birlikte değerlendirilmesi, tükenmişlik sürecinin daha kapsamlı anlaşılmasına katkı sağlayabilir. Sonuç olarak, etkili taekwondo antrenörlüğünün yalnızca sporcunun teknik ve sportif performansını geliştirmekle sınırlı olmadığı; sporcunun psikolojik ihtiyaçlarını destekleyen, sağlıklı iletişimi sürdüren ve uzun dönemli spor katılımını koruyan bir antrenman ortamı oluşturmayı da içerdiği söylenebilir.

KAYNAKÇA

Barcza-Renner, K., Eklund, R. C., Morin, A. J. S., & Habeeb, C. M. (2016). Controlling coaching behaviors and athlete burnout: Investigating the mediating roles of perfectionism and motivation. *Journal of Sport & Exercise Psychology, 38*(1), 30–44.

Barcza-Renner, K., Eklund, R. C., Morin, A. J., & Habeeb, C. M. (2016). Controlling coaching behaviors and athlete burnout: Investigating the mediating roles of perfectionism and motivation. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *38*(1), 30-44.

Choi, H., Jeong, Y., & Kim, S.-K. (2020). The relationship between coaching behavior and athlete burnout: Mediating effects of communication and the coach–athlete relationship. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*(22), 8618.

Choi, H., Jeong, Y., & Kim, S. K. (2020). The relationship between coaching behavior and athlete burnout: Mediating effects of communication and the coach–athlete relationship. *International journal of environmental research and public health*, *17*(22), 8618.

Morales-Sánchez, V., Crespillo-Jurado, M., Jiménez-López, D., Morillo-Baro, J. P., Hernández-Mendo, A., & Reigal, R. E. (2020). Relationships between controlling interpersonal coaching style, basic psychological need thwarting, and burnout, in adolescent soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(13), 4909.

Özer, Ş. C., Erdoğan, A., Keskin, M. T., Gözen, İ., & Temür, E. (2026). Associations among sleep quality, physical activity enjoyment, and burnout in elite male taekwondo athletes: A structural equation modeling study. *BMC Psychology, 14*, 746.

Raedeke, T. D., & Smith, A. L. (2001). Development and preliminary validation of an athlete burnout measure. *Journal of Sport & Exercise Psychology, 23*(4), 281–306.

CHANGES IN ONLINE SEARCH INTEREST IN WEIGHT LOSS INJECTIONS IN TÜRKİYE FROM 2016 TO 2026: A GOOGLE TRENDS ANALYSIS

TÜRKİYE'DE ZAYIFLAMA İĞNELERİNE YÖNELİK ÇEVRİM İÇİ ARAMA İLGİSİNİN 2016–2026 DÖNEMİNDEKİ DEĞİŞİMİ: GOOGLE TRENDS ANALİZİ

Assist. Prof. Dr. Mücahit MUSLU

Department of Nutrition and Dietetics, Faculty of Health Sciences, Kastamonu University, Türkiye

ORCID ID: 0000-0002-8761-5061

ABSTRACT

This study aimed to examine temporal and regional changes in online search interest in injectable treatments used or publicly discussed for weight loss in Türkiye. This retrospective, descriptive infodemiological study used Google Trends data. Web searches in Türkiye for the terms "Ozempic," "Mounjaro," "Saxenda," "Wegovy," and "weight loss injection" were evaluated from September 30, 2016, to September 30, 2026. Monthly relative search volume (RSV) values were summarized using descriptive statistics, while temporal trends were analyzed using Kendall's rank correlation and Sen's slope. Regional distributions and related queries were also examined. Analysis of data covering 121 months showed that Ozempic had the highest mean RSV over the entire study period, followed by Mounjaro, Saxenda, "weight loss injection," and Wegovy. Search interest increased significantly for all terms during 2016–2026 ($p<0.001$). From January 2024 to September 2026, significant increases were observed for Mounjaro, Wegovy, Ozempic, and "weight loss injection," whereas search interest in Saxenda decreased significantly ($p<0.001$). Mounjaro demonstrated the strongest recent increase and reached the highest RSV in July 2026. In the regional analysis, Muğla had the highest or one of the highest RSV values for all terms. Related queries focused primarily on price, dosage, administration, adverse effects, user experiences, and comparisons between products. These findings indicate that online interest in weight loss injections in Türkiye increased rapidly, particularly after 2024, and shifted toward newer products. Evidence-based health communication and safe-use counseling provided by healthcare professionals should therefore be strengthened.

Keywords: Google Trends, infodemiology, obesity, semaglutide, tirzepatide

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, Türkiye'de zayıflama amacıyla kullanılan veya bu amaçla kamuoyunda gündeme gelen enjeksiyon tedavilerine yönelik çevrim içi arama ilgisinin zamansal ve bölgesel değişimini incelemektir. Retrospektif ve tanımlayıcı nitelikteki bu infodemiyoloji çalışmasında Google Trends verileri kullanılmıştır. Türkiye'de 30 Eylül 2016–30 Eylül 2026 tarihleri arasında "Ozempic", "Mounjaro", "Saxenda", "Wegovy" ve "zayıflama iğnesi" terimlerine yönelik web aramaları değerlendirilmiştir. Aylık göreli arama ilgisi değerleri tanımlayıcı istatistiklerle özetlenmiş; zamansal eğilimler Kendall sıra korelasyonu ve Sen eğimi kullanılarak analiz edilmiştir. Ayrıca bölgesel dağılım ve ilişkili sorgular incelenmiştir. Toplam 121 aya ait verilerin analizinde, tüm dönem için en yüksek ortalama göreli arama ilgisi Ozempic'te belirlenmiş, bunu Mounjaro, Saxenda, "zayıflama iğnesi" ve Wegovy izlemiştir. İncelenen terimlerin tamamında 2016–2026 döneminde anlamlı artış görülmüştür ($p<0,001$).

Ocak 2024–Eylül 2026 döneminde Mounjaro, Wegovy, Ozempic ve "zayıflama iğnesi" aramalarında anlamlı artış saptanırken Saxenda aramalarında anlamlı azalış belirlenmiştir ($p<0,001$). En güçlü güncel artış Mounjaro'da görülmüş ve bu terim Temmuz 2026'da en yüksek göreli arama ilgisine ulaşmıştır. Bölgesel incelemede Muğla bütün terimlerde en yüksek veya en yükseklerden biri olan göreli arama ilgisine sahip olmuştur. İlişkili sorgular fiyat, doz, kullanım şekli, yan etkiler, kullanıcı deneyimleri ve ürünler arası karşılaştırmalar üzerinde yoğunlaşmıştır. Sonuçlar, Türkiye'de zayıflama iğnelerine yönelik çevrim içi ilginin özellikle 2024 sonrasında hızla arttığını ve ilginin daha yeni ürünlere yöneldiğini göstermektedir. Bu alanda kanıta dayalı sağlık iletişiminin ve sağlık profesyonelleri tarafından sunulan güvenli kullanım danışmanlığının güçlendirilmesi gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: Google Trends, infodemiyoloji, obezite, semaglutid, tirzepatid

INTRODUCTION

Obesity is a chronic and progressive public health problem associated with type 2 diabetes, cardiovascular disease, hypertension, and certain types of cancer. In a study conducted among adults in Türkiye, obesity prevalence was 27.7% according to the standard body mass index (BMI) classification of ≥30 kg/m². When the study-derived BMI cut-off of approximately 28.8 kg/m² was applied, prevalence increased to 33.6% (Özsaydı et al., 2026).

Although lifestyle changes are the foundation of obesity treatment, pharmacological treatment options have diversified considerably in recent years. Glucagon-like peptide-1 receptor agonists and glucose-dependent insulinotropic polypeptide/glucagon-like peptide-1 receptor agonists can contribute to the regulation of appetite and energy intake and produce clinically meaningful weight loss. The STEP-1 trial showed that once-weekly semaglutide, in combination with lifestyle intervention, resulted in substantial weight loss in adults with overweight or obesity (Wilding et al., 2021). In the SURMOUNT-1 trial, mean weight loss of approximately 19.5% and 20.9% was reported with tirzepatide doses of 10 and 15 mg, respectively (Jastreboff et al., 2022). Real-world data from Türkiye have also shown that liraglutide, semaglutide, and tirzepatide are effective for weight management, with the greatest weight loss observed among patients using tirzepatide (Çetiner, 2026).

As the clinical use of these drugs has expanded, their public visibility has also increased rapidly. Although brand names such as Ozempic, Mounjaro, Saxenda, and Wegovy represent different active substances and approved indications, they are often discussed together online under the broad heading of "weight loss injections." Social media posts, user experiences, and statements by celebrities can extend interest in these products beyond their medical indications. Han et al. (2024) showed that Google searches for Ozempic and related products increased substantially and that this increase was associated with interest in cosmetic weight loss. Another study examining global searches for semaglutide emphasized that growing online interest should be considered alongside public health concerns such as inappropriate use, drug shortages, and access to counterfeit products (Raubenheimer et al., 2024).

Online searches may reflect not only public curiosity but also changes in drug use. Berning et al. (2025) reported strong positive associations between internet searches for semaglutide and tirzepatide and prescription volumes. Internet search data may therefore be considered a complementary source for monitoring public interest in new weight management medications. However, high online visibility does not necessarily mean that accurate and reliable information is being accessed. A study of community pharmacists in Türkiye identified knowledge gaps concerning the approval status of GLP-1 receptor agonists and counseling practices related to these drugs (Bayram-Özgür et al., 2026). This makes it important to examine the nature of the

information people seek, particularly their needs regarding price, use, dosage, adverse effects, and comparisons between products.

Google Trends enables the assessment of search interest within a specified period and geographic area using anonymized and aggregated relative search volume values. Google Trends data have previously been used in Türkiye to examine public interest in popular diets, and searches for some diet-related terms were shown to have increased markedly over time (Bayram & Öztürkcan, 2024). However, no study was identified that jointly evaluated the long-term changes, regional distribution, and related information-seeking patterns of searches for different weight loss injections in Türkiye. This study aimed to examine changes over time, regional distributions, and related search patterns for the terms Ozempic, Mounjaro, Saxenda, Wegovy, and "weight loss injection" in Türkiye from 2016 to 2026 using Google Trends data.

METHODS

Study Design and Data Source

This retrospective, descriptive infodemiological study examined online search interest in injectable treatments used or publicly discussed for weight loss in Türkiye. Data were obtained from the Google Trends platform on October 2, 2026. The study period was September 30, 2016, to September 30, 2026.

Google Trends does not provide absolute search counts; instead, it reports relative search interest normalized against the total number of Google searches within a specified geographic area and time period. Normalized values are scaled from 0 to 100. A value of 100 represents the highest relative interest under the selected query conditions, whereas a value of 0 indicates either insufficient search volume or a search volume below the reporting threshold.

Search Strategy

Searches were restricted to Türkiye, with "All categories" selected as the category and "Web Search" as the search type. To represent public interest in weight loss injections in Türkiye, the terms "Ozempic," "Mounjaro," "Saxenda," "Wegovy," and "zayıflama iğnesi" were compared within the same query. All expressions were entered as "search terms" on the Google Trends platform.

The commercial product names were selected based on their visibility in online searches related to weight loss. The products examined were not considered clinically or pharmacologically equivalent; they were treated as search terms representing public online information-seeking behavior regarding weight loss injections.

Variables and Data Processing

For each search term, monthly and annual RSV values, the month with the highest search interest, regional distributions, and related queries were examined. Values displayed as "<1" in the time series were coded as 0.5, while blank cells in the regional data were treated as missing. Related queries were descriptively examined in terms of price, use, dosage, effectiveness, adverse effects, user experiences, and comparisons between products.

Statistical Analysis

Monthly RSV values were summarized using the mean, standard deviation, median, interquartile range, minimum, and maximum. Annual mean RSV values were calculated as the arithmetic mean of the monthly values for each calendar year. Results for 2026 cover January to September.

The monotonic association between search interest and time was assessed using Kendall's rank correlation coefficient (Kendall's τ), and the magnitude of monthly change was calculated using

Sen's slope. Analyses were conducted for both the full period from September 2016 to September 2026 and the more recent period from January 2024 to September 2026 to identify recent changes in direction. Statistical significance was set at a two-sided $p<0.05$. Analyses were performed using Python 3.12.14, pandas 2.2.3, and SciPy 1.17.0.

No personal or identifiable data were used in this study. Because the data were publicly available, anonymous, and aggregated, ethics committee approval was not required.

RESULTS

Descriptive Findings for Search Terms

Google Trends data for 121 months between September 2016 and September 2026 were examined. Over the entire study period, the highest mean RSV was observed for Ozempic, followed by Mounjaro, Saxenda, "weight loss injection," and Wegovy. However, because the products entered public awareness at different times, the mean values for the entire period do not, by themselves, reflect current search interest (Table 1).

Table 1. Descriptive statistics for monthly relative search interest by search term

Search term	Mean ± SD	Median	Interquartile range	Minimum–maximum	Month of first positive RSV	Month of highest interest
Ozempic	10.40 ± 17.02	1.0	0.0–11.0	0–59	May 2019	June 2025
Mounjaro	8.83 ± 22.05	0.0	0.0–2.0	0–100	December 2022	July 2026
Saxenda	6.88 ± 4.61	7.0	3.0–11.0	0–16	May 2018	July 2023
Wegovy	1.86 ± 4.20	0.0	0.0–1.0	0–18	October 2019	July 2026
Weight loss injection	4.57 ± 9.29	1.0	1.0–3.0	0–51	January 2017	June 2026

SD: standard deviation.

Annual Changes in Search Interest

Annual mean RSV values for the search terms are presented in Table 2. Interest in Saxenda became prominent earlier and reached its highest level in 2023–2024. Searches for Ozempic increased from 2024, while searches for Mounjaro, Wegovy, and the general term "weight loss injection" increased markedly, particularly from 2025 onward. The highest monthly RSV values were observed in June 2025 for Ozempic (59), July 2026 for Mounjaro (100), July 2023 for Saxenda (16), July 2026 for Wegovy (18), and June 2026 for "weight loss injection" (51).

Table 2. Annual mean relative search interest for the search terms from 2016 to 2026

Year	Ozempic	Mounjaro	Saxenda	Wegovy	Weight loss injection
2016*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17
2018	0.00	0.00	1.25	0.00	0.54
2019	0.04	0.00	6.42	0.04	1.00
2020	0.00	0.00	5.92	0.00	1.00
2021	0.79	0.00	7.42	0.00	1.00
2022	2.08	0.04	11.00	0.12	1.42

2023	6.50	0.88	12.83	0.96	2.58
2024	19.75	2.92	12.83	1.75	3.25
2025	43.67	27.58	8.33	4.50	9.58
2026**	42.67	76.78	4.44	15.11	34.00

* 2016 covers September–December.

** 2026 covers January–September.

Temporal Trends

For the full period from September 2016 to September 2026, positive and statistically significant associations between time and RSV were identified for all search terms (Table 3). The strongest monotonic increases were observed for "weight loss injection" and Ozempic. Although a significant increase was observed for Saxenda over the full study period, this result reflects the product's earlier rise in search interest.

Table 3. Temporal trend analysis for September 2016–September 2026

Search term	Kendall's τ	Sen's slope/month	p
Ozempic	0.847	0.170	<0.001
Mounjaro	0.775	0.026	<0.001
Saxenda	0.491	0.106	<0.001
Wegovy	0.753	0.021	<0.001
Weight loss injection	0.849	0.043	<0.001

The period from January 2024 to September 2026 was analyzed separately to assess recent changes in direction (Table 4). During this period, significant increases were observed in searches for Mounjaro, Wegovy, Ozempic, and the general term "weight loss injection," whereas search interest in Saxenda decreased significantly. Sen's slope, which indicates the magnitude of monthly change, was higher for Mounjaro (3.000) than for the other terms.

Table 4. Temporal trend analysis for January 2024–September 2026

Search term	Kendall's τ	Sen's slope/month	Trend direction	p
Ozempic	0.523	1.273	Increase	<0.001
Mounjaro	0.937	3.000	Increase	<0.001
Saxenda	−0.800	−0.368	Decrease	<0.001
Wegovy	0.774	0.500	Increase	<0.001
Weight loss injection	0.917	1.000	Increase	<0.001

Regional Search Interest

In the regional analysis, Muğla had the highest or one of the highest RSV values for all five terms. For Ozempic searches, Muğla was followed by İstanbul and Antalya; for Mounjaro, by Antalya and İstanbul; and for Saxenda, by İstanbul and Karaman. For Wegovy, Muğla and Antalya had equal highest RSV values, while for the general term "weight loss injection," Muğla was followed by İstanbul and Ordu (Table 5).

Table 5. Top three provinces with the highest relative search interest by search term

Search term	First province	Second province	Third province
Ozempic	Muğla (100)	İstanbul (91)	Antalya (91)
Mounjaro	Muğla (100)	Antalya (94)	İstanbul (82)
Saxenda	Muğla (100)	İstanbul (96)	Karaman (83)
Wegovy	Muğla (100)	Antalya (100)	İstanbul (63)
Weight loss injection	Muğla (100)	İstanbul (96)	Ordu (96)

Regional RSV values were normalized independently for each search term and were therefore compared only between provinces for the same term. Because these values do not represent absolute search counts, high scores in provinces with smaller populations should be interpreted cautiously.

Related Queries

Across all products, related queries most commonly concerned price, what the product is, dosage, administration, adverse effects, and user experiences. Searches for Ozempic prominently included "Ozempic weight loss" and "Ozempic face." Queries for Mounjaro included different doses and comparisons with Ozempic. Searches for Saxenda focused on administration, user reviews, and adverse effects, whereas Wegovy-related searches prominently concerned availability in Türkiye and comparisons with other injectable treatments. Queries related to the general term "weight loss injection" prominently included price, product names, user reviews, adverse effects, and possible harms.

Overall, the findings showed that online search interest in weight loss injections in Türkiye increased rapidly, particularly after 2024, and that public interest shifted from Saxenda toward Ozempic and, especially, Mounjaro. Related queries indicated that users sought information not only about price and access but also about the effectiveness, safety, dosage, administration, and user experiences associated with these products.

DISCUSSION

This study found that online search interest in weight loss injections in Türkiye increased substantially, particularly after 2024. Saxenda was more prominent during the earlier years of the study period, while interest subsequently shifted toward Ozempic and, more recently, markedly toward Mounjaro. Searches for Ozempic increased rapidly from 2024, and Mounjaro reached the highest RSV among all the terms examined in July 2026. In contrast, interest in Saxenda decreased significantly during 2024–2026. These findings show that public interest in injectable treatments used for weight loss has not only grown but has also shifted toward newer products over time.

The findings are consistent with international studies reporting increased online interest in weight loss medications. Han et al. (2024) reported a substantial increase in search interest in Ozempic and growing interest in products such as Wegovy and Mounjaro. Raubenheimer et al. (2024), who examined global searches for semaglutide, showed that the main increase in search interest occurred after 2022 and that weight loss was the most prominent search theme in most countries. Berning et al. (2025) found strong positive associations between online search interest and prescription volumes for semaglutide and tirzepatide. Taken together, these findings suggest that the increase observed in Türkiye resembles the global pattern. However,

Google Trends data are not prescription, purchasing, or medication-use data; increased search interest should therefore not be interpreted directly as increased medication use.

The rapid rise in interest in Mounjaro above that for the other products may be associated with the public visibility of tirzepatide's high efficacy for weight loss. In the SURMOUNT-1 trial, mean weight loss with tirzepatide doses of 10 and 15 mg was reported to be approximately 19.5% and 20.9%, respectively (Jastreboff et al., 2022). A real-world study conducted in Türkiye also reported greater weight loss among patients using tirzepatide than among those using semaglutide or liraglutide (Çetiner, 2026). However, the present study did not directly examine the reasons for changes in search interest. In addition to clinical efficacy, the timing of product launches, availability, cost, media visibility, and the sharing of user experiences may also have contributed to this shift. Thus, the shift in interest from Saxenda toward Ozempic and Mounjaro should not be explained solely by differences in clinical efficacy between products.

The concentration of related queries around price across all products is noteworthy. Searches about dosage, administration, adverse effects, and user experiences followed price-related queries. This pattern suggests that access to treatment and its affordability over time are important to users. Gasoyan et al. (2025) reported that cost or insurance-related issues were the main reason for discontinuation in 47.6% of patients who stopped semaglutide or tirzepatide treatment within the first year; adverse effects and difficulties obtaining medication also contributed to discontinuation. These findings suggest that price may be relevant not only before purchase but also to decisions about starting and continuing treatment. However, because Türkiye-specific data on costs, reimbursement, and use were not examined in this study, no causal inference can be made about the effect of price queries on actual treatment behavior.

The prominence of queries about adverse effects, harms, and user experiences indicates that the public needs safety information about these products. However, the quality of information presented online varies. Campos-Rivera et al. (2025) found that the overall quality of information in Spanish-language TikTok videos about semaglutide was low and reported that 71% of the videos did not mention any risks. Propfe and Seifert (2026) also found that social media content frequently omitted or misrepresented information about semaglutide's indications, mechanism of action, adverse effects, and drug interactions. The increase in search interest therefore also highlights the need for accessible, understandable, and evidence-based content prepared by healthcare professionals and relevant authorities.

Findings from Türkiye support this need. In a study of community pharmacists, Bayram-Özgür et al. (2026) reported that requests for semaglutide and liraglutide were mostly for weight loss and were often made without a prescription or medical advice. The study also identified knowledge gaps regarding approved indications and safe counseling practices. In the present study, the prominence of queries such as "how to use," "user experiences," "side effects," and "names of weight loss injections" suggests that members of the public seek information online about choosing and using these medications. This increases the importance of counseling involving physicians, pharmacists, and dietitians. These treatments should not be presented solely as tools for weight loss; they should be considered in conjunction with appropriate indications, medical monitoring, dietary planning, potential adverse effects, and weight management after treatment.

In the regional analysis, Muğla had the highest or one of the highest RSV values for all terms. However, regional Google Trends scores represent the relative share of a term among all searches in each province, not absolute search counts. Therefore, higher values in Muğla do not mean that more people used the medications or conducted more searches. Regional differences may arise from multiple factors, including demographic characteristics, internet use, access to healthcare services, temporary population changes, and media visibility. Since these variables

were not examined in the present study, regional findings should be interpreted descriptively. The different search patterns across countries reported by Raubenheimer et al. (2024) also show that online interest may vary according to local context.

The strengths of this study include its ten-year observation period, its comparison of four commercial product names with the general term "weight loss injection" in the same query, and its joint assessment of temporal data, regional distributions, and related queries. However, the findings should be interpreted in light of several limitations. Google Trends provides relative interest normalized on a scale from 0 to 100 rather than actual search counts. The age, sex, health status, search purpose, and medication use of people conducting the searches are unknown. The same individual may have conducted multiple searches, and media events may have caused short-term increases in search interest. In addition, searches for commercial product names do not provide information about the approved indications of those products. Google's sampling and normalization procedures may result in small variations when the same query is repeated at different times. Serial autocorrelation between consecutive observations in the monthly Google Trends series was not specifically assessed. Therefore, the p values from the trend analyses should be interpreted cautiously, as a potential violation of the independence assumption for monthly observations may affect statistical significance. For these reasons, Google Trends data should be regarded as a complementary indicator of public information-seeking behavior, rather than as a direct measure of medication use or disease prevalence (Nuti et al., 2014; Rovetta, 2024).

CONCLUSION

Online search interest in weight loss injections in Türkiye increased substantially, particularly after 2024. Over time, interest shifted from Saxenda toward Ozempic and, most recently, Mounjaro. Mounjaro reached the highest search interest in 2026, while interest in Saxenda declined. The concentration of related queries around price, administration, dosage, adverse effects, and user experiences indicates that the public seeks information about both access to treatment and safe use.

These findings point to the need to strengthen evidence-based and understandable health communication about weight loss injections. Physicians, pharmacists, and dietitians should work together to provide counseling on appropriate indications, dietary support, potential adverse effects, and long-term weight management. Future studies combining Google Trends data with prescription, sales, reimbursement, and pharmacovigilance data may help clarify the extent to which online interest is associated with actual medication use.

REFERENCES

Bayram, H. M., & Öztürkcan, A. (2024). Türkiye'de popüler diyet terimlerine gösterilen ilginin incelenmesi: Bir infodemiyoloji çalışması. *Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi, 6*(1), 120–130. https://doi.org/10.46413/boneyusbad.1408596

Bayram-Ozgur, D., Demirturk, E., & Sar, Y. (2026). Community pharmacists' knowledge and counseling competence on GLP-1 receptor agonists in obesity and type 2 diabetes care in Türkiye: A cross-sectional study. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity, 19*, 587750. https://doi.org/10.2147/DMSO.S587750

Berning, P., Adhikari, R., Schroer, A. E., Jelwan, Y. A., Razavi, A. C., Blaha, M. J., & Dzaye, O. (2025). Longitudinal analysis of obesity drug use and public awareness. *JAMA Network Open, 8*(1), e2457232. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.57232

Campos-Rivera, P. A., Alfaro-Ponce, B., Ramírez-Pérez, M., Bernal-Serrano, D., Contreras-Loya, D., & Wirtz, V. J. (2025). Quality of information and social norms in Spanish-speaking TikTok videos as levers of commercial practices: The case of semaglutide. *Social Science & Medicine, 366*, 117646. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2024.117646

Cetiner, S. (2026). Real-world effectiveness and safety of tirzepatide, semaglutide, and liraglutide in adults with overweight or obesity without diabetes: A comparative study. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity, 19*, 594898. https://doi.org/10.2147/DMSO.S594898

Gasoyan, H., Butsch, W. S., Casacchia, N. J., Schulte, R., Criswell, V., Fox, J., Renner, H., Le, P., Alpert, J., & Rothberg, M. B. (2025). Reasons for discontinuation of obesity pharmacotherapy with semaglutide or tirzepatide in clinical practice. *Obesity, 33*(12), 2296–2303. https://doi.org/10.1002/oby.70058

Han, S. H., Safeek, R., Ockerman, K., Trieu, N., Mars, P., Klenke, A., Furnas, H., & Sorice-Virk, S. (2024). Public interest in the off-label use of glucagon-like peptide 1 agonists (Ozempic) for cosmetic weight loss: A Google Trends analysis. *Aesthetic Surgery Journal, 44*(1), 60–67. https://doi.org/10.1093/asj/sjad211

Jastreboff, A. M., Aronne, L. J., Ahmad, N. N., Wharton, S., Connery, L., Alves, B., Kiyosue, A., Zhang, S., Liu, B., Bunck, M. C., & Stefanski, A. (2022). Tirzepatide once weekly for the treatment of obesity. *The New England Journal of Medicine, 387*(3), 205–216. https://doi.org/10.1056/NEJMoa2206038

Nuti, S. V., Wayda, B., Ranasinghe, I., Wang, S., Dreyer, R. P., Chen, S. I., & Murugiah, K. (2014). The use of Google Trends in health care research: A systematic review. *PLOS ONE, 9*(10), e109583. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109583

Özsaydı, S. Z., Durmuş, H., Tekdemir, L., Özsaydı, S., Borlu, A., & Öner, N. (2026). Reassessing BMI thresholds for obesity: A population-based study in Turkish adults. *International Journal of Obesity*. Advance online publication. https://doi.org/10.1038/s41366-026-02142-y

Propfe, L. E., & Seifert, R. (2026). Misrepresentation of semaglutide in social media. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology, 399*(1), 815–832. https://doi.org/10.1007/s00210-025-04403-5

Raubenheimer, J. E., Myburgh, P. H., & Bhagavathula, A. S. (2024). Sweetening the deal: An infodemiological study of worldwide interest in semaglutide using Google Trends extended for health application programming interface. *BMC Global and Public Health, 2*, Article 63. https://doi.org/10.1186/s44263-024-00095-w

Rovetta, A. (2024). Google Trends in infodemiology: Methodological steps to avoid irreproducible results and invalid conclusions. *International Journal of Medical Informatics, 190*, 105563. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2024.105563

Wilding, J. P. H., Batterham, R. L., Calanna, S., Davies, M. J., Van Gaal, L. F., Lingvay, I., McGowan, B. M., Rosenstock, J., Tran, M. T. D., Wadden, T. A., Wharton, S., Yokote, K., Zeuthen, N., & Kushner, R. F. (2021). Once-weekly semaglutide in adults with overweight or obesity. *The New England Journal of Medicine, 384*(11), 989–1002. https://doi.org/10.1056/NEJMoa2032183

OTOYOLLARDA GEÇİŞ VERİLERİNE DAYALI DİNAMİK OLAY TESPİT ALGORİTMASI
A DYNAMIC INCIDENT DETECTION ALGORITHM FOR MOTORWAYS BASED ON TOLL PASSAGE DATA

Mülayim Tufan YILMAZ
Yüksek Lisans Öğrencisi, Gebze Teknik Üniversitesi Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü, Akıllı Şehir ve Ulaşım Teknolojileri, Kocaeli, Türkiye
ORCID 0009-0008-8651-3793
Göker AKSOY
Doç. Dr., Gebze Teknik Üniversitesi Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye
ORCID 0000-0003-4592-7048

ÖZET

Otoyollarda kaza, arıza ve yol çalışması gibi olaylar kapasiteyi beklenmedik biçimde etkileyerek yolculuk sürelerini uzatmakta ve olayın süresiyle birlikte toplam gecikme ile ikincil kaza riski önemli ölçüde arttırmaktadır. Bu çalışmada, kapalı gişe sistemine sahip bir otoyol koridorunda ücretlendirme amacıyla hâlihazırda toplanan plaka tanıma verilerinden araç bazında yolculuk süreleri türetilmiş ve bu sürelerle olayları gerçek zamanlı olarak tespit edip etkilenen kesimi ve gecikme sürelerini belirleyen bir algoritma geliştirilmiştir. Çalışma alanı, Kocaeli'ndeki Şekerpınar gişesi ile İstanbul'daki Çamlıca gişesi arasında yedi gişe istasyonu ve 20 gişe çifti içeren koridorun İstanbul yönü olarak seçilmiştir. Çalışma dönemini oluşturan 23 Haziran ile 20 Temmuz 2026 arasındaki 28 günde yedi gişenin 14 plaka tanıma noktasının ürettiği 12.806.624 geçiş kaydından bu yöndeki 2.372.557 yolculuk verisi elde edilmiştir. Algoritma her dakika, son 15 dakikada çıkış yapan hafif taşıtların medyan yolculuk süresini ondan hemen önceki saatin medyanıyla karşılaştırarak, oran ve fark eşikleri üç ardışık dakika aşıldığında ve ölçüm önceki 14 günün aynı saatindeki alışılmış düzeyin üstündeyse alarm üretmektedir. Alarm veren ve vermeyen gişe çiftlerinin örüntüsünden olayın kesimi eleme mantığıyla belirlenmekte ve yöntem gün türü, tatil ya da hava bilgisi kullanmamaktadır. Sistem çalışma döneminde 66 olay tespit etmiş, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Yönetim Merkezinin incelenen yöne ilişkin 14 olay kaydından 12 tanesi bir olayla eşleşmiş ve kayıt zamanları bir ile üç gün kaydırılarak yapılan plasebo sınamasında eşleşme düzeyi %35,7 olduğu görülmüştür. Olayların birçoğunda kesime giren araç sayısı artmamış, bu da yükselmenin talepten değil, kapasite kaybedilmesinden kaynaklandığını göstermiştir. Sonuçlar, otoyol gişe verisinin ek bir yol kenarı algılayıcısı ve altyapı yatırımı gerektirmeden ve Bluetooth tabanlı uygulamalardan çok daha yüksek bir örneklem oranıyla olay tespitinde kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Olay Tespiti, Otoyol Geçiş Verisi, Yolculuk Süresi, Plaka Tanıma, Gerçek Zamanlı İzleme

ABSTRACT

Incidents such as crashes, breakdowns and road works reduce motorway capacity unexpectedly and lengthen travel times, and both the total delay and the risk of secondary crashes grow with incident duration. In this study, vehicle-level travel times were derived from the licence plate recognition records that a closed-system toll motorway already collects for charging, and an algorithm that detects incidents from these travel times in real time and locates the affected segment was developed. The study corridor is the Istanbul direction between the Şekerpınar toll plaza in Kocaeli and the Çamlıca toll plaza in Istanbul, with seven plazas and 20 plaza pairs. Over the 28-day period from 23 June to 20 July 2026, 14 sensors produced 12,806,624 passage

records, from which 2,372,557 trips in the study direction were formed. Every minute, the algorithm compares the median travel time of light vehicles that exited in the last 15 minutes with the median of the preceding hour and raises an alarm when the ratio and difference thresholds are exceeded for three consecutive minutes and the measurement also exceeds the normal level observed at the same time of day over the previous 14 days. The incident segment is located by elimination from the pattern of alarmed and unaffected plaza pairs, and the method uses no day-type, holiday or weather information. In the study period 66 events were detected, 12 of the 14 incident records of the Istanbul Metropolitan Municipality Traffic Management Centre matched an event, and a placebo test with record times shifted by one to three days gave a chance-match level of 35.7%. In most events the number of vehicles entering the segment did not increase, showing that the rise originated from capacity loss rather than demand. The results show that toll passage data can be used for incident detection without any additional roadside sensor.

Keywords: Incident Detection, Toll Passage Data, Travel Time, Licence Plate Recognition, Real-Time Monitoring

GİRİŞ

Otoyollarda kaza, araç arızası ve yol çalışması gibi olaylar kapasiteyi beklenmedik bir anda düşürmekte ve olaylara müdahale geciktikçe hem toplam gecikme hem de ikincil kaza riski artmaktadır. Olay süresindeki ortalama 45,9 dakikalık kısalmanın bir yılda milyonlarca araç-saat gecikme tasarrufuna karşılık geldiği [Guin vd., 2007] ve birincil olay süresindeki her ek dakikanın ikincil olay gerçekleşme olasılığını yaklaşık %1,5 artırdığı [Khattak vd., 2011] bildirilmektedir. Bu nedenle olayların erken tespiti trafik yönetim merkezlerinin temel görevleri arasında yerini alırken, literatürde kırk yılı aşkın süredir otomatik olay tespit algoritmaları geliştirilmektedir.

Klasik olay tespit sistemleri döngü (loop) algılayıcılarından alınan hacim, hız ve işgal ölçümlerine dayanmaktadır. Bunların en bilinenlerinden biri olan ve McMaster Üniversitesinde geliştirilen McMaster algoritması olarak bilinen, tek bir kesitte ölçülen akım ile işgal arasındaki ilişkinin olağan bölgesinden çıkılmasını ardışık aralıklarda arayarak tıkanıklığı tespit etmekte [Persaud vd., 1990], Hall vd. (1993) ise algoritmanın tekrarlı tıkanıklık altında çevrim içi sınamasını bildirmektedir. Bu yöntemin temel sorunu tekrarlı tıkanıklık ile olay kaynaklı tıkanıklığın birbirinden ayrılamaması olup Browne vd. (2005) tarafından geliştirilen karşılaştırma aracıyla yapılan değerlendirmede McMaster yanlış alarmlarının %65'inin tek bir darboğazda toplandığı gösterilmiştir. Türkiye için Deniz vd. (2012) İstanbul otoyol ağından alınan akım ölçümleriyle kalibre edilmiş bir benzetim ortamında APID, California 7 ve çift üstel düzeltme algoritmalarını karşılaştırmış ve bütün algoritmalarda yanlış alarm oranının hacimle arttığını tespit etmiştir. Son yıllarda ise araçların iki noktada yeniden tanınmasıyla elde edilen yolculuk süresi, tek bir kesitin ölçümlerine göre olayın etkisini direk yansıttığından olay tespiti için giderek daha çok tercih edilmektedir. Yeniden tanıma döngü algılayıcılarındaki araç imzalarıyla [Coifman, 1998], ücret etiketi okuyucularıyla [Dion ve Rakha, 2006; Chen ve Chen, 2021] ya da Bluetooth ve kablosuz ağ kimlikleriyle [Margreiter, 2016; Mercader ve Haddad, 2020] yapılabilmekte, ancak Bluetooth ve kablosuz ağ uygulamalarında araçların yalnız küçük bir payı tanınabildiğinden ölçümler oldukça gürültülü kalmaktadır. Plaka tanıma kayıtları ise okunamayan plakaların payı yüzde birin çok altında kaldığından geçen araçların neredeyse tamamını kapsadığından yolculuk süresinin dakika ölçeğinde kayıpsız izlenmesine olanak vermektedir.

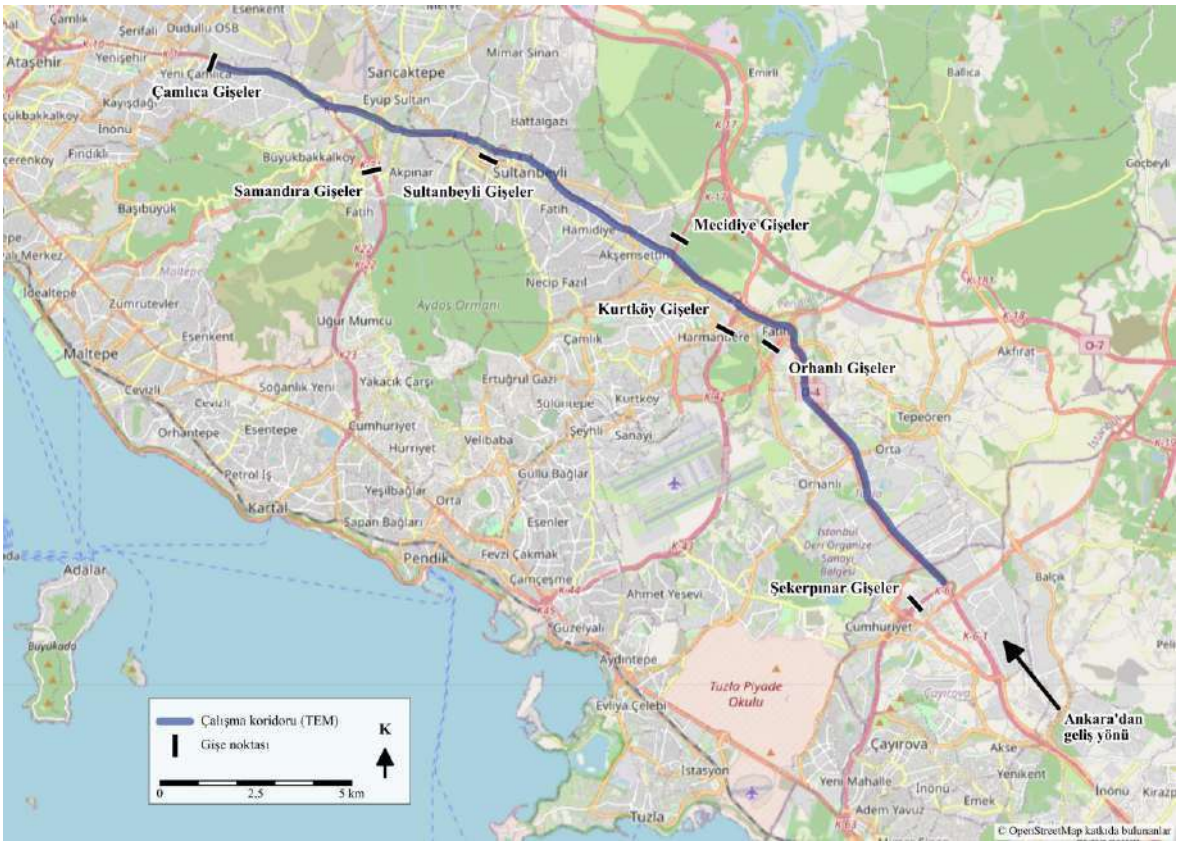
Kapalı gişe sistemine sahip otoyollarda her aracın giriş ve çıkış gişesinde plakası okunmakta ve bu kayıtlar ücretlendirme için hâlihazırda kullanılmaktadır. Soriguera vd. (2010) bu kayıtlardan yolculuk süresi ölçümünü ayrıntılı olarak ele almış, kapalı gişe verisiyle olay

tespitini ise ileriye yönelik bir çözüm olarak önermekle yetinmiştir. Olay tespit algoritmalarını derleyen ElSahly ve Abdelfatah (2022) çalışmasında gişe ya da plaka tanıma verisine dayanan bir yaklaşım bulunmamakta ve Türkiye otoyollarında gerçek gişe verisiyle olay tespiti yapan bir çalışmaya rastlanmamaktadır. Dolayısıyla, bu çalışma ile bu boşluğun doldurulması amaçlanmıştır. Çalışmanın amacı, ek bir yol kenarı algılayıcısı, etiketli eğitim kümesi ya da hava ve gün türü bilgisi gerektirmeden yalnız gişe kayıtlarıyla çalışan, olayı tespit ettiği gibi etkilenen kesimi de belirleyen ve dakikalık çözünürlükte çalıştırılabilen bir algoritma geliştirmek ve bu algoritmayı dış kayıtlarla ve plasebo sınamasıyla değerlendirmektir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Çalışma Alanı ve Veri

Çalışma alanı, Kocaeli ili Çayırova ilçesindeki Şekerpınar gişesi ile İstanbul ili Üsküdar ilçesindeki Çamlıca gişesi arasında kalan ve Orhanlı, Kurtköy, Mecidiye, Sultanbeyli ve Samandıra ara gişelerini içeren ve konumları **Şekil 1**'de gösterilen gişe istasyonlarıyla tanımlanan otoyol güzergahıdır. Şekerpınar-Çamlıca yönündeki yolculuklar incelenmiş ve bu yön çalışma yönü olarak belirlenmiştir. Çalışma yönünde ardışık iki gişe arasındaki bölüm kesim olarak tanımlandığından yedi gişe arasında altı kesim oluşmuş, giriş gişesi ile çıkış gişesinden oluşan 21 gişe çiftinden Orhanlı-Kurtköy çifti aradaki bağlantı yollarının yolculuk sürelerini çarpıtması nedeniyle çözümlemelerin dışında kalmış, ancak bu kesim onu kapsayan daha uzun çiftlerle izlenmeye devam ettiğinden yöntem altı kesimin tamamında kapsama alınmıştır.



Şekil 1: Çalışma alanı ve gişe istasyonları.

Veri seti, yedi gişenin giriş ve çıkış yönlerindeki 14 plaka tanıma noktasının 23 Haziran ile 20 Temmuz 2026 arasındaki 28 günde ürettiği 12.806.624 geçiş kaydından oluşmakta ve her kayıtta plaka ile geçiş zamanının yanı sıra aks sayısı ile aks açıklığından belirlenen araç sınıfı

bilgiside yer almaktadır. Okunamayan plakalar kayıtların yalnız %0,14'ünü, beş saniye içinde yinelenen kayıtlar ise %1,17'sini oluşturmakta olup bu kayıtlar ayıklandıktan sonra aynı plakanın bir giriş gişesindeki geçişi üç saat içindeki ilk çıkış geçişiyle eşleştirilerek çalışma yönünde 2.372.557 yolculuk verisi sağlanmıştır. Araç sınıfı, bazı giriş gişelerinde sınıf alanının güvenilir olmaması nedeniyle yalnız güvenilir gişelerin kayıtlarından plaka düzeyinde atanmış ve yolculuklar birinci sınıf otomobiller (S1), aks açıklığı 3,20 m altında ve tahmini uzunluğu 475 cm altında olan ikinci sınıf araçlar (S2K), ağır taşıtlar (AĞIR) ve motosikletler (S6) olmak üzere dört grup olarak belirlenmiştir. Aynı gişe çifti, gün türü ve 15 dakikalık dilim hücresi içinde yapılan karşılaştırmada S2K grubunun S1 grubundan %3,9, AĞIR grubunun %19,8 daha uzun, S6 grubunun ise %29,3 daha kısa sürede yolculuk yaptığı görülmüştür. Ağır taşıtların mola ve zaman kısıtlaması beklemeleri, motosikletlerin ise tıkanıklıkta araç aralarından ilerlemesi nedeniyle olay göstergesi yalnız S1 ve S2K gruplarından oluşan hafif taşıtlardan üretilmiş ve olay tespit kümesinde 2.110.902 yolculuk tercih edilmiştir.

Olay Tespit Algoritması

Geliştirilen olay tespit algoritması her dakika çalışacak biçimde tasarlanmış olup her çalışmada sırasıyla veri sağlığı denetimi, canlı ölçüm, yakın geçmiş referansı, olağanlık denetimi, alarm kararı, konumlandırma ve olay oluşturma adımlarını yürütmektedir. Veri sağlığı denetiminde her gişe noktasının son 15 dakikadaki geçiş sayısı önceki 14 günün aynı dakikasındaki medyanla karşılaştırılmakta ve geçiş sayısı medyanın onda birinin altına düşen gişeyi içeren çiftler, kesinti bitiminden sonraki 30 dakika da dâhil olmak üzere değerlendirme dışı bırakılmaktadır. Bu denetim, bir gişe noktasının geçici olarak çalışmamasının yolculuk süresinde yapay bir sıçrama gibi görünmesinin önüne geçmektedir. Canlı ölçüm M, gişe çiftinde son 15 dakikada çıkış yapan birinci sınıf taşıtların medyan yolculuk süresidir ve pencerede en az beş yolculuk bulunması gerekmektedir. Referans B ise ölçüm penceresinden hemen önceki 60 dakikada çıkış yapan en az 20 yolculuğun medyanıdır. Uzun bir tarihsel profil yerine yakın geçmişin referans alınmasının nedeni, tarihsel profilin bayram, okul tatili ve hava gibi etkenleri bilmeden yanılabilmesidir. Bu çalışmanın dayandığı daha geniş kapsamlı çözümlemede yapılan tahmin deneyinde son 20 yolculuğun medyanı, yolculuk süresini aynı gün türü ve saatin 14 günlük medyanından yarıdan daha az hatayla öngörmüştür. Tarihsel bilgi, geçmiş verisi bulunduğunda yalnız bir denetim olarak kullanılmış ve H olağanlık sınırı, önceki en çok 14 günün aynı 15 dakikalık dilimi ve komşu dilimlerindeki canlı ölçümlerin 90. yüzdeliği olarak tanımlanmıştır.

Bir gişe çiftinde alarm, **Eşitlik (1)**, **Eşitlik (2)** ve **Eşitlik (3)** ile verilen üç koşulun κ ardışık dakika boyunca birlikte gerçekleşmesiyle başlamaktadır.

$$M(t) / B(t) \geq \varphi \tag{1}$$

$$M(t) - B(t) \geq \omega \tag{2}$$

$$M(t) \geq \upsilon \cdot H(t) \tag{3}$$

Eşitliklerde $M(t)$ t dakikasındaki canlı ölçümü, $B(t)$ yakın geçmiş referansını, $H(t)$ olağanlık sınırını, φ oran eşiğini, ω dakika cinsinden fark eşiğini ve υ olağanlık katsayısını göstermektedir. Oran koşulu kısa çiftlerde ise küçük mutlak farkların, fark koşulu uzun çiftlerde küçük oranların alarm üretmesini engellemekte, olağanlık koşulu ise sabah zirvesinin her gün yinelenen yükselişinin olay sanılmasının önüne geçmektedir. Alarm başladığında referans o andaki değerinde sabitlenmekte, böylece yükselen süreler referansı yukarı çekip alarmı erken sonlandıramamaktadır. Alarm, canlı ölçümün sabitlenmiş referansa oranı φ bitiş değerinin altına inip bu durum κ bitiş dakika sürdüğünde son bulmaktadır. Parametre değerleri koridorun kendi verisinden türetilmiş olup olağan dakikalarda oranın 99. yüzdeliği 1,34, 99,9. yüzdeliği

1,66 olduğundan φ = 1,5 seçilmiş ve bu değer 108 yapılandırmalık bir duyarlılık ızgarasıyla test edilmiştir. Ana yapılandırmanın parametreleri **Tablo 1**'de verilmiştir.

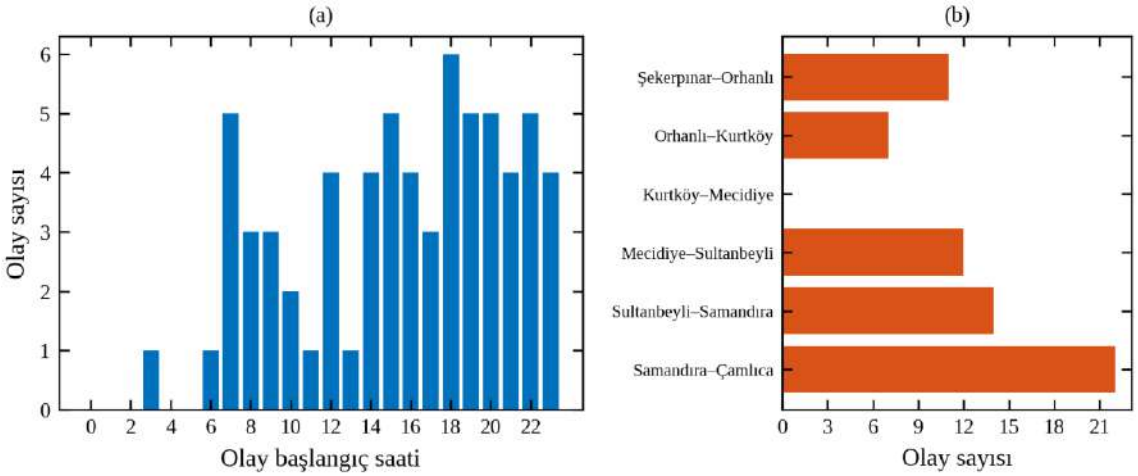
Tablo 1: Olay tespit algoritmasının ana yapılandırması.

Parametre	Simge	Değer	Açıklama
Ölçüm penceresi	w	15 dk	Canlı ölçüme giren çıkışların süresi
Referans penceresi	h	60 dk	Ölçüm penceresinden önceki süre
En az yolculuk	n, n_B	5, 20	Ölçüm ve referans pencerelerinde
Oran eşiği	φ	1,5	Canlı ölçümün referansa oranı
Fark eşiği	ω	3 dk	Canlı ölçüm ile referans farkı
Olağanlık katsayısı	υ	1,2	Olağan 90. yüzdeliğin katı
Başlatma kalıcılığı	κ	3 dk	Ardışık dakika
Bitiş oranı ve kalıcılığı	φ bitiş, κ bitiş	1,2 ve 5 dk	Dondurulmuş referansa göre
Olağanlık geçmişi	D, p	14 gün, 90	Gün sayısı ve yüzdelik
Olay birleştirme boşluğu		15 dk	Aynı kesimdeki alarm dakikaları

Konumlandırma, her gişe çiftinin hangi kesimleri kapsadığını gösteren tablo üzerinde eleme usulü yapılmaktadır. Alarm veren çiftlerin kapsadığı kesimler aday sayılmakta, ölçüm alınan fakat alarm vermeyen ve fark koşulunu da sağlamayan çiftlerin kapsadığı kesimler elenmekte ve her kesimin puanı, kesimi kapsayan alarmlı çift sayısından kesimi kapsayan etkilenmemiş çift sayısı çıkarılarak hesaplanmaktadır. Örneğin Sultanbeyli-Çamlıca çiftinde alarm varken Samandıra-Çamlıca çiftinde alarm yoksa olay Sultanbeyli ile Samandıra arasındaki kesime olay kaydı atanmaktadır. Aynı kesime atanan ve aralarında en çok 15 dakika boşluk bulunan alarm dakikaları tek bir olay altında toplanmakta, komşu kesimlerdeki eş zamanlı olaylar birleştirilmekte ve beş dakikadan daha kısa olaylar kısa süreli akım dalgalanması sayılarak elenmektedir. Her olay için toplam gecikme, olay boyunca çıkış yapan her hafif taşıtın yolculuk süresi ile dondurulmuş referans arasındaki pozitif farkların toplamı olarak hesaplanmakta ve bu değer gözlenen taşıt sayısına bölünerek taşıt başına gecikme elde edilmektedir. Bu hesap, olay kaynaklı gecikmeyi kümülatif varış ve çıkış eğrileri arasındaki alan olarak tanımlayan yaklaşımla [Newell, 1993; Khattak vd., 2011] ve Türkçe literatürde eklenik taşıt sayısı eğrisi olarak tanıtılan gösterimle [Aksoy, 2012] uyumlu olup Sando vd. (2018) tarafından 15 dakikalık hacim ile ek yolculuk süresinin çarpımıyla yapılan hesaptan, kayıtlı olay süresi yerine ölçülen sapmanın kendisine dayanmasıyla ayrılmaktadır. Olay sırasında kesime giren araç sayısının önceki saatin 15 dakikalık ortalamasına oranı ise talep artışı ile kapasite kaybını ayrıştıran bir gösterge olarak hesaplanmaktadır.

Bulgular

28 günde 197 gişe çifti alarmı oluşmuş ve bu alarmlar 66 olay altında toplanmıştır. Bu sayı günde ortalama 2,36 olaya karşılık gelmekte, olay süresinin medyanı 56 dakika, olay başına toplam gecikmenin medyanı 34,1 taşıt-saat ve taşıt başına gecikmenin medyanı 7,4 dakika olduğu görülmektedir. Olayların 50 tanesi hafta içi, 16 tanesi hafta sonu başlamış olup başlangıç saatlerine ve kesimlere göre dağılımı **Şekil 2**'de verilmiştir. Olaylar gün içine yayılmakta, sabah zirvesinde 06:00 ile 09:59 arasında 12 olay başlamakta ve en çok olay koridorun İstanbul'a yakın son iki kesimi olan Sultanbeyli-Samandıra ve Samandıra-Çamlıca kesimlerinde kaydedilmektedir. Olağanlık denetiminin değeri çalışma döneminin ilk gününde doğrudan görülmüş, geçmiş verisi bulunmayan ilk günün sabah zirvesi Samandıra-Çamlıca kesiminde 197 dakikalık bir olay üretirken aynı zirve ikinci günden itibaren denetim sayesinde olay üretmemiştir.



Şekil 2: Tespit edilen olayların başlangıç saatine (a) ve kesime (b) göre dağılımı.

Olayların gerçekliği İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Yönetim Merkezinin trafik yoğunluk haritası arayüzünde yayımlanan kaza, arıza ve yol çalışması kayıtlarıyla test edilmiştir [Web 1, 2026]. Kayıtlar çalışma dönemi boyunca arayüzden canlı olarak kaydedilmiş ve çalışma yönündeki altı kesimi ilgilendiren 14 kayıt elde edilmiştir. Bir kayıt, kayıt zamanından 30 dakika öncesi ile 120 dakika sonrası arasında başlayan ve kayıttaki kesim ya da komşusuna atanmış bir olay varsa eşleşmiş sayılmıştır. Kayıtların algoritmanın tespit ettiği olaylarla eşleşme durumu **Tablo 2**'de özetlenmiştir. Ondört kaydın 12 tanesi, başka bir deyişle %85,7'si bir olayla eşleşmiş, dokuz kaza kaydından yedisi, dört yol çalışması kaydının tamamı ve tek arıza kaydı görülmüştür. Eşleşmeyen iki kayıt 17 Temmuz 19:57 ve 18 Temmuz 23:47 tarihli Kurtköy-Mecidiye kesimine ait kaza kayıtlarıdır ve ilkinde aynı akşam 22:04'teki ikinci kaza kaydı görülmüştür.

Tablo 2: İBB kayıtlarının algoritmanın olaylarıyla eşleşmesi.

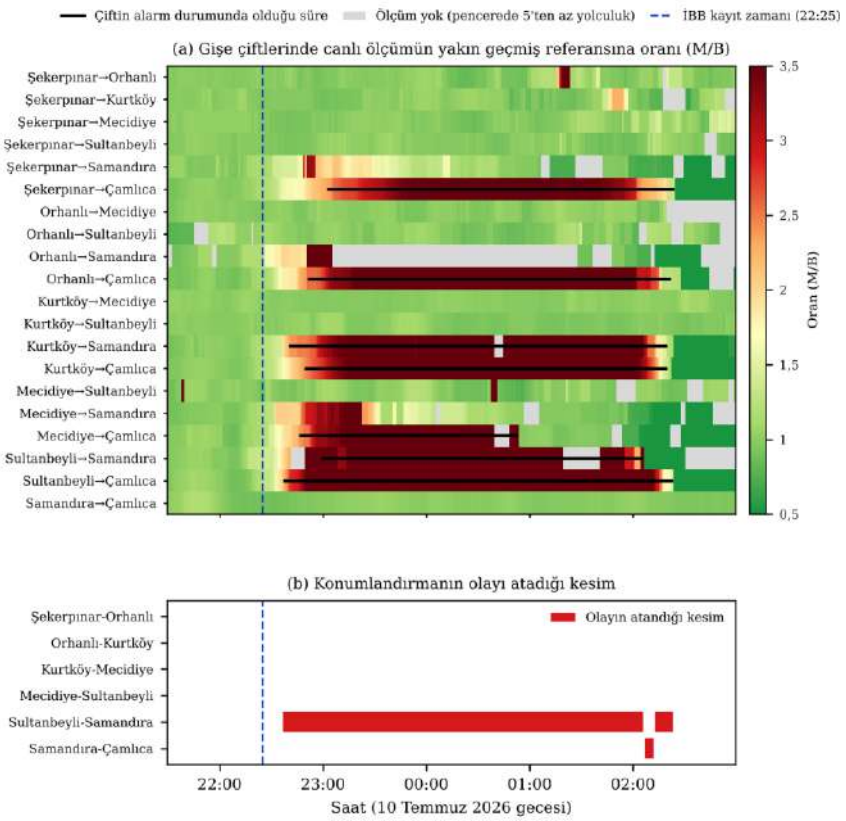
Kayıt türü	Kayıt sayısı	Eşleşen	Eşleşmeyen
Kaza	9	7	2
Yol çalışması	4	4	0
Araç arızası	1	1	0
Toplam	14	12	2

Yüksek bir isabet oranı, her dakika her yerde alarm veren bir sistemle de elde edilebileceğinden isabetin hangi payının rastlantıdan kaynaklandığı plasebo sınamasıyla saptanmaya çalışılmıştır. Kayıt zamanları bir, iki ve üç gün ileri ve geri kaydırılarak altı sahte kayıt kümesi oluşturulmuş ve her küme aynı kuralla olaylarla eşleştirilmiştir. Kaydırılmış kayıtların ortalama eşleşme payı %35,7 olmuş, gerçek kayıtların %85,7'lik isabeti ile aradaki 0,50'lik fark algoritmanın gerçek olayları yakaladığını göstermiştir. Duyarlılık ızgarasında ölçüm adımı, oran eşiği, fark eşiği ve olağanlık katsayısının 108 bileşimi sınanmış, isabet 12/14 düzeyinde kararlı kalırken olay sayısı 60 ile 76 arasında değişmiş ve ana yapılandırma, isabet ile plasebo arasındaki farkı yüksek tutarken talep artışı şüpheli olayların payını en düşük tutan bileşim olarak seçilmiştir.

Dış kayıtla eşleşmeyen olayların açıklanması için olaylar sınıflandırılmıştır. Altmış altı olayın 12'si İBB kaydıyla eşleşmiş, altısı 7 Temmuz'dan sonra her gece 21:00 ile 02:00 arasında Sultanbeyli ile Çamlıca arasında yinelenen ve İBB'nin dört gece için yol çalışması kaydettiği örüntüye uymuş, beşinde kesime giren araç sayısı önceki 14 günün aynı dakikasına göre %20'den fazla artmış ve talep artışı şüphesi doğmuş, ikisi bir veri kesintisine yakın başlamış, üçü olağanlık denetimi henüz çalışmayan ilk güne denk gelmiş ve 38'i için dış kayıt yakalanamamıştır. Olayların tamamında kesime giren araç sayısının önceki saate oranının medyanı 0,83 ve önceki 14 günün aynı dakikasına oranının medyanı 0,87 olup olayların

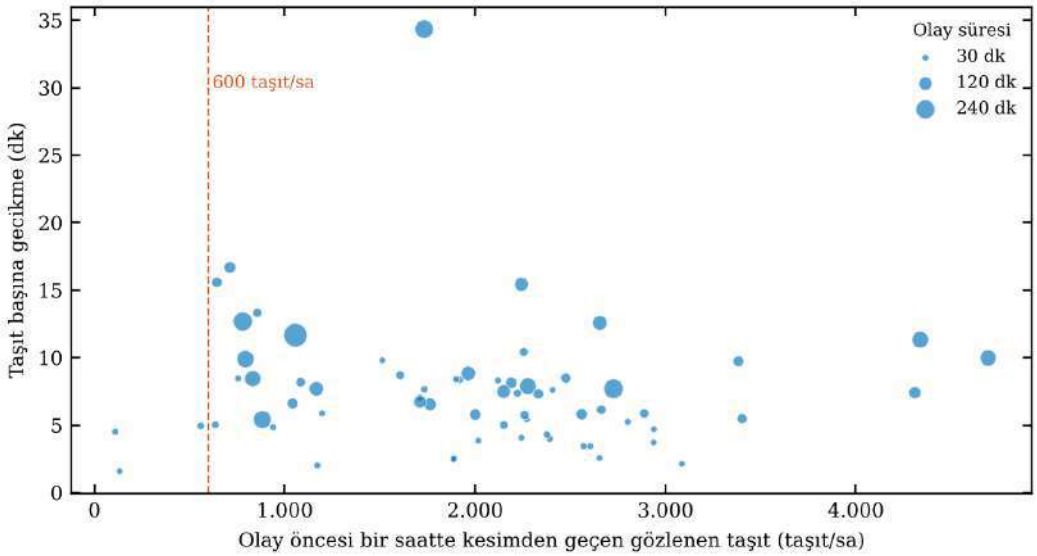
çoğunda giriş sayısı azalırken yolculuk süresinin yükselmesi, yükselmenin talepten değil kapasite kaybından kaynaklandığını göstermektedir.

Algoritmanın işleyişi 10 Temmuz gecesi Sultanbeyli ile Samandıra arasındaki yol çalışması üzerinde **Şekil 3**'te gösterilmiştir. Şekil 3 (a)'da her satır bir gişe çiftini, yatay eksen saati göstermekte ve her hücrenin rengi o dakikadaki canlı ölçümün yakın geçmiş referansına oranını vermektedir. Yeşil tonlar olağan, kırmızı tonlar olağandan uzun yolculuk sürelerine işaret etmekte, siyah yatay çizgiler çiftin alarm durumunda olduğu süreyi, gri hücreler ise ölçüm penceresinde beşten az yolculuk bulunduğu için ölçüm alınamayan dakikaları göstermektedir. İBB bu çalışmayı 22:25'te kaydetmiş, alarm 22:37'de Sultanbeyli-Çamlıca çiftinde başlamış ve kısa sürede Sultanbeyli ile Samandıra arasındaki kesimden geçen yedi çiftin tamamına yayıldığı görülmüştür. Samandıra-Çamlıca çiftinin gece boyunca yeşil kalması, Şekil 3 (b)'de konumlandırmanın olayı Sultanbeyli-Samandıra kesimine atamasını sağlamıştır. Alarmların bitişine doğru 02:00 dolayında bazı çiftlerde rengin koyu kırmızıdan önce açık tonlara sonra yeşile dönmesi kuyruğun çözüldüğünü göstermektedir. Canlı ölçüm son 15 dakikanın medyanı olduğundan tıkanıklık çözülünce hemen düşmekte, referans ise önceki bir saatin medyanı olduğundan bir süre daha tıkanıklık dönemindeki uzun süreleri taşımakta ve oran bu nedenle olay bittikten sonra bir süre 1'in altında kalmaktadır. Alarm kararı ise alarm başladığı andaki dondurulmuş referansla verildiğinden alarm, oran kayan referansa göre düşse bile yolculuk süresi olağan düzeye dönene kadar sürdüğü görülmüştür. Olay 227 dakika sürmüş, oran Mecidiye-Çamlıca çiftinde 15,2 değerine ve gecikme 138 dakikaya ulaşmış, olay 81.852 taşıt-dakika toplam gecikme ile taşıt başına 34,3 dakika gecikme yüklemiştir. Kesimde aynı anda bulunan gözlenen hafif taşıt sayısı 23:52'de 164 ile en yüksek değerine ulaşmıştır. Bu sayı bir saatlik akım değil o dakikada kesimde bulunan araç sayısı olup aynı dakikada diğer hafta içi gecelerinin medyanı 32 araçtır. Olay sırasında Sultanbeyli'den kesime giren gözlenen araç sayısı önceki saatteki 458'den 230'a düşmüş, yani kesimde biriken araç sayısı beş katına çıkarken giriş talebi yarıya inmiştir. Bu durum çalışma nedeniyle yolun kısmen kapatılmış ya da araçların yukarı akımda başka güzergâha yönlendirilmiş olabileceğini düşündürmektedir.



Şekil 3: 10 Temmuz gecesi olayında gişe çiftlerinde canlı ölçümün yakın geçmiş referansına oranı ve alarm durumu (a) ile konumlandırmanın olayı atadığı kesim (b).

Taşıt başına gecikme ile olay öncesi kesim hacmi arasındaki ilişki **Şekil 4**'te verilmiştir. Şekilde her nokta bir olayı, noktanın yatay konumu olaydan önceki bir saatte o kesimden geçen gözlenen taşıt sayısını, düşey konumu olay boyunca kesimden çıkan hafif taşıtların ortalama ek yolculuk süresini, noktanın büyüklüğü ise olayın süresini göstermektedir. Taşıt başına gecikmenin medyanı 7,2 dakika olup, olayların çoğu 4 ile 12 dakika arasında toplanmakta, en yüksek değer olan 34,3 dakika ise yukarıda incelenen 10 Temmuz gecesi olayına aittir. Taşıt başına gecikme hacimle belirgin bir ilişki göstermemekte ancak yüksek hacimli gündüz saatlerinde de düşük hacimli gece saatlerinde de benzer düzeylerde kalmaktadır. Buna karşılık tespit edilen olayların olay öncesi hacminin medyanı saatte 2.068 gözlenen taşıt olup saatte 600 taşıtın altında yalnız üç olay görülmüştür. Bu durum yöntemin bir sınırını göstermekte, kuyruk oluşturmayan bir olayın yolculuk süresine yansımaması nedeniyle düşük hacimli saatlerde tespit gücünün azaldığını yansıtmaktadır. Veri güvenirliği denetimi kapatıldığında ise iki yapay olay daha üretilmiş ve alarm dakikaları 293 dakika artmış, bu da gişe kesintilerinin ayrı bir denetimle ele alınmasının gerekliliğini doğrulamıştır.



Şekil 4: Olaylarda taşıt başına gecikme ile olay öncesi bir saatte kesimden geçen gözlenen taşıt sayısı (nokta büyüklüğü olay süresiyle orantılıdır, kesikli çizgi saatte 600 taşıt sınırını göstermektedir).

SONUÇ

Bu çalışmada, kapalı gişe sistemine sahip bir otoyol koridorunda ücretlendirme amacıyla hâlihazırda toplanan plaka tanıma verilerinin ek bir yol kenarı algılayıcısı ve altyapı yatırımı gerektirmeden gerçek zamanlı olay tespitine dönüştürülebileceği gösterilmiştir. Geliştirilen algoritma, canlı ölçümü yakın geçmişle karşılaştıran bir sapma kuralı ile tarihsel olağanlık denetimini birleştirmekte, olayın kesimini birbirini kapsayan gişe çiftlerinin eleme mantığıyla belirlemekte ve gün türü, tatil ya da farklı hava koşulları gibi talebi değiştirebilen etkiler altında da çalışabilmektedir. Yirmi sekiz günlük dönemde tespit edilen 66 olay, İBB kayıtlarının 12/14 isabetle yakalanması ve plasebo sınamasında rastlantısal eşleşmenin %35,7 düzeyinde kalması, yöntemin gerçek olaylara tepki verdiğini göstermiştir. Olayların çoğunda giriş sayısının artmaması, algoritmanın talep artışı ile kapasite kaybını kendi ölçümleriyle ayırt edebildiğini göstermiştir.

Yöntemin sınırları, kuyruk oluşturmayan düşük hacimli olayların tespit edilememesi, gişe kesintilerinin ayrı bir denetim gerektirmesi ve dış kayıtla eşleşmeyen olayların gerçekliğinin doğrulanamamasıdır. Çalışmanın devamında algoritmanın başka koridorlara ve karşı yöne uygulanması, olay türünün kestirilmesi ve bir trafik yönetim merkezi için gerçek zamanlı izleme arayüzünün geliştirilmesi planlanmaktadır. Bulgular, Türkiye otoyollarındaki mevcut gişe altyapısının yalnız ücret toplama için değil, trafik yönetimi için de değerli bir veri kaynağı olduğunu göstermektedir.

KAYNAKÇA

Aksoy G., (2012), "Bağ yolculuk sürelerinin ölçüm ve modelleme kapsamında irdelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Browne R., Foo S., Huynh S., Abdulhai B., Hall F., (2005). Comparison and analysis tool for automatic incident detection. *Transportation Research Record*, 1925, 58-65.

Chen L.-W., Chen D.-E., (2021). Exploring spatiotemporal mobilities of highway traffic flows for precise travel time estimation and prediction based on electronic toll collection data. *Vehicular Communications*, 30, 100356.

Coifman B., (1998). Vehicle re-identification and travel time measurement in real-time on freeways using existing loop detector infrastructure. *Transportation Research Record*, 1643, 181-191.

Deniz O., Çelikoğlu H. B., Gürcanlı G. E., (2012). Overview to some incident detection algorithms: A comparative evaluation with Istanbul freeway data. *Proceedings of the 12th International Conference Reliability and Statistics in Transportation and Communication (RelStat'12)*, Transport and Telecommunication Institute, Riga, 274-284.

Dion F., Rakha H., (2006). Estimating dynamic roadway travel times using automatic vehicle identification data for low sampling rates. *Transportation Research Part B*, 40, 745-766.

ElSahly O., Abdelfatah A., (2022). A systematic review of traffic incident detection algorithms. *Sustainability*, 14, 14859.

Guin A., Porter C., Smith B., Holmes C., (2007). Benefits analysis for incident management program integrated with intelligent transportation systems operations: Case study. *Transportation Research Record*, 2000, 78-87.

Hall F. L., Shi Y., Atala G., (1993). On-line testing of the McMaster incident detection algorithm under recurrent congestion. *Transportation Research Record*, 1394, 1-7.

Khattak A. J., Wang X., Zhang H., Cetin M., (2011). Primary and secondary incident management: Predicting durations in real time. *Virginia Center for Transportation Innovation and Research*, Rapor VCTIR 11-R11, Charlottesville.

Margreiter M., (2016). Automatic incident detection based on Bluetooth detection in Northern Bavaria. *Transportation Research Procedia*, 15, 525-536.

Mercader P., Haddad J., (2020). Automatic incident detection on freeways based on Bluetooth traffic monitoring. *Accident Analysis and Prevention*, 146, 105703.

Newell G. F., (1993). A simplified theory of kinematic waves in highway traffic, part I: General theory. *Transportation Research Part B*, 27 (4), 281-287.

Persaud B. N., Hall F. L., Hall L. M., (1990). Congestion identification aspects of the McMaster incident detection algorithm. *Transportation Research Record*, 1287, 167-175.

Sando T., Alluri P., Chuan C., Haule H., Kitali A., Lentz R., Huq A., (2018). Evaluation of incident response improvements for statewide application: Learning from the new regional traffic management center in Jacksonville, Florida. *Florida Department of Transportation*, Rapor BDV34-977-10, Tallahassee.

Soriguera F., Rosas D., Robusté F., (2010). Travel time measurement in closed toll highways. *Transportation Research Part B*, 44, 1242-1267.

Web 1, (2026), İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Yönetim Merkezi, İstanbul Trafik Yoğunluk Haritası, https://uym.ibb.gov.tr/yharita6/, (Erişim Tarihi: 23/06/2026 ile 20/07/2026 arasında canlı kayıt).

DERNEK TÜZEL KİŞİLİĞİ, İKTİSADİ İŞLETMELERİ VE BAĞLI ŞİRKETLERİN HUKUKİ DEĞERLENDİRİLMESİ
LEGAL EVALUATION OF ASSOCIATION LEGAL PERSONALITY, ECONOMIC ENTERPRISES AND AFFILIATED COMPANIES

Dr. Öğr. Üyesi Nazmi OCAK
Marmara Üniversitesi İşletme Fakültesi, Ticaret Hukuku Anabilim Dalı

ÖZET
Toplumsal bir varlık olan insanın temel ve ortak ihtiyaçlarının karşılanması kolektif hareket etmeyi zorunlu kılmaktadır. Tek başına bireyin hayatta kalmanın ötesinde ait olduğu toplumun kültürel değerlerini öğrenmesi, kişiliğini geliştirmesi ve sosyal hayatta da varlığını göstermesi birliktelik ruhuyla olmaktadır. Modern toplumlarda örgütlenme özgürlüğü ve demokratik devletin işleyişinde sosyal baskı unsuru olan sivil toplum kuruluşlarının kurulmasına ve gelişmesine özel önem verilmektedir. Bireysel ve toplumsal ihtiyaçların karşılanması amacıyla hukuk düzeni tarafından kurucularından bağımsız bir süje olarak "dernek" adıyla bir tüzel kişilik oluşturulmuştur. Dernek kuruluş ve işleyişi hem Türk Medeni Kanunu hem de Dernekler Kanunu'nda düzenlenmiştir. Asgari yedi gerçek ya da tüzel kişi ile kurulabilen derneğin, üyeleri tarafından oluşan genel kurul ve bu kurul tarafından seçilen yönetim kurulu ile denetim kurulu bulunmalıdır. Mal topluluğu olan vakıftan farklı olarak dernek kişi topluluğudur. Vakıflar da olduğu gibi dernekler de "ideal gaye" ile hareket etmek zorunda olup, kazanç paylaşmak amacı taşıyamaz. Her ne kadar derneğin amacı kazanç elde edip paylaşmak olamaz ise de bu amaca ulaşmak için derneğin iktisadi işletme işletmesi hatta ticaret şirketi kurarak ekonomik faaliyetlerini ayrı tüzel kişilik olan ticaret şirketi eliyle yürütmesinde bir engel bulunmamaktadır.

İktisadi işletme faaliyeti ticari işletme büyüklüğüne ulaştığında dernek tacir sıfatı kazanarak tacir olmanın hüküm ve sonuçlarına tabi olabilmektedir. Bununla birlikte kamu yararına çalışan dernekler açısından farklı düzenleme yapılarak tacir sayılmamanın yanında kamu yararına çalışan dernekler için çeşitli vergisel avantajlar öngörülmüştür. Derneklerin kamu yararına çalışması özendirilerek sosyal devlet ilkesince kamu gücü tarafından yerine getirilmesi gereken yükümlülüklerden bir kısmının kamu yararına çalışan dernekler tarafından yerine getirilmesi sağlanmaktadır. Çalışmamızda derneklerin kuruluşu, organları, lokal faaliyeti, iktisadi işletmeleri ve şirketleri ile kamu yararına çalışan dernekler incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dernek, Hukuksal Yapı, Lokal, İktisadi İşletme, Şirket, Kamu Yararına Çalışma.

ABSTRACT
As social beings, meeting the basic and common needs of humans necessitates collective action. Beyond mere survival, an individual's ability to learn the cultural values of their society, develop their personality, and assert their presence in social life is achieved through a spirit of togetherness. In modern societies, the establishment and development of civil society organizations, which serve as a social pressure element in the functioning of a democratic state and the freedom of association, are given special importance. To meet individual and societal needs, the legal system has created a legal entity called an "association," independent of its

founders. The establishment and operation of associations are regulated in both the Turkish Civil Code and the Associations Law. An association, which can be established with a minimum of seven natural or legal persons, must have a general assembly composed of its members, and a board of directors and an audit committee elected by this assembly. Unlike foundations, which are a collection of assets, associations are a collection of individuals. Like foundations, associations must act with an "ideal purpose" and cannot aim at profit sharing. Although the association's purpose cannot be to generate and share profits, there is no obstacle to the association establishing an economic enterprise or even a commercial company to conduct its economic activities as a separate legal entity.

When the economic enterprise activity reaches the size of a commercial enterprise, the association acquires the status of a merchant and becomes subject to the rules and consequences of being a merchant. However, a different regulation has been established for associations working for the public good, exempting them from being considered merchants and providing them with various tax advantages. By encouraging associations to work for the public good, the principle of the social state ensures that some of the obligations that should be fulfilled by public authority are carried out by associations working for the public good. In this study, the establishment, organs, local activities, economic enterprises, and companies of associations, as well as associations working for the public good, have been examined.

Keywords: Association, Legal Structure, Local, Economic Enterprise, Company, Public Benefit Work.

GİRİŞ

İnsanın yeme-içme, barınma, sağlık gibi fizyolojik ihtiyaçlarının yanında toplumsal yaşam içerisinde güvenlik, sosyal (aidiyet) ihtiyacı da bulunmaktadır. Modern toplumlarda devlet kurumlarının yanında birey ihtiyaçlarının giderilmesi amacıyla çeşitli kurum ve kuruluşlar varlık göstermektedir[1]. Toplumların temel ihtiyaçları, kültürel yapıları, gelenek ve görenekleri hatta inanç sistemi bu tür kuruluşların örgütlenme biçiminde etkili olmaktadır[2]. İnsanları bir araya getiren ortak ihtiyaçlar, sosyo-ekonomik farklılıklar ve nihayet kültür-sanat ve din gibi moral değerlerdir. Bireysel temel ihtiyaçlarla birlikte toplumsal ortak yaşamın zorunlu kıldığı gereksinimlerin karşılanması sosyal hizmet şeklinde ifade edilmektedir[3]. Spor, sanat, eğitim ve çevre gibi konular da örgütsel faaliyet alanlarıdır. İnsan ömrünün sınırlı olması nedeniyle daha uzun süreli varlıklara ihtiyaç duyulmaktadır. Kişisel yetenek ve sahip olunan mali imkanlar tek başına yeterli olmayıp bu imkanların birleşmesiyle daha güçlü yapılar oluşmaktadır. Sivil Toplum Kuruluşları[4] (non-governmental organization- NGO ya da civil society organization) olarak adlandırılan bu yapılar günümüzde daha çok dernek ve vakıf şeklinde karşımıza

[1] Furkan Arı, "Kamu Yararı Statüsündeki Derneklerin Sosyal Hizmetteki Tamamlayıcı Rolü", Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, Sayı: 60 (3), Yıl: 2025, s. 2172.
[2] Vehbi Ünal, "Maneviyata Duyarlı Sosyal Hizmet", Cumhuriyet İlahiyat Dergisi, Aralık 2021, 25 (2), s. 601.
[3] Ünal, s. 601.
[4] Sivil Toplum Kuruluşları hakkında ayrıntılı bilgi için bkz. Ayten Akatay/Serhat Harman, Sivil Toplum Kuruluşları, 2014.

çıkmaktadır[5]. Sosyal düzen içerisinde gönüllülük esasına dayalı birlik, platform, hareket, çalışma grubu gibi isimlerle ortak faaliyet yapmak mümkün ise de hukuk düzeninin kişilik tanıdığı kuruluşlarda sınırlı sayı ve tip ilkesi geçerlidir[6]. Dernekler kişi topluluğu olarak asgari bir kuruluş sermayesi gerektirmemesi ve izne tabi olmayıp serbestçe kurulabilmeleri nedeniyle oldukça yaygındır. Türkiye'nin farklı bölge ve illerinden büyükşehirlere göç edenler tarafından "hemşehri dernekçiliği" altında faaliyetlerden dini kuruluşların mensuplarınca kurulan derneklere kadar çok farklı amaçla dernekçilik yapılmaktadır. Dernekler faaliyette bulundukları alanlarda hükümet dışı yapılar olarak demokrasimizin güçlenmesine, ekonomik ve sosyal refaha katkı sağlamaktadır[7]. Türkiye'nin taraf olduğu Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi'nin toplanma özgürlüğü ve örgütlenme özgürlüğüne ilişkin 11. maddesi iç hukuku bağlamaktadır. 4721 sayılı Türk Medeni Kanunu (TMK)[8] ikinci bölüm "Dernekler" başlığı altında tüzel kişiliğe sahip kişi topluluğu olarak dernek kuruluş ve işleyişi düzenlenmiştir. TMK hükümleri derneklere ilişkin genel düzenleme niteliğinde olup, daha özel hükümler içeren 5253 sayılı Dernekler Kanunu[9] (DerK) ve Kanunun uygulanması amacıyla Dernekler Yönetmeliği (Yönetmelik)[10] çıkartılmıştır. Mevzuat hükümlerinin yanında Anayasa Mahkemesi, Yargıtay ve Danıştay gibi yüksek mahkemelerin dernekler ile ilgili vermiş olduğu kararlar çoğulcu demokrasi kültürünün gelişmesine katkı sağlamaktadır.

I. TÜZEL KİŞİLİK

A. Kuruluş ve Tüzel Kişilik

Dernek, "ideal" amaçla hareket eden kişi topluluğudur[11]. TMK m. 47'ye göre; "*Başlıbaşına bir varlığı olmak üzere örgütlenmiş kişi toplulukları ve belli bir amaca özgülenmiş olan bağımsız mal toplulukları, kendileri ile ilgili özel hükümler uyarınca tüzel kişilik kazanırlar*". Kişi toplulukları dernek, mal topluluğu ise vakıf için kullanılmaktadır. Kamu tüzel kişileri – özel hukuk tüzel kişileri ayırımında dernek bir özel hukuk tüzel kişisi olarak yerini alır. Spor klüpleri[12], siyasi partiler ve işçi-işveren sendikaları da temelde dernek statüsünde kişi topluluklarıdır. Tüzel kişilik ile "hak ehliyeti" yani haklardan yararlanma ehliyeti kazanılır[13] (TMK m. 48). Derneğin borçlara ehil olması, sözleşme yapabilmesi için "fiil ehliyetine" sahip

[5] Azize Namdar, Editörler: Sema Buz/Meliha Funda Afyonoğlu, Sivil Toplum Örgütleri ve Sosyal Hizmet – Sorun Alanları ve Vaka Örnekleri, Ankara 2021.
[6] Mustafa Dural/Tufan Öğüz, Türk Özel Hukuku Cilt II Kişiler Hukuku, Filiz Kitabevi, İstanbul 2025, s.226.
[7] Oral Karakaya, "Türkiye'de Dernekleşme ve Toplumsal Gelişmişlik Göstergeleri Arasındaki İlişki", Anadolu Akademi Sosyal Bilimler Dergisi, C. 4, S. 2, s. 318.
[8] RG. 08.12.2001, 24607.
[9] RG. 23.11.2004, 25649.
[10] RG. 31.03.2005, 25772.
[11] Jale G. Akipek/Turgut Akıntürk/Derya Ateş, Türk Medeni Hukuku Başlangıç Hükümleri Kişiler Hukuku, 1. Cilt, İstanbul 2024, s. 567.
[12] 7405 sayılı "Spor Kulüpleri ve Spor Federasyonları Kanunu" (RG. 26.04.2022, 31821) ile sportif faaliyet alanı özel olarak düzenlenmiş bulunmaktadır.
[13] Alman Medeni Kanunu (BGB) m. 54'te dernekler siciline tescil edilerek tüzel kişilik kazanan derneklerin yanı sıra tüzel kişilik kazanmayan derneklere de hak tanınmaktadır. Hasan Pulaşlı, "Türk, İsviçre ve Alman Hukukuna Göre "İktisadi Amaç" Kavramının Şirket ve Dernekler Bakımından Değerlendirilmesi, Batider, 2016, C. XXXII, S. 2, s. 27.

olması gerekir[14]. Fiil ehliyeti derneğin zorunlu organlarının oluşması ile kazanılır (TMK m. 49) ve derneğin yönetim organının irade açıklamasıyla bu ehliyet kullanılır[15] (TMK m. 50).

Dernek kurma ve derneklere üyelik hakkı Türkiye Cumhuriyeti Anayasa'sının "Kişinin Hakları ve Ödevleri"nin sayıldığı ikinci bölümünde "Toplantı hak ve hürriyetleri" başlığı altında düzenlenmiştiur. Anayasa m. 33'e göre; "*Herkes, önceden izin almaksızın dernek kurma ve bunlara üye olma ya da üyelikten çıkma hürriyetine sahiptir. Hiç kimse bir derneğe üye olmaya ve dernekte üye kalmaya zorlanamaz. Dernek kurma hürriyeti ancak, millî güvenlik, kamu düzeni, suç işlenmesinin önlenmesi, genel sağlık ve genel ahlâk ile başkalarının hürriyetlerinin korunması sebepleriyle ve kanunla sınırlanabilir*". Anayasa'daki hüküm Türkiye'nin taraf olduğu birçok sözleşme ile özellikle Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi'nin 11. maddesi ile uyumludur[16].

TMK m. 56'da; "*Dernekler, gerçek veya tüzel en az yedi kişinin kazanç paylaşma dışında belirli ve ortak bir amacı gerçekleştirmek üzere, bilgi ve çalışmalarını sürekli olarak birleştirmek suretiyle oluşturdukları, tüzel kişiliğe sahip kişi topluluklarıdır*" şeklinde tanımlanmıştır. Maddenin ilk düzenlemesinde "tüzel kişilikler" yer almamışken 2003 yılındaki değişiklik[17] ile tüzel kişilerin de dernek kurabilmelerine imkan tanınmıştır. Türkiye'de yerleşik yani oturma izni olan yabancılar da dernek kurabilir (TMK m. 93). "*Karşılıklılık*"; yabancının kendi ülkesinde Türk vatandaşlarına dernek kurma hakkı tanınmış olma şartı kaldırılmıştır[18].

DerK. m.2'de, "*kazanç paylaşma dışında, kanunlarla yasaklanmamış belirli ve ortak bir amacı gerçekleştirmek üzere, en az yedi gerçek veya tüzel kişinin, bilgi ve çalışmalarını sürekli olarak birleştirmek suretiyle oluşturdukları tüzel kişiliğe sahip kişi toplulukları*" olarak TMK ya benzer bir tanıma yer verilmiştir.

Dernek kurmak için herhangi bir izne ihtiyaç bulunmamaktadır. Bununla birlikte, Türk Silahlı Kuvvetleri mensupları, güvenlik kuvveti ve devlet memurları hakkında kendi özel kanunlarındaki kısıtlamaların saklı olduğu belirtilmiştir. Anayasal bir hak olan dernek kurma ve derneklere üyelik ancak Anayasa'da sayılan sebeplerle ve kanunla sınırlanabilir[19]. Onbeş

---

[14] Kemal Oğuzman/Özer Seliçi/Saibe Oktay-Özdemir, Kişiler Hukuku, Gerçek ve Tüzel Kişiler, 23. Bası, Filiz Kitabevi, İstanbul, 2024, s. 339.
[15] Dural/Öğüz, s.225; Akipek/Akıntürk/Ateş, s. 548.
[16] Demet Özdamar/Ahmet Türk/Metin İkizler/Senar Çağırgan, "Yeni Dernekler Mevzuatının Karşılaştırılmalı Olarak Değerlendirilmesi", Seçkin Yayıncılık, Ankara 2008. s.19.
[17] 4963 sayılı Kanun m.31 (RG. 07.08.2003, 25192).
[18] 5253 sayılı Kanun m.38 (RG. 25.11.2004, 25649).
[19] *"...AİHS'de düzenlenmiş benzer sınırlama sebepleri, 1982 Anayasası'nda da mevcuttur. Sözleşmenin 11/2 maddesinde ve Anayasanın 33/2 maddesinde kısıtlamalar belirlenmiş ise de, Sözleşmenin 18. maddesinin gözden kaçırılmaması gereklidir. Çünkü sözleşmedeki kısıtlamalar belirlenen amaçları dışında kullanılamayacaktır. Sözleşmenin 11. maddesi devlete sadece bireylerin bu madde ile tanınan haklarına haksız müdahale etmeme yükümlülüğünü getirmez, devlet aynı zamanda kişilerin bu madde de yer alan hakları kullanabilmelerini sağlamak için önlemler almak zorundadır (Platform "Arzte für das Leben"- Avusturya § 32). Bu maddedeki hak, örgütü kurma hakkıyla sınırlı değildir; örgütün yaşamını sürdürmesini, örgütün etkili şekilde işleyebilmesi için ifade özgürlüğünü kullanmasını da kapsar. Örgütlenme özgürlüğüne müdahaleler yasama organı, yargı organı ve idari makamlar tarafından yapılabilir. Düzenleyici bir hüküm, yargısal ve idari bir karar şeklinde müdahale olabileceği gibi, kamu makamlarının bir ihmali veya hareketsizliği, yani işlem yapmaması veya verilmiş bir hakkın keyfi olarak alınması ve finansal kaynakların kısıtlanması da müdahale oluşturabilir (Klaas ve Diğerleri-Almanya, 15473/89, § 33) ... bireylere aleviliğe inanma hakkı veriliyorsa, bu inançlarının gereğini yerine getirebileceği yerler açmak amacıyla dernek kurmasına da engel olunmamalıdır. İnanmak özgürlüğü inancın gereğini yerine getirmek*

yaşını tamamlamış çocuklar ise; "*toplumsal, ruhsal, ahlakî, bedensel ve zihinsel yetenekleri ile spor, eğitim ve öğretim haklarını, sosyal ve kültürel varlıklarını, aile yapısını ve özel yaşantılarını korumak ve geliştirmek amacıyla yasal temsilcilerinin yazılı izni ile çocuk dernekleri kurabilir veya kurulmuş çocuk derneklerine üye olabilirler*".

Her derneğin fiil ehliyetine sahip en az yedi gerçek ya da tüzel kişi tarafından imzalanmış bir tüzüğü bulunur. Tüzük için "*derneğin anayasası*" ifadesi de kullanılmaktadır[20]. Derneğin iç işleyişini belirleme ve düzenleme (dernek özerkliği) Anayasa ile tanınan hakkın kullanımı için bir zorunluluk olarak görülür[21]. Dernek Tüzüğü'nde; "derneğin adı ve merkezi, amacı, gelir kaynakları, üyelik şartları ve üyelikten çıkartılma, genel kurulun toplanma şekli ve zamanı, oy kullanma, yönetim organı, üyelik aidatı, borçlanma usulü, iç denetimin ne şekilde yapılacağı, fesih halinde malvarlığının tasfiye şeklinin" yazılması zorunludur[22] (DerK m.4; TMK m. 58). Derneğin "*kazanç paylaşma*" dışında kanuna ve ahlaka aykırı olmayan bir amacı olmalıdır[23]. Bu amaç konusu itibariyle imkansız olmamalıdır.

Tüzel kişilik kazanılmasına ilişkin üç sistem vardır. İzin, tescil ve serbest kuruluş sistemi[24]. Anayasa ve TMK'da belirtilen "*önceden izin almaksızın dernek kurabilir*" hükmü gereğince Türk Hukuku'nda "*serbest kuruluş sistemi*"ni savunanlar olduğu gibi[25]; TMK m. 59'da; "*Dernekler, kuruluş bildirimini, dernek tüzüğünü ve gerekli belgeleri yerleşim yerinin bulunduğu yerin en büyük mülkî amirine verdikleri anda tüzel kişilik kazanırlar*" hükmü gereğince "*normatif sistem*"in geçerli olduğu savunulmaktadır[26]. Bir mal topluluğu olan vakıflar Asliye Hukuk Mahkemesi kararı ile kurulup tüzel kişilik kazanabilirken derneklerin

---

özgürlüğünü de birlikte getirir. Kişilerin dini inançlarını açığa vurmak için kullandıkları araçların meşru olup olmadığı veya bir ibadet yerinin meşruluğunu belirlemek konusunda devletin takdir yetkisi yoktur (Manoussakkis-Yunanistan, 1996,§ 74). Aksi hal, zaten fiiliyatta ibadethane gibi kullanılan Cemevlerinin inşası amacıyla kurulan derneğin yasaklanması toplumsal barışın ve düzenin bozulmasına yol açacaktır. Yukarıda açıklanan nedenlerle dernek kurma özgürlüğüne müdahaleyi engelleyen yerel mahkeme kararı usul ve yasaya uygun olup, onanmalıdır" (Yargıtay Hukuk Genel Kurulu, 03.12.2014, 2014-7/1038 E., 2014/990 K.).

[20] Ergun Özsunay, Medeni Hukukumuzda Tüzel Kişiler, Tüzel Kişilerin Genel Teorisi/Dernekler/ Vakıflar, 5.Bası, İstanbul, 1982, s. 207.

[21] Akipek/Akıntürk/Ateş, s. 570. *"... dernek tüzel kişiliğinin kurucu unsurlarının derneğin tüzük ve organları olduğu, derneklerin kuruluş sözleşmesi niteliğindeki tüzüklerini kendilerinin oluşturabilecekleri, değiştirebilecekleri, organlarını belirleyebilecekleri*, organlarının iradeleri dışında derneklerin ancak mahkeme kararı ile kapatılabilecekleri anlaşılmaktadır" (Anayasa Mahkemesi, 13.07.2004, 2004/52E. 2004/94 K.).

[22] "*…dernek tüzelkişiliğinin kurucu unsurlarının derneğin tüzük ve organları olduğu, derneklerin kuruluş sözleşmesi niteliğindeki tüzüklerini kendilerinin oluşturabilecekleri, değiştirilebilecekleri, organlarını belirleyebilecekleri, organlarının iradeleri dışında derneklerin ancak mahkeme kararıyla kapatılabilecekleri anlaşılmaktadır…Türkiye Kızılay Derneği'nin yetkili organlarının iradeleri dışında bu organların görevlerine son vermeye ve bunların görevlerini yerine getirmek üzere geçici kurullar oluşturmaya yürütmenin yetkili kılınması Anayasa'nın 33. maddesinin güvence altına aldığı dernek kurma özgürlüğü alanına yapılmış açık bir müdahale niteliğindedir*" (Anayasa Mahkemesi, 13.07.2004, 2004/52 E. 2004/94 K.).

[23] "*… Bir derneğin kapatılabilmesi için o derneğin suç sayılan eylemlerin kaynağı haline geldiğinin süregelen ve birden çok eylemin varlığının saptanması halinde mümkündür… Somut olaya gelince, kapatılması istenen … … Müzik Sevenleri Koruma ve Yaşatma Derneğinin … dernek merkezinde kumar oynatıldığına dair ihbar alındığı, olay yerine gidildiği, oyun masaları, oyun zarlarının ve okey takımlarının olduğunun görüldüğü, yapılan … kontrolünde hazır bulunan 14 kişiden 10'unun suç kaydının olduğunun tespit edildiği; … sözkonusu olayların münferit olmadığı ve yargılama sürecinde de devam ettiği … davalı derneğin kamu düzenine aykırı fiillerin odağı haline geldiğinin kabulü için yeterli olduğu…"* (Yargıtay 8. HD. 02.02.2022, 2021/1887 E., 2022/650 K.).

[24] Abdullah Akkaya, "Derneklerin Kuruluşu ve Tüzel Kişilik Kazanması", Dicle Üniversitesi Adalet Meslek Yüksekokulu, Dicle Adalet Dergisi, C. 3, S. 6, 2019, s. 70.

[25] Dural/Öğüz, s.235.

[26] Özdamar ve diğerleri, s. 31.

kuruluşu son derece kolaylaştırılmıştır. Yine vakıflar için aranan asgari tutarda kuruluş malvarlığı dernekler için öngörülmemiştir.

Dernek tüzüğü, kuruluş bildirimi ve gerekli belgelerin doğruluğu en büyük mülki amir tarafından 60 gün içerisinde dosya üzerinden incelenerek bir eksiklik bulunmaz ya da eksiklik belirlenen süre içerisinde giderilirse derneğin dernekler kütüğüne kaydı yapılır (TMK m. 60). Tüzel kişilik ilk başvurunun yapıldığı anda kazanılır, dernekler kütüğüne kayıt işlemi açıklayıcıdır[27]. *Oğuzman*'a göre, tüzel kişilik kazanılamaması halinde Türk Borçlar Kanunu m. 620'de düzenlenen "adi ortaklık" hükümleri uygulanmalıdır[28].

TMK m. 91'e göre; "*Dernekler, tüzüklerinde gösterilen amaçları gerçekleştirmek üzere uluslararası faaliyette ve işbirliğinde bulunabilirler, yurt dışında şube açabilirler ve yurt dışında kurulmuş dernek veya kuruluşlara üye olarak katılabilirler*". Yabancı derneklerin Türkiye'de faaliyet göstermesi Dışişleri Bakanlığı'nın görüşü ve İçişleri Bakanlığı'nın izni ile mümkündür (TMK m. 92). 3335 sayılı Uluslararası Nitelikteki Teşekküllerin Kurulması Hakkında Kanun'a göre[29], "*Uluslararası alanda beraberlik ve işbirliği yapılmasında fayda görülen hallerde, Türk ve yabancı hakiki veya hükmi şahısların veya yalnız hükmi şahısların, kazanç paylaşma amacı dışında ve kanunlarla yasaklanmamış olmak kaydıyla ekonomik ve teknik alanlarda işbirliğini geliştirmek, bu konularda bilgi, görgü ve karşılıklı teknolojilerinden yararlanmak maksadıyla Türkiye'de veya yurtdışında; a)En az yedisinin; uluslararası nitelikte birlik, federasyon veya benzeri teşekküller kurmaları veya kurulmuş bu gibi teşekküllerin şubelerini açmaları, b)Uluslararası faaliyette bulunmaları, c)Mevcut kuruluş ve benzeri derneklere katılmaları veya bunlarla işbirliğinde bulunmaları, Cumhurbaşkanının iznine tabidir*" (m. 1).

5200 sayılı Tarımsal Üretici Birlikleri Kanunu'nun[30] "Uygulanacak diğer hükümler" başlıklı 20. maddesinde "*Bu Kanunda hüküm bulunmayan hallerde, genel hükümler ile 6.10.1983 tarihli ve 2908 sayılı Dernekler Kanunu'nun ilgili hükümleri uygulanır*" denilerek üretici birliklerine bir nevi dernek statüsü tanınmış olmaktadır.

B. Dernek Organları

1. Genel Olarak

Tüzel kişiler faaliyet ve kararlarını organları aracılığı ile gerçekleştirirler. Tüzel kişilik kazanan bir derneğin karar alabilmesi ve hukuki işlemler yapabilmesi için zorunlu organlara ihtiyaç vardır. TMK m. 72'ye göre; "*Derneğin zorunlu organları, genel kurul, yönetim kurulu ve denetim kuruludur. Dernekler zorunlu organları dışında başka organlar da oluşturabilirler.*

---

[27] "*Temyiz incelemesi yapılan eldeki davada, davacı ... kurulu, kuruluş bildirimi ve eklerini 24.12.2015 tarihinde mülki idare amirliğine vererek tüzel kişilik kazanmıştır. Davalı ... kurulu ise 04.01.2016 tarihinde kuruluş bildirimi ve eklerini mülki idare amirliğine teslim etmişler, aynı gün kütüğe kaydı yapılmıştır. Davalı derneğin kütüğe kaydının davacı dernekten önce yapılmış olması, davacı dernekten önce tüzel kişilik kazandığını göstermez. Dernekler Kanunu'nun 29. maddesinde de, derneklerin bir derneğin adını kullanmalarının yasak olduğunun belirlenmesi karşısında, davanın esastan reddi doğru görülmemiştir"* (Yargıtay 8.HD., 28.02.2019, 2018/784 E., 2019/3407 K.) .

[28] Oğuzman/Seliçi/Oktay-Özdemir, s. 337.

[29] RG. 07.04.1987, 19424.

[30] RG. 06.07.2004, 25514.

Ancak, bu organlara zorunlu organların görev, yetki ve sorumlulukları devredilemez". Uygulamada derneklerin ihtiyacına göre yüksek istişare kurulu, danışma kurulu, bilim kurulu, onur kurulu, disiplin kurulu, etik kurulu, haysiyet divanı, kadın ve gençlik kolları vb. adlar altında isteğe bağlı kurullar oluşturduğu görülmektedir[31].

Organın hukuki niteliği; bağlılık ilişkisi içerisinde tüzel kişiye tabi olarak belli olan veya olmayan bir zaman süreklilik arz eden şekilde faaliyet göstermesi halinde "hizmet sözleşmesi", tüzel kişiliğe bağlı olmaksızın ve zaman kaydı olmadan faaliyet gösterdiği durumda ise "vekalet sözleşmesi" kurulduğu kabul edilmektedir[32].

2. Genel Kurul

Derneğin en yetkili karar organı olan genel kurul üyelerden oluşmaktadır. TMK m. 80'e göre; "*Genel kurul, üyeliğe kabul ve üyelikten çıkarma hakkında son kararı verir; dernek organlarını seçer ve derneğin diğer bir organına verilmemiş olan işleri görür. Genel kurul, derneğin diğer organlarını denetler ve onları haklı sebeplerle her zaman görevden alabilir*". Kanunda açıkça sayılan genel kurula tanınan bu görev ya da yetkinin başka bir organa devri yasaklanmıştır. Genel kurul derneğin en üst denetleme ve danışmanı olarak da nitelendirilmektedir[33]. Dernek tüzüğü ve ilgili belgeler en büyük mülki amir tarafından incelenip kuruluşta bir eksikliğin olmadığının derneğe yazılı olarak bildirimden itibaren 6 ay içerisinde ilk genel kurul toplantısının yapılması ve zorunlu organlarını oluşturması gerekir. Bunun dışında, "*Olağan genel kurul en geç 3 yılda bir, olağanüstü genel kurul ise yönetim ve denetim kurulunun gerekli gördüğü hallerde ya da dernek üyelerinden en az beşti birinin yazılı talebi üzerine toplanır*". Genel kurul toplantı çağrısı, toplantı yeri, günü, saati ve gündem belirtilmek suretiyle toplantı gününden en az 15 gün öncesinde yönetim kurulu tarafından yapılır. Genel kurulun toplantı yeter sayısı görüşülecek gündem maddesine göre değişiklik göstermektedir. Genel kurulun ilk toplantısında yeter sayı salt çoğunluk olup ikinci toplantıda çoğunluk aranmazken, tüzük değişikliği ve derneğin feshi için 2/3 çoğunluk aranmaktadır. Her durumda ikinci toplantıya katılan üye sayısının dahi dernek yönetim ve denetim kurulu üye sayısının iki katından az olmaması gerekir (TMK m. 78). Kararlar ise toplantıya katılan üyelerin salt çoğunluk ile alınmakta olup, TMK m. 83'e göre; "*Toplantıda hazır bulunan ve kanuna veya tüzüğe aykırı olarak alınan genel kurul kararlarına katılmayan her üye, karar tarihinden başlayarak bir ay içinde; toplantıda hazır bulunmayan her üye kararı öğrenmesinden başlayarak bir ay içinde ve herhâlde karar tarihinden başlayarak üç ay içinde mahkemeye başvurmak suretiyle kararın iptalini isteyebilir*". Derneğin ilk genel kurulunun kanunda gösterilen süre içerisinde yapılmamış olması ya da üst üste iki defa olağan genel kurulun yapılamaması derneğin kendiliğinden sona ermesine neden olur[34].

---

[31] Dernek organları hakkında ayrıntılı bilgi için bkz. Burak Sabuncu, "Dernek Organlarının İç İlişkide Birbirlerine Karşı Hukuki Durumları, Ankara Barosu Dergisi, 2020/1, s. 155-190.

[32] Dural/Öğüz, s. 253. Organ- tüzel kişi ilişkisinin kanundan doğan bir yetki olup, hizmet ya da vekalet ilişkisinin ancak kıyas yoluyla uygulanabileceğine ilişkin görüş için bkz. Oğuzman/Seliçi/Oktay-Özdemir, s. 289.

[33] Oğuzman/Seliçi/Oktay-Özdemir, s. 344.

[34] *"... tüzük gereği yapılması gereken Haziran 2014 ve Haziran 2015 olağan genel kurul toplantıları için yönetim kurulunun karar alarak üyeleri usulüne uygun toplantıya çağırıp çağırmadıkları, eğer usulüne uygun çağrıya rağmen üyelerin yeterli çoğunlukta toplantıya katılmamaları, ölüm veya istifa gibi sebeple asgari toplantı yeter sayısına ulaşılamaması nedeniyle çoğunluksuz ikinci genel kurulun da yapılamadığı tespit edilirse derneğin*

3. Yönetim Kurulu

Dernek yönetim kurulu en az 5 asil ve 5 yedek üyeden oluşur (TMK m. 84). Tüzükte gösterilmek şartıyla daha fazla sayıda yönetim kurulu üyesine yer verilebilir. TMK m. 85'e göre; "*Yönetim kurulu, derneğin yürütme ve temsil organıdır; bu görevini kanuna ve dernek tüzüğüne uygun olarak yerine getirir. Temsil görevi, yönetim kurulunca, üyelerden birine veya bir üçüncü kişiye verilebilir*"[35]. Derneğin irade açıklaması yöneticiler vasıtasıyla olur. Yönetimin yürütme yetkisi, günlük iş ve işlemler, cari hizmetler, muhasebe kayıtlarının tutulması, aidat toplanması, işçi istihdamı, genel kurulu toplantıya çağrıdan kiralama, alım-satım gibi sözleşmeler yapılmasına kadar çok geniş bir sorumluluk alanıdır. İç işleyişteki yönetme yetkisi dış işleyişte temsil yetkisi olarak nitelendirilmektedir. Temsil konusunda bir karar alınmamışsa yöneticilerin birlikte hareket etmesi zorunludur. Yönetici 5 kişiden az olamayacağı için bu kadar kişinin birlikte hareket etmesi güçtür. Bu nedenle, uygulamada derneği temsil yetkisi çoğunlukla yönetim kurulu başkanına veya başkan ile birlikte bir üyeye (müşterek imza) verilmektedir. Yürütme ve temsil görevi kanuna ve dernek tüzüğüne aykırı olmayacak şekilde kullanılır. Yönetimin görev ve sorumlulukları ile temsil yetkisinin sınırını dernek tüzüğünde yer alan hükümler belirler[36]. Tüzük ile yönetime genel kurula ait üyelikten nihai olarak çıkarma dışında örneğin üyenin dernek lokal ve tesislerinden belli süreyle yararlanmasını engelleme yönünde yetki verilebilir. Uygulamada genellikle yönetimin bu tür disiplin kararlarına karşı öncelikle genel kurula itiraz hakkı tanındığı görülmektedir. Genel kurul nezdinde itirazda bulunabilme hakkı disiplin cezasının tebliğinden itibaren belirli bir süre konularak kısıtlanabilir[37]. Dernek tüzüğünde yazılı olması halinde şube açılabilir. Derneğin taşınmaz satın alma veya satabilmesi yönetimin bu konuda genel kurul tarafından yetkilendirilmiş olmasına bağlıdır[38] (Der K. m. 22). Dernek tüzüğünde yöneticilerin dernek

---

kendiliğinden sona erdiğinin tespitine, aksi durumda yani yönetim kurulunun dernek üyelerini toplantıya çağırmaması sebebi ile toplantıların yapılmadığı kanaatinin oluşması halinde ise genel kurul toplantısı ve sonuçlarının kanunda belirlenen süre içerisinde veya hiç bildirilmemesinin Dernekler Kanunu'nun 32.maddesinin "b" bendi gereği idari para cezası gerektirdiği…" (Yargıtay 8. HD., 22.01.2020, 2019/6479 E., 2020/487 K.)

[35] *"Türk Medeni Kanunu'nun 56. maddesi hükmüne göre dernek bir özel hukuk tüzel kişisi olup Türkiye Cumhuriyeti Anayasası'nın 33. maddesinin yollaması ile Türk Medeni Kanunu'nun 50. maddesi hükmüne göre tüzel kişinin iradesi organları aracılığı ile açıklanır ve organlar hukuki işlemleri ve diğer tüm eylemleri ile tüzel kişiyi borç altına sokarlar. Taraf ehliyeti kamu düzenine ilişkindir. Dava dilekçesi ve gerekçeli karar mahkemece re'sen seçilen kurucu üyelerin bir kısmına tebliğ edilmiştir. Söz konusu kişilerin derneği temsile yetkili olduğuna ilişkin yönetim kurulunca verilmiş yetki belgesi veya bu hususta yönetim kurulunca alınan bir karar örneği dosyada mevcut değildir. Gerekçeli kararın derneği temsile yetkili kişilerin tespit edilerek bu kişilere veya yönetim kurulu üyelerinin tamamına tebliğ edilmesi…*" (Yargıtay, 19.10.2017, 2017/3213 E., 2017/13302 K.).

[36] Akipek/Akıntürk/Ateş, s. 617; Dural/Öğüz, s. 318.

37 "4721 sayılı Kanun'un 83 üncü maddesinin birinci fıkrasında öngörülen hak düşürücü sürenin kıyasen diğer zorunlu organların kararlarına karşı açılacak davalarda da uygulanabileceğinin kabulünün gerekli olduğu, davacıya Galatasaraylılar Dernek Yönetim Kurulu tarafından 02.01.2019 tarihli ve 2019/1 kararı ile 1 yıl süre ile dernek lokal ve muhtelif tesislerini kulanmama cezası verildiği, verilen kararın 07.01.2019 tarihinde davalıya tebliğ edildiği, Dernek Tüzüğünün 66 ncı maddesinde yönetim kurulunca verilen disiplin kararlarına karşı, kesin çıkarma kararı müstesna olmak üzere itiraz imkanın olmadığını, "kesin çıkarma kararlarına karşı itiraz mercii genel kuruldur" düzenlemesine yer verildiği, dernek genel kurulunca bu maddeye dayanılarak itirazın işleme alınmadığı, davaya konu edilen yönetim kurulu kararının 07.01.2019 tarihinde davacıya tebliği edildiği, davanın ise 1 aylık hak düşürücü süre geçtikten sonra 22.03.2019 tarihinde açıldığı, bu nedenle davanın hak düşürücü süre içerisinde açılmadığı…" (Yargıtay 8. HD., 13.06.2024, 2022/2754, 2024/4185 K.).

[38] *"… özellikle dernek karar defterleri incelenmek suretiyle, dernek genel kurulunca yönetim kurulu üyelerine temsil yetkisi verilip verilmediği, dava konusu projede kimlerin sorumlu olduğu, kimlere hangi görevlerin verildiği, dava konusu projeye başvurmak için dernek üyeleri arasında nasıl karar alındığı, TMK'nın 50. ve 58.*

adına borçlanması, kredi çekmesi gibi işlemlerin genel kurul kararı ile geçerli olabileceği yazılabilir[39]. Yönetici, genel kurul tarafından haklı sebebin varlığı halinde her zaman görevden alınabilir (TMK m. 80/2). Dernekler Kanunu'nun "Ceza Hükümleri" başlıklı 32. maddesinin 1-f bendinde yazılı suçlarla ilgili (derneğin parası ve senet gibi kıymetli evraklar) ceza yargılamasında mahkeme sanıkların, organlardaki görevlerinden geçici olarak uzaklaştırılmasına da karar verebilir. Kitle İmha Silahlarının Yayılmasının Finansmanının Önlenmesine İlişkin 7262 sayılı Kanun[40] ile Dernekler Kanunu'na eklenen "*yöneticilerin İçişleri Bakanı tarafından geçici olarak görevden uzaklaştırılmasına ilişkin*" m. 30/A hükmü Anayasa Mahkemesi tarafından iptal edilmiştir[41]. TMK m. 74'e göre, olağan genel kurul toplantısı en geç 3 yılda bir yapılmak zorunda olduğundan yöneticilerin görevi de en fazla 3 yıl olabilir. Tüzükte engel bir hüküm olmadıkça yöneticilerin yeniden seçilmesi mümkündür.

4. Denetim Kurulu

Dernek tüzüğünde iç denetimin içerik ve şekli ile denetim kuruluna yer verilmesi zorunludur. Denetim kurulu en az 3 asil ve 3 yedek üyeden oluşur (TMK m. 86). Denetim kurulu dernek tüzüğünde ve ilgili mevzuatta belirtilen şekilde yapacağı denetime ilişkin raporunu yönetim kuruluna ve genel kurula sunar. Denetimin bağımsız denetim kuruluşlarına yaptırılması halinde dahi denetim kurulunun denetime ilişkin yükümlülüğü ortadan kalkmaz. "*Denetim kurulu; derneğin, tüzüğünde gösterilen amaç ve amacın gerçekleştirilmesi için sürdürüleceği belirtilen çalışma konuları doğrultusunda faaliyet gösterip göstermediğini, defter, hesap ve kayıtların mevzuata ve dernek tüzüğüne uygun olarak tutulup tutulmadığını, dernek tüzüğünde tespit edilen esas ve usullere göre ve bir yılı geçmeyen aralıklarla denetler*" (DerK. m. 9). Genel kurul kararları dışındaki diğer organların kararlarına karşı iç denetim yolları tüketilmeksizin iptal davası açılamayacağını ilişkin TMK m. 83/2'nci fıkrası iç denetimin önemini ortaya koymaktadır. Yönetimin faaliyetleri dolayısıyla ibra edilmesi için alınacak genel kurul kararı denetim raporlarına bağlıdır[42]. Denetim kuruluna bazı hallerde genel kurulu toplantıya çağrı yetkisi de tanınmıştır (TMK m. 75 ve m. 84/2). Dernekler ayrıca kamu denetimine tabi olup, İçişleri Bakanlığına bağlı Sivil Toplumla İlişkiler Genel Müdürlüğü, illerde ise Valilikler aracılığıyla denetlenmektedir.

C. Kamu Yarına Çalışan Dernekler

Toplumsal dayanışma ve yardımlaşma amacıyla hareket eden sosyal hizmet faaliyetlerini etkili şekilde yürüten sivil toplum kuruluşları kamu kurum ve kuruluşlarının asli görevlerinin icrasında önemli katkı sunmaktadır[43]. Sivil Toplum Kuruluşlarının toplum nezdinde güven kazanıp görünür kılınması için devlet tarafından "kamuya yararlı" olduğunun açıklanması özel bir öneme sahiptir. Bu unvanı kazanmış STK'lar bireyler nezdinde devletin kontrol ve denetimi altında oldukları inancıyla daha fazla yardım almakta ve gönüllü katılımlarla organizasyon

---

maddelerindeki düzenlemeler ışığında Dernek Tüzüğü de değerlendirilerek karar verilmesi gerektiği…" (Yargıtay 3. HD., 08.11.2022, 2022/7183 E., 2022/8573 K.).

[39] Özsunay, s. 217.

[40] RG. 31.12.2020, 31351 (5. Mükerrer).

[41] Anayasa Mahkemesi, 18.01.2024, 2021/28 E., 2024/11 K.

[42] Dural/Öğüz, s. 322.

[43] Murat Şentürk, "Türkiye'de Kamunun ve STK'ların Sosyal Yardım Uygulamaları: Yeni Eğilimler ve İhtiyaçlar", İstanbul Üniversitesi Sosyoloji Dergisi, 2015, 3(28), 290.

kabiliyetleri daha da kolaylaşmaktadır. Kamuya yararlı dernek ya da kamu yararına çalışan dernek ifadesi aynı anlamda kullanılmaktadır. TMK m. 100'de "*Kamuya yararlı dernekler ve özel kanunlarla kurulan dernekler hakkındaki özel hükümler saklıdır*" denilmekle birlikte "*kamuya yararlı dernek*" tanımına yer verilmemiştir. Devlet Denetleme Kurulu kamu yararına çalışan derneklerle ilgili bir rapor hazırlamış ve kamu yararını; "*sivil toplum kapsamında kamu yararı, sivil toplum kuruluşlarının hizmet alanlarını ve şeklini belirlemek ve bu kuruluşların kurumsallaşmasını sağlamak için devletin belirli koşulları yerine getirenlere tanıdığı saygınlık ve imtiyaz sağlayan uygulamalar ile mali destekler*" olarak tanımlanmıştır[44]. Dernekler Kanunu m. 27'de "*kamu yararına çalışma*" kavramı tanımlanmamış olmakla birlikte bu unvanın verilmesine ilişkin şartlar belirtilmiştir. Buna göre; "*Bir derneğin kamu yararına çalışan derneklerden sayılabilmesi için, en az bir yıldan beri faaliyette bulunması ve derneğin amacı ve bu amacı gerçekleştirmek üzere giriştiği faaliyetlerin topluma yararlı sonuçlar verecek nitelikte ve ölçüde olması şarttır"*.

Kamu yararına çalışan dernek statüsü Cumhurbaşkanı kararıyla kazanılmaktadır. 2026 yılı itibariyle Türkiye'de faal dernek sayısı 102.000 civarında olup, kamu yararına çalışan unvanı alan dernek sayısı ise 371'dir[45]. Kamu yararına çalışan dernekler izin almadan yardım toplayabilirler. Kamu yararına çalışan derneklerin en önemli avantajı ise vergi muafiyetidir[46]. Değerli kağıt vergisi, emlak vergisi, gümrük vergisi, eğlence vergisi, tapu harcı, KDV gibi bir çok vergi ve harçtan muafiyet söz konusudur[47]. Ayrıca kamu yararına çalışan derneklere yapılacak bağış ve yardımların ilgili yıldaki kazancın % 5'ine kadarı vergi matrahından düşülebilmekte böylece kişi ya da şirketlerin kamu yararına çalışan dernekleri desteklemesi teşvik edilmektedir. Korunması gerekli taşınmaz kültür ve tabiat varlıklarının intifa hakları Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından belirli süre ile kamu yararına çalışan derneklere bırakılabilir. 2886 sayılı Devlet İhale Kanunu m. 72'ye göre; "*Kamu yararına çalışan derneklere, kuruluş gayelerine uygun olarak kullanılmak üzere, Hazinenin özel mülkiyetinde kayıtlı bulunan ve kamu hizmetlerine tahsisli olmayan taşınmaz malları, satış tarihindeki alım satım rayici nazara alınarak kıymet takdiri suretiyle satılabilir"*. Diğer taraftan, kamu yararına çalışan dernek taşıtları hakkında 237 sayılı Taşıt Kanunu hükümleri uygulanmaktadır (m. 1/d). Vergisel avantajlar kamu yararına çalışan derneğe tanınmış olup, dernek tarafından işletilen iktisadi işletmelerin kazançları kurumlar vergisine tabidir.

---

[44] Türkiye Üçüncü Sektör Vakfı, TÜSEV, "Vakıf ve Dernekleri İlgilendiren Vergi Uygulamaları ve Kamu Yararı Statüsü, Mevcut Durum ve Öneriler", 2018.

[45] İçişleri Bakanlığı Sivil Toplumla İlişkiler Genel Müdürlüğü, https://www.siviltoplum.gov.tr/kamu-yararina-calisan-dernekler, Erişim 26.08.2026.

[46] Ayrıntılı bilgi için bkz. Engin Özden, Vergi Yükümlükleri ve Avantajları Boyutuyla Dernekler, Vakıflar ve Bağışçıları, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Maliye Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 2015; Safa Koçoğlu, "Kamu Yararına Çalışan Derneklerde Vergi Muafiyeti", Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Bahar 2025, S. 35, s. 181-209.

[47] Dernek ve Vakıfların Vergilendirilmesi Rehberi, gib.gov.tr, Erişim 30.08.2026.

II. DERNEK İŞLETMELERİ

A. Dernek Lokalleri

Dernekler üyelerinin sosyal ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla lokal açabilir. DerK m. 2/j'de lokal kavramı; "*Derneklerin tüzüklerindeki amaçları gerçekleştirmek üzere mülki idare amiri izni ile açılan, üyelerinin bir araya geldiği sosyal mekânı ifade eder*" şeklinde tanımlanmıştır.

Dernekler Kanunu'nun "Derneklerin izinle kurabileceği tesisler" başlığını taşıyan 26. maddesinde de derneğin üyeleri için lokal açabileceği belirtilmiştir. Lokal açılışı ancak mülki idare amirinin izni ile mümkündür. Lokalin derneğin faaliyet gösterdiği binada olması ve sadece üyelere hizmet vermesi şarttır. Üyeler yanında misafir getirebilir. Merkezi İstanbul Çiftehavuzlar'da bulunan Büyük Klüp Derneği sadece üyelerinin faydalanabildiği kafe-restorant, market, düğün, eğlence, yüzme ve diğer spor aktivitelerinin sunulduğu lokal işletmesine iyi bir örnektir.

Dernekler Yönetmeliği'nin 56-71. maddeleri arasında lokal işletmelerine ilişkin hükümler yer almaktadır. "*Dernekler, başka bir dernek, gerçek veya tüzel kişi ile ortaklaşa lokal açmaz. Federasyon ve konfederasyonlar hariç, lokal açabilmesi için derneğin en az bir yıldan beri faaliyette bulunması şarttır. Çocuk dernekleri lokal açamaz"* (Yönetmelik m. 56). Lokal yönergesi çıkarılması ve ücretli ya da fahri olarak bir lokal müdürünün tayin edilmesi zorunludur. Lokallerde canlı müzik icrası ve alkollü içki kullanımı mülki idare amirinin iznine tabidir. "Kumar, izinsiz içki, umuma açık yer durumuna gelme veya yazılı uyarıya rağmen, lokal yönergesi ve Yönetmelik hükümlerine aykırı hareket edildiği tespit edilen lokaller, mülki idare amiri tarafından otuz günü geçmemek üzere geçici süreyle faaliyetten men edilir. Bir yıl içinde üç defa faaliyetten men edilen lokallerin izin belgeleri, mülki idare amirince iptal edilir. Uyuşturucu madde, 6136 sayılı Kanuna aykırı silah bulundurma, genel güvenliğe ve genel ahlaka aykırı faaliyetlerde bulunulduğu tespit edilenlerin lokal açma ve işletme izin belgeleri mülki idare amirince iptal edilir".

B. İktisadi İşletme

Dernekler bir iktisadi işletme işletmek ve elde edilen kazancı paylaşmak amacıyla kurulamaz[48]. Bu yasak hem TMK m. 56'da hem de DerK m. 2'de açıkça ifade edilmiştir. Yukarıda açıklandığı üzere derneğin merkez binasında ve sadece üyelerine hizmet vermekle sınırlı lokal faaliyeti haricinde amacına ulaşmak için tüzüklerinde yazılı olmak şartıyla dernek merkezinde veya dışında üyeleri ile sınırlı olmaksızın iktisadi işletme kurmaları mümkündür. Gerek TMK gerekse DerK'nda dernek iktisadi işletmeleri ile ilgili açık bir hüküm bulunmamaktadır. 5520 sayılı Kurumlar Vergisi Kanunu'nun[49] 2. maddesi ve TTK'nın 16. maddesinde dernek işletmesine ilişkin hüküm yer almaktadır. Kurumlar Vergisi Kanunu m. 2/5'e göre; "*Dernek veya vakıflara ait iktisadî işletmeler: Dernek veya vakıflara ait veya bağlı olup faaliyetleri devamlı bulunan ve bu maddenin birinci ve ikinci fıkraları dışında kalan ticarî, sınaî ve ziraî*

[48] Alman hukukunda iktisadi amaçlı dernek (wirtschaftlicher Verein) kurulabileceği hakkında bkz. Pulaşlı, s. 27.
[49] RG. 13.06.2006, 26205.

işletmeler ile benzer nitelikteki yabancı işletmeler, dernek veya vakıfların iktisadî işletmeleridir" şeklinde tanımlanmıştır. Ticaret Kanunu m. 16/1'de ise; "*Ticaret şirketleriyle, amacına varmak için ticari bir işletme işleten vakıflar, dernekler ve ... tarafından kurulan kurum ve kuruluşlar da tacir sayılırlar*" hükmü ile derneklerin ticari işletme işletebilecekleri açıkça düzenlenmiştir. Dernekler Yönetmeliği'nin "Tanımlar" başlıklı 4. maddesi ile "Hesap Dönemi" başlıklı 35. maddesinde iktisadi işletmeden bahsedilmiş, "Defter Tutma Esasları" başlıklı 31. maddesinde ise ticari işletmesi bulunan derneklerin defter tutma yükümlülüğü düzenlenmiştir.

DerK'nun "derneklerin izinle kurabileceği tesisler" başlığını taşıyan 26. maddesinde "*derneklerin tüzüklerinde gösterilen amaçları gerçekleştirmek üzere, eğitim ve öğretim faaliyetleri için yurt, pansiyon açabileceği*" belirtilmiştir. Ancak derneklerin iktisadi işletmeye konu faaliyetleri bunlarla sınırlı değildir. Madde hükmü, derneklerin yurt ve pansiyon işletmesi halinde mülki idare amirinden izin alma şartını düzenlemektedir. Derneklerin amaçlarını gerçekleştirmek üzere iktisadi işletme işletmeleri hatta ticaret şirketi kurmaları mümkündür. İktisadi işletmenin dernek tüzüğünde yazan amaç ya da faaliyet konusu ile aynı olması gerekmez. Örneğin, bir spor derneği halı saha, yüzme havuzu, sportif giyim ve malzeme kiralayan ya da satan bir mağaza işletebileceği gibi spor faaliyet alanından tamamen bağımsız bir restoran ya da turizm tesisi açabilir. İktisadi işletmenin dernekten bağımsız bir kişiliği yoktur. İşletme (Enterprise, Unternehmen), "*ekonomik bir menfaat sağlamak amacıyla emek ve sermayenin müteşebbis tarafından bağımsız bir organizasyon içinde bir araya getirilmesi*" olarak tanımlanmaktadır[50]. Ekonomi biliminde kullanılan "iktisadi işletme" kavramı ile hukuk biliminin konusu olan "ticari işletme" farklı anlamı ifade etmektedir. Ticaret hukuku iktisadi işletmeyi esnaf işletmesi ve ticari işletme olarak ikiye ayırmakta ve niteliğine göre işletmeye farklı hükümler uygulamaktadır.

Kurumlar Vergisi Kanunu'nda da dernek iktisadi işletmelerinin vergi yükümlülüğüne ilişkin hüküm yer almaktadır. Bu düzenlemeye göre; "*İktisadî kamu kuruluşları ile dernek veya vakıflara ait iktisadî işletmelerin kazanç amacı gütmemeleri, faaliyetlerinin kanunla verilmiş görevler arasında bulunması, tüzel kişiliklerinin olmaması, bağımsız muhasebelerinin ve kendilerine ayrılmış sermayelerinin veya iş yerlerinin bulunmaması mükellefiyetlerini etkilemez. Mal veya hizmet bedelinin sadece maliyeti karşılayacak kadar olması, kâr edilmemesi veya kârın kuruluş amaçlarına tahsis edilmesi bunların iktisadî niteliğini değiştirmez*" (m. 2/6).

1. Ticari İşletme

Türk Ticaret Kanunu (TTK) m. 11/1'e göre ticari işletme; "*esnaf işletmesi için öngörülen sınırı aşan düzeyde gelir sağlamayı hedef tutan faaliyetlerin devamlı ve bağımsız şekilde yürütüldüğü işletmedir"* şeklinde tanımlanmıştır. Ticari işletme ile esnaf işletmesi arasındaki sınır Cumhurbaşkanı kararı ile belirlenecektir. 2007 yılında çıkarılan 12362 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı[51] ile esnaf-tacir ayrımı belirlenmiş olup, anılan Karar'da bugüne kadar herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Karar'a göre, Vergi Usul Kanunu (VUK) m. 177'nin 1 ve 3 nolu

[50] Reha Poroy/Hamdi Yasaman, Ticari İşletme Hukuku, İstanbul 2025, s. 52.
[51] RG. T. 21.07.2007, S. 26589.

bendindeki limitlerin yarısını, 2 nolu bendindeki limitlerin tamamını aşanlar tacir sayılacak aşmayanlar ise esnaf olarak kalacaktır[52]. VUK m. 177'deki hüküm esasında defter tutma yükümlülüğü için konulmuş ve hangi işletmelerin işletme defteri hangi işletmelerin ise bilanço esasına göre defter tutmakla yükümlü olduğunu açıklamaktadır. Maddedeki limitleri belirleme yetkisi Gelir İdaresi Başkanlığı'na verilmiş olup, her yıl rakamlar yeniden belirlenmektedir. VUK hükümlerine bakıldığında defter tutma yükümlülüğü ayrımı kapsamında 1. sınıf tacir, 2. sınıf tacir ayrımı yapılmış olsa da bu ayrımın TTK yönünden bir önemi bulunmamaktadır. Zira TTK m. 11'e göre asıl olan tacir sıfatının kazanılması olup, VUK hükümleri gereği defter tutma şeklinin hukuken bir etkisi bulunmamaktadır. Bununla birlikte, TTK'nın 64 ve devamı maddelerinde ticari işletmelere ticari defter (yevmiye, defteri kebir ve envanter) tutma ve ticari faaliyetlerinin başı ile her faaliyet döneminin sonunda bilanço çıkarma zorunluluğu getirilmiştir.

TTK m. 15'de esnafın tanımı yapılmıştır. "*İster gezici olsun ister bir dükkânda veya bir sokağın belirli yerlerinde sabit bulunsun, ekonomik faaliyeti sermayesinden fazla bedenî çalışmasına dayanan ve geliri 11 inci maddenin ikinci fıkrası uyarınca çıkarılacak kararnamede gösterilen sınırı aşmayan ve sanat veya ticaretle uğraşan kişi esnaftır*".

Esnaf kavramı ayrıca Esnaf ve Sanatkârlar Meslek Kuruluşları Kanunu'nda[53] "*Esnaf ve sanatkâr: İster gezici ister sabit bir mekânda bulunsun, Esnaf ve Sanatkâr ile Tacir ve Sanayiciyi Belirleme Koordinasyon Kurulunca belirlenen esnaf ve sanatkâr meslek kollarına dahil olup, ekonomik faaliyetini sermayesi ile birlikte bedenî çalışmasına dayandıran ve kazancı tacir veya sanayici niteliğini kazandırmayacak miktarda olan, basit usulde vergilendirilenler ve işletme hesabı esasına göre deftere tabi olanlar ile vergiden muaf bulunan meslek ve sanat sahibi kimseler"* olarak tanımlanmıştır (m. 3/a).

TTK m. 16/1'e göre, amacına varmak için ticari bir işletme işleten dernekler tacir sayılır. Dernek tarafından işletilen iktisadi işletme VUK m. 177'de belirlenen limitleri aştığı takdirde dernek tacir sayılarak TTK ve ilgili diğer mevzuatın tacir için öngördüğü kurallar uygulanacaktır. Tacir sayılmanın avantajlarının yanında bazı dezavantajları da vardır. Örneğin, "*tacir olan veya olmayan bir kişiye, ticari işletmesiyle ilgili bir iş veya hizmet görmüş olan tacir, uygun bir ücret isteyebilir. Ayrıca, tacir, verdiği avanslar ve yaptığı giderler için, ödeme tarihinden itibaren faize hak kazanır*" (TTK m. 20). Tacir için avantaj olan bu durum karşısında günlük hayatta kişiler birbirileriyle iş veya hizmet gördüklerinde ücrete ancak taraflar kararlaştırmışsa hak kazanılmaktadır. Halbuki tacir kanun gereği ücret talep etme hakkına sahiptir. Diğer taraftan, adi-ticari borç ayrımında tüzel kişi tacirin borcu her zaman ticaridir (TTK m. 19). Dezavantaj olarak tacirin iflasa tabi olması gösterilebilir. İflas ancak Ticaret Mahkemesi kararı ile gerçekleşir ve iflas hükmü ticaret siciline tescil ve ilan edilir. Borçlunun tasarruf yetkileri kısıtlanarak alacaklıların tek tek yaptığı icra takibi durur ve tacirin haczedilebilir tüm mal, hak ve alacakları iflas kararı ile birlikte kendiliğinden "iflas masası" denilen hukuki yapıya geçer. Borçlunun masaya dahil mallar üzerindeki tasarrufu alacaklılara

[52] 2026 yılı için belirlenen parasal limit: VUK m. 177 (1) Satın aldıkları malları olduğu gibi veya işledikten sonra satan ve yıllık alımlarının tutarı 2.500.000 TL lirayı veya satışlarının tutarı 3.500.000 TL lirayı aşanlar; (2) Birinci bentte yazılı olanların dışındaki işlerle uğraşıp da bir yıl içinde elde ettikleri gayri safi iş hasılatı 1.200.000 TL lirayı aşanlar; (3) 1 ve 2 numaralı bentlerde yazılı, işlerin birlikte yapılması halinde 2 numaralı bentte yazılı iş hasılatının beş katı ile yıllık satış tutarının toplamı 2.500.000 TL lirayı aşanlar.

[53] RG. 21.06.2005, 25852.

karşı geçersiz olur. İflas masasına dahil malvarlığının korunması, yönetilmesi ve tasfiyesi "iflas idaresi" tarafından yapılır[54]. Tacir ticaret unvanı kullanmak zorunda olup, derneğin ticaret unvanı kendi adından oluşur (TTK m. 44). Örneğin, "Sokak Hayvanlarını Koruma Derneği" ücret karşılığı hayvanlara sağlık ve tedavi hizmeti verdiği ya da mama satışı yaptığında işletmesinin ticaret unvanı olarak kendi adını kullanacaktır. Tacir ticari işletmesini ve kullandığı ticaret unvanını işletmesinin merkezinin bulunduğu yerde tescil ve ilan ettirmek zorundadır (TTK m. 40).

Kamu yararına çalışan dernekler ile ilgili olarak TTK'da özel bir düzenleme yapılmıştır. TTK m. 16/2'ye göre, kamu yararına çalışan bir dernek kazanç elde etmek üzere bir ticari işletme işletse dahi kendisi tacir sayılmayacaktır. Bu durumda tacire ilişkin hükümlerin tüzel kişiliği bulunmayan ticari işletmeye uygulanması gerekeceğinden taraf ehliyeti bulunmayan bir tacir grubunun ortaya çıktığı ileri sürülmektedir [55]. Örneğin, kamu yararına çalışan Kızılay Derneği işlettiği Afyonkarahisar Madensuyu İşletmesi nedeniyle tacir sıfatını kazanmayacaktır. Kızılay Derneği gibi kamu yararına çalışan ve ticari işletme işleten derneklere tacir olmanın hüküm ve sonuçları uygulanamayacaktır[56]. Benzer şekilde, Türk Eğitim Derneği (TED) tarafından işletilen TED Okulları İktisadi İşletmesi nedeniyle dernek tacir sayılmayacaktır. Tacir sayılmayan kamu yararına çalışan derneklerin unvan kullanma ve tescil zorunluluğu öngören Ticaret Sicil Yönetmeliği'nin 43/3. madde hükmü öğretide eleştirilmektedir[57]. Kamu yararına çalışan derneklerin tacir sayılmamaları nedeniyle iflası istenemeyecek, derneğin malvarlığı korunarak faaliyetlerine devam etmesi sağlanmış olacaktır. Bu durumda kamu yararına çalışan derneklerin malvarlığı TMK m. 53 gereğince terekenin resmi tasfiyesi hükümlerine göre yapılacaktır[58].

2. Şirketler

Şirket kavramı içerik olarak iki anlamda kullanılmaktadır. İlk olarak, TBK'da düzenlenen tüzel kişiliği bulunmayan herhangi bir sermaye sınırı ya da kurucularında özel bir nitelik aranmayan adi şirket ifade edilir. İkinci olarak, TTK'da sınırlı sayıda düzenlenen kuruluşu şekle tabi, kurucularından bağımsız ayrı bir tüzel kişiliği olan ve şirket tipine göre değişkenlik gösterir kurucu niteliği ve asgari sermaye şartı aranan ticaret şirketleri ifade edilmektedir. TTK'nda kooperatifler de şirket olarak tanımlanmıştır. Bununlar birlikte, Koperatifler Kanunu[59] m. 1'de kooperatifin tanımı; "*Tüzel kişiliği haiz olmak üzere ortaklarının belirli ekonomik menfaatlerini ve özellikle meslek veya geçimlerine ait ihtiyaçlarını işgücü ve parasal katkılarıyla karşılıklı yardım, dayanışma ve kefalet suretiyle sağlayıp korumak amacıyla gerçek ve tüzel kişiler*

[54] İflas hukuku hakkında ayrıntılı bilgi için bkz. İbrahim Özbay, Taner Emre Yardımcı, İcra ve İflas Kanunu, Konuyla İlgili Mevzuat Açıklamalı, 2025.
[55] Yaşar, Karayalçın, Ticaret Hukuku I, Giriş-Ticari İşletme, Ankara 1968, s. 209; Sabih, Arkan, Ticari İşletme Hukuku, 31. Bası, Ankara 2025, s. 126-127.
[56] Benzer şekilde, Türk Eğitim Derneği (TED), İktisadi İşletmesi tarafından işletilen okullar nedeniyle tacir sayılmayacaktır.
[57] Ali Bozer/Celal Göle, Ticari İşletme Hukuku, 9. Bası, Ankara 2026, s. 53; Celal Göle/Hakan Bilgeç, "Ticari İşletme İşlettikleri Halde Tacir Sayılmayan Dernek ve Vakıflara İlişkin Düzenlemenin (TTK. M. 16/2) Değerlendirilmesi", Banka ve Ticaret Hukuku Araştırma Enstitüsü, Aralık 2016, C. 32, S. 4, s. 8.
[58] Terekenin resmi tasfiyesi hakkında bkz. Tuba Birinci Uzun, Mirasın Resmi Tasfiyesi, Ankara 2018.
[59] RG. 10.05.1969, 13195.

tarafından kurulan değişir ortaklı ve değişir sermayeli ortaklıklara kooperatif denir" şeklinde yapılmıştır[60].

Derneklerin adi şirket veya ticaret şirketi kurarak ya da var olan bu tür şirketlere ortak olmak suretiyle iktisadi faaliyette bulunmasını engelleyici bir hüküm bulunmamaktadır. Derneklerin şirket kurucusu ya da ortağı olabilmesi için dernek tüzüğünde buna izin verilmiş olmalıdır. TBK m. 620'ye göre; "*adi şirket, iki ya da daha fazla kişinin emeklerini ve mallarını ortak bir amaca erişmek üzere birleştirmeyi üstlendikleri sözleşmedir*". Adi şirket kurabilmek için iki veya daha fazla ortak gerektiğinden derneğin kendisi dışında bir gerçek ya da herhangi bir tüzel kişiye ihtiyaç bulunmaktadır. Adi şirketin kendisinin tüzel kişiliği bulunmayıp kuruluşu da şekle tabi değildir. Adi şirketten kaynaklı ihtilaflarda dernek yöneticilerinin sorumluluğunun belirlenmesi ve ispat açısından yazılı sözleşme yapılması önerilmektedir. Adi şirketin faaliyet konusu ticari işletme büyüklüğüne ulaştığında dernek tacir sıfatını kazanacaktır[61]. Bu durumda ticari işletmenin ticaret siciline tescili zorunludur (TTK m.18). Adi şirket malları üzerinde elbirliği mülkiyeti geçerli olup ortaklar adi şirketle ilgili kararlarda kural olarak birlikte hareket etmek zorundadır. Şirketin tüzel kişiliği bulunmadığından şirket aleyhine açılacak icra takibi veya davada ortakların tamamının taraf/ davalı olarak gösterilmesi gerekir. Şirketin açacağı davada da tüm ortakların davacı tarafta olması şarttır. Şirket borcu nedeniyle şirket ortakları tüm malvarlıklarıyla doğrudan, sınırsız ve zincirleme (müteselsil) sorumludur.

Tüzel kişiliği bulunmayan adi şirkete karşılık TTK'da düzenlenen ticaret şirketlerinin kendilerini kuran kişi ve kuruluşlardan bağımsız kişiliği (tüzel kişilik) vardır (TTK m. 125). Kollektif ve komandit şirketler şahıs şirketleri, anonim, limited ve sermayesi paylara bölünmüş komandit şirketler ise sermaye şirketi olarak sayılmaktadır (TTK m. 124). Kollektif şirket ve komandit şirkette komandite ortak sadece gerçek kişilerden olabileceği için dernekler ortak olamaz. Dernekler sadece komandit şirkete komanditer ortak olabilir. Anonim ve limited şirketler tek bir gerçek ya da tüzel kişi tarafından kurulabildiğinden bir derneğin tek başına bu türden bir şirket kurması ya da sonradan ortağı olması mümkündür. Sermayesi paylara bölünmüş komandit şirket için 5, kooperatif kurmak için ise 7 gerçek ya da tüzel kişiye ihtiyaç vardır. Kural olarak, derneklerin kooperatif kurmalarına ya da kurulmuş kooperatife üye olmalarına bir engel yoktur. Yeter ki, tüzüklerinde bu yönde bir hüküm bulunsun.

Limited şirkete göre anonim şirketlerde pay devri daha kolaydır[62]. Pay devrine ilişkin sözleşmenin yazılı yapılması yeterli olup limited şirkette olduğu gibi şirket genel kurulunun onayı aranmaz. Ayrıca anonim şirketler kıymetli evrak niteliğinde hisse senedi ve tahvil çıkarabilir, halka açılabilir[63], şartları sağlamak kaydıyla hisseleri borsada işlem görebilir. Diğer taraftan 6183 sayılı Amme Alacaklarının Tahsili Usulü Hakkında Kanuna[64] göre tahsil edilemeyen kamu alacaklarından limited şirket ortakları sermaye payları oranında sorumlu olurken anonim şirket ortaklarının herhangi bir sorumluluğu yoktur.

---

[60] Kooperatif hakkında bkz. Mahmut Coşkun, Kooperatifler Hukuku, 2026.
[61] Mehmet Bahtiyar, Ortaklıklar Hukuku, İstanbul 19. Basım, İstanbul 2026, s. 27 vd.
[62] Bahtiyar, s. 305 vd.
[63] Halka açık şirketler ve Sermaye Piyasası hukuku hakkında ayrıntılı bilgi için bkz. Tekin Memiş/Gökçen Turan, Sermaye Piyasası Hukuku, Ankara 2024.
[64] RG. 28.07.1953, 8469.

Derneklerin daha çok anonim şirket kurdukları görülmektedir. Örneğin, Yeşilay Danışmanlık ve Pazarlama AŞ, Kızılay Yatırım Holding AŞ, Kızılay İçecek Sanayi ve Ticaret AŞ gibi. Futbol kulüpleri de Sportif AŞ, Yatırım AŞ ile Mağazacılık AŞ şeklinde ticaret şirketleri kurmaktadır.

SONUÇ

Demokratik toplumlarda bireylerin örgütlenmesi ve serbestçe faaliyetlerin yürütmesine özel önem verilmektedir. İletişim ve ulaşımın gelişmesiyle sivil toplum kuruluşlarının uluslurarası düzeyde örgütlendiği ve sınır ötesi faaliyet yürüttüğü görülmektedir. Bireylerin ve toplumların sosyal, kültürel ve ekonomik farklılıklarına karşın "ideal gaye" ile bir araya gelmesini sağlayan sivil toplum kuruluşları, hükümet dışı kuruluşlar olarak da adlandırılmaktadır. Olağan dönemlerin yanı sıra deprem, yangın, sel gibi olağanüstü doğal afetlerde devlet kurumlarına göre sivil toplum kuruluşları daha hızlı ve organize hareket edebilmektedir. Bir hak veya malın ideal bir amaç için özgülenmesi hukuk düzeni tarafından "vakıf" şeklinde, kişilerin ideal amaçlarla bir araya gelmesi ise "dernek" şeklinde düzenlenmiştir. Hem Türk Medeni Kanunu hem de Dernekler Kanunu dernek kuruluş ve işleyişine ilişkin hükümler içermektedir. Alman hukukunda ekonomik amaçla dernek kuruluşuna izin verilebilirken Türk hukukunda ekonomik amaçla yani kazanç elde etmek ve paylaşmak amacıyla dernek kurulamaz. Tüzel kişiliği olan ve olmayan (tescilli-tescilsiz) dernek ayrımı Alman hukukunda önemli bir yer tutarken, Türkiye'de dernek adı altında faaliyette bulunma hakkı ancak derneğin tüzel kişilik kazanması ile mümkündür. Gerçek kişilerin yanında tüzel kişiler de dernek kurabilir ya da kurulmuş bir derneğe üye olabilir. Derneklerin zorunlu organı üyelerinden oluşan genel kurul ve bu kurul tarafından seçilen yönetim kurulu ile denetim kuruludur. Bu organlardan başka isteğe bağlı danışma kurulu, etik kurulu, disiplin kurulu gibi kurulların oluşturulması mümkündür. Dernekler ekonomik amaçla kurulması yasak ise de, amaçlarını gerçekleştirmek üzere işletme açmaları hatta şirket kurmaları mümkündür. Salt üyelerine hizmet veren ve ancak dernek merkez binasında faaliyet yürütün lokal işletmelerinden bağımsız olarak işletmenin dışında ayrı bir organizasyon şeklinde iktisadi işletmeler kurulabilmektedir. Bu tür iktisadi işletmeler TTK ve VUK gibi mevzuat hükümlerine tabi olup, şayet bu işletmelerin faaliyetleri ticari işletme seviyesine ulaşırsa dernek tacir sayılıp, tacir olmanın hüküm sonuçlarına tabi olmaktadır. Bununla birlikte, TTK m. 16/2'ye göre "kamu yarına çalışan" derneklerin ticari işletme işletiyor olsalar bile tacir sayılmayacakları düzenlenmiştir. Kamu yaranına dernek statüsü Cumhurbaşkanı kararı ile verilmektedir. DerK m.27'ye göre; "*Derneğin amacı ve bu amacı gerçekleştirmek üzere giriştiği faaliyetlerin topluma yararlı sonuçlar verecek nitelikte ve ölçüde olması şarttır"*. Kamu yararına çalışan dernekler izinsiz yardım ve para toplayabildiği gibi bir çok vergi avantajına sahiptir. Ancak derneğin iktisadi işletmesinden elde edeceği kazanç kurumlar vergisine tabidir (VUK m. 2/6). Dernekler kendisi tüzel kişilik olarak faaliyet yürütürken amaçlarını gerçekleştirmeye yönelik gelir elde edebilmek için kendilerinden bağımsız bir kişiliği bulunan ticaret şirketleri kurabilir. TTK'da düzenlenen ticaret şirketlerinden dernekler kollektif şirket ve komandit şirkette komandite ortak olamazken, anonim, limited ve sermayesi paylara bölünmüş komandit şirkette kurucu veya ortak olabilir. Dernekler tarafından daha çok anonim şirket kurulduğu görülmektedir. Diğer taraftan, dernekler başka bir gerçek kişi ya da diğer tüzel kişilerle birlikte adi şirket şeklinde faaliyet yürüterek ekonomik kazanç elde edebilir. Adi ortaklığın tüzel kişiliği bulunmadığından ortak

sıfatıyla hak ve borçlar derneğe ve diğer ortağa ait olacaktır. Kooperatifler Kanunu m. 1'e göre de, derneklerin kooperatif kurmalarına ya da ortağı olmalarına bir engel bulunmamaktadır. 5200 sayılı Tarımsal Üretici Birlikleri Kanunu'nun 20. maddesine göre, *Kanun'da hüküm bulunmayan hallerde Dernekler Kanunu'nun ilgili hükümleri uygulanır*" denilerek üretici birliklerine bir nevi dernek statüsü tanınmış olmaktadır.

KAYNAKÇA

Akatay, Ayten/**Harman,** Serhat, Sivil Toplum Kuruluşları, 2014.

Akipek, Jale G./Akıntürk, Turgut/**Ateş,** Derya, Türk Medeni Hukuku Başlangıç Hükümleri Kişiler Hukuku, 1. Cilt, İstanbul 2024.

Akkaya, Abdullah "Derneklerin Kuruluşu ve Tüzel Kişilik Kazanması", Dicle Üniversitesi Adalet Meslek Yüksekokulu, Dicle Adalet Dergisi, C. 3, S. 6, 2019, s. 63-91.

Arı, Furkan, "Kamu Yararı Statüsündeki Derneklerin Sosyal Hizmetteki Tamamlayıcı Rolü", Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, Sayı: 60 (3), Yıl: 2025, s. 2170-2185.

Arkan, Sabih, Ticari İşletme Hukuku, 31. Bası, Ankara 2025.

Bahtiyar, Mehmet, Ortaklıklar Hukuku, İstanbul 19. Basım, İstanbul 2026.

Birinci Uzun, Tuba, Mirasın Resmi Tasfiyesi, Ankara 2018.

Bozer, Ali /**Göle**, Celal, Ticari İşletme Hukuku, 9. Bası, Ankara 2026.

Coşkun, Mahmut, Kooperatifler Hukuku, 2026.

Dural, Mustafa /**Öğüz,** Tufan, Türk Özel Hukuku Cilt II Kişiler Hukuku, Filiz Kitabevi, İstanbul 2025.

Göle, Celal /**Bilgeç,** Hakan, "Ticari İşletme İşlettikleri Halde Tacir Sayılmayan Dernek ve Vakıflara İlişkin Düzenlemenin (TK. M. 16/2) Değerlendirilmesi", Banka ve Ticaret Hukuku Araştırma Enstitüsü, Aralık 2016, C. 32, S. 4, s. 5-19.

Karakaya, Oral, "Türkiye'de Dernekleşme ve Toplumsal Gelişmişlik Göstergeleri Arasındaki İlişki", Anadolu Akademi Sosyal Bilimler Dergisi, C. 4, S. 2, s. 315-340.

Karayalçın, Yaşar, Ticaret Hukuku I, Giriş-Ticari İşletme, Ankara 1968.

Koçoğlu, Safa, "Kamu Yararına Çalışan Derneklerde Vergi Muafiyeti", Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Bahar 2025, S. 35, s. 181-209.

Memiş, Tekin /**Turan,** Gökçen Sermaye Piyasası Hukuku, Ankara 2024.

Namdar, Azize, Editörler: **Buz,** Sema /**Afyonoğlu,** Meliha Funda, Sivil Toplum Örgütleri ve Sosyal Hizmet – Sorun Alanları ve Vaka Örnekleri, Ankara 2021.

Oğuzman, Kemal /**Seliçi,** Özer /**Oktay-Özdemir,** Saibe, Kişiler Hukuku, Gerçek ve Tüzel Kişiler, 23. Bası, Filiz Kitabevi, İstanbul, 2024.

Özdamar, Demet/**Türk,** Ahmet/**İkizler,** Metin, Senar Çağırgan, "Yeni Dernekler Mevzuatının Karşılaştırılmalı Olarak Değerlendirilmesi", Seçkin Yayıncılık, Ankara 2008.

Özsunay, Ergun, Medeni Hukukumuzda Tüzel Kişiler, Tüzel Kişilerin Genel Teorisi/Dernekler/ Vakıflar, 5.Bası, İstanbul, 1982.

Özbay, İbrahim, Taner Emre Yardımcı, İcra ve İflas Kanunu, Konuyla İlgili Mevzuat Açıklamalı, 2025.

Özden, Engin, Vergi Yükümlükleri ve Avantajları Boyutuyla Dernekler, Vakıflar ve Bağışçıları, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Maliye Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 2015.

Poroy Reha/**Yasaman,** Hamdi, Ticari İşletme Hukuku, İstanbul 2025.

Pulaşlı, Hasan, "Türk, İsviçre ve Alman Hukukuna Göre "İktisadi Amaç" Kavramının Şirket ve Dernekler Bakımından Değerlendirilmesi, Batider, 2016, C. XXXII, S. 2, s. 21-72.

Sabuncu, Burak, "Dernek Organlarının İç İlişkide Birbirlerine Karşı Hukuki Durumları, Ankara Barosu Dergisi, 2020/1, s. 155-190.

Şentürk, Murat, "Türkiye'de Kamunun ve STK'ların Sosyal Yardım Uygulamaları: Yeni Eğilimler ve İhtiyaçlar", İstanbul Üniversitesi Sosyoloji Dergisi, 2015, 3 (28), 285-307.

Ünal, Vehbi, "Maneviyata Duyarlı Sosyal Hizmet", Cumhuriyet İlahiyat Dergisi, Aralık 2021, 25 (2): 597-618.

Türkiye Üçüncü Sektör Vakfı, TÜSEV, "Vakıf ve Dernekleri İlgilendiren Vergi Uygulamaları ve Kamu Yararı Statüsü, Mevcut Durum ve Öneriler", 2018.

Dernek ve Vakıfların Vergilendirilmesi Rehberi, gib.gov.tr, Erişim 30.08.2026.

İçişleri Bakanlığı Sivil Toplumla İlişkiler Genel Müdürlüğü, https://www.siviltoplum.gov.tr/kamu-yararina-calisan-dernekler, Erişim 26.08.2026.

THE IMPACT OF RANOLAZINE ON HEART RATE VARIABILITY AND EPICARDIAL FAT THICKNESS IN PATIENTS WITH STABLE CORONARY ARTERY DISEASE

Nesim Aladağ[1]
[1] Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Medicine, Department of Cardiology, Van, Turkey

ABSTRACT
Objectives: Although ranolazine has a favorable impact on limiting exercise-induced angina in patients with CAD, its effect on heart rate variability (HRV) and epicardial fat thickness (EFT) is not established. This study investigated the short- and mid-term impact of ranolazine on HRV and EFT in patients with stable CAD.
Methods: In this prospective cohort study, a total of 36 patients with stable angina pectoris resulting from advanced CAD were enrolled. All subjects were receiving maximal antianginal therapy. Participants were divided into the ranolazine group and control group. All subjects underwent 24-hour ambulatory electrocardiography for HRV measurements, blood tests and transthoracic echocardiography for EFT measurements at baseline, 1st, 3rd and 6th months.
Results: As a measure of HRV, the standard deviation of all normal RR intervals did not display a significant difference throughout the follow-up compared with baseline in the ranolazine group; however, a significant decrease was observed in the control group at the 3rd and 6th months compared to baseline ($p<0.001$). EFT was significantly decreased in the ranolazine group in vertical and horizontal planes; however, EFT values were unchanged in the control group throughout follow-up. Ranolazine also led to a significant decrease in QT and QTc in this patient subset.
Conclusion: No significant change occurred in HRV parameters in stable patients with CAD on ranolazine compared to those in the control group who displayed significant decrease in HRV at 6 months of follow-up. Additionally, EFT was significantly reduced in subjects receiving ranolazine compared to those in the control group.
Keywords: Stable coronary artery disease, Ranolazine, Heart rate variability, Epicardial fat thickness

INTRODUCTION
A large proportion of subjects with coronary artery disease (CAD) are still not candidates for percutaneous or surgical revascularization owing to unfavorable individual characteristics and/or coronary anatomy. Patients who are not candidates for revascularization often experience angina even with low-intensity physical activity. Ranolazine has been shown to reduce the recurrence of ischemia, severity and intensity of angina, and the need for sublingual nitroglycerin in patients with chronic angina. Therefore, international guidelines recommend ranolazine as a second-line treatment of patients with chronic coronary syndrome and angina (1, 2).
Heart rate variability (HRV), which can be defined as the fluctuation between heartbeats per unit time, is a good non-invasive indicator of the balance between the parasympathetic and sympathetic nervous systems (3). In patients with CAD, a significant decrease in HRV has been linked to death and severe adverse cardiovascular events (4). Therefore, extensive evidence indicates that HRV could be used for risk stratification in post-myocardial infarction patients.

Epicardial fat tissue, which is located between the outer wall of the myocardium and the visceral layer of the pericardium, is frequently thickened in patients with stable CAD (5). Epicardial fat thickness (EFT) has been associated with the severity of CAD (6). Moreover, many studies have reported that EFT increase was associated with deterioration in coronary flow reserve and endothelial dysfunction.

Although ranolazine has a favorable impact on limiting exercise-induced angina in patients with CAD, its effect on HRV and EFT is still not established. This study was conducted with the aim of investigating the short- and mid-term impact of ranolazine on HRV and EFT in patients with stable CAD.

METHODS

Study population

All consecutive patients admitted to cardiology outpatient clinic of our institute between September 2018 and December 2020 with stable angina pectoris resulting from advanced CAD were enrolled in this prospective cohort study. Subjects with uncontrolled diabetes and hypertension, acute coronary syndrome and cerebrovascular events within the last three months, and advanced kidney or liver disease were excluded. In addition, patients who were candidates for surgical or percutaneous revascularization were excluded. Written informed consent forms were obtained from the patients after receiving approval for the research from the local ethics committee.

All subjects were receiving 81 mg acetylsalicylic acid, maximum-tolerated dose of beta-blockers, renin-angiotensin system (RAS) inhibitors, long-acting nitrate, and statin therapies. The study group was divided into the ranolazine group and the control group, according to administration of ranolazine treatment after necessary examinations. The selection of patients that were set to receive ranolazine was done in a randomized manner with respect to consecutive admission. In addition to the standard anti-ischemic medications described above, subjects assigned to the ranolazine group received ranolazine 375 mg twice daily for the first two weeks and continued with 500 mg twice daily thereafter. Subjects in the control group only received the standard medications as described above. All subjects underwent 24-hour ambulatory electrocardiography for HRV measurements at baseline 1st, 3rd and 6th months. Additionally, blood tests and transthoracic echocardiography for EFT measurements were performed at the same time points.

Heart rate variability

Heart rate variability was measured at baseline, 1st, 3rd and 6th months, by 24-hour ambulatory electrocardiography using a 12-channel Holter system (Syneflash Holter Recorder, Ela medical, Montrouge, France) beginning between 08:00–09:00 in the morning. A software application was used to convert the analog ECG signal to a digital signal (Synetec^{TM} version 1.1 0, Ela medical, Montrouge, France). The standard deviation of all normal RR intervals (SDNN), root-mean square differences of successive R-R intervals (RMSSD), mean of the standard deviations of the NN intervals for each 5 min segment of a 24-hour HRV recording (SDN index, SDNNI), the percentage of successive RR intervals that differ by more than 50 ms (pNN50), integral of the density of the RR interval histogram divided by its height (HRV triangular index), very low frequency power (VLF, 0.0033 to 0.04 Hz), low frequency power (LF, 0.04 to 0.15 Hz; reflects sympathetic activity modified by parasympathetic activity), high frequency power (HF, 0.15 to 0.40 Hz; reflects parasympathetic activity), and mean QT, and corrected QT (QT_c) intervals were recorded (7).

Echocardiography

All subjects underwent transthoracic echocardiography with a commercially available cardiac ultrasound device (Philips, Epiq 7, Holland) at baseline, 1st month, 3rd months, and 6th months.

Patients were examined in the left lateral decubitus position, and all measurements were performed in accordance with the American Society of Echocardiography (ASE) guidelines (8). EFT was measured perpendicularly from the pericardial layer between the right ventricular free wall in the parasternal long-axis image (9).

Primary outcome

The primary outcome measure of this study was the difference in the change in HRV parameters and EFT in subjects with and without ranolazine therapy in addition to maximal antianginal treatment.

Statistical analysis

Data analysis was performed using SPSS v21. Normality of distribution of continuous data was checked using the Shapiro-Wilk test. In presenting the continuous data, mean ± standard deviation or median (1st quartile-3rd quartile) were used according to normality of distribution. Categorical variables were given as frequency (percentage). The means were compared by the independent samples t-test and Mann-Whitney U test according to normality.. Categorical variables were analyzed with appropriate chi-square tests (Pearson, Yate's continuity correction, Fisher's exact). Repeated measurements were analyzed with Friedman's analysis of variances by ranks. The Bonferroni correction method was used to correct for pairwise comparisons. $p<0.05$ values were accepted to demonstrate statistical significance.

RESULTS

Longitudinal data were available for 36 subjects (mean age 62.6 ± 8.9 years, 52.7% male). Eighteen of the subjects received ranolazine, whereas the remaining 18 subjects were in the control group. Subjects in the ranolazine group were younger than those in the control group (58.17 ± 9.28 years vs. 67.44 ± 8.77 years, p=0.004). The mean left ventricular EF of the study group was 56.72 ± 5.57 %. Glucose levels, blood lipid levels and leukocyte counts were similar between groups, but relatively higher values were observed in the control group.

24-hour Holter monitoring results are given in **Table 1**. SDNN did not display a significant difference throughout the follow-up in ranolazine recipients; however, a significant decrease was seen in SDNN in the control group at 3rd and 6th months ($p < 0.001$). No significant changes were observed in SDNNI, RMSSD, pNN50, HRV triangular index, HF, LF and VLF. Mean QT and QTc were significantly lower at the 6th month in the ranolazine group compared to baseline and 1st month values; however, no significant change during follow-up was observed in the control group in terms of QT and QTc.

Epicardial adipose tissue measurements are presented in **Table 2**. EFT was decreased in the ranolazine group in the vertical and horizontal planes and the area of the adipose tissue. However, EFT values in the control group did not change significantly (**Figure 1**).

DISCUSSION

This study investigated the short- and mid-term influence of ranolazine on HRV and EFT in patients with severe CAD who were not candidates for surgical or percutaneous revascularization. Our findings indicate that SDNN does not differ significantly during 6 months of follow-up in patients receiving ranolazine compared to controls. However, controls demonstrated a significant decrease in SDNN at the 3rd and 6th months compared to baseline values. In ranolazine recipients, a significant reduction in EFT was observed at 6 months of follow-up.

Patients with extensive CAD are usually scheduled for surgical or percutaneous revascularization. However, a significant proportion of patients with CAD are not candidates for revascularization owing to unfavorable coronary anatomy, patient reluctance regarding the

intervention, and the general condition of the individual. However, these patients are shown to be vulnerable to ventricular arrhythmias and major adverse cardiovascular events depending on the extent of myocardium ischemia compared to subjects with coronary anatomy suitable for revascularization (10). SDNN, RMSSD, NN50, HF have been shown to be reduced in stable CAD patients. Decreased HRV also predicts poor survival in heart failure and patients with myocardial infarction (11). Kleiger and colleagues have shown in patients with a recent acute myocardial infarction that subjects with a HR variability of <50 ms had 5.3-fold higher likelihood of mortality compared to those with a HR variability of >100 ms (12). Moreover, HRV was a significant independent predictor of mortality in this patient subset. The relationship between decreased HRV and prognosis has also been reported in patients with stable angina pectoris. Forslund et al. have shown that the total power and the HF, LF, and VLF components of HRV are independent predictors of cardiovascular death in patients with stable CAD (13).

Epicardial adipose tissue is a critical endocrine organ playing an important role in cardiac morphology and function (14). The relationship between increased EFT and CAD has been established. Extensive research has shown that EFT is strongly associated with the presence and severity of CAD, as well as coronary microvascular function (15). Tanindi et al., in their study involving patients with stable angina pectoris, unstable angina pectoris or acute myocardial infarction who had undergone percutaneous coronary intervention, demonstrated that an EFT value of more than 7 mm was associated with survival (16).

Ranolazine is a late sodium channel inhibitor which blocks sodium and potassium ion channel currents. In ischemic myocardium, augmentation of inward sodium current in the late phase of repolarization leads to increased cytosolic calcium concentration and the resultant intracellular calcium overload leads to impaired left ventricular relaxation and elevated left ventricular diastolic wall tension, which further reduces myocardial blood flow (17). Intracellular calcium overload also alters myocardial electrical activity and predisposes myocardium to ventricular arrhythmias (18). In addition to late sodium channel inhibition, ranolazine inhibits delayed rectifier potassium current leading to prolongation in the ventricular action potential duration, which further prolongs QTc by 2 to 6 ms (19).

Ranolazine has been established to improve the symptoms of patients with chronic stable angina pectoris resistant to conventional treatment. Ranolazine improves various exercise-related symptoms, including time to angina, time to ST depression, duration of angina, frequency of angina, and the need for nitroglycerin use (20). Our findings indicate that SDNN remains stable in patients receiving ranolazine, whereas a significant decrease occurs in subjects without ranolazine therapy. Additionally, we also report a significant reduction in EFT in the vertical and horizontal planes among ranolazine recipients. With this background in mind, we think that the favorable effects of ranolazine in patients with stable CAD may be associated with the prevention of HRV alterations and the reduction of EFT.

CONCLUSION

In conclusion, HRV remains unchanged in patients with stable CAD who receive ranolazine compared to those without ranolazine treatment. Individuals without ranolazine demonstrated a significant decrease in HRV findings at 6 months of follow-up. Additionally, ranolazine also appears to significantly reduce EFT at 6 months, whereas no change was observed in the control group. Finally, it is important to note that ranolazine also leads to a significant decrease in QT and QTc in this patient subset. We suggest that the favorable long-term effects of ranolazine in patients with stable CAD may be related to the prevention of HRV alterations and the reduction of EFT.

REFERENCES

1. Wilson SR, Scirica BM, Braunwald E, Murphy SA, Karwatowska-Prokopczuk E, Buros JL, et al. Efficacy of Ranolazine in Patients With Chronic Angina: Observations From the Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled MERLIN–TIMI (Metabolic Efficiency With Ranolazine for Less Ischemia in Non–ST-Segment Elevation Acute Coronary Syndromes) 36 Trial. Journal of the American College of Cardiology. 2009;53(17):1510–6
2. Knuuti J, Wijns W, Saraste A, Capodanno D, Barbato E, Funck-Brentano C, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes: the Task Force for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes of the European Society of Cardiology (ESC). European heart journal. 2020;41(3):407–77. doi: 10.1093/eurheartj/ehz425
3. Cygankiewicz I, Zareba W. Heart rate variability. Handbook of clinical neurology. 2013;117:379-93. doi: 10.1016/B978-0-444-53491-0.00031-6
4. Muhadi M, Nasution SA, Putranto R, Harimurti K. The ability of detecting heart rate variability with the photoplethysmography to predict major adverse cardiac event in acute coronary syndrome. Acta Medica Indonesiana. 2016;48(1):48.
5. Meenakshi K, Rajendran M, Srikumar S, Chidambaram S. Epicardial fat thickness: A surrogate marker of coronary artery disease - Assessment by echocardiography. Indian heart journal. 2016;68(3):336–41. doi: 10.1016/j.ihj.2015.08.005
6. Sen J, McGill D. Fractal analysis of heart rate variability as a predictor of mortality: A systematic review and meta-analysis. Chaos (Woodbury, NY). 2018;28(7):072101. doi: 10.1063/1.5038818
7. Shaffer F, Ginsberg JP. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. Front Public Health. 2017 Sep 28;5:258. doi: 10.3389/fpubh.2017.00258. doi: 10.3389/fpubh.2017.00258
8. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. Journal of the American Society of Echocardiography: official publication of the American Society of Echocardiography. 2015;28(1):1–39.e14. doi: 10.1016/j.echo.2014.10.003
9. Iacobellis G, Willens HJ. Echocardiographic epicardial fat: a review of research and clinical applications. Journal of the American Society of Echocardiography: official publication of the American Society of Echocardiography. 2009;22(12):1311–9; quiz 417–8. doi: 10.1016/j.echo.2009.10.013
10. Simoons ML, Windecker S. Controversies in cardiovascular medicine: Chronic stable coronary artery disease: drugs vs. revascularization. European heart journal. 2010;31(5):530–41. doi: 10.1093/eurheartj/ehp605
11. Buccelletti E, Gilardi E, Scaini E, Galiuto L, Persiani R, Biondi A et al. Heart rate variability and myocardial infarction: systematic literature review and meta-analysis. Eur Rev Med Pharmacol Sci. 2009;13(4):299–307.
12. Kleiger RE, Miller JP, Bigger JT, Jr., Moss AJ. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. Am J Cardiol. 1987;59(4):256–62. doi: 10.1016/0002-9149(87)90795-8
13. Forslund L, Björkander I, Ericson M, Held C, Kahan T, Rehnqvist N et al. Prognostic implications of autonomic function assessed by analyses of catecholamines and heart rate variability in stable angina pectoris. Heart (British Cardiac Society). 2002;87(5):415–22. doi: 10.1136/heart.87.5.415

14. Börekçi A, Gür M, Özaltun B, Baykan AO, Harbalioğlu H, Seker T et al. Epicardial fat thickness in stable coronary artery disease: its relationship with high-sensitive cardiac troponin T and N-terminal pro-brain natriuretic peptide. Coronary artery disease. 2014;25(8):685–90. doi: 10.1097/MCA.0000000000000140
15. Jeong J-W, Jeong MH, Yun KH, Oh SK, Park EM, Kim YK, et al. Echocardiographic epicardial fat thickness and coronary artery disease. Circulation Journal. 2007;71(4):536–9. doi: 10.1253/circj.71.536
16. Tanindi A, Erkan AF, Ekici B. Epicardial adipose tissue thickness can be used to predict major adverse cardiac events. Coronary artery disease. 2015;26(8):686–91. doi: 10.1097/MCA.0000000000000296
17. Tani M, Neely JR. Role of intracellular Na+ in Ca2+ overload and depressed recovery of ventricular function of reperfused ischemic rat hearts. Possible involvement of H+-Na+ and Na+-Ca2+ exchange. Circulation research. 1989;65(4):1045–56. doi: 10.1161/01.res.65.4.1045
18. Hale SL, Shryock JC, Belardinelli L, Sweeney M, Kloner RA. The late sodium current inhibition as a new cardioprotective approach. Journal of molecular and cellular cardiology. 2008;44(6):954–67. doi: 10.1016/j.yjmcc.2008.03.019
19. Chaitman BR. Ranolazine for the treatment of chronic angina and potential use in other cardiovascular conditions. Circulation. 2006;113(20):2462–72. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.597500
20. Henry TD, Satran D, Hodges JS, Johnson RK, Poulose AK, Campbell AR, et al. Long-term survival in patients with refractory angina. European heart journal. 2013;34(34):2683–8. doi: 10.1093/eurheartj/eht165

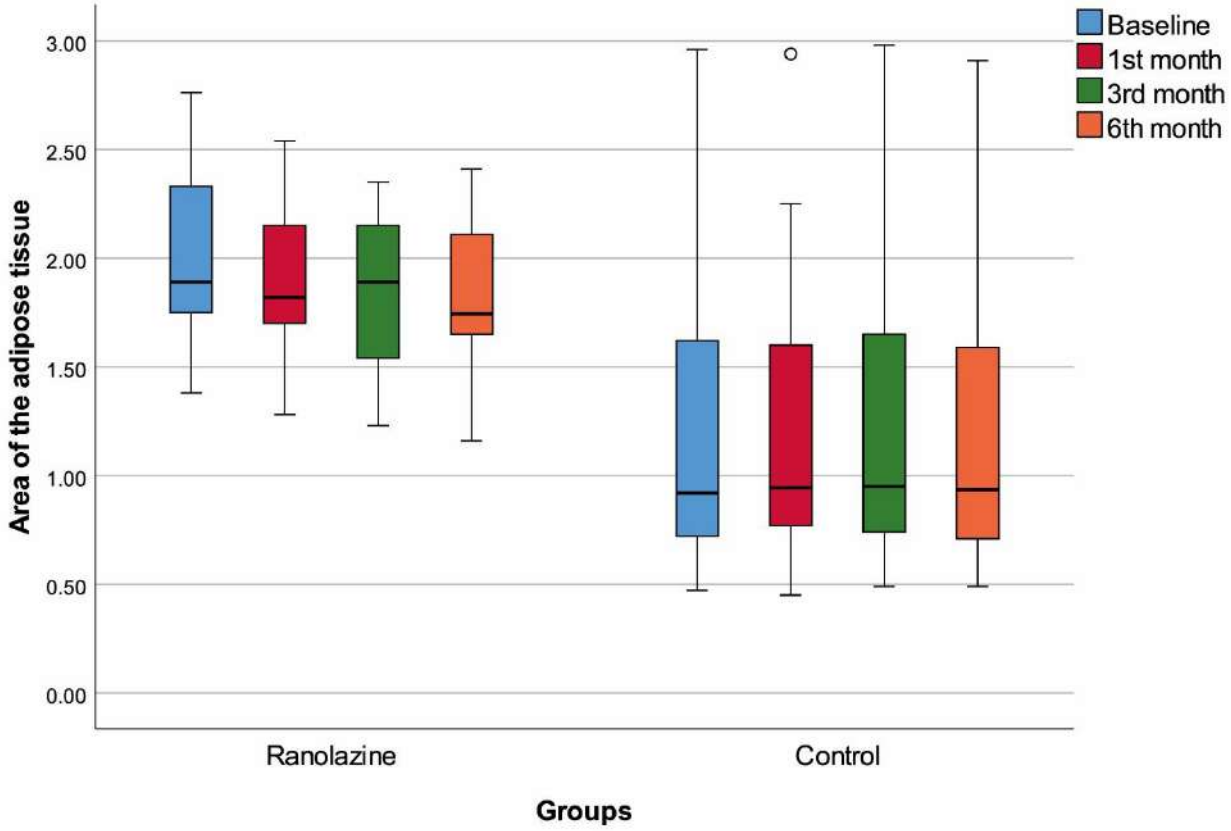


Figure 1. Area of the adipose tissue with regard to groups

Table 1. Summary of heart rate variability metrics with regard to groups

	Groups		p (between groups)
	Ranolazine (n=18)	Control (n=18)	
SDNN			
Baseline	117.5 (98 - 164)	124 (104 - 145) [a]	0.937
1st month	111 (105 - 117)	123.5 (102 - 144) [ab]	
3rd month	130.5 (110 - 136)	121.5 (100 - 141) [bc]	
6th month	110.5 (105 - 123)	120 (99 - 139) [c]	
p (within groups)	0.081	**<0.001**	
SDNN index			
Baseline	51 (43 - 56)	50.5 (37 - 58)	0.184
1st month	52.5 (45 - 62)	56 (44 - 66)	
3rd month	52.5 (44 - 69)	54.5 (43 - 63)	
6th month	49.5 (42 - 56)	56.5 (44 - 66)	
p (within groups)	0.149	0.478	
RMSSD			
Baseline	31 (26 - 34)	31.5 (23 - 37)	0.506
1st month	29 (26 - 33)	36 (29 - 39)	
3rd month	31 (27 - 40)	33.5 (26 - 36)	
6th month	30 (28 - 32)	30.5 (26 - 39)	

p (within groups)	0.227	0.486	
pNN50			
Baseline	7.5 (4 - 13)	8 (3 - 14)	0.476
1st month	7 (4 - 9)	11.5 (7 - 17)	
3rd month	9.5 (6 - 17)	10 (5 - 15)	
6th month	6.5 (5 - 10)	8.5 (6 - 15)	
p (within groups)	0.183	0.556	
Mean QT interval			
Baseline	365 (354 - 375) [a]	363.5 (350 - 377)	0.558
1st month	370 (352 - 383) [a]	369 (347 - 377)	
3rd month	360 (348 - 372) [ab]	356.5 (344 - 361)	
6th month	355.5 (345 - 365) [b]	360.5 (352 - 377)	
p (within groups)	**0.001**	0.488	
Mean QTc interval			
Baseline	381.5 (373 - 391) [ab]	385.5 (376 - 400)	0.164
1st month	385.5 (376 - 408) [a]	384 (362 - 407)	
3rd month	373 (362 - 393) [bc]	379 (373 - 388)	
6th month	367.5 (352 - 387) [c]	390 (377 - 397)	
p (within groups)	**0.001**	0.803	

Data are given as median (1st quartile - 3rd quartile) for continuous variables according to normality of distribution

The same letters denote the lack of statistically significant differences between the repeated measurements

Table 2. Summary of epicardial adipose tissue thickness (mm) with regard to groups

	Groups		p (between groups)
	Ranolazine (n=18)	Control (n=18)	
Vertical			
Baseline	0.65 (0.50 - 0.75) [a]	0.57 (0.44 - 0.71)	**<0.001**
1st month	0.54 (0.43 - 0.63) [b]	0.60 (0.44 - 0.71)	
3rd month	0.50 (0.43 - 0.66) [b]	0.56 (0.44 - 0.68)	
6th month	0.49 (0.38 - 0.58) [b]	0.58 (0.45 - 0.70)	
p (within groups)	**<0.001**	0.381	
Horizontal			
Baseline	2.28 (1.88 - 2.75) [a]	2.09 (1.82 - 2.46)	**<0.001**
1st month	2.20 (1.84 - 2.64) [b]	2.12 (1.76 - 2.54)	
3rd month	2.15 (1.74 - 2.53) [b]	2.13 (1.84 - 2.52)	
6th month	1.98 (1.83 - 2.48) [b]	2.17 (1.79 - 2.53)	
p (within groups)	**<0.001**	0.690	
Area			
Baseline	1.89 (1.75 - 2.33) [a]	0.92 (0.72 - 1.62)	**<0.001**
1st month	1.82 (1.70 - 2.15) [b]	0.95 (0.77 - 1.60)	

3rd month	1.89 (1.54 - 2.15) [b]	0.95 (0.74 - 1.65)
6th month	1.75 (1.65 - 2.11) [c]	0.94 (0.71 - 1.59)
p (within groups)	**<0.001**	0.644

Data are given as median (1st quartile - 3rd quartile) for continuous variables according to normality of distribution

The same letters denote the lack of statistically significant differences between the repeated measurements

AMASYA KENTİNDE GÖRÜLEN DON OLAYLARININ GERÇEK VE ASTRONOMİK MEVSİM SÜRELERİ İLE İLİŞKİSİ

THE RELATIONSHIP BETWEEN FROST EVENTS AND THE LENGTHS OF REAL AND ASTRONOMICAL SEASONS IN AMASYA CITY

Neslihan ERDÖNMEZ
Doktor, Millî Eğitim Bakanlığı, Safranbolu 15 Temmuz Şehitleri Anadolu Lisesi,
ORCID: 0000-0003-1933-8004
İlker ERDÖNMEZ
Doktora Öğrencisi, Karabük Üniversitesi, Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı,
ORCID: 0000-0003-0453-3368

ÖZET

Meyve ağaçlarının çiçeklendiği ilkbahar döneminde gerçekleşen don olayları, Amasya'da gibi meyve yetiştiriciliği ile öne çıkan şehirlerde üretime ciddi zarar vermektedir. Başlangıcı ve/veya bitişi belirli bir takvim günüyle belirlenen astronomik mevsimler, bir yerin gerçek sıcaklık koşullarını her zaman yansıtmayabilir. Bu çalışmanın amacı, Amasya kentinde don olaylarının gerçek ve astronomik mevsim süreleriyle ilişkisini ortaya koymaktır. Çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait Amasya istasyonunun (17085) 1965–2025 dönemi günlük ortalama ve minimum sıcaklık verileri kullanılmıştır. Gerçek mevsimler, günlük ortalama sıcaklığın 25. Yüzdelik değeri (6,8 °C) ve 75. Yüzdelik değeri (20,9 °C) dikkate alınarak düzenlenmiştir. Minimum sıcaklığın 0 °C'nin altına düştüğü günler donlu günler olarak kabul edilmiştir. Son ilkbahar donu, ilk sonbahar donu ve don yaşanmayan dönemdeki eğilimler Mann-Kendall testi, Sen'in eğim yöntemi ve Pettitt testiyle incelenmiştir. 1966–1995 ve 1996–2025 dönemleri karşılaştırıldığında gerçek ilkbaharın başlangıcı 15 Mart'tan 26 Şubat'a gerilemiştir. Gerçek yaz 89 günden 101 güne uzamış, gerçek kış ise 108 günden 85 güne kısalmıştır. Yıllık donlu gün sayısı 58,5 günden 50,4 güne inmiş; seride 2008 yılında anlamlı bir kırılma belirlenmiştir. Buna karşılık son ilkbahar donunun ortalama tarihi iki dönemde de Mart sonu ile Nisan başında kalmış ve anlamlı bir eğilim göstermemiştir. Bu nedenle gerçek ilkbaharın başlangıcı ile son don arasındaki süre yaklaşık 16 günden 35 güne uzamıştır. Gerçek ilkbaharda görülen donlu gün sayısı yılda 3,7 günden 8,6 güne yükselmiştir. Astronomik mevsimlere göre ise ilkbahar donları ancak 2,3 günden 2,8 güne çıkmaktadır. Sonuçlar, Amasya'da ilkbahar başlangıcının daha erken tarihlere kaydığını ancak son don tarihinin değişmediğini göstermektedir. Bu durum, erken gelen ılık koşullardan sonra don olayına maruz kalınabilecek süreyi uzatmaktadır. Don riskinin değerlendirilmesinde astronomik mevsim başlangıçları yerine gerçek mevsimlerin esas alınması daha doğru sonuçlar sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, Amasya, don olayı, gerçek mevsim, astronomik mevsim, son ilkbahar donu

ABSTRACT

Frost events occurring in the spring, when fruit trees are in bloom, cause serious damage to production in cities like Amasya, which are known for their fruit cultivation. Astronomical seasons, however—whose start and/or end dates are defined by specific calendar days—do not always reflect the actual temperature conditions of a location. The aim of this study is to reveal the relationship between frost events and the durations of actual and astronomical seasons in the city of Amasya. In the study, daily mean and minimum temperature data from the Amasya station (17085) of the General Directorate of Meteorology for the 1965–2025

period were used. The actual seasons were defined based on the 25th percentile (6.8°C) and 75th percentile (20.9°C) values of the daily average temperature. Days on which the minimum temperature fell below 0°C were classified as frost days. Trends in the last spring frost, the first autumn frost, and the frost-free period were analysed using the Mann-Kendall test, Sen's slope method, and the Pettitt test. When comparing the periods 1966–1995 and 1996–2025, the onset of true spring has shifted from March 15 to February 26. The duration of the actual summer has extended from 89 to 101 days, while the actual winter has shortened from 108 to 85 days. The annual number of days with frost has decreased from 58.5 to 50.4, and a significant breakpoint was identified in the series in 2008. In contrast, the average date of the last spring frost remained between late March and early April in both periods and showed no significant trend. Consequently, the interval between the onset of true spring and the last frost extended from approximately 16 days to 35 days. The number of days with frost during the actual spring has risen from 3.7 to 8.6 days per year. However, based on astronomical seasons, spring frost days increase only from 2.3 to 2.8 days. The results indicate that the onset of spring in Amasya has shifted earlier, whereas the date of the last frost has remained unchanged. This situation extends the period during which frost events may occur following the early arrival of warm conditions. Basing the assessment of frost risk on actual seasons rather than the astronomical start of seasons would yield more accurate results.

Keywords: Climate change**,** Amasya, frost event, real season, astronomical season, last spring frost

GİRİŞ

İklim değişikliği, yalnızca sıcaklık ortalamalarını değil ekstrem sıcaklık değerlerini de etkilemektedir. Küresel yüzey sıcaklığı son 150 yılda yaklaşık 1,09 °C yükselmiştir (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2021). Aynı değerlendirmeye göre 1950'lerden günümüze sıcak ekstrem olaylar sıklaşıp şiddetlenirken soğuk ekstrem olaylar seyrekleşerek zayıflamıştır (IPCC, 2021). Türkiye'de de 1950–2010 döneminde bir çok yerde yıllık donlu gün sayısının azaldığı tespit edilmiştir (Erlat ve Türkeş, 2012). Donlu günlerin azalması, don olayının neden olduğu zararların azaldığı anlamına gelmemektedir. Ilık geçen kışlar ve erken başlayan ilkbahar bitkilerin gelişimini öne çekebilir, bu durum ise bitkiler geç ilkbahar donlarına karşı korunmasız kalabilir (Gu vd., 2008). Bu nedenle donların sayısı kadar, yılın hangi döneminde görüldüğü de önem taşımaktadır.

Astronomik mevsimler, ekinoks ve gündönümü tarihleri başlangıç kabul edilerek belirlenmiştir. Buna göre 21 Mart, 21 Haziran, 23 Eylül ve 21 Aralık mevsim başlangıçlarıdır. Bölgesel veya yöresel coğrafi koşullara bağlı olarak bir yerde gerçekte yaşanan mevsime gerçek ya da doğal mevsim denir (Sever, 2005). Bir yerin gerçek sıcaklık koşulları ise bu tarihlere uymayabilir. Takvim olarak mevsim değişse de sıcaklık değerleri mevsime uygun olmayabilir. Isınmayla birlikte gerçek mevsimlerin süreleri de değişmektedir (Wang vd., 2021).

Amasya, Yeşilırmak vadisi boyunca kurulmuş bir kenttir (Çağlak, 2022). Kent ve çevresi kiraz ve elma üretimiyle tanınmaktadır. Amasya Kirazı ve Amasya Misket Elması coğrafi işaretle tescil edilmiştir (Türk Patent ve Marka Kurumu [TÜRKPATENT], 2019, 2022). Amasya Kirazı'nın tescil belgesinde ürünün ilkbahar geç donlarından olumsuz etkilendiği belirtilmektedir (TÜRKPATENT, 2022). Amasya'da fenolojik ve pomolojik açıdan incelenen dört yerel kiraz çeşidi (Türkoğlu, Abdullah, Hafız Ahmet ve Beyaz Kiraz) 23 Mart ile 16 Nisan arasında çiçeklenmektedir (Bilgener vd., 1998). Bu nedenle ilkbahar donlarının zamanı, kentin tarımsal üretimi için belirleyici bir özellik taşımaktadır.

Amasya'nın iklimini inceleyen Yılmaz (2020), 1961–2019 döneminde kentte yılda ortalama 54,4 donlu gün görüldüğünü ve bunların yaklaşık dörtte üçünün kış mevsiminde yaşandığını belirlemiştir. Bu çalışmada gerçek mevsimler belirlenmemiş, ilk ve son don tarihleri de incelenmemiştir. Karaoğlu (2014), Türkiye'nin don takvimini hazırlarken Amasya için 1978–2012 dönemindeki en erken ve en geç don tarihlerini vermiştir. Amasya'da don olaylarını gerçek ve astronomik mevsimlerle birlikte ele alan bir çalışmaya ise rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın amacı, Amasya kentinde 1965–2025 döneminde görülen don olaylarının gerçek ve astronomik mevsim süreleriyle ilişkisini ortaya koymaktır. Bu amaçla gerçek mevsimlerin astronomik mevsimlerden farkı, bu farkın son 30 yıldaki değişimi ve bu değişimin son ilkbahar ve ilk sonbahar donlarıyla ilişkisi incelenmiştir.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Astronomik ve Gerçek Mevsimler

Astronomik mevsimler, ekinoks ve gündönümü tarihleriyle sınırlanan dört dönemdir. Kuzey Yarım Küre'de ilkbahar 21 Mart'ta, yaz 21 Haziran'da, sonbahar 23 Eylül'de, kış 21 Aralık'ta başlamaktadır (Sever, 2005). Astronomik mevsimler her yerde aynı tarihlerde başlar ve bir yerin sıcaklık koşullarını hesaba katmaz.

Gerçek mevsim, bölgesel ya da yöresel coğrafi koşullara bağlı olarak oluşan ve yaşanan mevsimdir (Sever, 2005). Gerçek mevsimler genellikle sıcaklık eşiklerine göre belirlenir. Türkiye'de yapılan çalışmalarda 10 °C ve 20 °C eşikleri yaygın olarak kullanılmıştır. Özcan (2004), günlük ortalama sıcaklığın 10 °C'nin altında kaldığı günleri kış günü saymıştır. Aynı çalışmada 10–20 °C arasındaki günler ilkbahar ve sonbahar, 20 °C ve üzerindeki günler yaz günü olarak sınıflandırılmış, 5 °C'nin altındaki günler ise gerçek kış günü olarak ayrılmıştır. Çiçek (2000) de aynı eşiklerle Türkiye'de soğuk, ılık ve sıcak termik dönemlerin yayılışını incelemiştir.

Wang vd. (2021) mevsim eşiklerini her yerin kendi sıcaklık dağılımını inceleyerek belirlemektedir. Bu yaklaşımda yaz, günlük sıcaklığın uzun dönem sıcaklıklarının 75. yüzdelik değerini (Persentil - P75) aştığı gün başlarken kış, sıcaklığın 25. yüzdelik değerinin (Persentil - P25) altına indiği gün başlamaktadır. Örneğin P75, günlük sıcaklıkların %75'inin altında kaldığı değerdir. Eşiklerin karşılığı olan sıcaklık değerleri yerden yere değiştiği için yöntem her yerin kendi iklimini yansıtmaktadır. Wang vd. (2021), bu yöntemle Kuzey Yarım Küre'nin orta enlemlerinde 1952–2011 döneminde yazın 78 günden 95 güne uzadığını, kışın 76 günden 73 güne, ilkbaharın 124 günden 115 güne, sonbaharın 87 günden 82 güne kısaldığını belirlemiştir.

Don Olayı ve Don Ölçütleri

Don, toprak yüzeyinden 1,25–2,0 m yükseklikte ölçülen hava sıcaklığının 0 °C ya da altına düşmesidir (Snyder ve de Melo-Abreu, 2005). Meteoroloji Genel Müdürlüğü de don olayını standart siperler içinde ölçülen hava sıcaklığının 0 °C ve altına düşmesi olarak tanımlamaktadır (Şimşek vd., t.y.). İklim çalışmalarında don, günlük en düşük sıcaklığa (Tmin) göre izlenmektedir. Donlu gün, Tmin değerinin 0 °C'nin altına düştüğü gündür. Bu tanım, iklimdeki ekstrem değer değişimlerini izlemek için kullanılan uluslararası indislerden biridir (Expert Team on Climate Change Detection and Indices [ETCCDI], 2009; Zhang vd., 2011). Don olayının zamanı üç ölçütle izlenmektedir. Son ilkbahar donu, 30 Haziran'da sona eren dönemde en düşük sıcaklığın 0 °C ya da altına indiği son gündür. İlk sonbahar donu, 1 Temmuz'da başlayan dönemdeki ilk donlu gündür. Donsuz dönem ise bu iki tarih arasındaki gün sayısıdır (Erlat ve Türkeş, 2016). Donlar şiddetine göre de sınıflandırılır. Dünya Meteoroloji Örgütü tanımlarına dayanan sınıflamada Tmin değerinin −1,2 °C ile 0 °C

arasında olduğu don hafif dondur. Tmin değerinin −2,3 °C ile −1,2 °C arasında olduğu don orta, −2,3 °C ve altında olduğu don ise şiddetli dondur (Rahimi vd., 2007, aktaran Yeşilırmak, 2022).

Türkiye'de don olayları farklı ölçeklerde incelenmiştir. Erlat ve Türkeş (2012), 1950–2010 döneminde 72 istasyonun çoğunda donlu gün sayısının azaldığını belirlemiştir. Erlat ve Türkeş (2016), 1950–2013 döneminde 80 istasyonun ortalamasında son ilkbahar donunun her 10 yılda 0,64 gün erkene kaydığını, donsuz dönemin ise 0,71 gün uzadığını bulmuştur. Aynı çalışmada Karadeniz Bölgesi'ndeki eğilimler ülkenin geri kalanının tersi yönünde bulunmuştur. Sensoy vd. (2013) ise 1960–2010 döneminde Amasya'ya komşu Çorum dâhil sekiz istasyonda donlu gün sayısının anlamlı biçimde arttığını belirlemiştir.

YÖNTEM

Çalışma Alanı

Amasya, Karadeniz Bölgesi'nin Orta Karadeniz Bölümünde, Canik Dağları'nın art bölgesinde yer almaktadır (Çağlak, 2022). Kent, Yeşilırmak vadisi boyunca kurulmuştur ve ortalama yükselisi 350–500 m yükseltiler arasındadır (Çağlak, 2022). Amasya Ovası ile çevresindeki dağlar arasında 400–1000 m'lik yükselti farkı bulunur (Yılmaz, 2020). Amasya, Karadeniz ve İç Anadolu iklimleri arasında geçiş özelliği gösteren bir alanda yer almaktadır (TÜRKPATENT, 2019).

Veri

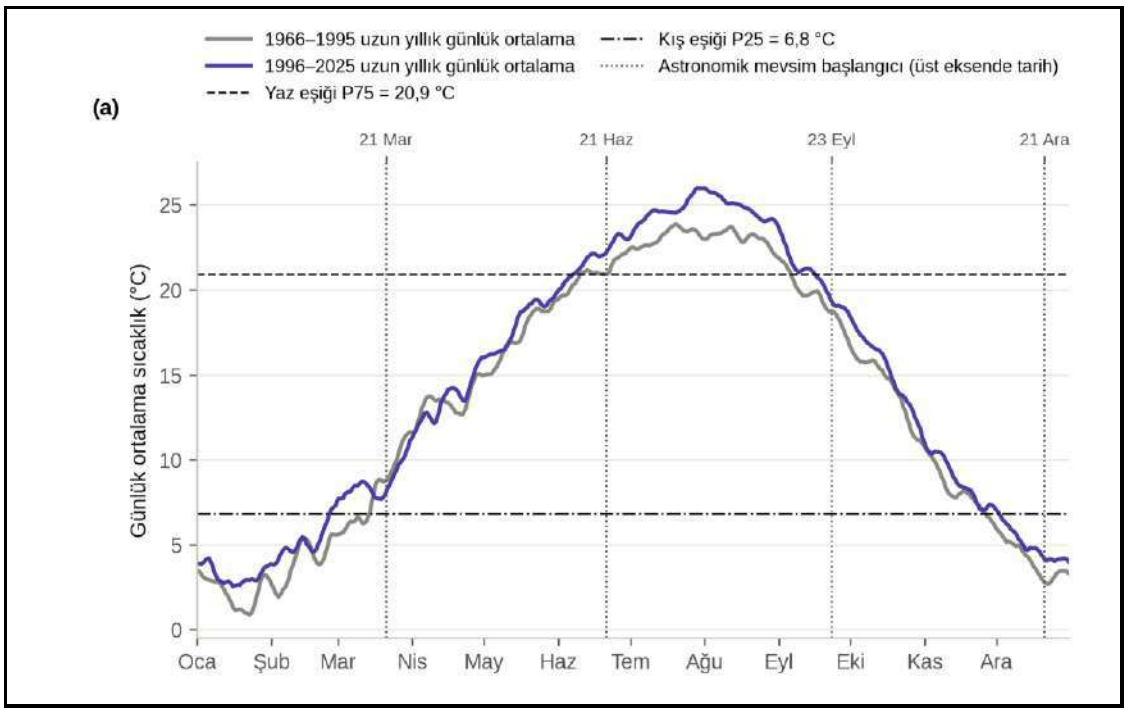
Çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne (MGM) ait Amasya istasyonunun (17085) günlük verileri kullanılmıştır. İstasyon Merkez ilçede, 40,67° kuzey enlemi ve 35,84° doğu boylamında yer alır (MGM, t.y.). İstasyonun yükseltisi 409 m'dir (Yılmaz, 2020). Analizde 1965–2025 dönemine ait günlük ortalama sıcaklık ve günlük en düşük sıcaklık değerleri kullanılmıştır. İki seride de günlerin tamamında ölçüm yapılmıştır ve eksik değer bulunmamaktadır.

Analiz Yöntemleri

Gerçek mevsimlerin belirlenmesinde Wang vd. (2021) yöntemi esas alınmıştır. Önce artık yıllardaki 29 Şubat günleri çıkarılmış ve her yıl 365 güne indirilmiştir. Ardından 1965–2025 dönemindeki bütün günlük ortalama sıcaklıklardan 25. ve 75. yüzdelik değerler/persentil hesaplanmıştır. Amasya için P25 değeri 6,8 °C, P75 değeri 20,9 °C bulunmuştur. Wang vd. (2021), günlük dalgalanmaları gidermek için ham veriye üçüncü dereceden bir polinom oluşturmuştur. Bu yöntem her bir yıl için denendiğinde polinom yıllık sıcaklık eğrisini yeterince temsil edememiş (ortalama R^2 = 0,79), 1978 ve 1993 yıllarında yaz eşiği hiç aşılamamıştır. Bu nedenle mevsimler tek tek yıllar için değil, dönemlerin uzun yıllık günlük ortalama sıcaklık eğrisi üzerinden belirlenmiştir.

Uzun yıllık eğri, her takvim gününe ait sıcaklıkların dönem boyunca ortalaması alınarak oluşturulmuş ve 5 günlük kayan ortalamayla sadeleştirilmiştir. Gerçek ilkbahar eğrinin P25 eşiğini yukarı doğru kestiği gün, gerçek yaz P75 eşiğini yukarı doğru kestiği gün başlar. Gerçek sonbahar P75 eşiğini, gerçek kış ise P25 eşiğini aşağı doğru kestiği gün başlar. Bir mevsimin süresi, kendi başlangıcı ile sonraki mevsimin başlangıcı arasındaki gün sayısıdır. Sıcaklık verilerinin zaman içinde seyrini ve durumunu karşılaştırabilmek için rasat süresi iki döneme ayrılmıştır. 1965 – 2025 yılları arasında kalan yaklaşık 60 yıllık rasat dönemi 1966–1995 ve 1996–2025 ile sınırlanacak şekilde bölünmüştür. Sıcaklık eğrileri 1965–2025, 1966–1995 ve 1996–2025 dönemleri için ayrı ayrı oluşturulmuş ve her üç eğride de her eşiğin yalnız bir kez kesildiği denetlenmiştir (Şekil 1). İki dönemin karşılaştırmasında aynı eşikler

kullanılmıştır. Astronomik mevsimler için Sever (2005) tarafından verilen tarihler alınmıştır. Bu tarihlere göre astronomik ilkbahar 92, yaz 94, sonbahar 89 ve kış 90 gün sürmektedir.



Şekil 1.Amasya'da 1966–1995 ve 1996–2025 dönemlerinin uzun yıllık günlük ortalama sıcaklık eğrileri

Günlük en düşük sıcaklığın 0 °C'nin altına düştüğü günler donlu gün sayılmıştır (ETCCDI, 2009). Son ilkbahar donu, ilk sonbahar donu ve donsuz dönem Erlat ve Türkeş (2016) tarafından tanımlanan kurallarla hesaplanmıştır. Erlat ve Türkeş (2016) bu ölçütlerde 0 °C ve altını kullanmıştır. Bu çalışmada ise donlu gün tanımıyla tutarlı olması için don eşiği bu ölçütlerde de 0 °C'nin altı olarak alınmıştır. Tarihler yılın kaçıncı günü olduğuna göre ifade edilmiş, donsuz dönem iki don tarihi arasında kalan donsuz günlerin sayısı olarak hesaplanmıştır. Donlar ayrıca hafif, orta ve şiddetli olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır. Don eşiği 0 °C'nin altı alındığı için hafif don sınıfı −1,2 °C < Tmin < 0 °C aralığını kapsar. Her donlu gün hem astronomik takvime hem de gerçek mevsim takvimine göre bir mevsime atanmıştır. Gerçek mevsim atamasında 1966–1995 yıllarının günleri 1966–1995 eğrisinin, 1996–2025 yıllarının günleri ise 1996–2025 eğrisinin takvimine göre sınıflandırılmıştır.

Yıllık serilerdeki eğilim Mann-Kendall testiyle incelenmiştir. Mann-Kendall testi, bir zaman serisinde düzenli bir artış ya da azalış olup olmadığını, verinin dağılım biçimine bağlı kalmadan sınayan parametrik olmayan bir testtir (Mann, 1945; Kendall, 1975). Testin S istatistiği, serideki bütün değer çiftlerinin karşılaştırılmasıyla hesaplanmaktadır (Eşitlik 1).

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} \operatorname{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

Eşitlikte n yıl sayısını, x_j ve x_k ise j ve k yıllarındaki değerleri gösterir. sgn işlevi, fark pozitifse 1, sıfırsa 0, negatifse −1 değerini alır. S istatistiğinin varyansı ve standart normal test istatistiği Z, Eşitlik 2 ve Eşitlik 3 ile hesaplanmaktadır.

$$\operatorname{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^{q} t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18} \quad (2)$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\mathrm{Var}(S)}}, & S > 0 \text{ ise} \\ 0, & S = 0 \text{ ise} \\ \frac{S+1}{\sqrt{\mathrm{Var}(S)}}, & S < 0 \text{ ise} \end{cases} \quad (3)$$

Eşitlikte q birbirine eşit değerlerden oluşan grupların sayısını, t_p ise p. gruptaki değer sayısını gösterir. Z değerinin pozitif olması artışı, negatif olması azalışı gösterir. |Z| > 1,96 olduğunda eğilim 0,05 düzeyinde anlamlıdır. Eğilimin büyüklüğü Sen'in eğim yöntemiyle hesaplanmıştır (Sen, 1968). Bu yöntemde bütün değer çiftleri için eğim bulunur ve bu eğimlerin ortancası serinin eğimi kabul edilir (Eşitlik 4). Eğimler 10 yıldaki değişim olarak verilmiştir.

$$Q = \text{medyan}\left(\frac{x_j - x_k}{j-k}\right), \quad j > k \quad (4)$$

Serilerde ortalamanın belirgin biçimde değiştiği yıl Pettitt testiyle taranmıştır (Pettitt, 1979). Test, seriyi her yıl için ikiye bölerek iki parçanın birbirinden farkını ölçer (Eşitlik 5 ve Eşitlik 6).

$$U_t = \sum_{i=1}^{t} \sum_{j=t+1}^{n} \text{sgn}(x_i - x_j) \quad (5)$$

$$K = \text{maks}|U_t|, \quad p \approx 2\exp\left(\frac{-6K^2}{n^3+n^2}\right) \quad (6)$$

En büyük $|U_t|$ değerinin elde edildiği t yılı değişim noktasıdır ve p < 0,05 olduğunda anlamlı kabul edilmiştir. Bütün hesaplar Python 3.10 (pandas 2.3.3, NumPy 2.2.6) ile yapılmış, sonuçlar ayrı bir programla yeniden hesaplanarak doğrulanmıştır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Gerçek ve Astronomik Mevsimlerin Başlangıç Tarihleri ve Süreleri

Gerçek mevsimler, günlük ortalama sıcaklığın 25. (6,8 °C) ve 75. (20,9 °C) yüzdelik değerlerine göre uzun yıllık günlük ortalama sıcaklık eğrisinden belirlenmiştir. Astronomik süreler 365 günlük takvime göredir. Fark satırında eksi değer daha erken başlangıcı ya da daha kısa süreyi, artı değer daha geç başlangıcı ya da daha uzun süreyi gösterir.

Tablo 1'de görüldüğü üzere Amasya'da 1965–2025 dönemine ait uzun yıllık eğri, P25 eşiğini 4 Mart'ta yukarı doğru, 30 Kasım'da aşağı doğru kesmektedir. Gerçek ilkbahar bu nedenle astronomik ilkbahardan 17 gün önce başlamaktadır. Gerçek yaz 9 Haziran'da, gerçek sonbahar 8 Eylül'de, gerçek kış ise 30 Kasım'da başlamaktadır. Gerçek ilkbahar (97 gün) astronomik ilkbahardan uzun, gerçek sonbahar (83 gün) ise astronomik sonbahardan kısadır. Bu fark, sıcaklığın sonbaharda ilkbahardakinden daha hızlı düştüğünü göstermektedir.

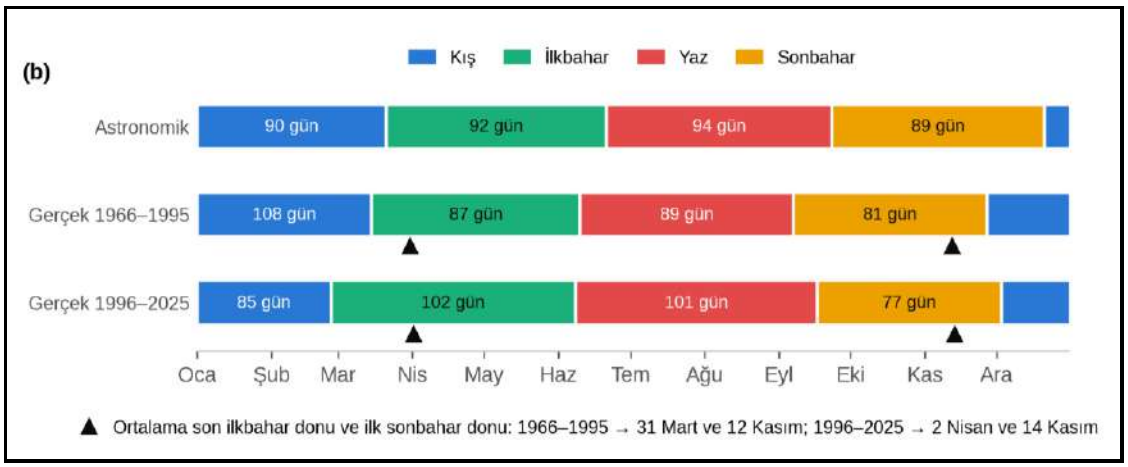
Tablo 1. Amasya'da astronomik ve gerçek mevsimlerin başlangıç tarihleri ve süreleri

Mevsim tanımı	Başlangıç tarihi				Süre (gün)			
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Astronomik	21 Mart	21 Haziran	23 Eylül	21 Aralık	92	94	89	90
Gerçek (1965–2025)	4 Mart	9 Haziran	8 Eylül	30 Kasım	97	91	83	94
Gerçek (1966–1995)	15 Mart	10 Haziran	7 Eylül	27 Kasım	87	89	81	108
Gerçek (1996–2025)	26 Şubat	8 Haziran	17 Eylül	3 Aralık	102	101	77	85
Fark (1996–2025 eksi 1966–1995)	−17	−2	+10	+6	+15	+12	−4	−23

Şekil 1'de görüldüğü üzere 1996–2025 döneminin günlük ortalama sıcaklık eğrisi, yılın 327 gününde 1966–1995 eğrisinin üzerinde yer almaktadır. İki eğri arasındaki fark en çok

Temmuz ve Ağustos aylarında büyümekte, 1 Ağustos'ta 3,0 °C'ye ulaşmaktadır. Buna karşılık özellikle 16 Mart ile 13 Nisan arasında son dönemin eğrisi önceki dönemin altında kalmaktadır. En büyük fark 10 Nisan'da −1,4 °C'dir. Son 30 yılda ısınma ilkbaharın başında ve yazda belirginleşmiş, Mart sonu ile Nisan ortası arasındaki dönem ise ısınmamıştır.

Şekil 2 ve Tablo 1, bu değişimin mevsim takvimine yansımasını göstermektedir. 1996–2025 döneminde gerçek ilkbahar 15 Mart yerine 26 Şubat'ta, yani 17 gün önce başlamaktadır. Gerçek yaz 2 gün önce, gerçek sonbahar 10 gün, gerçek kış ise 6 gün sonra başlamaktadır. Bu değişimlerle gerçek kış 108 günden 85 güne kısalmış, gerçek yaz 89 günden 101 güne, gerçek ilkbahar 87 günden 102 güne uzamıştır. Gerçek sonbahar ise 81 günden 77 güne kısalmıştır. 1966–1995 döneminde astronomik kıştan 18 gün uzun olan gerçek kış, 1996–2025 döneminde ondan 5 gün kısa hâle gelmiştir.

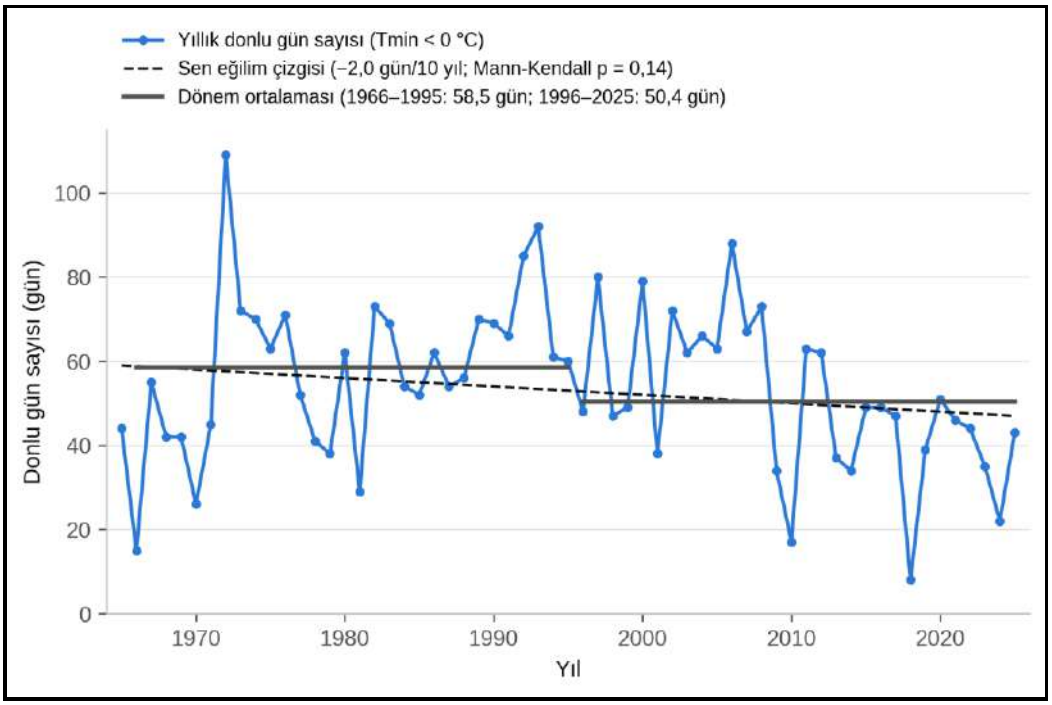


*Şe*kil 2. Amasya'da 1966–1995 ve 1996–2025 dönemlerinin astronomik ve gerçek mevsim takvimleri

Donlu Gün Sayısı ve Don Şiddeti

Amasya'da 1965–2025 döneminde yılda ortalama 54,3 donlu gün görülmüştür (Tablo 2). En çok donlu gün 1972'de (109 gün), en az donlu gün 2018'de (8 gün) kaydedilmiştir. Donlar Ekim ile Mayıs arasında görülmektedir. En çok donlu günün görüldüğü aylar Ocak (16,2 gün), Şubat (12,9 gün) ve Aralık (11,3 gün) aylarıdır. Haziran–Eylül döneminde hiç don görülmemiştir.

Şekil 3'de görüldüğü üzere donlu gün sayısı uzun dönemde azalma eğilimindedir. Sen eğimine göre azalma her 10 yılda 2,0 gündür. Ancak Mann-Kendall testine göre bu eğilim istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p = 0,140$). Pettitt testi ise seride 2008 yılında anlamlı bir değişim noktası belirlemiştir ($p = 0,007$). Donlu gün sayısı 1966–1995 döneminde yılda ortalama 58,5 gün iken 1996–2025 döneminde 50,4 güne inmiştir. Aynı dönemde yıllık ortalama en düşük sıcaklık her 10 yılda 0,23 °C artmıştır ve bu artış anlamlıdır ($p < 0,001$).



Şekil 3. Amasya'da yıllık donlu gün sayısı, Sen eğilim çizgisi ve dönem ortalamaları (1965–2025)

Tablo 2. Don ölçütleri ve yıllık ortalama en düşük sıcaklıkta Mann-Kendall, Sen eğimi ve Pettitt testi sonuçları (1965–2025)

Ölçüt	1965–2025 ortalaması	1966–1995 ortalaması	1996–2025 ortalaması	Kendall τ	Z	p	Sen eğimi (10 yılda)	Pettitt yılı (p)
Donlu gün sayısı (gün)	54,3	58,5	50,4	−0,130	−1,476	0,140	−2,0	2008 (0,007)*
Son ilkbahar donu (tarih)	1 Nisan	31 Mart	2 Nisan	0,026	0,293	0,770	+0,3	1986 (0,436)
İlk sonbahar donu (tarih)	13 Kasım	12 Kasım	14 Kasım	0,133	1,508	0,132	+1,5	2006 (0,156)
Donsuz dönem (gün)	224,7	225,2	225,1	0,061	0,691	0,490	+1,3	2007 (0,106)
Astronomik ilkbaharda donlu gün (gün)	2,6	2,3	2,8	−0,023	−0,265	0,791	0,0	2007 (0,499)
Yıllık ortalama en düşük sıcaklık (°C)	8,04	7,61	8,48	0,296	3,367	<0,001*	+0,23	2006 (<0,001)*

Tablo 3'te görüldüğü üzere Amasya'daki donların yarısından fazlası şiddetli dondur. En düşük sıcaklığın −2,3 °C ve altına indiği şiddetli donlar yılda ortalama 28,3 gün görülmekte ve donlu günlerin %52,1'ini oluşturmaktadır. Hafif donların payı %24,9, orta donların payı %23,0'dır. Şiddetli don sayısı 1966–1995 döneminde yılda 32,0 gün iken 1996–2025 döneminde 25,0 güne inmiştir. Bu azalma Mann-Kendall testine göre anlamlı değildir, ancak Pettitt testi 2008'de anlamlı bir değişim noktası göstermektedir. Hafif donların sayısı ise iki dönemde hemen hemen aynı kalmıştır (13,6 ve 13,2 gün). Donlu gün sayısındaki 8,1 günlük azalmanın 7,0 günü şiddetli donlardaki azalmadan kaynaklanmaktadır.

Tablo 3. Don şiddet sınıflarına göre yıllık ortalama donlu gün sayıları ve eğilim sonuçları (1965–2025)

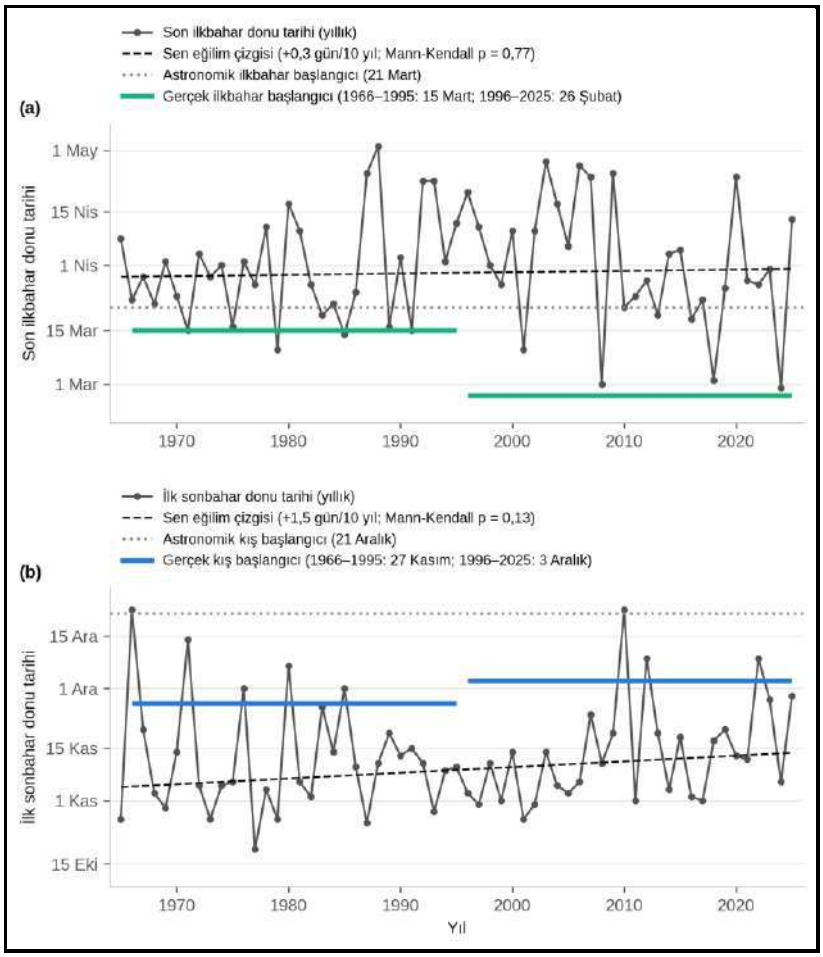
Sınıf	Tmin aralığı (°C)	1965–2025 ortalaması (gün)	Pay (%)	1966–1995 (gün)	1996–2025 (gün)	Sen eğimi (10 yılda)	p	Pettitt yılı (p)
Hafif	−1,2 < Tmin < 0	13,5	24,9	13,6	13,2	0,0	0,950	2007 (0,829)
Orta	−2,3 < Tmin ≤ −1,2	12,5	23,0	12,9	12,1	−0,3	0,272	2007 (0,016)*
Şiddetli	Tmin ≤ −2,3	28,3	52,1	32,0	25,0	−1,4	0,232	2008 (0,029)*

Sınıf	Tmin aralığı (°C)	1965–2025 ortalaması (gün)	Pay (%)	1966–1995 (gün)	1996–2025 (gün)	Sen eğimi (10 yılda)	p	Pettitt yılı (p)
Toplam	Tmin < 0	54,3	100,0	58,5	50,4	−2,0	0,140	2008 (0,007)*

Son İlkbahar ve İlk Sonbahar Donları

Amasya'da son ilkbahar donu 1965–2025 döneminde ortalama 1 Nisan'da görülmüştür (Tablo 2). En erken son don 29 Şubat 2024'te, en geç son don 2 Mayıs 1988'de kaydedilmiştir. Şekil 4a'da görüldüğü üzere son don tarihi yıldan yıla geniş bir aralıkta değişmekte, ancak uzun dönemde belirgin bir eğilim göstermemektedir. Sen eğimi her 10 yılda 0,3 gündür ve eğilim anlamlı değildir (p = 0,770).

İlk sonbahar donu ortalama 13 Kasım'da görülmektedir. En erken ilk don 19 Ekim 1977'de, en geç ilk don 22 Aralık 1966'da kaydedilmiştir. Şekil 4b'de görüldüğü üzere ilk don tarihi her 10 yılda 1,5 gün gecikmektedir, ancak bu eğilim de anlamlı değildir (p = 0,132). Donsuz dönem ortalama 224,7 gün sürmektedir. İki dönemde donsuz dönemin ortalama süresi hemen hemen aynıdır (225,2 ve 225,1 gün).



Şekil 4. Amasya'da son ilkbahar donu (a) ve ilk sonbahar donu (b) tarihleri (1965–2025)

Don Olaylarının Astronomik ve Gerçek Mevsimlere Dağılımı

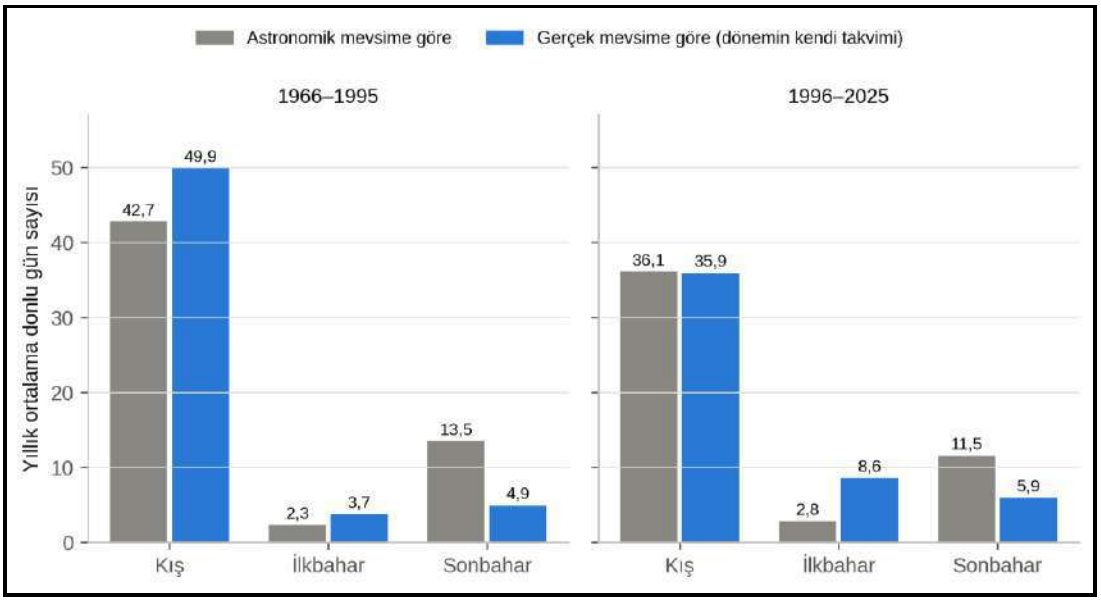
Donlu günler astronomik takvime göre dağıtıldığında donların yaklaşık dörtte üçü kış, dörtte biri sonbahar mevsiminde görülmektedir (Tablo 4). Astronomik ilkbaharda yılda yalnız 2,3–2,8 gün don görülmektedir. Gerçek mevsimlere göre ise dağılım farklıdır. 1966–1995

döneminde donların %85,3'ü gerçek kışta, %6,3'ü gerçek ilkbaharda, %8,4'ü gerçek sonbaharda görülmüştür. 1996–2025 döneminde gerçek kıştaki pay %71,2'ye inmiş, gerçek ilkbahardaki pay ise %17,0'a çıkmıştır.

Tablo 4. Donlu günlerin astronomik ve gerçek mevsimlere göre yıllık ortalama sayısı ve payı

Dönem	Mevsim tanımı	Kış	İlkbahar	Sonbahar
1966–1995	Astronomik	42,7 (%73,0)	2,3 (%3,9)	13,5 (%23,0)
1966–1995	Gerçek	49,9 (%85,3)	3,7 (%6,3)	4,9 (%8,4)
1996–2025	Astronomik	36,1 (%71,6)	2,8 (%5,6)	11,5 (%22,9)
1996–2025	Gerçek	35,9 (%71,2)	8,6 (%17,0)	5,9 (%11,8)

Şekil 5'te görüldüğü üzere gerçek ilkbaharda görülen donlu gün sayısı yılda 3,7 günden 8,6 güne yükselmiştir. Astronomik ilkbahardaki artış ise yalnız 2,3 günden 2,8 güne çıkmaktadır. Gerçek sonbahardaki donlu gün sayısı da 4,9 günden 5,9 güne çıkmıştır.



Şekil 5. Amasya'da donlu günlerin astronomik ve gerçek mevsimlere göre dağılımı (1966–1995 ve 1996–2025)

Tablo 5'te görüldüğü üzere gerçek ilkbaharın başlangıcı ile ortalama son don tarihi arasındaki süre 1966–1995 döneminde 16,1 gün iken 1996–2025 döneminde 34,5 güne uzamıştır. Son don, 1966–1995 döneminde yılların %93,3'ünde, 1996–2025 döneminde ise yılların tamamında gerçek ilkbahar başladıktan sonra görülmüştür. Astronomik takvime göre son don iki dönemde de yılların yaklaşık %80'inde ilkbaharda görülmektedir. Sonbaharda ilk don, gerçek kış başlamadan ortalama 14,7 gün (1966–1995) ve 19,4 gün (1996–2025) önce gelmektedir.

Tablo 5. Mevsim başlangıçları ile son ilkbahar ve ilk sonbahar donları arasındaki ilişki

Ölçüt	1966–1995	1996–2025	1965–2025
Gerçek ilkbahar başlangıcı	15 Mart	26 Şubat	4 Mart
Ortalama son ilkbahar donu	31 Mart	2 Nisan	1 Nisan
Gerçek ilkbahar başlangıcından son dona kadar geçen süre (gün)	16,1	34,5	27,9
Son donun gerçek ilkbahar içinde görüldüğü yılların oranı (%)	93,3	100,0	95,1
Son donun astronomik ilkbahar içinde görüldüğü yılların oranı (%)	76,7	80,0	78,7
Gerçek kış başlangıcı	27 Kasım	3 Aralık	30 Kasım

Ölçüt	1966–1995	1996–2025	1965–2025
Ortalama ilk sonbahar donu	12 Kasım	14 Kasım	13 Kasım
İlk dondan gerçek kış başlangıcına kadar geçen süre (gün)	14,7	19,4	17,3
İlk donun gerçek kıştan önce görüldüğü yılların oranı (%)	83,3	90,0	86,9

SONUÇ VE TARTIŞMA

Sonuçlar, Amasya'da gerçek mevsimlerin astronomik takvimden belirgin biçimde ayrıldığını ve son 30 yılda bu farkın büyüdüğünü göstermektedir. Gerçek yaz 89 günden 101 güne uzamış, gerçek kış ise 23 gün kısalmıştır. Bu değişim, Wang vd. (2021) tarafından Kuzey Yarım Küre orta enlemleri için bulunan yaz uzaması ve kış kısalmasıyla aynı yöndedir.

Amasya'da yılda ortalama 54,3 donlu gün görülmektedir. Yılmaz (2020) da 1961–2019 dönemi için yılda ortalama 54,4 donlu gün vermiştir. Bu çalışmada bulunan en geç son don tarihi 2 Mayıs, 1978–2012 dönemindeki en erken ilk don tarihi ise 26 Ekim'dir. Bu tarihler, Karaoğlu (2014) tarafından Amasya için 0 °C eşiğiyle verilen tarihlerle aynıdır. Donlu gün sayısı 1996–2025 döneminde 8,1 gün azalmıştır. Bu azalma, Erlat ve Türkeş (2012) tarafından Türkiye'deki istasyonların çoğunda belirlenen azalmayla aynı yöndedir. Amasya'da azalma sürekli bir eğilimden çok 2008'den sonra belirginleşen bir düzey değişimi biçimindedir. Komşu Çorum'da ise donlu gün sayısı artmıştır (Sensoy vd., 2013).

Çalışmanın en önemli bulgusu, gerçek ilkbaharın erken başlamasına karşın son don tarihinin değişmemesidir. Erlat ve Türkeş (2016), Türkiye ortalamasında son ilkbahar donunun her 10 yılda 0,64 gün erkene kaydığını, Karadeniz Bölgesi'nde ise son don tarihinin 0,10 düzeyinde anlamlı bir gecikme gösterdiğini belirlemiştir. Amasya'da son don tarihinde eğilim bulunmaması, Türkiye ortalamasındaki erkene kaymadan farklıdır. Karadeniz Bölgesi'nde belirlenen gecikme de Amasya'da görülmemektedir. Uzun yıllık eğriler bu durumu açıklamaktadır. Son 30 yılda Şubat sonu ve Mart başı ısınmış, Mart sonu ile Nisan ortası arasındaki dönem ise ısınmamıştır. Bu nedenle gerçek ilkbaharın başı ile son don arasındaki süre iki katından fazla uzamış, gerçek ilkbahardaki don sayısı 3,7 günden 8,6 güne çıkmıştır.

Bu durum meyve üretimi açısından önemlidir. Gu vd. (2008), ılık kışların ve erken ilkbaharın bitki gelişimini öne çekebileceğini, gelişimi öne kayan bitkilerin sonraki donlara açık kalabileceğini belirtmiştir. Kuzey Yarım Küre'de 30° kuzey enleminin kuzeyinde, büyüme mevsimindeki donlu gün sayısının 1982–2012 döneminde alanların yaklaşık %43'ünde, özellikle Avrupa'da ve çoğunlukla ilkbaharda anlamlı biçimde arttığı belirlenmiştir (Liu vd., 2018). Orta Avrupa'da ise 1951–1997 döneminde son don tarihleri bitkilerin gelişim evrelerinden daha hızlı erkene kaymış ve geç don zararı riskinin son on yılda önceki on yıllara göre daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır (Scheifinger vd., 2003). Amasya'da son don tarihi değişmediği için böyle bir azalma beklenmemektedir.

Amasya'da kiraz ve elmanın çiçeklenme tarihleri Şubat–Mayıs sıcaklığıyla güçlü ve ters yönlü bir ilişki göstermektedir (Türkoğlu vd., 2014). Amasya'da incelenen dört yerel kiraz çeşidi 23 Mart ile 16 Nisan arasında çiçeklenmektedir (Bilgener vd., 1998). Bu çalışmada bulunan ortalama son don tarihi (1 Nisan) bu aralığın içinde kalmaktadır. Erken ısınan ilkbaharlarda çiçeklenmenin öne kayması, değişmeyen son don tarihiyle birlikte don zararı riskini artırabilir. 2025 yılında 11–13 Nisan günlerinde Amasya'da üç gün üst üste don görülmüş, 12 Nisan'da en düşük sıcaklık −4,1 °C'ye inmiştir. Amasya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü (2025), 9–13 Nisan 2025 için meyve ağaçlarına yönelik zirai don uyarısı yayımlamıştır.

Bulgular, don riskinin değerlendirilmesinde mevsim tanımının önemini de göstermektedir. Astronomik takvime göre ilkbahar donlarındaki değişim çok küçüktür. Gerçek mevsimlere göre ise ilkbahar donları iki katından fazla artmıştır. Tarımsal planlamada ve don uyarılarında

astronomik tarihler yerine yerin kendi sıcaklık koşullarına dayanan gerçek mevsimlerin esas alınması daha doğru bir değerlendirme sağlar.

Çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Sonuçlar tek bir istasyona dayanmaktadır ve vadi tabanındaki kent ile çevresindeki yüksek alanlar arasındaki farkları yansıtmamaktadır. Gerçek mevsimler tek tek yıllar için değil, 30 yıllık dönemlerin ortalama eğrisi üzerinden belirlenmiştir. Bu nedenle mevsim başlangıçlarındaki değişim istatistiksel olarak doğrulanamamıştır. Bitkilerin çiçeklenme tarihleri de doğrudan incelenmemiştir. Sonraki çalışmalarda çevre istasyonlarının verileri, fenolojik gözlemler ve dondan kaynaklanan ürün kayıpları birlikte ele alınabilir.

KAYNAKÇA

Amasya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. (2025, 9 Nisan). *Dikkat! 9–13 Nisan 2025 tarihleri arasında zirai don uyarısı*. https://amasya.tarimorman.gov.tr/Sayfalar/Detay.aspx?OgeId=373&Liste=Duyuru

Bilgener, Ş., Demirsoy, L. K., & Demirsoy, H. (1998). Pomological characteristics of local sweet cherry cultivars grown in Amasya, Turkey. *Acta Horticulturae*, *468*, 161–166. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.468.18

Çağlak, S. (2022). Amasya kentinin biyoklimatik konfor koşullarının mekânsal dağılımı ve gelecek projeksiyonları. *Mavi Atlas*, *10*(1), 182–197. https://doi.org/10.18795/gumusmaviatlas.1077568

Çiçek, İ. (2000). Türkiye'de termik dönemlerin yayılışı ve süreleri. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, *40*(1–2), 189–212. https://dergipark.org.tr/tr/pub/dtcfdergisi/article/1044062

Erlat, E., & Türkeş, M. (2012). Analysis of observed variability and trends in numbers of frost days in Turkey for the period 1950–2010. *International Journal of Climatology*, *32*(12), 1889–1898. https://doi.org/10.1002/joc.2403

Erlat, E., & Türkeş, M. (2016). Dates of frost onset, frost end and the frost-free season in Turkey: Trends, variability and links to the North Atlantic and Arctic Oscillation indices, 1950–2013. *Climate Research*, *69*(2), 155–176. https://doi.org/10.3354/cr01397

Expert Team on Climate Change Detection and Indices. (2009). *Climate change indices: Definitions of the 27 core indices*. https://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml

Gu, L., Hanson, P. J., Post, W. M., Kaiser, D. P., Yang, B., Nemani, R., Pallardy, S. G., & Meyers, T. (2008). The 2007 eastern US spring freeze: Increased cold damage in a warming world? *BioScience*, *58*(3), 253–262. https://doi.org/10.1641/B580311

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). Summary for policymakers. V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Ed.), *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* içinde (ss. 3–32). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157896.001

Karaoğlu, M. (2014). Frost calendar of Turkey. *Italian Journal of Agrometeorology*, (2), 61–67. https://agrometeorologia.it/wp-content/uploads/2024/06/2014_02_Nota-tecnica-2_FrostCalendarofTurkey.pdf

Kendall, M. G. (1975). *Rank correlation methods* (4. bs.). Griffin.

Liu, Q., Piao, S., Janssens, I. A., Fu, Y., Peng, S., Lian, X., Ciais, P., Myneni, R. B., Peñuelas, J., & Wang, T. (2018). Extension of the growing season increases vegetation exposure to frost. *Nature Communications*, *9*, Makale 426. https://doi.org/10.1038/s41467-017-02690-y

Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, *13*(3), 245–259. https://doi.org/10.2307/1907187

Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (t.y.). *Amasya ilindeki gözlem şebekemiz*. 7 Ekim 2026 tarihinde https://samsun.mgm.gov.tr/gozlem-sebekesi.aspx?i=AMASYA adresinden erişildi.

Özcan, E. (2004). Düzce Ovası ve çevresinin sıcaklık özellikleri. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *24*(1), 67–80. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/77334

Pettitt, A. N. (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, *28*(2), 126–135. https://doi.org/10.2307/2346729

Scheifinger, H., Menzel, A., Koch, E., & Peter, Ch. (2003). Trends of spring time frost events and phenological dates in Central Europe. *Theoretical and Applied Climatology*, *74*(1), 41–51. https://doi.org/10.1007/s00704-002-0704-6

Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, *63*(324), 1379–1389. https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934

Sensoy, S., Türkoğlu, N., Akçakaya, A., Ekici, M., Demircan, M., Ulupinar, Y., Atay, H., Tüvan, A., & Demirbaş, H. (2013). *Trends in Turkey climate indices from 1960 to 2010* [Bildiri sunumu]. 6th Atmospheric Science Symposium (ATMOS 2013), İstanbul, Türkiye. https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/trendsin-turkey.pdf

Sever, R. (2005). Coğrafya öğretim programlarında doğal mevsim kavramı. *Doğu Coğrafya Dergisi*, *10*(13), 117–133. https://dergipark.org.tr/en/pub/ataunidcd/article/30924

Snyder, R. L., & de Melo-Abreu, J. P. (2005). *Frost protection: Fundamentals, practice and economics* (Cilt 1). FAO. https://www.fao.org/4/y7223e/y7223e07.htm

Şimşek, O., Nadaroğlu, Y., & Ayvacı, H. (t.y.). *Zirai don uyarı sistemi*. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/ziraidon.pdf

Türk Patent ve Marka Kurumu. (2019). *Amasya Misket Elması* (Coğrafi işaret tescil no. 424). https://ci.turkpatent.gov.tr/Files/GeographicalSigns/f10a99e2-92de-4318-a88e-20fb45252ca2.pdf

Türk Patent ve Marka Kurumu. (2022). *Amasya Kirazı* (Coğrafi işaret tescil no. 1166). https://ci.turkpatent.gov.tr/Files/GeographicalSigns/8fdab783-0074-4cb1-9761-a50ad791d879.pdf

Türkoğlu, N., Çiçek, İ., & Şensoy, S. (2014). Türkiye'de iklim değişikliğinin meyve ağaçları ve tarla bitkilerinin fenolojik dönemlerine etkileri. *TÜCAUM VIII. Coğrafya Sempozyumu* içinde (ss. 60–71). https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/2014/7.pdf

Wang, J., Guan, Y., Wu, L., Guan, X., Cai, W., Huang, J., Dong, W., & Zhang, B. (2021). Changing lengths of the four seasons by global warming. *Geophysical Research Letters*, *48*(6), Makale e2020GL091753. https://doi.org/10.1029/2020GL091753

Yeşilırmak, E. (2022). Analysis of frost probabilities in Aydın, Türkiye. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, *10*(8), 1434–1440. https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i8.1434-1440.5177

Yılmaz, Y. (2020). Amasya Şehri'nin iklim yapısı ve özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, *24*(Özel Sayı), 167–186. https://dergipark.org.tr/tr/pub/ataunisosbil/article/804605

Zhang, X., Alexander, L., Hegerl, G. C., Jones, P., Klein Tank, A., Peterson, T. C., Trewin, B., & Zwiers, F. W. (2011). Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. *WIREs Climate Change*, *2*(6), 851–870. https://doi.org/10.1002/wcc.147

IMPROVING WOMEN'S HEALTH THROUGH A BIOPSYCHOSOCIAL APPROACH

Nida PERKTAŞ
Master's Student, Selçuk University Faculty of Nursing, Department of Public Health Nursing, Konya, https://orcid.org/0009-0004-8185-4338
Prof. Dr. Deniz TANYER
Selçuk University Faculty of Nursing, Department of Public Health Nursing, Konya, https://orcid.org/0000-0001-9496-8749

ABSTRACT

Health promotion is not merely an approach to disease prevention; it is a multidimensional process that improves an individual's living conditions, reduces health inequalities, and makes healthy lifestyle behaviors sustainable. Every individual possesses unique genetic makeup and social environment. These differences lead to variations in biological, psychological, and environmental responses to health issues. Consequently, differences arise in the causes of specific diseases and the available treatment options. Therefore, it is essential to evaluate each patient within the context of their specific biological makeup, psychological characteristics, and social environment. Until the 20th century, women's health was defined based on biological traits—such as fertility, menstruation, and menopause—within a framework that prioritized female sexual functions and reproductive roles. Today, however, women's health is approached more comprehensively and holistically. Women's health is a critical issue due to its impact on child and family health, as women often assume the roles of spouse and/or mother during these stages of life. For this reason, women's health cannot be evaluated independently of family health; it is integral to preserving public health. A healthy society rests on a healthy family, and a healthy woman is a fundamental element in forming such a family.

Although women's health in Türkiye has improved compared to previous years, it has not yet reached the desired level. Inequalities in women's access to economic and social opportunities lead to disparities in their health status. Therefore, improving access to social, economic, and healthcare services is crucial for enhancing women's health. Women's health indicators serve as key benchmarks reflecting a society's level of socioeconomic development. These indicators include fertility patterns, maternal mortality rates, family planning use, and age at first marriage. The Ministry of Health implements various programs and projects to improve women's health. The full text evaluates these programs and projects from a biopsychosocial perspective and details the measures needed to promote women's health across the life course.

Keywords: Women's Health, Biopsychosocial Approach, Health Promotion

1. HEALTH PROMOTION

The concept of health promotion first appears in Winslow's 1920 definition of public health. According to this definition, public health is "the science and art of promoting health, maintaining well-being, prolonging life, and preventing disease through organized societal efforts—encompassing environmental sanitation, the control of communicable diseases, the education of individuals regarding personal health practices, early diagnosis and treatment services, and the support of social development to ensure everyone attains an adequate standard of living for the improvement or maintenance of health" (Winslow, 1920, cited in Z. Şimşek, 2013). Green, meanwhile, defined health promotion as "a combination of health education and programs in other fields that facilitate the behavioral changes necessary to improve health" (Green, cited in Güler & Haylı, 2020).

The Ottawa Charter framed health promotion at the international level, adopted at the First International Conference on Health Promotion held in Ottawa, Canada, from November 17 to 21, 1986. The Charter defines health promotion as a process that enables individuals to increase control over their own health and to improve it (World Health Organization [WHO], 1986). This approach is grounded in empowering individuals to protect and enhance their health, supporting healthy living conditions, and considering the individual and societal factors that influence health. Consequently, health promotion is not merely an approach aimed at disease prevention; it is a multidimensional process that seeks to improve individuals' living conditions, reduce health inequalities, and make healthy lifestyle behaviors sustainable.

Approaches aimed at adopting and maintaining a healthy lifestyle have gained significance—particularly since the mid-1980s—within the broader framework of health promotion; the subject has increasingly come to the fore in public policy, as well as through health institutions and the media. During this period, practices designed to support healthy lifestyle behaviors became widespread; programs encouraging physical activity, exercise-related content, and the growth of the fitness industry increased the concept of healthy living's societal visibility (Aydın, 2019).

2. DEFINITION AND IMPORTANCE OF WOMEN'S HEALTH

Until the 20th century, women's health was defined based on biological characteristics such as fertility, menstruation, and menopause within a framework dominated by female sexual functions and a focus on the reproductive role. Today, however, women's health is addressed more comprehensively and holistically (Çelik et al., 2023). Based on the WHO's definition of health, women's health is multidimensional and encompasses not merely the absence of disease or infirmity, but complete physical, mental, and social well-being (WHO, 1948).

Women's health needs to be approached through a life-cycle perspective. Stages such as adolescence, the reproductive years, pregnancy, childbirth, and menopause directly influence women's physiological and psychological states. Pregnancy and childbirth are critical periods that determine not only women's health but also the health of newborns and children. Consequently, prenatal care, safe delivery services, and postpartum follow-up programs play a vital role in reducing maternal and infant mortality (WHO, 2015).

Women's health is important because it affects child and family health. Because women serve as spouses and/or mothers for much of their lives, women's health cannot be evaluated independently of family health (S. Şimşek, 2022). Therefore, protecting women's health is synonymous with protecting public health (İlçioğlu et al., 2017). A healthy society rests on healthy families, and a healthy family rests on healthy women (S. Şimşek, 2022).

Developed societies show significant improvements in women's health, and healthy women make substantial contributions to societal development. Women play a pivotal role in raising a country's prosperity, building healthy societies, and raising healthy generations (Ağaoğlu, 2015). Although women's health in Türkiye has improved compared to previous years, it has not yet reached the desired level. Inequalities in women's access to economic and social

opportunities lead to disparities in their health status. Consequently, improving access to social, economic, and healthcare services is crucial to enhancing women's health (Çöl & Şeker, 2024).

3. FACTORS AFFECTING WOMEN'S HEALTH

Women's health is influenced not only by biological characteristics but also by psychosocial and structural determinants such as education level, gender roles, working life, violence, early marriage, and reproductive health issues. From the biopsychosocial model perspective, these factors should not be viewed in isolation but as part of an interaction in which they reinforce and strengthen one another (İlçioğlu et al., 2017; S. Şimşek, 2022).

Education: Education is a fundamental determinant that directly affects women's access to health information, healthcare utilization behaviors, fertility choices, and economic independence. It is reported that women with lower levels of education face increased risks regarding early marriage and pregnancy, inadequate prenatal care, and reduced utilization of preventive health services (Çöl & Şeker, 2024; İlçioğlu et al., 2017).

Gender and gender inequality: Gender refers to the roles, responsibilities, and expectations society imposes on women and men. Gender inequality can negatively impact women's access to healthcare and their health outcomes by limiting their equal participation in education, employment, income generation, and decision-making processes. Societal role expectations also contribute to the higher prevalence of issues such as somatization among women (Karaköse & Sertel Berk, 2023; S. Şimşek, 2022).

Working life: Participation in the workforce can positively influence women's health by providing economic independence and social support. However, informal, and precarious employment, low wages, occupational hazards, and work-life imbalances can adversely affect women's physical and mental health (Keskin Özberk & Düzgün Öncel, 2023; Seval, 2017).

Violence: Violence against women—encompassing physical, sexual, emotional, and economic dimensions—is a significant public health issue and a human rights violation. In addition to injuries, violence can lead to short- and long-term health problems such as depression, anxiety, post-traumatic stress disorder, unintended pregnancies, and sexually transmitted infections (İlçioğlu et al., 2017; S. Şimşek, 2022).

Adolescent marriage and pregnancy: Marriages contracted during adolescence can lead to girls dropping out of school early, social isolation, and early pregnancies. Pregnancy in adolescents who have not yet completed their physical and psychosocial development poses risks regarding mental health issues, as well as obstetric risks such as anemia, preeclampsia, preterm birth, and low birth weight (Kara et al., 2017; Şen & Kavlak, 2011).

Reproductive health issues: Unintended pregnancies, unsafe abortions, sexually transmitted infections, infertility, and reproductive organ cancers are among the major reproductive health issues affecting women's quality of life. In addition to their biological effects, these problems can also lead to psychosocial consequences such as stigmatization, anxiety, and family-related issues (Çöl & Şeker, 2024; İlçioğlu et al., 2017).

4. BIOPSYCHOSOCIAL HEALTH MODEL (BPSM) AND ITS APPLICATIONS IN WOMEN'S HEALTH

George Engel proposed the biopsychosocial model (BPSM) in 1977 as an alternative to the biomedical model (BMM), based on the premise that psychological and social factors—alongside biological ones—must be considered in the context of health and illness (Engel, 1977). Today, the model remains significant in scientific research and in planning and delivering healthcare services (Bolton, 2023). Beyond genetic traits and physiological differences, an individual's lifestyle habits, perception of illness, and psychological state can influence health and disease. Furthermore, social factors such as education and income levels, family relationships, social support, and living conditions can shape an individual's health status. Therefore, biological factors should not be evaluated in isolation from psychological and social factors when assessing health issues (Köroğlu & Özkorumak Karagüzel, 2023; Sezer Korucu et al., 2021).

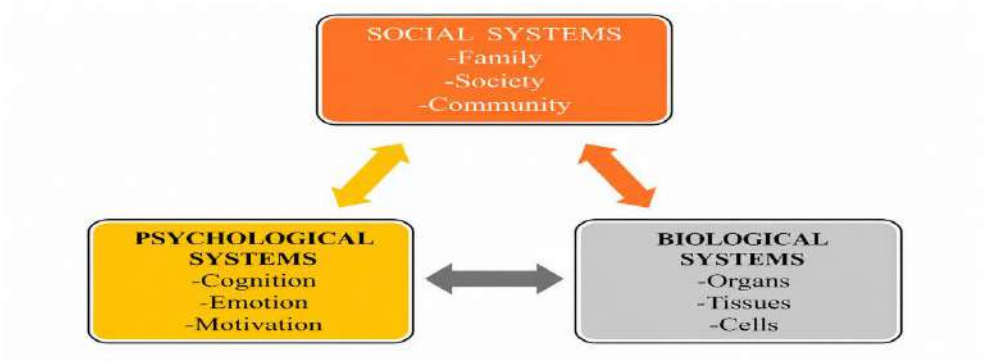


Figure 1. Systems of the Biopsychosocial Model
Source: Adapted from Sarafino and Smith (2011, p. 14).

Figure 1 illustrates the subsystems of social, psychological, and biological systems, emphasizing that each system both influences and is influenced by the others.

The biopsychosocial approach in women's health is applied particularly in areas such as mental health, reproductive health, the experience of pain, and somatization. For instance, it is noted that somatization is a syndrome more commonly observed in women and arises from the interaction of biological (hormonal and neurological), psychological (anxiety, depression), and social (socio-cultural role expectations, gender inequality) factors. This perspective frames somatization not merely as a physiological disorder but as a phenomenon linked to psychosocial determinants (Karaköse & Sertel Berk, 2023).

Adolescent pregnancy is one of the prominent areas where the biopsychosocial model is applied within the context of women's health. Adolescent pregnancies should not be evaluated solely within the framework of biological maturation; rather, they must be addressed in the context of the adolescent's psychological developmental level, family relationships, and interactions with social support mechanisms. This approach allows a holistic assessment of the biological, psychological, and social dimensions of pregnancy and supports planning healthcare services that meet specific needs (Levent & Telatar, 2021). The fact that physical, cognitive, and emotional development is ongoing during adolescence can lead to the pregnancy process being experienced alongside various psychosocial challenges. In this context, it is important to consider determinants such as education level, socioeconomic conditions, family relationships, and social support resources when assessing pregnant adolescents. Health services for pregnant adolescents should not be limited to the biological and obstetric aspects of pregnancy; instead, they should be delivered through a holistic, sensitive, needs-oriented approach that includes the individual's psychological needs and social circumstances (Kara et al., 2017; Şen & Kavlak, 2011).

Similarly, developmental processes in the female life cycle such as menarche should be addressed not only in physiological terms but also in terms of their socio-cultural meanings and individual psychological variations. This perspective highlights the importance of considering biopsychosocial factors in health education and counseling for young women (Bulut & Gölbaşı, 2022). Interventions based on the biopsychosocial approach, which consider cultural and social conditions, may be more effective in women's health (Ceylan Yorulmaz, 2025). Consequently, by providing a theoretical foundation for health promotion approaches, the biopsychosocial model contributes to the planning of comprehensive interventions that focus on the individual's overall physical, psychological, and social well-being, rather than solely on the presence of disease.

5. PROGRAMS AND PROJECTS CONDUCTED BY PUBLIC INSTITUTIONS AND STAKEHOLDERS TO IMPROVE WOMEN'S HEALTH

Relevant ministries primarily the Ministry of Health along with international organizations and non-governmental organizations carry out programs and projects aimed at improving women's health in Türkiye. These programs are categorized below in alignment with the determinants discussed in Section 3.

5.1. Programs and Projects Aimed at Improving Reproductive Health

The primary programs aimed at improving reproductive health include the emergency obstetric care program, prenatal care (pregnancy monitoring) program, pregnancy education classes (pregnancy schools), mother-friendly hospital program, pre-marital counseling program, monitoring program for women aged 15–49, and family planning services (General Directorate of Public Health [HSGM], Ministry of Health of Türkiye, 2022).

5.2. Programs and Projects Aimed at Raising Education Levels and Health Literacy

Efforts in this area include the educational services provided by ÇEKÜS (Child, Adolescent, Women's, and Reproductive Health) units within community health centers, school health initiatives, and certified training programs for healthcare personnel. Cancer Early Diagnosis, Screening, and Education Centers (KETEM) also contribute to this field through public education, alongside their screening services.

5.3. Programs and Projects Aimed at Combating Violence Against Women

Key initiatives in the fight against violence against women include the Violence Prevention and Monitoring Centers (ŞÖNİM) under the Ministry of Family and Social Services; the Women Support Application (KADES) developed by the Ministry of Interior; protection efforts for refugee women conducted in cooperation between Türkiye and the United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR); and the work of the Purple Roof Women's Shelter Foundation (Mor Çatı) in the civil society sector.

6. PROMOTING WOMEN'S HEALTH THROUGHOUT THE LIFE COURSE

6.1. Promoting the Health of Girls During Infancy and Childhood

Promoting girls' health during infancy and childhood is critical to achieving sustainable development goals. Adequate nutrition, vaccination, monitoring of growth and development, and a safe, supportive family environment during this period lay the foundation for women's health in later life; improved child health indicators in Türkiye result from implemented health policies and increased investment. However, reducing regional disparities and ensuring access to health services for girls in rural areas remain priority policy areas. Furthermore, enhancing health literacy across society and strengthening programs that raise family awareness are essential (HSGM, 2022).

6.2. Promoting Women's Health During Adolescence

Adolescence is a critical period characterized by rapid physical, cognitive, and emotional changes, as well as the shaping of health-related behaviors. Health education and counseling for young girls must account for the socio-cultural significance of reproductive health processes—which begin with menarche—and the individual psychological responses to them (Bulut & Gölbaşı, 2022). During this period, age-appropriate education on menstrual health, nutrition, physical activity, mental health, and reproductive health, along with efforts to prevent early marriage and adolescent pregnancies, is essential (Levent & Telatar, 2021; Şen & Kavlak, 2011).

6.3. Promoting Women's Health During Adulthood

Adulthood is a significant life stage in which women manage reproductive health processes alongside their professional lives and family responsibilities. Simultaneously meeting work demands and domestic responsibilities is a key social factor that can shape women's living conditions and well-being. Research on women's labor force participation in Türkiye links domestic responsibilities, societal roles, and women's working lives (Keskin Özberk & Düzgün Öncel, 2023). Similarly, an imbalance between work and family life can be associated with various challenges regarding women's health and quality of life. Therefore, when assessing women's health, it is important to consider not only biological processes but also working

conditions, family responsibilities, and social support resources (Seval, 2017). Protecting and improving women's health requires a focus not only on treating diseases but also on expanding preventive health services and promoting healthy lifestyle behaviors. Healthy Life Centers (SHM), operated by the Ministry of Health, support healthy lifestyle behaviors and expand access to preventive health services by offering nutritional counseling and support for physical activity (Turkish Ministry of Health, 2023). Under the National Cancer Screening Standards, free screenings are provided: mammography for breast cancer every two years for women aged 40–69; HPV-DNA testing for cervical cancer every five years for women aged 30–65; and fecal occult blood testing for colorectal cancer every two years for both men and women aged 50–70 (HSGM, 2021). Enhancing individuals' knowledge and awareness of cancer screening and encouraging participation in these services is crucial to maximizing these programs' community-level impact (HSGM, 2023).

6.4. Promoting Women's Health During and After Menopause

Natural menopause typically occurs between the ages of 45 and 55 and is diagnosed after 12 consecutive months without menstruation (WHO, 2024). Hormonal changes during this transition may affect sleep, mood, and urogenital health, while increasing the risk of osteoporosis and cardiovascular disease. Women's experiences also vary according to psychological, social, and cultural factors. Therefore, it is important to maintain breast and colorectal cancer screenings during and after menopause, and to provide comprehensive service from a biopsychosocial perspective that include bone health and cardiovascular risk assessment, the promotion of healthy nutrition and physical activity, and psychosocial counseling.

AI-assisted language editing and translation: During the preparation of this manuscript, ChatGPT (OpenAI) and Claude were used to assist with the translation of the original manuscript from Turkish into English, and Grammarly Pro was used for grammar, spelling, punctuation, and language editing. Claude was also used to search references. Neither tool was used for study design, the generation of scientific content. All AI-assisted revisions were carefully reviewed, edited, and approved by the authors, who take full responsibility for the final manuscript.

7. REFERENCES

Ağaoğlu, S. (2015). Women's health and exercise. Journal of Sports and Performance Research, 6(2), 67–72. DOI No: 10.17155/spd.54125

Aydın, N. (2019). Health promotion and development. Black Sea Journal of Health Sciences, 2(1), 21–29. https://izlik.org/JA37WL77BB

Bolton, D. (2023). A revitalized biopsychosocial model: Core theory, research paradigms, and clinical implications. Psychological Medicine, 53(16), 7504–7511. https://doi.org/10.1017/S0033291723002660

Bulut, Ö. Ü., & Gölbaşı, Z. (2022). Menarche in its biopsychosocial dimensions. In Z. Gölbaşı (Ed.), Women's health in adolescence (pp. 50–56). Türkiye Klinikleri.

Ceylan Yorulmaz, B. (2025). Aging and psychosomatic diseases in women in the context of gender roles. In A. Alkan & M. Kişi (Eds.), Aging and old age from the perspective of health sociology (pp. 66–82). Çizgi Kitabevi.

Çelik, N., Şahin, D., & Çağrıcı Zengin, A. (Eds.). (2023). Women's studies in the centennial of our Republic. Eğitim Yayınevi.

Çöl, M., & Şeker, N. (2024). Women's health in the centennial of the Republic of Türkiye. Eskişehir Turkish World Application and Research Center Public Health Journal, 9(3), 341–353. https://doi.org/10.35232/estudamhsd.1528289

Engel, G. L. (1977). The need for a new medical model: A challenge for biomedicine. Science, 196(4286), 129–136. https://doi.org/10.1126/science.847460

Güler, R., & Haylı, Ç. M. (2020). Concept analysis: Adaptation of the health promotion model to school health. Turkish Journal of Health Sciences and Research, 3(1), 54–60. https://izlik.org/JA42DS83CL
İlçioğlu, K., Keser, N., & Çınar, N. (2017). Women's health and influencing factors in our country. Journal of Human Rhythm, 3(3), 112–119.
Kara, T., Doğan, K., Alyanak, B., & Akaltun, İ. (2017). Evaluation of sociodemographic characteristics and pregnancy-related mental health problems in pregnant adolescents. Ankara Medical Journal, 17(3), 151–159. https://doi.org/10.17098/amj.340100
Karaköse, S., & Sertel Berk, Ö. (2023). Somatization in women: An evaluation from the perspective of the biopsychosocial approach. KADEM Journal of Women's Studies, 9(1), 93–117. https://doi.org/10.21798/kadem.2023.129
Keskin Özberk, D., & Düzgün Öncel, B. (2023). A discussion on health-related factors & intra-household responsibilities in the context of female labor force participation: The case of Türkiye. Istanbul Commerce University Journal of Social Sciences, 22(48), 1285–1304. https://doi.org/10.46928/iticusbe.1258219
Köroğlu, A., & Özkorumak Karagüzel, E. (2023). The role of health psychology in health promotion and development. Farabi Medical Journal, 2(4), 32–38. https://doi.org/10.59518/farabimedj.1269056
Levent, C., & Telatar, B. (2021). Biopsychosocial approach to adolescent pregnancies. In Ö. Tanrıöver (Ed.), Women's health in primary care: A social and humanistic approach (pp. 25–28). Türkiye Klinikleri.
Republic of Türkiye Ministry of Health, General Directorate of Public Health. (2021). Türkiye cancer control program. https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/kanser-db/Dokumanlar/Raporlar/17.Agustos_2021_Kanser_Kontrol_Programi_versiyon-1.pdf
Republic of Türkiye Ministry of Health, General Directorate of Public Health. (2022). 2022 unit activity report. https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/butce-ve-projeler-db/Dokumanlar/bfr2022.pdf
Republic of Türkiye Ministry of Health. (2023). 2022 activity report. https://dosyamerkez.saglik.gov.tr/Eklenti/45199/0/2022-faaliyet-raporupdf.pdf
Republic of Türkiye Ministry of Health, General Directorate of Public Health. (2023). Family medicine training guide. https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/aile-hekimligi-egitim-ve-izleme-db/Dokumanlar/Rehberler/EGITIM%20REHBERI%20Mayis%202023.pdf
Sarafino, E. P., & Smith, T. W. (2011). Health psychology: Biopsychosocial interactions (7th ed.). John Wiley & Sons.
Seval, H. N. (2017). The greatest challenge for working women: Work-family life balance (or imbalance) and its impact on women's health. Bilge International Journal of Social Research, 1(2), 184–193. https://dergipark.org.tr/tr/pub/busad/article/364900
Sezer Korucu, K., Çalışkan Söylemez, Ş., & Oksay, A. (2021). The biopsychosocial approach and the developmental process. Süleyman Demirel University Vizyoner Journal, 12(30), 689–700. https://doi.org/10.21076/vizyoner.780418
Şen, S., & Kavlak, O. (2011). Child brides: An approach to early marriage and adolescent pregnancy. Family and Society, 7(25), 35–44. https://doi.org/10.21560/spcd.91883
Şimşek, S. (2022). Women's health issues in Türkiye and influencing factors. World Journal of Women's Studies, 7(1), 37–44. https://doi.org/10.5281/zenodo.7459850
Şimşek, Z. (2013). The historical development of health promotion and health promotion strategies with examples. TAF Preventive Medicine Bulletin, 12(3), 343–358. https://doi.org/10.5455/pmb.1346142787
World Health Organization. (1948). Constitution of the World Health Organization. https://www.who.int/about/governance/constitution

World Health Organization. (1986). Ottawa charter for health promotion. https://www.who.int/publications/i/item/ottawa-charter-for-health-promotion
World Health Organization. (2015). Strategies toward ending preventable maternal mortality (EPMM). https://www.who.int/publications/i/item/9789241508483
World Health Organization. (2024, October 16). Menopause. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/menopause

"AWARENESS AND ADOPTION OF SUSTAINABLE INVESTMENT PRACTICES AMONG YOUTH INVESTORS"

Nikhil (B.B.A Student) & Nishant (B.B.A Student)
Faculty of Management & Commerce, SRM University, Delhi-NCR, Sonipat

ABSTRACT
Green finance has emerged as an important mechanism for directing financial resources towards environmentally responsible activities and supporting sustainable economic development. The participation of retail investors is important for expanding sustainable investment; however, limited awareness, risk perceptions and concerns about returns and transparency may restrict adoption. This study examines the awareness and adoption of green finance instruments among retail investors in Delhi-NCR and identifies the major factors influencing their investment decisions. The study adopts a descriptive research design and is based on primary data collected through a structured questionnaire from 80 respondents. Convenience sampling was used and the responses were analysed using percentage analysis. The findings indicate that awareness of green finance is developing, with 35% of respondents being somewhat familiar and 31.3% being very familiar with the concept. Social media was the major source of awareness (50%). Among the green instruments considered, ESG mutual funds were the most preferred option in the detailed investment-choice question (41.2%), while the broader awareness question showed green bonds as the most recognised instrument (41.3%). Actual adoption remained limited: 38.8% of respondents reported allocating less than 10% of their investments to green instruments and 46.3% allocated 10–25%. Long-term financial returns (43.8%) and environmental concern (38.8%) were the leading motivations, while lack of awareness (42.5%), limited availability of options (36.3%) and perceived lower returns (36.3%) were the main barriers. The study concludes that investor education, transparent product information, wider availability of credible green products and supportive government policies are necessary to convert awareness into sustained adoption. The study contributes to the sustainable development agenda by highlighting the role of responsible retail investment in mobilising finance for environmentally sustainable and long-term economic activity.
Keywords: Green Finance; Retail Investors; Sustainable Investment; ESG; Investor Awareness; Green Investment; Delhi-NCR; Sustainable Development

INTRODUCTION
1. Green Finance and Sustainable Development
Green finance refers broadly to the mobilisation and allocation of financial resources towards activities that generate environmental benefits and support the transition towards sustainable economic development. It covers a range of financial products and mechanisms, including green bonds, green loans, ESG-oriented funds, sustainable investments and financing for renewable energy and other environmentally beneficial projects. Soundarrajan and Vivek (2016) highlighted the importance of green finance for sustainable economic growth in India, particularly through investment in renewable energy and sustainable infrastructure. More recent reviews show that green finance has expanded into a wider financial ecosystem involving banks, capital markets, investors, regulators and green investment products (Akomea-Frimpong et al., 2022; Desalegn & Tangl, 2022).
The relevance of green finance has increased because sustainable development requires substantial financial resources. Green finance can help redirect private and institutional capital towards projects and businesses associated with environmental improvement, resource efficiency and climate action. Research also suggests that the effectiveness of green finance

depends on transparency, governance, regulation and monitoring, since financial resources must ultimately produce credible environmental outcomes (Khan et al., 2022). Thus, the development of green finance is not only a matter of creating financial instruments but also of ensuring that investors understand them and have confidence in their sustainability claims.

2. Retail Investors and Green Investment

Retail investors represent an important source of market participation and can contribute to the expansion of sustainable finance through their investment choices. Unlike institutional investors, retail investors may have different levels of financial literacy, investment experience, risk tolerance and environmental awareness. Kaur (2022), in a study of investment decisions in Delhi-NCR, identified awareness, income, risk tolerance and financial knowledge as relevant factors shaping investment patterns. Research on green investment behaviour similarly indicates that environmental attitudes, perceived behavioural control and knowledge can influence willingness to choose green financial products (Ghosh et al., 2021; Sivasangari et al., 2025).

At the same time, awareness does not automatically result in adoption. Investors may recognise a green financial product but hesitate to invest because of uncertainty regarding returns, risk, liquidity, availability, certification or transparency. Sharma and Choubey (2020) identified lack of awareness, perceived risk and trust-related concerns as important barriers to green banking adoption in Delhi-NCR. Recent Indian research on green bonds and sustainable investments likewise indicates that financial considerations and investor perceptions remain important in shaping participation (Lone et al., 2024; Pandey & Murari, 2025).

3. Problem Statement and Significance of the Study

Despite the increasing discussion around green finance, there is a need to understand whether retail investors are actually moving from awareness to investment. The problem addressed in this study is therefore the gap between awareness of green finance instruments and their actual adoption among retail investors in Delhi-NCR. The study is significant because identifying this gap can help financial institutions, policymakers and investment advisors design better awareness programmes, products and communication strategies. It also contributes to the sustainable-development perspective by examining how individual investment decisions can support the mobilisation of capital towards environmentally responsible activities.

LITERATURE REVIEW

The literature on green finance has expanded across banking, investment, sustainability and financial-market research. To present the literature in the same analytical format as the conference sample, the major studies relevant to the present research are organised below according to their contribution and limitation.

S.No.	LITERATURE STREAM	REPRESENTATIVE SOURCES	CONTRIBUTION RELEVANT TO THIS PAPER	KEY LIMITATION RELEVANT TO THIS PAPER
1	Green finance and banking	Akomea-Frimpong et al. (2022)	Reviews green finance practices and identifies the role of banks, regulation, awareness and institutional factors.	Broad banking focus; limited direct evidence on retail-investor adoption.
2	Green finance and environmental outcomes	Khan et al. (2022)	Examines whether green finance delivers environmental	Focuses mainly on aggregate environmental effects rather than

S.No.	LITERATURE STREAM	REPRESENTATIVE SOURCES	CONTRIBUTION RELEVANT TO THIS PAPER	KEY LIMITATION RELEVANT TO THIS PAPER
			outcomes and stresses transparency, governance and monitoring.	individual investor behaviour.
3	Inclusive green finance	Desalegn & Tangl (2022)	Develops a systematic perspective linking green finance with inclusive and sustainable economic growth.	Institutional and macro-level emphasis; retail-investor decisions receive limited attention.
4	Green finance for India	Soundarrajan & Vivek (2016)	Establishes the importance of green finance for sustainable economic growth, renewable energy and sustainable infrastructure in India.	Conceptual/sectoral focus; does not measure current retail-investor adoption.
5	Green banking adoption in Delhi-NCR	Sharma & Choubey (2020)	Identifies awareness, perceived risk, resistance and trust as barriers to green banking adoption in Delhi-NCR.	Concerns green banking services rather than a broader set of green investment instruments.
6	Investment decisions in Delhi-NCR	Kaur (2022)	Shows that awareness, income, risk tolerance and financial knowledge influence investment decisions in Delhi-NCR.	General investment focus; green finance is not the central empirical variable.
7	Green investment behaviour	Ghosh et al. (2021)	Highlights behavioural intention, environmental awareness, perceived behavioural control and green investment knowledge as predictors.	Behavioural focus; does not provide a Delhi-NCR-specific picture of adoption.
8	Sustainable investment in mutual funds	Kaushik (2025)	Examines Delhi-NCR investors' perceptions of	Focuses on mutual funds rather than multiple green

S.No.	LITERATURE STREAM	REPRESENTATIVE SOURCES	CONTRIBUTION RELEVANT TO THIS PAPER	KEY LIMITATION RELEVANT TO THIS PAPER
			sustainable mutual funds and the role of returns, risk and financial literacy.	finance instruments.
9	Green investment attitudes	Sivasangari et al. (2025)	Shows that environmental attitudes, knowledge and perceived behavioural control influence green investment behaviour.	Evidence is from Sri Lankan investors, limiting direct applicability to Delhi-NCR.
10	Green bonds and retail investors	Lone et al. (2024)	Examines Indian retail investors' perceptions of green bonds and highlights financial, environmental and personal factors.	Instrument-specific focus; does not combine awareness, portfolio allocation and multiple instruments.
11	Green bonds in India	Pandey & Murari (2025)	Studies knowledge, perception and willingness to invest in green bonds among Indian retail investors.	Concentrates on green bonds rather than the wider green-finance landscape.
12	Investor awareness of green finance	Rohith & Patil (2025)	Highlights investor awareness and the potential of green finance to support environmental sustainability and the SDGs.	Provides broad awareness evidence; further localised adoption analysis is required.

Research Gap

Read together, the reviewed studies indicate that green finance is increasingly recognised as a tool for sustainable development, but the literature remains divided across institutional, instrument-specific and behavioural perspectives. Some studies examine banks and financial institutions, while others focus on green bonds, sustainable mutual funds or general investment behaviour. Although research has considered awareness, risk, returns and trust, there is comparatively limited localised evidence that combines awareness of multiple green finance instruments with actual portfolio allocation and the factors influencing adoption among retail investors in Delhi-NCR. The present study addresses this gap by examining awareness, adoption and investment-decision factors within a single retail-investor sample.

OBJECTIVES OF THE STUDY

- To examine the level of awareness of green finance instruments among retail investors in Delhi-NCR.
- To analyse the extent of adoption of green finance instruments by retail investors.

• To identify the major factors influencing investors' decisions towards green investments.

RESEARCH METHODOLOGY

1. Research Design

The study adopted a descriptive research design because it sought to describe the existing level of awareness, adoption, preferences and perceptions of retail investors without manipulating the study variables.

2. Sources and Method of Data Collection

Primary data were collected through a structured questionnaire administered to retail investors in Delhi-NCR. The questionnaire covered demographic characteristics, awareness of green finance, sources of information, ESG understanding, investment preferences, portfolio allocation, motivations, barriers, risk and return perceptions, trust and views regarding government support. Secondary information was obtained from published research studies and relevant academic literature.

3. Sampling Technique and Sample Size

Convenience sampling, a non-probability sampling method, was used to collect responses from 80 respondents. The target population comprised retail investors in Delhi-NCR who were able to provide information about their investment preferences and awareness of green financial products.

4. Data Analysis

The responses were coded and analysed using percentage analysis. Results were presented through tables and interpreted to identify the dominant patterns in awareness, preferences, adoption and decision-making factors.

5. Limitations and Scope for Future Research

The study has several limitations. First, the sample size is limited to 80 respondents and was selected using convenience sampling; therefore, the findings cannot be generalised to the entire retail investor population. Second, the geographical focus is Delhi-NCR, and investor behaviour in other Indian regions may differ. Third, the study uses descriptive percentage analysis and therefore does not test causal relationships between awareness, demographic factors and adoption.

Future research can use larger probability-based samples and inferential techniques such as chi-square tests, correlation, regression or structural equation modelling. Longitudinal studies could also examine whether investor awareness and actual portfolio allocation increase as green financial products become more accessible and better understood.

DATA ANALYSIS AND INTERPRETATION

The following tables summarise the most relevant results from the primary survey. Percentages are based on the 80 valid responses.

Table 1. Age profile

Age group	Respondents	Percentage
20–30	59	73.8%
30–40	18	22.5%
40–50	2	2.5%
Above 50	1	1.2%

Table 2. Gender profile

Gender	Respondents	Percentage
Male	39	48.8%
Female	41	51.2%

Table 3. Awareness of green finance

Awareness level	Respondents	Percentage
Very familiar	25	31.3%
Somewhat familiar	28	35.0%
Heard of it but not sure	15	18.8%
Not much familiar	12	15.0%

Table 4. Main source of awareness

Source	Respondents	Percentage
Social media	40	50.0%
Financial advisors	17	21.3%
News/Articles	13	16.2%
Friends/Family	10	12.5%

Table 5. Primary investment preference

Investment type	Respondents	Percentage
Traditional investments	25	31.3%
Stock market	28	35.0%
Mutual funds	18	22.5%
Green/sustainable investments	9	11.3%

Table 6. Portfolio allocation to green instruments

Allocation	Respondents	Percentage
Less than 10%	31	38.8%
10–25%	37	46.3%
25–50%	8	10.0%
More than 50%	4	5.0%

Table 7. Preferred green investment option

Option	Respondents	Percentage
Green bonds	24	30.0%
ESG funds	33	41.2%
Renewable energy stocks	17	21.3%
Sustainable ETFs	6	7.5%

Table 8. Motivating factors

Factor	Respondents	Percentage
Environmental concern	31	38.8%
Long-term financial returns	35	43.8%
Government incentives	25	31.3%
Social responsibility	12	15.0%
Influence from peers	5	6.3%

Table 9. Major barriers

Barrier	Respondents	Percentage
Lack of awareness	34	42.5%

Barrier	Respondents	Percentage
Limited availability of options	29	36.3%
Perceived lower returns	29	36.3%
Lack of trust	16	20.0%
Complex investment process	12	15.0%

Table 10. Risk perception

Risk level	Respondents	Percentage
Very high	20	25.0%
High	27	33.8%
Moderate	28	35.0%
Low	5	6.2%

Table 11. Return potential

Return potential	Respondents	Percentage
Very high	17	21.3%
High	24	30.0%
Moderate	33	41.3%
Low	6	7.5%

Table 12. Trust in green financial products

Trust level	Respondents	Percentage
Very high	21	26.3%
High	24	30.0%
Moderate	29	36.3%
Low	6	7.5%

Interpretation of Key Results

The demographic profile shows that the sample was predominantly young: 73.8% of respondents were aged 20–30 years. Gender participation was relatively balanced, with 51.2% female and 48.8% male respondents. These characteristics indicate that the findings reflect the views of a relatively young retail-investor sample.

Awareness of green finance was developing but not uniform. While 31.3% were very familiar and 35% were somewhat familiar, 18.8% had heard of green finance without being sure about it and 15% were not much familiar. Thus, one-third of the sample still had limited understanding. Social media was the leading source of awareness at 50%, indicating the importance of digital channels in communicating sustainable-finance information.

The adoption results show an important awareness-adoption gap. Only 11.3% selected green or sustainable investments as their primary investment preference, compared with 35% for the stock market and 31.3% for traditional investments. Similarly, 38.8% had less than 10% of their total investments in green instruments and 46.3% had 10–25%. Therefore, most respondents had relatively small allocations to green investments.

The detailed green-investment preference question showed ESG funds as the leading option at 41.2%, followed by green bonds at 30%, renewable energy stocks at 21.3% and sustainable ETFs at 7.5%. The original questionnaire also measured recognition of instruments separately; this distinction is important because awareness of an instrument is not the same as actual preference or adoption.

Long-term financial returns were the most frequently selected motivation at 43.8%, followed by environmental concern at 38.8%. Government incentives were selected by 31.3%. The results therefore suggest that investors consider both financial and environmental benefits. On the barrier side, lack of awareness was the leading concern at 42.5%, while limited availability and perceived lower returns were each reported by 36.3%.

Risk perceptions were mixed. A combined 58.8% rated green investments as high or very high risk, while 35% rated them as moderately risky. Return expectations were comparatively moderate: 41.3% rated return potential as moderate and 30% as high. Trust was also concentrated in the moderate and high categories, with 36.3% reporting moderate trust and 30% high trust. These findings indicate that investors may require clearer evidence regarding risk, returns, product quality and environmental claims before increasing their allocations.

DISCUSSION

The findings broadly support the literature reviewed in this study. The importance of awareness is consistent with Kaur (2022), Ghosh et al. (2021) and Rohith and Patil (2025), who emphasise knowledge and awareness as relevant to investment behaviour. The prominence of risk and return considerations is also consistent with research showing that financial characteristics remain central even when investors consider sustainability.

The study's evidence of limited adoption despite reasonable awareness supports the argument that awareness is a necessary but insufficient condition for sustainable investment participation. Sharma and Choubey (2020) similarly identified awareness, perceived risk and trust as barriers in the Delhi-NCR green-banking context. Recent work on Indian green-bond investors also indicates that financial, environmental and personal factors jointly shape perceptions and willingness to invest (Lone et al., 2024; Pandey & Murari, 2025).

The strong role of social media has practical significance. Since half of respondents reported social media as their main awareness source, financial institutions and educational bodies can use digital platforms for investor education. However, such communication should be supported by transparent disclosures and credible sustainability information so that digital awareness does not turn into misleading or incomplete investment advice.

IMPLICATIONS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Green finance is directly connected with the Sustainable Development Goals because it can help mobilise capital towards clean energy, sustainable infrastructure, responsible production and climate action. At the retail-investor level, increased participation can broaden the pool of capital available for environmentally beneficial projects. The study therefore supports the conference focus on sustainable and responsible business by showing that investor awareness and responsible financial decision-making are important components of the transition towards a more sustainable economy.

From a management perspective, financial institutions should treat investor education, transparency and product credibility as strategic requirements rather than only promotional activities. Credible green financial products can help align financial objectives with environmental outcomes, while better information can reduce uncertainty and improve investor confidence.

RECOMMENDATIONS

- Conduct simple and continuous investor-education programmes explaining green bonds, ESG funds, sustainable stocks, green loans and sustainable ETFs.
- Use social media and digital platforms for verified financial-literacy content because social media was the leading source of awareness in the sample.
- Improve transparency by clearly explaining the use of funds, environmental objectives, risk, return, liquidity and fees associated with green products.
- Increase the availability and variety of credible green investment products so that investors have more practical choices.

- Provide comparable risk-return information to address perceptions that green investments necessarily provide lower returns or higher risk.
- Strengthen regulatory standards for classification, disclosure and monitoring of green financial products to improve investor trust.
- Encourage appropriate government incentives and awareness programmes, particularly because 52.5% of respondents indicated support for stronger government promotion of green investments.

CONCLUSION

The study examined awareness and adoption of green finance instruments among 80 retail investors in Delhi-NCR. The findings show that green finance is gaining visibility, but a substantial awareness-adoption gap remains. Although 66.3% of respondents were very or somewhat familiar with green finance, only 11.3% identified green or sustainable investments as their primary investment preference, and 85.1% reported that less than 25% of their investment portfolio was allocated to green instruments.

Financial returns and environmental concern were the leading motivations, while lack of awareness, limited availability and perceived lower returns were the most prominent barriers. These results suggest that the future growth of green finance among retail investors will depend not only on increasing awareness but also on improving financial literacy, product transparency, accessibility and trust.

Overall, retail investors can play a meaningful role in supporting sustainable development when credible green financial products are accessible and investors have sufficient information to make informed decisions. Strengthening the connection between investor education, responsible financial products and supportive policy can help convert growing interest in green finance into greater participation and contribute to India's broader sustainable-development objectives.

REFERENCES

Sachs, J. D., Woo, W. T., Yoshino, N., & Taghizadeh-Hesary, F. (2019). Why is green finance important?.

Akomea-Frimpong, I., Adeabah, D., Ofosu, D., & Tenakwah, E. J. (2022). A review of studies on green finance of banks, research gaps and future directions. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, *12*(4), 1241-1264.

Khan, M. A., Riaz, H., Ahmed, M., & Saeed, A. (2022). Does green finance really deliver what is expected? An empirical perspective. *Borsa Istanbul Review*, *22*(3), 586-593.

Desalegn, G., & Tangl, A. (2022). Enhancing green finance for inclusive green growth: A systematic approach. *Sustainability*, *14*(12), 7416.

Singh, D. (2024). A Study on Consumer Perception Towards Green Banking Practices with Special Reference to Delhi NCR Region. *Together Towards Tomorrow: Embracing the SDGs Journey*, 147.

Sharma, D. M., & Chowhan, D. S. S. (2025). Impact of Green Finance in Sustainable Development to the Indian Economic Management System. *Available at SSRN 5153133*.

Sharma, M., & Choubey, A. (2020). Resistance towards green banking adoption in Delhi NCR: a grounded theory approach. *AIMA Journal of Management and Research*, *14*(2/4), 1-20.

Kaushik, R. (2025). Investor perceptions towards sustainable investment in mutual funds: A CASE of Delhi-NCR. In *Adaptive Strategies for Green Economy and Sustainability Policies* (pp. 101-112). IGI Global Scientific Publishing.

Shaikh, S. (2024). THE ROLE OF GREEN FINANCE IN CSR: AN EMPIRICAL ANALYSIS OF INDIA'S BANKING SECTOR (WITH SPECIAL REFERENCE TO GURUGRAM, NCR REGION.

Soundarrajan, P., & Vivek, N. (2016). Green finance for sustainable green economic growth in India. *Agricultural Economics/Zemědělská Ekonomika*, *62*(1).
Kapur, G., Shrivastava, S., & Minz, N. K. (2025, November). Women's Financial Decision-Making and Sustainable Investment: Analyzing Experience, Literacy, and Socio-Economic Influences in Delhi NCR. In *2nd International Conference on Sustainable Business Practices and Innovative Models (ICSBPIM-2025)* (pp. 203-224). Atlantis Press.
Sivasangari, Y. K., Patabendige, S. S. J., & Jayathilake, Y. (2025). Understanding Investor Attitudes and Green Investment Behaviour–Evidence from Sri Lankan Green Investors. *Journal of Real Estate Studies*, *22*(2), 83-103.
Chaudhary, A. K. (2025). The Influence of Behavioral Biases on Investment Decisions in Green Finance Markets.
Kaur, A. (2022). Factors influencing investors' decision and pattern of investments: An empirical study in Delhi-NCR. *VEETHIKA-An International Interdisciplinary Research Journal*, *8*(3), 15-19.
Ghosh, P., Chaudhary, H. K., Dhiman, R., & Khatter, A. Exploring Predictors of Green Investment Behaviour: The Role of Behavioural Intention, Green Financial Behaviour, Perceived Behavioural Control, Green Investment Knowledge and Attitude. *FIIB Business Review*, 23197145251392697.
Taneja, S., Kumar, P., Grima, S., Ozen, E., & Sood, K. (Eds.). (2023). *Sustainable investments in green finance*. IGI Global.
Chouhan, V., & Porwal, A. (2025). Green Finance: A Path Towards Greener Future and Sustainable Development in Indian Banks. *Sustainable Finance: Strategies and Tools to Manage Climate Risk*, 37-54.
Afzal, A., Rasoulinezhad, E., & Malik, Z. (2022). Green finance and sustainable development in Europe. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, *35*(1), 5150-5163.
Rohith, N. R., & Patil, H. (2025). Awareness of investors toward green finance initiatives. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, *13*(2), 337-348.
Pandey, M. S., & Murari, D. K. (2025). Green Bond Investment Dynamics Among Retail Investors in India: Knowledge, Perception and Willingness to Invest. *International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science*, *14*(10), 839-850.
Lone, F. A., Aggarwal, S., & Jain, S. (2024). Retail investors' perception towards green bonds in advancing sustainability: evidence from India. *Asia-Pacific Financial Markets*, 1-30.
Prajapati, D., Dipen, P., Malik, S., & Mishra, D. K. (2021). Understanding the preference of individual retail investors on green bond in India: An empirical study. *Investment Management & Financial Innovations*, *18*(1), 177.
Ghosh, S., Nath, S., & Ranjan, A. (2021). Green finance in India: Progress and challenges. *RBI Bulletin*, *75*(1), 61-72.

GEMLİK LİMANI KONTEYNER ELLEÇLEMESİNİN 2026–2028 DÖNEMİ İÇİN TAHMİNİ: ULUSAL DÖNGÜYE BAĞLILIK, PAY KAYBI VE MODEL KARŞILAŞTIRMASI

FORECASTING CONTAINER THROUGHPUT AT GEMLIK PORT FOR 2026–2028: CO-MOVEMENT WITH THE NATIONAL CYCLE, SHARE EROSION AND A MODEL COMPARISON

Nisa Nur Varınca Eren[1], Elvan Deniz[2]

[1] Öğr. Gör., Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
ORCID: 0009-0005-8473-1218
[2] Öğr. Gör. Dr., Çan Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye
ORCID: 0000-0002-4237-1358

ÖZET

Bu çalışmada Marmara bölgesinin güneyinde yer alan ve Bursa sanayi hinterlandına hizmet veren Gemlik liman kümesinin 2012–2025 dönemine ait yıllık konteyner elleçleme verileri kullanılarak 2026–2028 dönemi için tahminler üretilmiştir. Sınırlı gözlem sayısına sahip yıllık seri için naive, tarihsel ortalama, sürüklenmeli rassal yürüyüş, basit ve sönümlü üstel düzeltme, ARIMA(1,0,0), gri model GM(1,1) ve eşit ağırlıklı tahmin kombinasyonu kayan başlangıç noktalı örneklem dışı doğrulama ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca reel GSYH, reel mal ve hizmet ihracatı ve ithalatı ile Türkiye toplam konteyner elleçlemesi kullanılarak dışsal değişkenli ve pay tabanlı modeller sınanmıştır. Bulgular, Türkiye'nin toplam konteyner elleçlemesi yılda ortalama %5,25 ve reel GSYH %5,05 büyürken Gemlik'in %2,10 büyüdüğünü ve ulusal paydaki payının %9,65'ten %6,50'ye gerilediğini göstermektedir. Gemlik'in yıllık büyüme oranları ulusal konteyner büyümesiyle yakından ilişkilidir (esneklik 0,92; p = 0,020); ancak liman, ulusal döngüyü izlerken payını her yıl yaklaşık 0,2 puan kaybetmektedir. Payın son gözlenen değerde sabit tutulduğu model yüksek hata üretirken (MAPE %10,92), pay eğilimini açıkça modelleyen model (MAPE %4,61) ile eşit ağırlıklı kombinasyon (MAPE %4,87) en başarılı yöntemler olmuş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Baz senaryoda Gemlik'in 2026–2028 döneminde yıllık yaklaşık 0,90 milyon TEU (%95 tahmin aralığı: 0,75–1,05 milyon TEU) elleçlemesi beklenmektedir. Pay kaybının sürdüğü senaryoda elleçleme 2028'de 0,87–0,90 milyon TEU'da kalırken, payın 2025 düzeyinde korunduğu iyimser senaryoda 1,00–1,03 milyon TEU'ya ulaşabilir. Gemport ve Borusan terminallerinin beyan edilen toplam kapasitesi (yaklaşık 2,45 milyon TEU) tüm senaryoları karşılayabilecek düzeydedir. Sonuçlar, liman düzeyindeki planlamada ulusal büyüme oranlarının değil, limanın ulusal paydaki eğiliminin belirleyici olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Konteyner elleçleme tahmini, Gemlik Limanı, liman payı, tahmin kombinasyonu, ARIMA, Marmara bölgesi

ABSTRACT

This study forecasts container throughput at the Gemlik port cluster, which serves the industrial hinterland of Bursa in the southern Marmara region, for 2026–2028 using annual data for 2012–2025. For this short annual series, naive, historical mean, random walk with drift, simple and damped exponential smoothing, ARIMA(1,0,0), the grey model GM(1,1) and an equal-weight forecast combination are compared through rolling-origin out-of-sample evaluation. Models

with exogenous variables (real GDP, real exports and imports of goods and services) and share-based models linked to national container throughput are also tested. While Türkiye's total container throughput and real GDP grew by 5.25% and 5.05% per year, Gemlik grew by 2.10% and its national share fell from 9.65% to 6.50%. Gemlik's growth rates closely follow national container growth (elasticity 0.92; p = 0.020), yet the port loses about 0.2 percentage points of national share each year. Holding the share at its last observed value yields large errors (MAPE 10.92%), whereas the model extrapolating the share trend (MAPE 4.61%) and the equal-weight combination (MAPE 4.87%) perform best, with no statistically significant difference between them. In the baseline scenario, Gemlik is expected to handle about 0.90 million TEU per year in 2026–2028 (95% prediction interval: 0.75–1.05 million TEU). If share erosion continues, throughput would remain at 0.87–0.90 million TEU in 2028; if the 2025 share is maintained, it could reach 1.00–1.03 million TEU. The declared capacity of the Gemport and Borusan terminals (about 2.45 million TEU) can accommodate all scenarios. The findings indicate that a port's national share trend, rather than national growth rates, is decisive for port-level planning.

Keywords: Container throughput forecasting, Gemlik Port, port market share, forecast combination, ARIMA, Marmara region

1. GİRİŞ

Konteyner limanlarında rıhtım, saha, ekipman ve hinterland bağlantılarına yönelik yatırımlar uzun hazırlık süreleri gerektirdiğinden, gelecekteki elleçleme hacimlerinin güvenilir biçimde tahmin edilmesi liman işletmecileri, kamu planlamacıları ve yatırımcılar için temel bir karar girdisidir (Chou vd., 2008; Peng ve Chu, 2009). Tahminlerin olduğundan yüksek çıkması atıl kapasiteye, olduğundan düşük çıkması ise sıkışıklığa ve yükün rakip limanlara kaymasına yol açabilir.

Bursa ilinde, Gemlik Körfezi kıyısında yer alan Gemlik liman kümesi başta Gemport ve Borusan Limanı olmak üzere birden fazla terminalden oluşmakta ve otomotiv ile tekstil başta olmak üzere imalat sanayiinin yoğunlaştığı Bursa ve çevresinin dış ticaret kapısı işlevini görmektedir. Gemlik 2012 yılında 694 bin TEU ile Türkiye'de elleçlenen toplam konteynerin %9,65'ini, Marmara bölgesinde elleçlenen konteynerin ise %15,4'ünü gerçekleştirmiştir. 2025 yılında ise Türkiye'nin toplam konteyner elleçlemesi 14,0 milyon TEU'ya ulaşırken Gemlik'in elleçlemesi 910 bin TEU olmuş, limanın ulusal paydaki payı %6,50'ye, Marmara içindeki payı %10,1'e gerilemiştir.

Liman tahmini literatüründe yaygın yaklaşım, liman hacmini GSYH ve dış ticaret gibi makroekonomik değişkenlerle ilişkilendirmektir (Chou vd., 2008; Gosasang vd., 2011). Bu yaklaşım, limanın ulusal talebin sabit bir payını aldığı varsayımına dayanır. Oysa rekabetin yoğunlaştığı liman bölgelerinde tek bir limanın hacmi, yeni terminallerin devreye girmesi, armatörlerin hizmet ağı tercihleri ve hinterland yapısı nedeniyle ulusal büyümeden farklı bir hızda seyredebilir (Notteboom ve Rodrigue, 2005; Tongzon, 2009).

Bu çalışmanın amacı, Gemlik'in 2026–2028 dönemi konteyner elleçlemesini kısa yıllık seriye uygun yöntemlerle tahmin etmek ve bu tahminin ulusal büyüme varsayımlarına ne ölçüde dayandırılabileceğini sınamaktır. Çalışma, Gemlik'in ulusal döngüyle eşzamanlı hareket ederken sürekli pay kaybettiğini nicel olarak ortaya koymakta; GM(1,1) dahil yedi tek değişkenli yöntemi ve bunların kombinasyonunu, dışsal değişkenli ARIMA (ARIMAX) ve iki pay tabanlı modelle birlikte örneklem dışı doğrulama çerçevesinde karşılaştırmakta ve baz tahmini pay kaybının sürdüğü ve payın korunduğu senaryolarla birlikte sunmaktadır.

1.1. Konteyner Elleçleme Tahmininde Kullanılan Yöntemler

Konteyner elleçleme tahmininde tek değişkenli zaman serisi yöntemleri, nedensel (ekonometrik) modeller ve yapay zekâ ile hibrit yaklaşımlar kullanılmaktadır. Tek değişkenli yöntemler arasında ARIMA ve üstel düzeltme en sık kullanılanlardır (Box vd., 2015; Hyndman ve Athanasopoulos, 2021). Schulze ve Prinz (2009) Almanya limanlarında SARIMA modelinin Holt-Winters yöntemine göre az farkla daha iyi sonuç verdiğini bulmuş; Peng ve Chu (2009) Tayvan limanları için gri model ve SARIMA dahil altı tek değişkenli yöntemi karşılaştırmış; Rashed vd. (2017) ise Anvers Limanı için yapısal kırılmaları müdahale terimleriyle modelleyen ARIMA yaklaşımını önermiştir. Nedensel modellerde liman hacmi GSYH ve dış ticaret gibi değişkenlerle açıklanmaktadır (Chou vd., 2008). Gosasang vd. (2011) Bangkok Limanı için yapay sinir ağının doğrusal regresyondan, Xie vd. (2013) ise LSSVR tabanlı hibrit yaklaşımların tekil modellerden daha başarılı olduğunu raporlamıştır. Ancak bu yöntemler uzun seriler gerektirmekte, az sayıda yıllık gözlemle aşırı uyum riski taşımaktadır. Kısa seriler için Deng (1982) tarafından geliştirilen GM(1,1) modeli yaygın biçimde kullanılmakla birlikte, seviye kayması içeren serilerde eğilimi aşırı uzatma eğilimindedir.

1.2. Tahmin Kombinasyonu ve Basit Yöntemlerin Başarısı

Bates ve Granger (1969) ile başlayan tahmin kombinasyonu literatürü, farklı modellerin ortalamasının çoğu durumda tekil modellerden daha doğru olduğunu göstermektedir (Clemen, 1989). 100.000 zaman serisi ve 61 yöntemin karşılaştırıldığı M4 yarışmasında da kombinasyonlar ve istatistiksel yöntemler güçlü performans sergilemiş, yalnızca makine öğrenmesine dayalı yöntemler genellikle basit ölçüt modellerin gerisinde kalmıştır (Makridakis vd., 2020). Bu nedenle kısa yıllık serilerde ölçüt modeller raporlanmalı; doğruluk, MAPE ve RMSE yanında ölçekten bağımsız MASE ile de değerlendirilmelidir (Hyndman ve Koehler, 2006).

1.3. Liman Rekabeti ve Bölgeselleşme

Liman coğrafyası literatürü, olgunlaşan liman bölgelerinde yeni terminallerin devreye girmesiyle yük akışlarının yeniden dağıldığını ve bazı limanların pay kaybettiğini vurgulamaktadır (Notteboom ve Rodrigue, 2005; Notteboom vd., 2022). Taşıma işleri organizatörleri liman tercihinde sırasıyla verimliliği, sefer sıklığını, yeterli altyapıyı ve konumu belirleyici görmektedir (Tongzon, 2009). Ulusal düzeyde konteyner elleçlemesi giderek belirli liman başkanlıklarında yoğunlaşmaktadır: 2025 yılında ilk beş liman başkanlığı (Ambarlı, Kocaeli, Tekirdağ, Mersin ve Aliağa) Türkiye toplamının %83,9'unu gerçekleştirmiştir (UAB, 2026).

1.4. Türkiye Limanlarına Yönelik Çalışmalar ve Araştırma Boşluğu

Bal (2019), Türkiye limanlarının aylık konteyner elleçlemesini ARMA modelleriyle tahmin etmiş ve bilgi kriterlerinin model seçiminde her zaman doğru yönlendirmediğini göstermiştir. Caliskan ve Karaoz (2019), döviz kurları ve petrol fiyatlarının limanlardaki elleçlemenin yönünü tahmin etmedeki gücünü yapay sinir ağları ve destek vektör makineleriyle incelemiştir. Deniz (2025a) Marmara bölgesinde elleçlenen yüklerin 2025–2029 döneminde artmaya devam edeceğini öngörmüş, Deniz (2025b) Mersin Limanı'ndaki konteyner elleçlemesini zaman serisi yöntemleriyle analiz etmiş, Deniz (2025c) ise Türkiye'nin ihracat ve ithalat değerlerini altı zaman serisi yöntemi kullanarak modellemiştir. Mevcut çalışmalar ağırlıklı olarak ulusal veya bölgesel toplamlara ya da en büyük limanlara odaklanmaktadır; Gemlik gibi orta ölçekli bir hinterland limanının ulusal döngüyle ilişkisini ve pay eğilimini birlikte modelleyen ve farklı yaklaşımları aynı örneklem dışı doğrulama çerçevesinde karşılaştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır.

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Marmara Denizi'nin güneyinde Bursa ilinin Gemlik Körfezi kıyısında yer alan Gemlik liman bölgesidir. Kümedeki en büyük konteyner terminali olan Gemport; toplam uzunluğu 1.928 m olan 13 rıhtım, 18 m azami su çekimi ve yaklaşık 2,0 milyon TEU yıllık kapasite bildirmektedir ve 2022 yılında 671.492 TEU elleçlemiştir (Logistics Cluster, t.y.-a). Borusan Limanı'nın Batı Terminali 900 m uzunluğunda dört rıhtım, 14,5 m su çekimi ve 450 bin TEU yıllık konteyner kapasitesine sahiptir (Logistics Cluster, t.y.-b); liman 2022 yılında 130 bin TEU elleçlemiş (Ekonomi Gazetesi, 2023) ve 2024 başında kapasite artışı ile hizmet kalitesine yönelik 33,2 milyon dolarlık EBRD kredisi sağlamıştır (Kuehne+Nagel, 2024). Kuzeybatı Marmara ve İzmit Körfezi'ndeki terminaller İstanbul–Kocaeli sanayi bölgesinin yanı sıra aktarma yüklerinin de önemli bir bölümüne hizmet verirken, Gemlik ağırlıklı olarak Bursa merkezli bir hinterland limanı niteliğindedir.

2.2. Materyal ve Yöntem

2.2.1. Veri Seti

Çalışmada 2012–2025 dönemine ait yıllık veriler kullanılmıştır (T = 14). Gemlik Liman Başkanlığı'nın konteyner elleçlemesi ile Türkiye limanlarında elleçlenen konteynerin bölgesel dağılımı ve Türkiye toplamı (TEU) Türkiye Liman İşletmecileri Derneği (TÜRKLİM) sektör istatistiklerinden derlenmiştir. Sayfa yıllık olarak güncellendiğinden 2012–2015 değerleri 17 Ekim 2025 tarihli erişimden (TÜRKLİM, 2025), 2016–2025 değerleri ise 1 Ekim 2026 tarihli güncel sürümden (TÜRKLİM, 2026) alınmıştır. Makroekonomik değişkenler olarak harcama yöntemiyle reel GSYH (B1GQ), reel mal ve hizmet ihracatı (P6) ve ithalatı (P7) kullanılmıştır. Bu seriler TÜİK Merkezi Dağıtım Sistemi'nden 2009 referans yıllı zincirlenmiş hacim, bin TL, arındırılmamış çeyreklik veriler olarak alınmış (2012Ç1–2026Ç2) ve yıllık değerler çeyreklik değerlerin toplanmasıyla elde edilmiştir (TÜİK, 2026). Senaryo analizinde 2026–2028 reel GSYH büyüme varsayımları Orta Vadeli Program'dan (2027–2029) alınmıştır (SBB, 2026).

2.2.2. Ön Analiz

Serilerin durağanlığı Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) testi (Dickey ve Fuller, 1979) ve sıfır hipotezi durağanlık olan KPSS testi (Kwiatkowski vd., 1992) ile, özilinti ise Ljung-Box testi (Ljung ve Box, 1978) ile incelenmiştir; kısa örneklem nedeniyle gecikme uzunluğu bir olarak sabitlenmiştir. Seride gözlenen seviye kayması, 2017 ve sonrası için bir değerini alan kukla değişkenli regresyon ve Welch t testiyle değerlendirilmiştir. Gemlik ile makroekonomik değişkenler, Türkiye toplamı ve Marmara bölgesi arasındaki ilişki logaritmik düzeylerde ve büyüme oranlarında en küçük kareler regresyonuyla incelenmiş, düzey ilişkileri Engle-Granger eşbütünleşme testiyle (Engle ve Granger, 1987) kontrol edilmiştir.

2.2.3. Tahmin Modelleri

Ölçüt modeller. Naive model tüm ufuklar için son gözlemi ($\hat{y}_{T+h} = y_T$), tarihsel ortalama modeli eğitim dönemi ortalamasını ($\hat{y}_{T+h} = \bar{y}$), sürüklenmeli rassal yürüyüş (drift) modeli ise son gözleme eğitim dönemindeki ortalama yıllık değişimi ekleyerek ($\hat{y}_{T+h} = y_T + h(y_T - y_1) / (T - 1)$) tahmin üretir. Burada y_t t yılındaki elleçlemeyi (milyon TEU), T eğitim döneminin son yılını ve h tahmin ufkunu göstermektedir.

Üstel düzeltme ve ARIMA. Basit üstel düzeltme (SES) modelinde düzey bileşeni geçmiş gözlemlerin üstel ağırlıklı ortalaması olarak güncellenir ($\ell_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)\ell_{t-1}$). Sönümlü trendli Holt modeli (Gardner ve McKenzie, 1985), trendin ufuk uzadıkça φ ($0 < \varphi < 1$) oranında sönümlenmesine izin vererek aşırı tahmin riskini azaltır. Modeller toplamsal hatalı durum uzayı formunda en çok olabilirlik yöntemiyle tahmin edilmiştir (Hyndman vd., 2008). Box-Jenkins

yaklaşımı çerçevesinde (Box vd., 2015), serideki kalıcılığı otoregresif katsayıyla temsil eden parsimonik bir ARIMA(1,0,0) modeli kullanılmıştır:

$$y_t = c + \phi y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad \mu = c / (1 - \phi) \tag{1}$$

Burada c sabit terimi, ϕ otoregresif katsayıyı, μ serinin ortalamasını ve ε_t beyaz gürültü hata terimini göstermektedir.

Gri model GM(1,1). GM(1,1) modelinde seri birikimli toplam alınarak birinci dereceden bir diferansiyel denklemle modellenir; gelişme katsayısı (a) ve gri girdi parametresi (b) en küçük kareler yöntemiyle tahmin edilir ve tahminler birikimli serinin farkı alınarak elde edilir (Deng, 1982).

Tahmin kombinasyonu. Kombinasyon tahmini, SES, ARIMA(1,0,0) ve sönümlü Holt modellerinin eşit ağırlıklı ortalamasıdır. Bileşenler, doğrulama sonuçlarından bağımsız olarak sabit düzey, otoregresif yapı ve sönümlenen trend varsayımlarını temsil edecek biçimde önceden belirlenmiş; kısa örneklemde ağırlık tahmininin yaratacağı belirsizlik nedeniyle eşit ağırlık tercih edilmiştir (Clemen, 1989; Makridakis vd., 2020):

$$\hat{y}^{K}_{T+h} = (\hat{y}^{SES}_{T+h} + \hat{y}^{AR}_{T+h} + \hat{y}^{SH}_{T+h}) / 3 \tag{2}$$

Dışsal değişkenli ve pay tabanlı modeller. Makroekonomik değişkenlerin katkısını sınamak için ön analizde Gemlik'in büyüme oranlarıyla en yüksek korelasyonu gösteren reel ihracat büyümesi (g^{X}_t) dışsal değişken olarak eklenmiş bir ARIMAX modeli (3) kurulmuştur. Ulusal büyümenin Gemlik'e yansıyıp yansımadığını sınamak için ise Türkiye toplam elleçlemesinin (Y^{TR}) logaritmik seriye uygulanan sönümlü Holt modeliyle tahmin edilip Gemlik payıyla (s) çarpıldığı iki pay tabanlı model (4) kullanılmıştır: birincisinde pay son gözlenen değerde sabit tutulmakta, ikincisinde eğitim dönemi verileriyle tahmin edilen doğrusal pay eğilimi ileriye taşınmaktadır:

$$y_t = \mu + \gamma g^{X}_t + u_t, \quad u_t = \phi u_{t-1} + \varepsilon_t \tag{3}$$

$$\hat{y}^{G}_{T+h} = \hat{Y}^{TR}_{T+h} \times s_T \quad \text{veya} \quad \hat{y}^{G}_{T+h} = \hat{Y}^{TR}_{T+h} \times (\hat{a} + \hat{b}(T + h)) \tag{4}$$

2.2.4. Tahmin Performansının Değerlendirilmesi

Modeller kayan başlangıç noktalı (rolling-origin) örneklem dışı doğrulama ile değerlendirilmiştir: eğitim dönemi 2012'den başlayıp 2019, 2020, …, 2024 yıllarında sona erecek şekilde genişletilmiş ve her başlangıçtan 1–3 yıl ileriye tahmin üretilerek 2020–2025 yıllarına ait 15 tahmin hatası elde edilmiştir. ARIMAX modelinde dışsal değişkenin gerçekleşen değerleri kullanılmıştır. Doğruluk ölçütleri olarak MAPE, RMSE ve MASE kullanılmıştır (Hyndman ve Koehler, 2006):

$$\text{MAPE} = (100/n) \Sigma |e_i| / y_i, \quad \text{RMSE} = [(1/n) \Sigma e_i^2]^{1/2}, \quad \text{MASE} = (1/n) \Sigma |e_i| / q \tag{5}$$

Burada e_i tahmin hatasını, q eğitim döneminde naive modelin ortalama mutlak hatasını göstermektedir. Modeller arasındaki farkların anlamlılığı, kare hata farkı üzerinden t dağılımıyla değerlendirilen Diebold-Mariano (DM) testiyle sınanmıştır (Diebold ve Mariano, 1995). Nihai tahminlerde 2012–2025 döneminin tamamı kullanılmış; %80 ve %95 tahmin aralıkları ARIMA(1,0,0) modelinin tahmin standart hatalarının kombinasyon tahmini etrafına uygulanmasıyla hesaplanmıştır. Senaryo analizinde Türkiye toplam elleçlemesi logaritmik sönümlü Holt modelinin yanı sıra OVP büyüme varsayımları (g) ve tahmin edilen esneklik (η) ile projekte edilmiştir:

$$\hat{Y}^{TR}_{T+h} = Y^{TR}_T \, \Pi_{j=1}^{h} (1 + g_{T+j})^{\eta} \tag{6}$$

Hesaplamalar Python (statsmodels 0.15) ortamında, elleçleme verileri milyon TEU cinsinden kullanılarak yapılmıştır.

2.3. Bulgular ve Tartışma

2.3.1. Tanımlayıcı İstatistikler ve Ön Analiz

Tablo 1'e göre Gemlik'in 2012–2025 dönemi ortalama elleçlemesi 0,801 milyon TEU, standart sapması 0,090 milyon TEU'dur; değişkenlik katsayısı %11,3'tür. Gemlik'in yıllık bileşik büyüme oranı %2,10 iken Türkiye toplamında bu oran %5,25, Marmara bölgesinde %5,45, reel GSYH'de %5,05'tir; başka bir ifadeyle Gemlik, ulusal konteyner hacminin yaklaşık beşte iki hızında büyümüştür.

Tablo 1. Değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler (2012–2025)

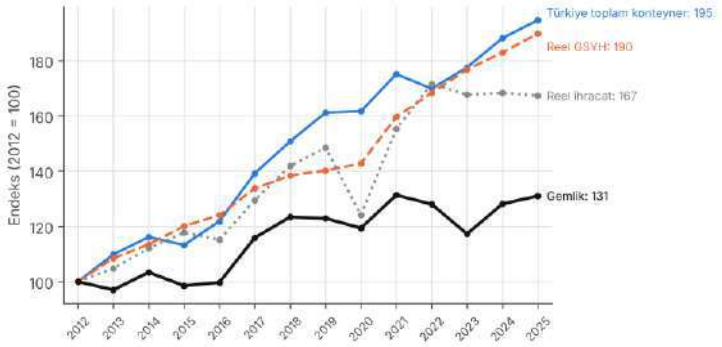
Değişken	Birim	Ortalama	Std. sapma	En düşük	En yüksek	DK (%)	YBBO (%)
Gemlik elleçlemesi	milyon TEU	0,801	0,090	0,674	0,912	11,3	2,10
Türkiye toplam elleçleme	milyon TEU	10,680	2,272	7,192	13,997	21,3	5,25
Marmara bölgesi elleçleme	milyon TEU	6,631	1,413	4,511	8,990	21,3	5,45
Reel GSYH	milyar TL	1.826,6	367,8	1.279,6	2.428,0	20,1	5,05
Reel ihracat (mal ve hizmet)	milyar TL	441,5	82,7	321,3	551,1	18,7	4,04
Reel ithalat (mal ve hizmet)	milyar TL	403,3	52,0	323,6	491,7	12,9	3,27

Not: DK: değişkenlik katsayısı; YBBO: yıllık bileşik büyüme oranı. Makroekonomik değişkenler 2009 referans yıllı zincirlenmiş hacimdir. *Kaynak:* TÜRKLİM (2025, 2026), TÜİK (2026) verilerinden yazarlar tarafından hesaplanmıştır.

Gemlik serisinde ADF testi birim kök hipotezini reddedememekte (ADF = –1,202; p = 0,673), KPSS testi ise durağanlığı %5 düzeyinde reddetmektedir (KPSS = 0,675; p = 0,016). Doğrusal trend katsayısı anlamlıdır (yılda 19,0 bin TEU; p < 0,001), Ljung-Box testine göre güçlü özilinti bulunmaktadır (Q(3) = 15,86; p = 0,001) ve ARIMA(1,0,0) modelinin otoregresif katsayısı yüksektir (ϕ = 0,823; p < 0,001). Ancak artış düzenli bir trendden çok 2017'deki tek seferlik bir seviye kaymasından kaynaklanmaktadır: ortalama elleçleme 2012–2016 döneminde 692,3 bin TEU iken 2017–2025 döneminde 861,8 bin TEU'dur (Welch t = –11,08; p < 0,001). Seviye kayması arındırıldığında özilinti kalmamakta (Q(3) = 3,51; p = 0,320), KPSS testi durağanlığı reddetmemekte (KPSS = 0,203; p > 0,10) ve 2017–2025 trendi anlamsızlaşmaktadır (yılda 8,3 bin TEU; p = 0,112). Kayma yılında Türkiye toplamı %14,2, reel ihracat %12,5 arttığından 2017 sıçraması dış ticaretteki güçlü toparlanmanın kalıcı bir seviye etkisi olarak yorumlanabilir. Türkiye toplam elleçlemesi ve reel GSYH logaritmik düzeylerde birim kök içermekte (KPSS, p < 0,01); Gemlik'in Türkiye ve Marmara içindeki paylarında ise trendli ADF testi birim kökü reddetmektedir (sırasıyla p = 0,002 ve p = 0,048). Bu sonuç, payların deterministik bir eğilimle gerilediğini göstermektedir.

2.3.2. Ulusal Büyümeyle İlişki

Şekil 1'de görüldüğü üzere Gemlik, ulusal serilerle benzer yönlü hareket etmiş ancak her dönemde onların altında kalmıştır. 2025 yılında Türkiye toplam elleçleme endeksi 195'e, reel GSYH endeksi 190'a ve reel ihracat endeksi 167'ye ulaşırken Gemlik endeksi 131'de kalmıştır. Gemlik'in yükseliş (2017, 2021, 2024) ve düşüş (2023) yılları dış ticaret döngüsüyle büyük ölçüde örtüşmektedir.



Şekil 1. Gemlik elleçlemesi, Türkiye toplam konteyner elleçlemesi, reel GSYH ve reel ihracat (2012 = 100) Kaynak: TÜRKLİM (2025, 2026) ve TÜİK (2026) verilerinden yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

Tablo 2'deki regresyon sonuçları bu bulguyu desteklemektedir. Gemlik'in logaritmik düzeyinin reel GSYH'ye esnekliği 0,495'tir; Engle-Granger testi bu ilişkinin eşbütünleşme olduğunu desteklememektedir (t = –2,170; p = 0,440). Büyüme oranlarında makroekonomik değişkenler arasında en güçlü ilişki reel ihracatla gözlenmekte (r = 0,51; katsayı 0,367), ancak %5 düzeyinde anlamlı değildir (p = 0,074). Buna karşılık Gemlik'in büyümesi Türkiye toplam konteyner büyümesiyle anlamlı biçimde ilişkilidir (r = 0,63; katsayı 0,919; p = 0,020); sabit terimin –0,026 olması (p = 0,278), Gemlik'in ulusal döngüyü yakından izlediğini ancak bunun üzerine yılda yaklaşık %2,6'lık bir pay erimesinin eklendiğini göstermektedir. Türkiye toplam elleçlemesi reel GSYH ile güçlü bir birlikte hareket sergilemektedir (esneklik 1,061; R^2 = 0,941). Düşük Durbin-Watson istatistiği (0,69) ve Engle-Granger testinin eşbütünleşmeyi destekleyememesi (t = –2,277; p = 0,385) nedeniyle bu esneklik, senaryo analizi için yaklaşık bir ölçü olarak yorumlanmıştır.

Tablo 2. Konteyner elleçlemesi ile makroekonomik değişkenler arasındaki ilişki

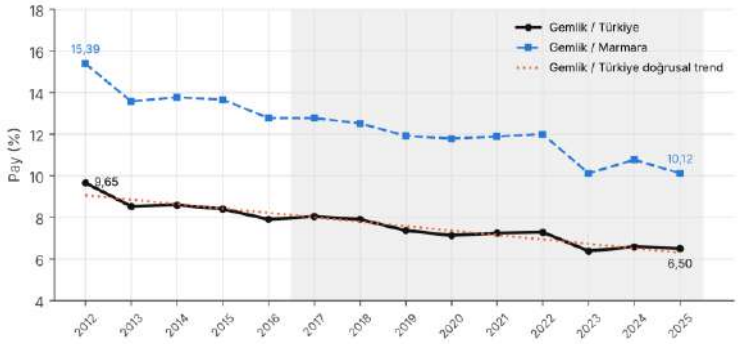
Bağımlı ~ Bağımsız	Düzey esnekliği	p	R^2	DW	Büyüme katsayısı	p	R^2
Gemlik ~ Reel GSYH	0,495	< 0,001	0,755	1,20	0,727	0,332	0,086
Gemlik ~ Reel ihracat	0,541	< 0,001	0,799	1,26	0,367	0,074	0,261
Gemlik ~ Reel ithalat	0,653	0,004	0,515	1,11	–0,361	0,289	0,101
Gemlik ~ Türkiye toplam	0,489	< 0,001	0,881	1,85	0,919	0,020	0,401
Gemlik ~ Marmara	0,490	< 0,001	0,872	1,89	0,609	0,079	0,255
Türkiye ~ Reel GSYH	1,061	< 0,001	0,941	0,69	0,528	0,305	0,095
Türkiye ~ Reel ihracat	1,098	< 0,001	0,891	1,66	0,171	0,248	0,119
Türkiye ~ Reel ithalat	1,517	< 0,001	0,753	0,83	–0,045	0,851	0,003

Not: Düzey modelleri logaritmik düzeylerde (n = 14), büyüme modelleri logaritmik farklarda (n = 13) tahmin edilmiştir. DW: Durbin-Watson istatistiği.

2.3.3. Bölgesel Dağılım ve Gemlik'in Payı

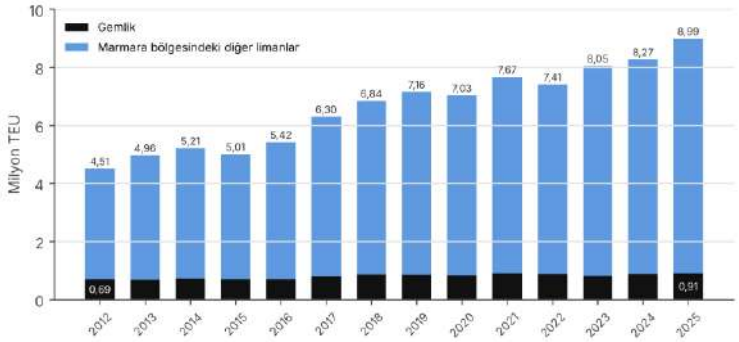
Marmara bölgesinin ulusal konteyner elleçlemesindeki payı dönem boyunca %60–64 aralığında görece sabit kalmıştır (2012'de %62,7; 2025'te %64,2); Akdeniz'in payı %20–24, Ege'nin payı %14–18 aralığında seyretmiştir (TÜRKLİM, 2025, 2026). Dolayısıyla Gemlik'in pay kaybı bölgeler arası bir kaymadan değil, Marmara içindeki yeniden dağılımdan kaynaklanmaktadır: Gemlik'in Marmara içindeki payı %15,4'ten %10,1'e, Türkiye içindeki payı ise %9,65'ten %6,50'ye gerilemiştir (Şekil 2). Türkiye içindeki pay yılda ortalama 0,21 puan (p < 0,001), Marmara içindeki pay 0,33 puan (p < 0,001) azalmıştır. Türkiye payı 2012–2018 döneminde ortalama %8,43 iken 2019–2025 döneminde %6,92'ye inmiştir (Welch t = 5,37; p < 0,001). Pay kaybı son dönemde de sürmektedir: 2019–2025 alt döneminde trend Türkiye payı için yılda –0,16 puan (p = 0,019), Marmara payı için –0,33 puandır (p = 0,023). En büyük düşüşler 2013

ve 2023 yıllarında yaşanmış; 2023'te Marmara bölgesinin elleçlemesi %8,6 artarken Gemlik'in elleçlemesi %8,4 azalmıştır.



Şekil 2. Gemlik'in Türkiye ve Marmara bölgesi konteyner elleçlemesi içindeki payı (%) Not: Gri alan 2017–2025 dönemini göstermektedir. Kaynak: TÜRKLİM (2025, 2026) verilerinden yazarlar tarafından hesaplanmıştır.

Şekil 3'e göre 2012–2025 döneminde Marmara bölgesinin elleçlemesi 4,48 milyon TEU artmış, bu artışın yalnızca 0,22 milyon TEU'su (%4,8) Gemlik'te, 4,26 milyon TEU'su (%95,2) bölgedeki diğer limanlarda gerçekleşmiştir. Diğer limanların toplam elleçlemesi 3,82 milyon TEU'dan 8,08 milyon TEU'ya yükselmiştir (yıllık ortalama %5,9).



Şekil 3. Marmara bölgesinde konteyner elleçlemesi: Gemlik ve bölgedeki diğer limanlar (milyon TEU) Kaynak: TÜRKLİM (2025, 2026) verilerinden yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

2.3.4. Model Karşılaştırması

Tablo 3'e göre en düşük MAPE (%4,61) ve RMSE (49,1 bin TEU) değerleri pay eğilimli modelle elde edilmiş; eşit ağırlıklı kombinasyon %4,87 MAPE ile ikinci sırada yer almıştır. MASE değeri 1'in altında kalan tek model pay eğilimli modeldir. 2017 seviye kayması nedeniyle tarihsel ortalama (%12,19) ve ortalamaya dönen ARIMA(1,0,0) (%6,63) sistematik olarak düşük, GM(1,1) ise kaymayı üstel büyüme olarak yorumladığından yüksek tahmin üretmiştir (%9,34).

Tablo 3. Gemlik için örneklem dışı tahmin performansı (2020–2025, 15 tahmin)

Model	MAPE (%)	MAPE h = 1 (%)	RMSE (bin TEU)	MASE
Pay eğilimli model (ulusal tahmin × pay trendi)	**4,61**	**4,46**	**49,1**	**0,971**
Kombinasyon (SES + AR(1) + Sönümlü Holt)	**4,87**	**5,13**	**50,0**	**1,045**
Sönümlü Holt	5,34	4,33	59,7	1,131
Naive	5,39	5,75	56,4	1,156
SES	5,47	5,97	56,8	1,173
Sürüklenmeli rassal yürüyüş (drift)	6,58	6,25	66,7	1,389
ARIMA(1,0,0)	6,63	5,39	68,2	1,454
GM(1,1)	9,34	6,68	93,5	1,983
Pay modeli (ulusal tahmin × son pay)	10,92	6,80	117,0	2,322
Tarihsel ortalama	12,19	11,43	114,7	2,672

Not: Eğitim dönemleri 2012'de başlayıp 2019–2024 yıllarında sona ermektedir; tahmin ufku 1–3 yıldır.

Reel ihracat büyümesini içeren ARIMAX modeli, dışsal değişkenin gerçekleşen değerleri kullanıldığından diğer modellerle aynı koşullarda karşılaştırılamamakta ve Tablo 3'te gösterilmemektedir (MAPE %5,06); tam örneklemde ihracat büyümesi katsayısı anlamsızdır (γ = 0,248; p = 0,193). Payı son gözlenen değerde sabit tutan model, ulusal hacim bir yıl ileriye başarıyla tahmin edilebilmesine karşın (MAPE %3,14) Gemlik'i ortalama 88 bin TEU fazla tahmin etmiş ve üç yıllık ufukta %18,20 hata üretmiştir; aynı ulusal tahmine doğrusal pay eğiliminin eklenmesi hatayı yarıdan fazla azaltmıştır. Diebold-Mariano testine göre kombinasyon, ARIMA(1,0,0) (DM = –2,21; p = 0,044), GM(1,1) (DM = –2,81; p = 0,014), son pay modeli (DM = –2,91; p = 0,011) ve tarihsel ortalamadan (DM = –4,79; p < 0,001) anlamlı biçimde daha başarılıdır; pay eğilimli model de son pay modeli (DM = –3,38; p = 0,005), drift (DM = –2,43; p = 0,029) ve GM(1,1) (DM = –3,76; p = 0,002) modellerinden üstündür. Kombinasyon ile pay eğilimli model arasındaki fark ise anlamlı değildir (DM = 0,14; p = 0,893). Bu nedenle nihai tahmin için bileşenleri önceden belirlenen kombinasyon tercih edilmiş, pay eğilimli model "pay kaybı sürer" senaryosu olarak raporlanmıştır.

2.3.5. 2026–2028 Dönemi Tahminleri ve Senaryolar

Tablo 4'e göre ortalamaya dönen ARIMA(1,0,0) ve pay eğilimli model 2028 için 0,86–0,87 milyon TEU, trendi uzatan GM(1,1) ve drift modelleri ise 0,96–1,00 milyon TEU öngörmektedir. Kombinasyon tahminine göre Gemlik'in elleçlemesi 2026'da 0,904, 2027'de 0,902 ve 2028'de 0,901 milyon TEU olacaktır (%95 tahmin aralığı 2028 için 0,75–1,05 milyon TEU).

Tablo 4. Gemlik konteyner elleçlemesi tahminleri, 2026–2028 (milyon TEU)

Model	2026	2027	2028
Naive	0,910	0,910	0,910
Tarihsel ortalama	0,801	0,801	0,801
Sürüklenmeli rassal yürüyüş (drift)	0,926	0,943	0,959
SES (α = 0,86)	0,905	0,905	0,905
Sönümlü Holt (φ = 0,92)	0,917	0,927	0,936
ARIMA(1,0,0) (ϕ = 0,823)	0,890	0,875	0,862
GM(1,1)	0,952	0,974	0,998
Pay eğilimli model	0,881	0,876	0,868
Kombinasyon (baz tahmin)	**0,904**	**0,902**	**0,901**
%80 tahmin aralığı	0,837–0,972	0,815–0,989	0,803–0,999
%95 tahmin aralığı	0,802–1,007	0,769–1,035	0,751–1,051

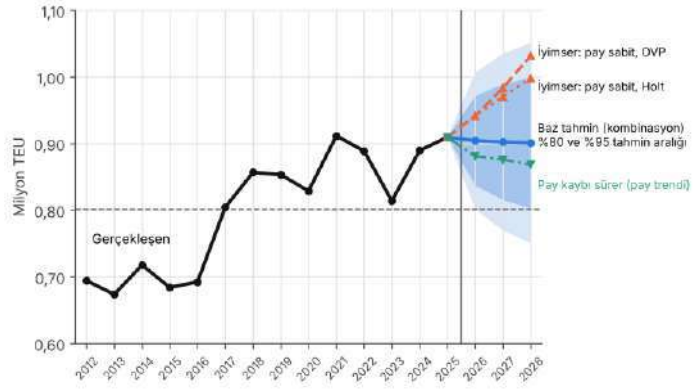
Senaryolarda Türkiye toplam elleçlemesi senaryo A'da logaritmik sönümlü Holt modeliyle (φ = 0,936), senaryo B'de OVP'nin reel GSYH büyüme varsayımları (%3,3, %4,2 ve %4,6; SBB, 2026) ve 1,061 esneklikle projekte edilmiş ve 2028'de 15,4–15,9 milyon TEU'ya ulaşması beklenmektedir (Tablo 5). Payın doğrusal eğilimle 2028'de %5,65'e gerilediği "pay kaybı sürer" senaryosunda Gemlik'in elleçlemesi 2028'de 0,87–0,90 milyon TEU, payın 2025 düzeyinde (%6,50) sabit kaldığı iyimser senaryolarda ise 1,00–1,03 milyon TEU olabilecektir. Baz senaryo, Gemlik'in payının 2028'de yaklaşık %5,7–5,9'a gerileyeceğini ima etmekte ve pay kaybı senaryosuyla uyumludur.

Tablo 5. Senaryo analizi: Türkiye toplamı ve Gemlik (milyon TEU)

Senaryo / gösterge	2026	2027	2028
Türkiye toplamı – sönümlü Holt (log)	14,494	14,934	15,358
Türkiye toplamı – OVP büyümesi × esneklik (1,061)	14,487	15,134	15,874
Gemlik – baz (kombinasyon)	**0,904**	**0,902**	**0,901**
Baz senaryonun ima ettiği pay (%)	6,2	6,0	5,7–5,9
Gemlik – pay kaybı sürer (pay trendi, sönümlü Holt)	0,881	0,876	0,868
Gemlik – pay kaybı sürer (pay trendi, OVP)	0,881	0,888	0,897
Gemlik – iyimser A (pay %6,50, sönümlü Holt)	0,942	0,970	0,998
Gemlik – iyimser B (pay %6,50, OVP)	0,941	0,983	1,032

Not: Pay trendi: 2026 %6,08, 2027 %5,87, 2028 %5,65.

2026 yılının ilk yarısına ait veriler baz ve pay kaybı senaryolarını destekler niteliktedir: bir önceki yılın aynı dönemine göre reel GSYH %2,5 artarken reel mal ve hizmet ihracatı %8,0, reel ithalat %4,4 gerilemiştir (TÜİK, 2026). Gemlik ile en yüksek korelasyonu gösteren makroekonomik değişkenin ihracat olduğu dikkate alındığında, bu daralma 2026 elleçlemesinin 2025 düzeyinin altında kalabileceğine işaret etmektedir; nitekim bu gelişme yansıtıldığında ARIMAX modeli 2026 için 0,881 milyon TEU öngörmektedir.



Şekil 4. Gemlik konteyner elleçlemesi: gerçekleşen değerler, 2026–2028 baz tahmini ve senaryolar (milyon TEU) Not: Koyu ve açık mavi alanlar sırasıyla %80 ve %95 tahmin aralıklarını, kesikli yatay çizgi 2012–2025 ortalamasını göstermektedir.

2.3.6. Tartışma

Bulgular, Gemlik'in konteyner elleçlemesinin ulusal döngüyü izlediğini, ancak 2012–2025 döneminde bölgesel büyümeden giderek daha az pay aldığını göstermektedir: ulusal hacim reel GSYH ile birlikte büyürken Marmara'daki yeni talebin yaklaşık yirmide on dokuzu Gemlik dışındaki limanlara yönelmiştir. Bu tablo liman bölgeselleşmesi ve rekabeti literatürüyle uyumludur (Notteboom ve Rodrigue, 2005; Notteboom vd., 2022). Konteyner elleçlemesinin giderek ilk beş liman başkanlığında yoğunlaştığı dikkate alındığında (UAB, 2026), ağırlıklı

olarak Bursa hinterlandına hizmet veren Gemlik'in hacminin bölgesel sanayi ve dış ticaret faaliyetine bağlı kalması beklenen bir sonuçtur; ancak yük türü verisi olmadan bu yorum doğrudan sınanamamaktadır.

Gemlik'in görece yavaş büyümesinin bir diğer olası açıklaması fiziksel kapasite kısıtı olabilir; ancak beyan edilen kapasiteler bu açıklamayı desteklememektedir (Tablo 6). Gemport'un yıllık kapasitesi yaklaşık 2,0 milyon TEU (Logistics Cluster, t.y.-a), Borusan Limanı'nın 450 bin TEU'dur (Logistics Cluster, t.y.-b; Kuehne+Nagel, 2024); iki terminalin toplam kapasitesi yaklaşık 2,45 milyon TEU'dur. 2025'te elleçlenen 0,910 milyon TEU bu kapasitenin %37,1'ine karşılık gelmektedir; kümedeki diğer terminaller hesaba katılmadığından gerçek kullanım oranı daha da düşüktür. Limanların sıkışıklık yaşamadan büyüyebilmek için en az %25 büyüme rezervi bulundurması gerektiği (Sedef, 2026) dikkate alındığında bile kullanılabilir kapasite yaklaşık 1,8 milyon TEU'dur. Dolayısıyla Gemlik kapasite sınırına yaklaşmamıştır ve iyimser senaryodaki hacim de mevcut kapasiteyle karşılanabilir; limanın görece yavaş büyümesi fiziksel kapasite yetersizliğinden değil, hinterland talebinin yapısından ve yük akışlarının bölgedeki terminaller arasındaki dağılımından kaynaklanmaktadır.

Tablo 6. Gemlik konteyner terminallerinin beyan edilen kapasiteleri ve kapasite kullanımı

Terminal / gösterge	Kapasite (milyon TEU/yıl)	Kaynak
Gemport	2,0	Logistics Cluster (t.y.-a)
Borusan Limanı (Batı Terminali)	0,45	Logistics Cluster (t.y.-b); Kuehne+Nagel (2024)
Toplam beyan edilen kapasite	2,45	
Kapasite kullanımı – 2021 / 2025	%37,2 / %37,1	Yazarların hesaplaması
Kapasite kullanımı – 2028 baz / iyimser B	%36,8 / %42,1	Yazarların hesaplaması

Not: Kapasiteler nominal değerlerdir; etkin kapasite rıhtım, saha ve su derinliği koşullarına bağlı olarak daha düşük olabilir. Kümedeki diğer terminaller dahil edilmemiştir.

Yöntemsel açıdan sonuçlar, kısa yıllık serilerde basit yöntemlerin ve tahmin kombinasyonunun güçlü performansına ilişkin literatürle tutarlıdır (Clemen, 1989; Makridakis vd., 2020). Kısa serilerde sıkça önerilen GM(1,1) modeli 2017 seviye kaymasını üstel büyüme olarak yorumlamış ve ufuk uzadıkça sistematik olarak yüksek tahmin üretmiştir (üç yıllık ufukta MAPE %14,05); tarihsel ortalama ise kayma öncesi gözlemlerin ağırlığı nedeniyle en başarısız model olmuştur. Planlama açısından payın sabit kalacağı varsayımı doğrulamada %10,9 hata üretmiş ve 2028 için baz tahminden 0,10–0,13 milyon TEU daha yüksek bir hacim öngörmüştür.

Çalışmanın sınırlılıkları şunlardır: 14 yıllık gözlem sayısı test gücünü sınırlamaktadır; veriler terminal ve yük türü düzeyinde ayrıştırılmamıştır; kapasite analizine yalnızca iki terminal dahil edilebilmiştir ve küresel rota şokları modele açıkça dahil edilmemiştir.

3. SONUÇ

Bu çalışmada Gemlik'in 2026–2028 dönemi konteyner elleçlemesi 2012–2025 yıllık verileriyle yedi tek değişkenli yöntem ve bunların kombinasyonu, bir ARIMAX modeli ve iki pay tabanlı model kullanılarak tahmin edilmiştir. Örneklem dışı doğrulamada en düşük hatalar ulusal tahmini doğrusal pay eğilimiyle birleştiren model (MAPE %4,61) ve eşit ağırlıklı kombinasyonla (MAPE %4,87) elde edilmiş, iki model arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır. Baz senaryoda Gemlik'in 2026–2028 döneminde yıllık yaklaşık 0,90 milyon TEU (%95 tahmin aralığı 0,75–1,05 milyon TEU) elleçlemesi beklenmektedir; pay kaybı sürerse elleçleme 2028'de 0,87–0,90 milyon TEU'da kalabilir, pay korunursa 1,00–1,03 milyon TEU'ya ulaşabilir. Çalışmanın temel bulgusu, Gemlik'in ulusal döngüyü izlediği ancak ulusal büyümeden sürekli olarak daha az pay aldığıdır: reel GSYH 2012–2025 döneminde %89,7,

Türkiye toplam konteyner elleçlemesi %94,6 artarken Gemlik'in elleçlemesi %31,0 artmış ve ulusal payı %9,65'ten %6,50'ye gerilemiştir.

Bu bulgular doğrultusunda, liman işletmecileri ve planlamacılar tekil liman tahminlerini ulusal büyüme oranlarından türetmek yerine limanın ulusal ve bölgesel paydaki eğilimini açıkça modellemeli; ulusal tahminleri ancak pay eğilimiyle birlikte kullanmalıdır. Kısa yıllık serilerde basit ölçüt modelleri de içeren şeffaf karşılaştırmalar ve tahmin kombinasyonu tercih edilmeli, seviye kaymaları model seçiminden önce incelenmelidir. Terminallerin beyan edilen kapasitelerinin yaklaşık %37'siyle çalıştığı dikkate alındığında Gemlik'te öncelik ek kapasite yatırımından çok Bursa hinterlandıyla bağlantıların, sefer sıklığının ve hizmet ağlarının güçlendirilmesi yoluyla pay kaybının durdurulmasına verilmelidir. Gelecek çalışmalarda terminal ve yük türü düzeyinde aylık verilerin kullanılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Bal E.T. (2019). Konteyner Elleçleme İçin Ekonometrik Tahminleme: ARMA Modeli Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi, İskenderun.

Bates J.M., Granger C.W.J. (1969). The Combination of Forecasts. Operational Research Quarterly, 20 (4), 451-468.

Box G.E.P., Jenkins G.M., Reinsel G.C., Ljung G.M. (2015). Time Series Analysis: Forecasting and Control (5th ed.). Wiley, Hoboken.

Caliskan A., Karaoz B. (2019). Can Market Indicators Forecast the Port Throughput? International Journal of Data Mining, Modelling and Management, 11 (1), 45-63.

Chou C.C., Chu C.W., Liang G.S. (2008). A Modified Regression Model for Forecasting the Volumes of Taiwan's Import Containers. Mathematical and Computer Modelling, 47 (9-10), 797-807.

Clemen R.T. (1989). Combining Forecasts: A Review and Annotated Bibliography. International Journal of Forecasting, 5 (4), 559-583.

Deng J.L. (1982). Control Problems of Grey Systems. Systems & Control Letters, 1 (5), 288-294.

Deniz E. (2025a). Marmara Bölgesinde Elleçlenen Yüklerin Analizi ve Tahmin Edilmesi. Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 26 (1), 1-15.

Deniz E. (2025b). Time Series Analysis and Forecasting of Container Handling at the Port of Mersin. In Selçuk 12th International Conference on Applied Sciences, pp. 617-633. Konya.

Deniz E. (2025c). Time Series Analysis and Forecasting of Turkey's Export and Import Values. Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 26 (1), 33-43.

Dickey D.A., Fuller W.A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. Journal of the American Statistical Association, 74 (366), 427-431.

Diebold F.X., Mariano R.S. (1995). Comparing Predictive Accuracy. Journal of Business & Economic Statistics, 13 (3), 253-263.

Ekonomi Gazetesi (2023). Borusan Limanı 2022'deki Yatırımların Etkisiyle Büyüyecek. 17 Ocak 2023. https://www.ekonomigazetesi.com/sirket-haberleri/borusan-limani-2022deki-yatirimlarin-etkisiyle-buyuyecek-5552

Engle R.F., Granger C.W.J. (1987). Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. Econometrica, 55 (2), 251-276.

Gardner E.S. Jr., McKenzie E. (1985). Forecasting Trends in Time Series. Management Science, 31 (10), 1237-1246.

Gosasang V., Chandraprakaikul W., Kiattisin S. (2011). A Comparison of Traditional and Neural Networks Forecasting Techniques for Container Throughput at Bangkok Port. The Asian Journal of Shipping and Logistics, 27 (3), 463-482.

Hyndman R.J., Athanasopoulos G. (2021). Forecasting: Principles and Practice (3rd ed.). OTexts, Melbourne.
Hyndman R.J., Koehler A.B. (2006). Another Look at Measures of Forecast Accuracy. International Journal of Forecasting, 22 (4), 679-688.
Hyndman R.J., Koehler A.B., Ord J.K., Snyder R.D. (2008). Forecasting with Exponential Smoothing: The State Space Approach. Springer, Berlin.
Kuehne+Nagel (2024). EBRD to Lend $33m for Turkish Port Expansion. 4 Ocak 2024. https://mykn.kuehne-nagel.com/news/article/ebrd-to-lend-33m-for-turkish-port-expansion-04-Jan-2024
Kwiatkowski D., Phillips P.C.B., Schmidt P., Shin Y. (1992). Testing the Null Hypothesis of Stationarity Against the Alternative of a Unit Root. Journal of Econometrics, 54 (1-3), 159-178.
Ljung G.M., Box G.E.P. (1978). On a Measure of Lack of Fit in Time Series Models. Biometrika, 65 (2), 297-303.
Logistics Cluster (t.y.-a). Türkiye Logistics Capacity Assessment: Gemport (Gemlik). https://dlca.logcluster.org/node/5793 (Erişim: 4 Ekim 2026).
Logistics Cluster (t.y.-b). Türkiye Logistics Capacity Assessment: Borusan Port (Gemlik). https://d10.dlca.logcluster.org/node/207 (Erişim: 4 Ekim 2026).
Makridakis S., Spiliotis E., Assimakopoulos V. (2020). The M4 Competition: 100,000 Time Series and 61 Forecasting Methods. International Journal of Forecasting, 36 (1), 54-74.
Notteboom T.E., Rodrigue J.-P. (2005). Port Regionalization: Towards a New Phase in Port Development. Maritime Policy & Management, 32 (3), 297-313.
Notteboom T., Pallis A., Rodrigue J.-P. (2022). Port Economics, Management and Policy. Routledge, London.
Peng W.Y., Chu C.W. (2009). A Comparison of Univariate Methods for Forecasting Container Throughput Volumes. Mathematical and Computer Modelling, 50 (7-8), 1045-1057.
Rashed Y., Meersman H., Van de Voorde E., Vanelslander T. (2017). Short-Term Forecast of Container Throughout: An ARIMA-Intervention Model for the Port of Antwerp. Maritime Economics & Logistics, 19 (4), 749-764.
SBB – T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2026). Orta Vadeli Program (2027-2029). Ankara.
Schulze P.M., Prinz A. (2009). Forecasting Container Transshipment in Germany. Applied Economics, 41 (22), 2809-2815.
Sedef B. (2026). Limanlarda Akıllı Çözümün Anahtarı: Dikey Depolama ve Otomasyon. Ekonomi Gazetesi, 6 Ağustos 2026.
Tongzon J.L. (2009). Port Choice and Freight Forwarders. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 45 (1), 186-195.
TÜİK – Türkiye İstatistik Kurumu (2026). Harcama Yöntemiyle Gayrisafi Yurtiçi Hasıla, Zincirlenmiş Hacim (2009=100), Çeyreklik, 2012Ç1-2026Ç2. Merkezi Dağıtım Sistemi (MEDAS). https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=88&locale=tr (Erişim: 1 Ekim 2026).
TÜRKLİM – Türkiye Liman İşletmecileri Derneği (2025). Sektör İstatistikleri [2012–2015 yılları]. https://www.turklim.org/sektor-istatistikleri/ (Erişim: 17 Ekim 2025).
TÜRKLİM – Türkiye Liman İşletmecileri Derneği (2026). Sektör İstatistikleri [2016–2025 yılları]. https://www.turklim.org/sektor-istatistikleri/ (Erişim: 1 Ekim 2026).
UAB – T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Denizcilik Genel Müdürlüğü (2026). Denizcilik İstatistikleri Bülteni 2025. Ankara.
Xie G., Wang S., Zhao Y., Lai K.K. (2013). Hybrid Approaches Based on LSSVR Model for Container Throughput Forecasting: A Comparative Study. Applied Soft Computing, 13 (5), 2232-2241.

INDUSTRY 4.0 SKILLS AND THE FUTURE OF TECHNICAL AND VOCATIONAL EDUCATION IN NIGERIA

[1]Ogunmilade J. O. (Ph.D), [2]Adameji J. O. (Ph.D) & [3]Omoniyi O. J.
[1,2]Department of Vocational and Technical Education
[1,2]Faculty of Education
[1,2]Ekiti State University, Ado-Ekiti, Ekiti State, Nigeria
[3]Bamidele Olumilua University of Education, Science and Technology, Ikere-Ekiti, Ekiti State, Nigeria

Abstract
The emergence of Industry 4.0 is transforming production systems, occupations, workplace practices and the competencies required for sustainable employment. Technologies such as artificial intelligence, robotics, the Internet of Things, big data analytics, cloud computing, additive manufacturing, automation and cybersecurity are increasingly redefining the nature of technical work. This study examined the Industry 4.0 skills required for the future of Technical and Vocational Education and Training (TVET) in Nigeria. Two research questions and two hypotheses guided the study. A descriptive survey research design was adopted. The population comprised TVET lecturers, technical instructors and selected industry-based trainers in selected technical and vocational institutions in Nigeria. A sample of 180 respondents was used for the study. Data were collected using a structured questionnaire titled Industry 4.0 Skills and Future of TVET Questionnaire (ISFTVETQ). The instrument was validated by three experts in technical education, educational technology and measurement and evaluation. A Cronbach alpha reliability coefficient of 0.87 was obtained. Mean and standard deviation were used to answer the research questions, while independent-samples t-test was used to test the hypotheses at the 0.05 level of significance. Illustrative findings indicated that respondents rated technological literacy, artificial intelligence, Internet of Things, robotics and automation, data analytics, cybersecurity, digital design and simulation, and problem-solving skills as highly required for future TVET. Curriculum modernization, instructor retraining, smart workshops, industry partnerships and continuous professional development were also rated as important strategies. No significant difference was found between the opinions of male and female respondents or between teaching personnel and industry-based trainers on the major Industry 4.0 skill requirements. The study concludes that the future relevance of Nigerian TVET depends on a deliberate transition from predominantly conventional skills training toward technology-integrated, flexible and industry-responsive skills development.
Keywords: Industry 4.0, technical and vocational education, TVET, digital skills, artificial intelligence, robotics, employability skills, Nigeria

1. Introduction

Technical and Vocational Education and Training (TVET) has traditionally served as an important bridge between education and the world of work. Its major purpose is to equip learners with practical, technical, occupational and entrepreneurial competencies required for employment, self-employment and productive participation in national development. However, the nature of work is changing rapidly as economies increasingly adopt digital technologies and automated production systems. The Fourth Industrial Revolution, commonly associated with Industry 4.0, is characterized by the integration of cyber-physical systems, artificial intelligence (AI), Internet of Things (IoT), cloud computing, big data analytics, robotics, automation, additive manufacturing and other intelligent technologies into industrial and service activities (Schwab, 2016).

Industry 4.0 is not merely a technological development; it represents a fundamental transformation in the way organizations design products, organize production, manage information and interact with customers. Smart machines are increasingly capable of communicating with one another, collecting data, identifying patterns and supporting decision-making. Consequently, workers are expected to possess competencies that extend beyond traditional manual skills. They require technological literacy, digital problem-solving, systems thinking, data interpretation, creativity, collaboration and the capacity to learn continuously.

The World Economic Forum (2025) reports that technological change is expected to be the major driver of skills transformation through 2030. Artificial intelligence and big data, networks and cybersecurity, and technological literacy are among the fastest-growing skill areas. At the same time, analytical thinking, creative thinking, resilience, flexibility, collaboration and lifelong learning remain highly important. This indicates that future technical workers will require a combination of technical-digital and human-centred competencies rather than technological knowledge alone.

The implications for TVET are substantial. If vocational institutions continue to teach predominantly conventional occupational procedures without sufficient exposure to emerging technologies, graduates may find themselves inadequately prepared for modern workplaces. Conversely, if TVET institutions deliberately incorporate Industry 4.0 competencies into their curricula, workshops, teaching methods and assessment systems, they can become important engines of technological transformation and industrial development.

UNESCO (2022) recognizes TVET as a major mechanism for preparing individuals for productive employment, decent work and entrepreneurship. Its TVET Strategy 2022–2029 specifically calls for the transformation of TVET to support digital and green transitions and emphasizes the development of STEM, entrepreneurial and twenty-first-century skills.

The digital transformation of TVET therefore requires changes in curriculum content, teaching approaches, instructor competencies, workshop facilities and partnerships with industry. UNESCO-UNEVOC notes that digital transformation is changing the skills required for work and that TVET institutions must respond by developing appropriate digital competencies among teachers and learners.

In Nigeria, the issue is particularly significant because the country has a large youth population and a continuing need for employment-oriented skills development. TVET can provide pathways into manufacturing, construction, electrical and electronic services, automotive technology, ICT, renewable energy, fabrication, agriculture, building technology, woodwork and other occupations. However, the effectiveness of these pathways depends on whether the competencies taught correspond with contemporary and emerging labour-market requirements.

The National Board for Technical Education (NBTE), as Nigeria's regulatory authority for TVET, has responsibility for coordinating and regulating several categories of TVET providers, including polytechnics, technical colleges, vocational institutions and skills-training centres. Recent NBTE initiatives demonstrate increasing attention to digital transformation within the Nigerian TVET system. The Board has also undertaken digital competency training for TVET teachers, covering digital tools, digital content development, collaboration and problem-solving.

Nigeria's policy direction also recognizes the importance of digital literacy and skills. The National Digital Economy Policy and Strategy identifies the integration of digital literacy and skills into education, capacity building, globally recognized digital certifications and stronger links between academia and industry as important objectives.

The changing technological environment has implications for almost every TVET trade. Electrical and electronic technology students, for example, increasingly require knowledge of programmable systems, sensors, automation, embedded systems, IoT and digital measurement. Building technology students require competencies in digital design, Building Information

Modelling, computer-aided design, smart construction and digital project management. Automotive students increasingly need skills in electronic control units, diagnostic scanners, sensors, vehicle networks and computer-assisted diagnostics. Woodwork students may increasingly encounter computer numerical control machines, computer-aided design, digital fabrication and automated cutting systems.

The transformation also affects the role of the TVET teacher. The traditional teacher who primarily demonstrates a manual procedure may increasingly become a facilitator who integrates physical practical work with digital simulation, online resources, virtual laboratories, data analysis and technology-supported assessment. This does not imply that traditional practical skills should disappear. Rather, conventional craftsmanship should be strengthened through appropriate digital technologies. The future technician is therefore likely to be a hybrid worker who combines practical craftsmanship with digital intelligence.

Recent Nigerian scholarship supports this direction. Oni (2026) identified IoT-integrated curriculum design as a significant consideration for Nigerian TVET skill development and reskilling. Similarly, Okeowo et al. (2025) reported that AI, IoT, robotics and automation were increasingly relevant to Nigerian TVET building and woodwork training, while inadequate infrastructure, instructor training, outdated curricula and weak policy support remained major barriers.

Studies in North-Central Nigeria have also identified AI, IoT and 3D printing among Industry 4.0 technologies requiring integration into TVET, alongside green skills and twenty-first-century competencies (Aluwong & Nungse, 2023). These findings reinforce the argument that Nigerian TVET cannot remain isolated from technological transformation.

The future of Nigerian TVET should therefore be understood as a process of evolution rather than replacement. Industry 4.0 should not be viewed as a threat to practical vocational education but as an opportunity to renew it. Traditional competencies such as craftsmanship, accuracy, measurement, safety, troubleshooting and equipment maintenance remain important, but they must increasingly be combined with digital competencies, data literacy, automation, communication, creativity and lifelong learning.

The central question is therefore not whether Industry 4.0 will influence Nigerian TVET, but whether the Nigerian TVET system will adapt quickly enough to prepare learners for the emerging world of work. This study examines the Industry 4.0 skills considered necessary for the future of TVET in Nigeria and identifies strategic directions for strengthening the capacity of the sector.

2. Statement of the Problem

The rapid emergence of Industry 4.0 is creating a significant transformation in the skills required by modern industries. Artificial intelligence, robotics, IoT, automation, cloud computing, big data, digital manufacturing and other technologies are changing occupational tasks and creating new forms of employment. The World Economic Forum (2025) indicates that a substantial proportion of existing workplace skills will change by 2030 and that technological competencies will grow rapidly in importance.

The development creates a major challenge for TVET systems because their traditional mandate is to prepare learners for employment through occupational and practical skills. Where curricula, equipment and teaching personnel fail to keep pace with technological change, a gap may develop between the competencies acquired by graduates and those demanded by employers. This skills mismatch may reduce graduate employability, productivity and competitiveness.

Nigeria faces this challenge within a TVET system that continues to experience difficulties related to infrastructure, curriculum relevance, instructor capacity, industry linkages and access to modern equipment. Existing Nigerian research has identified inadequate digital

infrastructure, insufficient instructor training, outdated curricula and weak institutional support as barriers to integrating Industry 4.0 technologies into TVET. (Okeowo et al., 2025).

The problem is further complicated by the fact that Industry 4.0 requires a combination of skills rather than a single technical competency. A graduate may understand a traditional machine but lack the digital skills necessary to operate or troubleshoot a computer-controlled version of the same machine. Similarly, an electrical technician may possess conventional wiring skills but require additional competencies in programmable controllers, sensors, IoT devices and automated systems. Therefore, the challenge involves not only adding new technologies but also restructuring the competence profile of TVET graduates.

Another concern is the preparedness of TVET teachers and instructors. Teachers cannot effectively develop Industry 4.0 competencies among students if they themselves have limited exposure to emerging technologies. Although the NBTE has begun digital competency initiatives for TVET teachers, continued and systematic professional development remains necessary.

There is also concern about the responsiveness of TVET curricula. Curriculum revision can be slower than technological development. By the time a technology becomes formally included in a curriculum, industry practice may already have changed. This creates a need for flexible curricula that emphasize transferable digital competencies, problem-solving, systems thinking and lifelong learning.

Furthermore, strong collaboration between TVET institutions and industry remains essential. Employers are often among the first to experience technological changes in production. If industry is not adequately involved in curriculum design, equipment selection, instructor training and workplace learning, TVET institutions may continue producing graduates whose competencies are poorly aligned with workplace realities.

Consequently, there is a need to identify the Industry 4.0 skills that should receive priority within Nigerian TVET and to determine the strategies required to prepare the sector for future technological changes. Without deliberate action, Nigeria risks producing technically trained graduates whose skills reflect yesterday's workplace rather than tomorrow's economy. This study therefore investigates the Industry 4.0 skills required for the future of TVET in Nigeria and the strategic measures necessary for their integration.

3. Purpose of the Study

The main purpose of the study was to examine Industry 4.0 skills and the future of Technical and Vocational Education and Training in Nigeria.

Specifically, the study sought to:

1. determine the Industry 4.0 skills required by TVET graduates for future employment and workplace competitiveness in Nigeria; and
2. determine the strategies required to strengthen Nigerian TVET for effective preparation of learners for Industry 4.0 workplaces.

4. Research Questions

The following research questions guided the study:

1. What Industry 4.0 skills are required by TVET graduates for future employment and workplace competitiveness in Nigeria?
2. What strategies are required to strengthen Nigerian TVET for effective preparation of learners for Industry 4.0 workplaces?

5. Research Hypotheses

The following null hypotheses were tested at the 0.05 level of significance:

H01: There is no significant difference between the mean responses of male and female respondents regarding the Industry 4.0 skills required by TVET graduates for future employment and workplace competitiveness in Nigeria.
H02: There is no significant difference between the mean responses of TVET teaching personnel and industry-based trainers regarding the strategies required to strengthen Nigerian TVET for Industry 4.0 workplaces.

6. Methodology

The study adopted a descriptive survey research design to obtain information from TVET lecturers, technical instructors and industry-based trainers concerning Industry 4.0 skills and the future direction of Technical and Vocational Education and Training (TVET) without manipulating any variable. The design enabled the researchers to collect data on existing perceptions, workplace expectations and strategies for improving TVET responsiveness to emerging technologies. The study was situated within the Nigerian TVET system, with data collection focused on selected technical and vocational institutions and industry organizations in North-Central Nigeria, an area comprising technical colleges, polytechnics, colleges of education (technical), vocational institutions and various industrial and service enterprises. The population comprised TVET lecturers, technical instructors and industry-based trainers involved in technical and vocational skills development, with an estimated accessible population of 240 respondents across selected institutions and relevant industry organizations. A sample of 180 respondents was selected using a multistage sampling procedure involving purposive selection of TVET institutions, stratification of respondents according to their professional roles and simple random sampling within the identified groups. The sample consisted of 112 male and 68 female respondents, including 130 TVET teaching personnel and 50 industry-based trainers. Data were collected using a structured questionnaire titled Industry 4.0 Skills and Future of TVET Questionnaire (ISFTVETQ), which comprised two sections: Section A covered demographic information, while Section B addressed Industry 4.0 skills and strategies for the future of TVET. Section B contained 20 items divided into two clusters, with 10 items addressing Industry 4.0 skills and 10 items focusing on strategies for strengthening TVET. The items were rated on a four-point scale of Very Highly Required/Strongly Needed (4), Highly Required/Needed (3), Lowly Required/Needed (2) and Very Lowly Required/Needed (1). A criterion mean of 2.50 was adopted, with mean scores of 2.50 and above indicating that the skills or strategies were required or needed, while scores below 2.50 indicated that they were less required or not sufficiently needed. The instrument was subjected to face and content validation by three experts, comprising one in Technical and Vocational Education, one in Educational Technology/Industry 4.0 and one in Measurement and Evaluation, whose observations were incorporated into the final version. The reliability of the questionnaire was established through a pilot test involving 20 TVET personnel who were excluded from the main study, and Cronbach's alpha yielded an overall reliability coefficient of 0.87, indicating satisfactory internal consistency. The questionnaire was administered directly to respondents with the assistance of trained research assistants, participation was voluntary, and completed questionnaires were screened for completeness before analysis. Mean and standard deviation were used to answer the research questions, while independent-samples t-test was employed to test the hypotheses at the 0.05 level of significance. The null hypotheses were retained when the calculated p-value was greater than 0.05 and rejected when the p-value was less than or equal to 0.05

7. Results

Research Question 1

What Industry 4.0 skills are required by TVET graduates for future employment and workplace competitiveness in Nigeria?

Table 1

Mean and Standard Deviation of Respondents' Ratings of Industry 4.0 Skills Required by TVET Graduates

S/N	Industry 4.0 Skill	Mean	SD	Decision
1	Technological/digital literacy	3.61	0.54	Required
2	Artificial intelligence literacy	3.48	0.63	Required
3	Internet of Things (IoT) skills	3.45	0.66	Required
4	Robotics and automation	3.52	0.61	Required
5	Data analytics and interpretation	3.39	0.69	Required
6	Cybersecurity and data protection	3.34	0.72	Required
7	CAD/digital design and simulation	3.47	0.64	Required
8	Digital troubleshooting and problem-solving	3.65	0.51	Required
9	Systems thinking	3.55	0.58	Required
10	Creativity, collaboration and lifelong learning	3.69	0.49	Required
	Grand Mean	**3.52**	**0.60**	**Required**

Table 1 shows that all the listed Industry 4.0 skills recorded mean scores above the criterion mean of 2.50. The grand mean of 3.52 indicates that respondents generally regarded all the identified skills as highly required for future TVET graduates.

Creativity, collaboration and lifelong learning recorded the highest mean of 3.69, followed by digital troubleshooting and problem-solving with a mean of 3.65. Technological/digital literacy recorded a mean of 3.61, while systems thinking recorded 3.55. Cybersecurity recorded the lowest mean of 3.34, although it was still above the criterion mean. The result indicates that future TVET graduates require a combination of digital, technical, cognitive and human-centred competencies.

Research Question 2

What strategies are required to strengthen Nigerian TVET for effective preparation of learners for Industry 4.0 workplaces?

Table 2

Mean and Standard Deviation of Respondents' Ratings of Strategies for Strengthening Nigerian TVET

S/N	Strategy	Mean	SD	Decision
1	Regular revision of TVET curricula	3.71	0.47	Needed
2	Continuous Industry 4.0 training for instructors	3.76	0.44	Needed
3	Establishment of smart/digital workshops	3.67	0.55	Needed
4	Stronger partnerships between TVET institutions and industry	3.78	0.42	Needed
5	Provision of reliable electricity and internet infrastructure	3.81	0.39	Needed
6	Integration of AI, IoT, robotics and automation into curricula	3.72	0.46	Needed
7	Increased government funding for Industry 4.0 equipment	3.79	0.41	Needed
8	Development of digital and virtual practical-learning resources	3.60	0.58	Needed
9	Industry-based internships and work-based learning	3.74	0.45	Needed

10	Continuous monitoring of emerging labour-market skills	3.63	0.53	Needed
	Grand Mean	**3.72**	**0.47**	**Needed**

Table 2 indicates that all ten strategies were considered necessary for strengthening Nigerian TVET. The grand mean of 3.72 demonstrates a high level of agreement among respondents.

Reliable electricity and internet infrastructure recorded the highest mean of 3.81, followed by increased government funding for Industry 4.0 equipment with 3.79 and stronger partnerships between TVET institutions and industry with 3.78. Continuous Industry 4.0 training for instructors also received a high mean of 3.76.

The findings suggest that curriculum reform alone may not be sufficient. Effective Industry 4.0 transformation requires simultaneous attention to infrastructure, teacher competence, equipment, industry collaboration, work-based learning and continuous labour-market intelligence.

Hypothesis 1

H01: There is no significant difference between the mean responses of male and female respondents regarding the Industry 4.0 skills required by TVET graduates for future employment and workplace competitiveness in Nigeria.

Table 3

Independent-Samples t-Test of Male and Female Respondents' Ratings of Industry 4.0 Skills

Group	N	Mean	SD	df	t-cal.	p-value	Decision
Male	112	3.54	0.42	178	0.91	0.364	Retain H01
Female	68	3.49	0.45				

Table 3 shows that male respondents had a mean score of 3.54, while female respondents had a mean score of 3.49. The calculated t-value of 0.91 with a p-value of 0.364 is greater than the 0.05 significance level.

Therefore, the null hypothesis was retained. This means that there was no statistically significant difference between the opinions of male and female respondents regarding the Industry 4.0 skills required by future TVET graduates.

Hypothesis 2

H02: There is no significant difference between the mean responses of TVET teaching personnel and industry-based trainers regarding the strategies required to strengthen Nigerian TVET for Industry 4.0 workplaces.

Table 4

Independent-Samples t-Test of TVET Teaching Personnel and Industry-Based Trainers' Ratings of Strategies

Group	N	Mean	SD	df	t-cal.	p-value	Decision
TVET teaching personnel	130	3.70	0.39	178	-1.24	0.217	Retain H02
Industry-based trainers	50	3.78	0.41				

Table 4 indicates that TVET teaching personnel recorded a mean score of 3.70, while industry-based trainers recorded a mean score of 3.78. The calculated t-value was -1.24 and the p-value was 0.217.

Since the p-value of 0.217 is greater than 0.05, the null hypothesis was retained. Therefore, there was no statistically significant difference between the opinions of TVET teaching personnel and industry-based trainers concerning strategies for strengthening Nigerian TVET for Industry 4.0 workplaces.

8. Discussion of Findings

The findings of the study revealed that technological literacy, artificial intelligence, IoT, robotics and automation, data analytics, cybersecurity, digital design and simulation, digital troubleshooting, systems thinking, creativity, collaboration and lifelong learning are important Industry 4.0 competencies for future TVET graduates. The overall high mean rating demonstrates that respondents recognize the need for a broader competency framework in which traditional occupational skills are complemented by digital and cognitive skills.

The finding agrees with the World Economic Forum (2025), which identified AI and big data, networks and cybersecurity, technological literacy, analytical thinking, creative thinking, resilience, flexibility, systems thinking and lifelong learning among skills that are expected to become increasingly important. The implication is that future TVET graduates cannot rely exclusively on conventional occupational competence. They must be able to interact with intelligent systems, interpret digital information and adapt to continuous technological change.

The high rating for technological literacy is particularly important. Digital technology is no longer restricted to ICT occupations. It is increasingly embedded in manufacturing, construction, automotive technology, electrical installation, electronics, agriculture, renewable energy, design and other technical occupations. Consequently, basic digital literacy should become a foundation across TVET trades.

The finding that AI skills were highly required also reflects the growing influence of artificial intelligence in industrial decision-making, predictive maintenance, design, quality control and automation. However, AI literacy in TVET should not necessarily mean that every student must become an AI programmer. Rather, learners should understand the capabilities, limitations, applications and responsible use of AI within their occupational fields.

The high rating for IoT skills is consistent with Oni's (2026) Nigerian study, which emphasized IoT-integrated curriculum design as an important framework for skill acquisition and reskilling in Nigerian TVET. IoT can be particularly useful in technical education because students can learn through practical applications involving sensors, data collection, remote monitoring and automated control.

The finding concerning robotics and automation is also consistent with Okeowo et al. (2025), who identified AI, IoT, robotics and automation as relevant to building and woodwork training in Nigeria. Their study further reported that inadequate infrastructure, insufficient instructor training and outdated curricula were among the major barriers to effective technology integration.

Another important finding was the high rating given to creativity, collaboration and lifelong learning. This finding demonstrates that Industry 4.0 should not be interpreted as a purely technological transformation. Human-centred skills remain essential. The World Economic Forum (2025) similarly reports that analytical thinking, creativity, resilience, flexibility, leadership and collaboration continue to be important even as technological skills increase in importance.

The study further found that curriculum revision is required. This finding is consistent with the broader UNESCO position that TVET systems must adapt to changing labour markets and digital and green transitions. UNESCO's TVET strategy specifically emphasizes flexible learning pathways, STEM and twenty-first-century skills, digital transformation and stronger engagement with industry.

The high rating for continuous instructor training is also significant. The quality of technology integration depends greatly on the competence of instructors. Equipment can be purchased, but without teachers capable of using it effectively for teaching and learning, the investment may have limited impact. The NBTE's digital competency programme for TVET teachers

demonstrates that instructor digital competence has already become a recognized national priority.

The finding that smart workshops are required indicates the need to rethink the traditional TVET workshop. The workshop of the future should increasingly contain digitally controlled equipment, simulation systems, sensors, networking facilities, computer-aided design tools, programmable devices and relevant software. However, this transformation should preserve the practical character of TVET. The objective should be to create technologically enhanced workshops rather than purely virtual vocational education.

The high rating for industry partnerships is also important. Industry provides an important source of information about emerging technologies, occupational standards and workplace competencies. UNESCO-UNEVOC emphasizes private-sector engagement as a major element of future-oriented TVET. Stronger partnerships could therefore involve joint curriculum development, equipment donation, staff attachment, industrial visits, apprenticeships, guest instruction, workplace assessment and collaborative research.

The finding concerning electricity and internet infrastructure is particularly relevant to Nigeria. Digital technologies cannot operate reliably where electricity and connectivity are inadequate. The National TVET policy direction has recognized the need for broadband connectivity, ICT access and instructor training within TVET. Therefore, infrastructure should be considered a fundamental component of Industry 4.0 readiness rather than an optional addition.

The first hypothesis revealed no significant difference between male and female respondents regarding Industry 4.0 skills. This suggests that respondents, irrespective of gender, generally recognized similar skill requirements. The result supports the view that Industry 4.0 competencies represent broad workplace requirements rather than competencies restricted to one gender.

The second hypothesis also revealed no significant difference between teaching personnel and industry-based trainers concerning strategies for strengthening TVET. This finding is encouraging because it indicates a broad consensus between the education and workplace sides of skills development. Both groups appear to recognize the importance of curriculum modernization, infrastructure, instructor development, equipment, industry collaboration and work-based learning.

Overall, the findings suggest that the future of Nigerian TVET requires an integrated transformation. Technology should not simply be added to existing curricula as an isolated subject. Instead, Industry 4.0 competencies should be embedded across occupational programmes. For example, electrical students can learn automation and IoT; automotive students can learn electronic diagnostics; construction students can learn digital design and smart-building technologies; and woodwork students can learn CAD, CNC and digital fabrication.

The findings therefore support a transition from a conventional TVET model toward a smart, flexible, industry-linked and lifelong-learning-oriented TVET system. Such a transformation would allow Nigerian TVET to preserve its traditional strength in practical skills while embracing the technological realities of the contemporary and future workplace.

9. Conclusion

Industry 4.0 is fundamentally changing the nature of work and the competencies required for employment. The findings of this study demonstrate that Nigerian TVET graduates will increasingly require technological literacy, artificial intelligence literacy, IoT, robotics and automation, data analytics, cybersecurity, digital design, troubleshooting, systems thinking, creativity, collaboration and lifelong learning.

The study further concludes that preparing Nigerian TVET learners for Industry 4.0 requires more than the introduction of isolated technology courses. It requires systemic reform involving

curriculum modernization, instructor retraining, smart workshops, reliable electricity and internet connectivity, modern equipment, industry partnerships, work-based learning and continuous monitoring of labour-market requirements.

The future of TVET should not mean abandoning traditional craftsmanship. Rather, the traditional values of precision, practical competence, discipline, safety and workmanship should be combined with digital intelligence and technological adaptability. In this way, Nigerian TVET can become a strong foundation for industrialization, entrepreneurship, employment and national economic transformation.

Nigeria therefore needs a TVET system that prepares learners not merely for the jobs that exist today, but for the occupations and technologies that will define tomorrow.

10. Recommendations

Based on the findings, the following recommendations are made:

1. Curriculum review should incorporate AI, IoT, robotics, automation, data analytics, cybersecurity, digital design, simulation and other relevant Industry 4.0 competencies.
2. Technical institutions should be equipped with modern digital machines, automation systems, robotics kits, IoT equipment, CNC machines, simulation software and other relevant Industry 4.0 technologies.
3. Regular training and industrial attachment programmes should be organized to improve instructors' competence in emerging technologies.
4. Industry should participate in curriculum development, equipment provision, staff training, student internships, apprenticeships and assessment of occupational competencies.
5. Federal and state governments should prioritize sustainable power supply, broadband connectivity and appropriate ICT infrastructure for TVET institutions.
6. Industry 4.0 should not be limited to ICT programmes. Electrical, electronics, automotive, building, welding, fabrication, woodwork, agriculture and other trades should incorporate relevant digital competencies.
7. Students should be exposed to real industrial environments where Industry 4.0 technologies are being used.
8. Relevant agencies, particularly NBTE and other stakeholders, should develop competency frameworks that define the digital, technical and human-centred skills expected of future TVET graduates.
9. Such centres could support student projects involving robotics, IoT, AI, digital fabrication, renewable energy, automation and entrepreneurship.
10. Since technology changes continuously, graduates should be provided with opportunities for reskilling and upskilling throughout their careers.
11. Both male and female learners should have equitable opportunities to acquire emerging technical and digital competencies.
12. TVET institutions should regularly monitor changes in occupational skills so that programmes remain aligned with emerging industrial requirements.

11. References

Aluwong, E. B., & Nungse, N. I. (2023). Blending TVET with green skills towards preparing technical education students for Fourth Industrial Revolution (4IR) in North Central universities in Nigeria. *Journal of Association of Vocational and Technical Educators of Nigeria, 26*(1).

Federal Ministry of Education. (2020). *Implementation guidelines for National Policy on Science and Technology Education*. Federal Ministry of Education, Nigeria.

Federal Ministry of Communications and Digital Economy. (2019). *National Digital Economy Policy and Strategy (NDEPS) 2020–2030*. Federal Government of Nigeria.

National Board for Technical Education. (2024). *National TVET policy and strategy on open, distance, flexible and e-learning (ODFEL)*. NBTE.

National Board for Technical Education. (2024). *NBTE introduced 312 TVET teachers to digital competency*. National Board for Technical Education.

National Board for Technical Education. (2026). *Technical & Vocational Intelligent Dashboard (TVID)*. National Board for Technical Education.

Okeowo, R. O., Adewuyi, B. A., Akinde, M. A., & Alagbe, A. A. (2025). Integrating AI, IoT, and robotics into TVET building and woodwork training for skills competitiveness. *The Vocational and Applied Science Journal, 19*(2), 23–33.

Oni, M. B. (2026). Designing IoT-based curriculum for industrial education: A framework for skill development in Nigerian TVET. *Nigerian Journal of Technical Education, 25*(1).

Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. Crown Business.

UNESCO. (2022). *Transforming technical and vocational education and training for successful and just transitions: UNESCO strategy 2022–2029*. UNESCO.

UNESCO-UNEVOC. (2024). *UNESCO-UNEVOC medium-term strategy IV 2024–2026*. UNESCO-UNEVOC International Centre for Technical and Vocational Education and Training.

World Economic Forum. (2025). *The future of jobs report 2025*. World Economic Forum.

TÜRKİYE'DE HASTA MEMNUNİYETİ ARAŞTIRMALARININ META-ANALİTİK SENTEZİNDE YÖNTEMSEL YAKLAŞIM

Oktay AĞIRBAŞ[1], **Mesut AKYOL**[2]
[1] Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sağlık Yönetimi A.D., Ankara (ORCID 0009-0008-9288-083X)
[2] Dr. Öğr. Üyesi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim A.D., Ankara (ORCID: 0000-0003-1449-7874)

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de 2015–2024 döneminde veri toplamış hasta memnuniyeti araştırmalarını sentezleyen sistematik derleme ve meta-analiz çalışmasının yöntemsel yaklaşımını incelemektir.

Yöntem: PubMed, Web of Science, Scopus, YÖK Ulusal Tez Merkezi ve DergiPark taranmış; çalışma seçimi PRISMA 2020 çerçevesine göre raporlanmıştır. Sürekli/Likert tipi sonuçlar Olası Maksimum Puan Yüzdesi (POMP) birimine dönüştürülmüştür. Sürekli ölçek çalışmaları REML ve Hartung-Knapp-Sidik-Jonkman (HKSJ) düzeltmeli rastgele etkiler modeliyle, ikili memnuniyet oranı bildiren çalışmalar ise logit bağlantılı binom-normal rastgele etkiler genelleştirilmiş doğrusal karma modelle (GLMM) ayrı birincil analizler olarak sentezlenmiştir. Ölçüm türü, veri toplama dönemi ve kurum/hizmet bağlamı rastgele etkili meta-regresyonla incelenmiş; yanlılık riski JBI temelli uyarlanmış bir çerçeveyle, yayın yanlılığı her havuz için ayrı Egger testiyle değerlendirilmiştir.

Bulgular: 285 çalışma tam metin düzeyinde değerlendirilmiş, 55 çalışma sistematik derlemeye, 38 çalışma (toplam n = 41.092) sayısal senteze dâhil edilmiştir. Birleştirilmiş memnuniyet düzeyi sürekli ölçek çalışmalarında (k = 26) 70,08 POMP (%95 GA: 65,41–74,76), ikili oran çalışmalarında (k = 12) %84,53 (%95 GA: 78,78–89,09) bulunmuştur. Tüm çalışmaları ortak 0–100 ölçeğinde birleştiren keşifsel analizde tahmin 73,23 (%95 GA: 69,02–77,44; I^2 = %99,9) olup leave-one-out analizinde 72,61–74,01 aralığında kalmıştır. Ölçüm türü anlamlı bir moderatör olarak saptanmış (b = 10,07; p = 0,0225); veri toplama dönemi (p = 0,191) ve kurum/hizmet bağlamı (p = 0,407) anlamlı bulunmamıştır.

Sonuç: Hasta memnuniyeti kanıtı sentezlenirken sürekli ölçek puanları ile ikili oranlar aynı havuzda değerlendirilmemeli; ölçüm türüne duyarlı analiz ve şeffaf raporlama yorumların güvenilirliğini artırmaktadır.

Anahtar kelimeler: hasta memnuniyeti; sistematik derleme; meta-analiz; POMP standardizasyonu; GLMM

ABSTRACT

Objective: This paper presents the methodological approach of a systematic review and meta-analysis of patient satisfaction studies with data collected in Türkiye between 2015 and 2024.

Methods: PubMed, Web of Science, Scopus, the National Thesis Center of the Council of Higher Education (YÖK) and DergiPark were searched, and study selection was reported according to PRISMA 2020. Continuous and Likert-type results were converted to the Percentage of Maximum Possible (POMP) metric. Continuous-scale studies were pooled with a REML random-effects model with the Hartung-Knapp-Sidik-Jonkman (HKSJ) adjustment, whereas studies reporting binary satisfaction proportions were pooled separately with a logit-link binomial-normal random-effects generalized linear mixed model (GLMM). Measurement type, data collection period and institution/service context were examined with random-effects meta-regression. Risk of bias was assessed with an adapted JBI-based framework, and publication bias with separate Egger tests for each pool.

Results: Two hundred eighty-five studies were assessed at full-text level; 55 were included in the systematic review and 38 (total n = 41,092) in the quantitative synthesis. The pooled satisfaction level was 70.08 POMP (95% CI: 65.41–74.76) in continuous-scale studies (k = 26) and 84.53% (95% CI: 78.78–89.09) in binary-proportion studies (k = 12). The exploratory analysis combining all studies on a common 0–100 scale yielded 73.23 (95% CI: 69.02–77.44; I^2 = 99.9%), ranging from 72.61 to 74.01 in leave-one-out analysis. Measurement type was a significant moderator (b = 10.07; p = 0.0225), whereas data collection period (p = 0.191) and institution/service context (p = 0.407) were not.

Conclusion: Continuous-scale scores and binary proportions should not be pooled as a single outcome when synthesizing patient satisfaction evidence; measurement-type-sensitive analysis and transparent reporting strengthen the credibility of interpretation.

Keywords: patient satisfaction; systematic review; meta-analysis; POMP standardization; GLMM

GİRİŞ

Hasta memnuniyeti, hastanın aldığı sağlık hizmetini beklentileri doğrultusunda nasıl değerlendirdiğini yansıtan çok boyutlu bir göstergedir (Carr-Hill, 1992; Sitzia ve Wood, 1997). Randevuya erişim, sağlık çalışanlarıyla iletişim, bekleme süresi, bilgilendirme ve genel hizmet deneyimi bu değerlendirmenin temel bileşenleridir. Donabedian'ın yapı–süreç–sonuç modelinde memnuniyet sıklıkla sonuç bileşeninin bir göstergesi olarak konumlandırılmakla birlikte, hasta–sağlık çalışanı etkileşiminin niteliğinden de doğrudan etkilenmektedir (Donabedian, 1980). Dolayısıyla hasta memnuniyeti tek bir puana indirgenebilecek basit bir çıktı değil, hizmet sunumunun farklı boyutlarını birlikte yansıtan bir yapıdır.

Bu alandaki araştırmaların sonuçlarını karşılaştırmak, ölçüm yaklaşımlarının çeşitliliği nedeniyle güçtür. Memnuniyet; beklenti–algı farkına dayanan SERVQUAL modeliyle (Parasuraman vd., 1988), birinci basamak için geliştirilen ve Türkçe geçerlik–güvenirliği gösterilen EUROPEP ölçeğiyle (Grol vd., 1999; Dağdeviren ve Aktürk, 2004), Sağlık Bakanlığı'nın resmî anketleriyle ya da hemşirelik bakımına özgü ölçeklerle ölçülmektedir. Bir çalışmada memnuniyet Likert tipi bir ölçekle dereceli olarak ifade edilirken bir diğerinde yalnızca "memnun/memnun değil" ayrımıyla raporlanabilmektedir. Bu nedenle farklı çalışmalardan elde edilen sayıların aynı şeyi ne ölçüde ifade ettiği, sentez öncesinde ayrıca sorgulanmalıdır.

Türkiye'de 2015–2024 dönemi, sağlık hizmeti sunumu açısından önemli değişimlere sahne olmuştur. Sağlıkta Dönüşüm Programı kapsamında aile hekimliği ve genel sağlık sigortası uygulamalarıyla erişim ve finansal koruma alanında yapısal bir dönüşüm yaşanmış (Atun vd., 2013); kamu-özel işbirliği modeliyle inşa edilen şehir hastanelerinin sayısı, Sağlık Bakanlığı

kayıtlarına göre 2019 sonunda 10 iken 2024 sonunda 25'e (37.132 yatak) yükselmiştir (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2019, 2024). Pandemi süreci ve değişen hasta beklentileri de bu dönemin öne çıkan başlıkları arasındadır. Aynı dönemde hasta memnuniyetini ele alan çok sayıda çalışma yayımlanmış, ancak bulgular alan yazında dağınık ve zaman zaman birbiriyle çelişen biçimde kalmıştır. Bu durum, tekil sonuçların ayrı ayrı aktarılması yerine, açık ve yeniden üretilebilir kurallarla yürütülen sistematik bir derleme ve meta-analiz çerçevesinde birlikte değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır (Page vd., 2021).

Bu bildirinin amacı, Türkiye'de 2015–2024 yılları arasında veri toplamış hasta memnuniyeti araştırmalarını inceleyen sistematik derleme ve meta-analiz çalışmasının yöntemsel yaklaşımını sunmaktır. Bildirinin odağı tüm bulguların ayrıntılı tartışılması değil, farklı ölçüm biçimlerine sahip çalışmaların meta-analiz sürecinde nasıl ele alındığının gösterilmesidir. Bu doğrultuda sonuçların yanı sıra bu sonuçları üreten ölçüm ve analiz tercihleri de değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE METOD

Çalışma tasarımı ve veri kaynakları

Çalışma, sistematik derleme ve meta-analiz tasarımında yürütülmüş ve PRISMA 2020 raporlama çerçevesine göre yapılandırılmıştır (Page vd., 2021); çalışma seçim akışı Şekil 1'de, metodolojik bileşenlerin özeti Tablo 1'de sunulmuştur. "Değişim" ifadesi, aynı ölçüm aracıyla tekrarlanan bir zaman serisini değil, bağımsız kesitsel araştırmaların 2019 öncesi ve sonrası dönemler açısından karşılaştırmalı sentezini ifade etmektedir; tasarım nedensel bir değişim iddiası kurmaya elverişli değildir.

Literatür taraması Ağustos 2026'da iki kolda yürütülmüştür. Birinci kolda PubMed, Web of Science ve Scopus "sağlık hizmetlerinde memnuniyet", "Ankara'da sağlık hizmetlerinde memnuniyet", "Türkiye'de hasta memnuniyeti" ve "kamu kuruluşlarında hasta memnuniyeti" terimleriyle; ikinci kolda Türkçe alan yazını temsil etmek üzere YÖK Ulusal Tez Merkezi, DergiPark, Google Akademik ve genel web araması "hasta memnuniyeti", "hizmet kalitesi" ve "sağlık hizmetleri" terimleriyle taranmıştır.

Tablo 1. *Çalışmanın metodolojik bileşenleri*

Bileşen	Uygulanan yaklaşım
Raporlama çerçevesi	PRISMA 2020
Standardizasyon	Farklı ölçekler için POMP (0–100) dönüşümü
Sürekli ölçek havuzu	REML rastgele etkiler modeli + HKSJ düzeltmesi
İkili oran havuzu	Logit bağlantılı binom-normal rastgele etkiler GLMM
Ek analizler	Meta-regresyon, dönem duyarlılık analizleri, leave-one-out
Yayın yanlılığı	Havuz bazında ayrı Egger regresyon testi
Yanlılık riski	JBI temelli uyarlanmış değerlendirme çerçevesi

Uygunluk ölçütleri ve çalışma seçimi

Türkiye'de insan katılımcılarla yürütülmüş, genel sağlık hizmeti memnuniyetini ölçen, veri toplama yılı (yayın yılı değil) 2015–2024 aralığında bulunan, örneklem büyüklüğü ve en az bir tanımlayıcı memnuniyet istatistiği (ortalama, standart sapma veya yüzde) raporlayan ve tam metnine erişilebilen çalışmalar dâhil edilmiştir. Belirli bir tedavi veya prosedüre özgü memnuniyet çalışmaları, sağlık çalışanı memnuniyetini ölçenler, yalnızca özel hastane/klinik örneklemi kullananlar ve ölçek sınırları belirlenemeyenler dışlanmıştır. Seçim ve veri çıkarma süreçleri tek araştırmacı tarafından yürütülmüş, protokol önceden kayıt altına alınmamıştır.

Veri çıkarma

Her çalışma için yazar, yıl, çalışma kodu, örneklem büyüklüğü, veri toplama yılı, kurum/hizmet bağlamı, ölçüm aracı ve kuramsal alt–üst puan sınırları, ölçüm türü, ortalama puan veya oran, standart sapma, güven aralığı ve sayısal senteze uygunluk bilgileri kaydedilmiştir. Veri toplama yılı ve ölçek sınırları tahmin yoluyla doldurulmamış, yalnızca çalışmanın kendi metninde açıkça belirtilen ifadeler kullanılmıştır; ölçek sınırları belirlenemeyen çalışmalar tanımlayıcı düzeyde bırakılmıştır.

POMP standardizasyonu

Farklı aralıklarda raporlanan sürekli memnuniyet puanları, POMP = [(X − min) / (max − min)] × 100 eşitliğiyle 0–100 ortak ölçeğine dönüştürülmüş; standart sapmalar da aynı katsayıyla [SD / (max − min)] × 100 biçiminde dönüştürülmüştür (Cohen vd., 1999). Doğrudan yüzde olarak verilen oranlar POMP değerine eşitlenmiştir. Bu dönüşüm karşılaştırılabilirliği artırmak amacıyla kullanılmış olup farklı ölçüm araçlarının kavramsal olarak özdeş olduğu anlamına gelmemektedir.

İstatistiksel analiz

Sürekli veya Likert tipi ölçek puanı bildiren çalışmalar rastgele etkiler meta-analizi ile sentezlenmiştir. Çalışmalar arası varyans (τ^2) kısıtlanmış en çok olabilirlik (REML) yöntemiyle kestirilmiş, güven aralıkları Hartung-Knapp-Sidik-Jonkman (HKSJ) düzeltmesiyle hesaplanmıştır. Çalışma sayısının sınırlı ve heterojenliğin yüksek olduğu durumlarda klasik normal yaklaşım güven aralıklarını olduğundan dar gösterebildiğinden HKSJ düzeltmesi tercih edilmiştir (Borenstein vd., 2009; IntHout vd., 2014). Heterojenlik I^2 ve τ^2 ile, yeni bir çalışmanın alabileceği değer aralığı ise %95 tahmin aralığıyla raporlanmıştır (Riley vd., 2011).

Memnuniyeti "memnun/memnun değil" biçiminde raporlayan çalışmalar ayrı bir havuzda değerlendirilmiştir. Oran verileri 0 veya 1 sınırına yaklaştığında normal dağılım varsayımıyla birleştirilmeye uygun olmadığından, logit bağlantılı binom-normal rastgele etkiler GLMM modeli kullanılmıştır (Stijnen vd., 2010). Olabilirlik 100 noktalı Gauss-Hermite kuadratürüyle yaklaşık hesaplanmış, güven aralığı profil-olabilirlik yöntemiyle elde edilmiştir. Olay sayısının açıkça raporlanmadığı çalışmalarda bu değer, bildirilen oran ve örneklem büyüklüğünden geri hesaplanmıştır; bu nedenle GLMM sonucu kaynak makalelerdeki ham olay sayılarıyla birebir doğrulanmamıştır.

Tüm 38 çalışmayı ortak 0–100 ölçeğinde değerlendiren birleşik POMP analizi, alanın genel görünümünü sunmak amacıyla ikincil ve keşifsel analiz olarak yürütülmüştür. Sürekli ölçek puanları ile ikili oranlar farklı ölçüm süreçlerini temsil ettiğinden bu birleşik tahmin ana etki büyüklüğü olarak yorumlanmamıştır.

Heterojenlik kaynakları; veri toplama döneminin 2019 öncesi/sonrası olması, kurum/hizmet bağlamı ve ölçüm türü moderatörleri için Knapp-Hartung düzeltmeli, rastgele etkili meta-regresyon modelleriyle incelenmiştir (Thompson ve Higgins, 2002); alt grup farkları yalnızca güven aralıklarının görsel örtüşmesine göre yorumlanmamıştır. Üç kategorili kurum/hizmet bağlamı için en kalabalık kategori (genel hastane) referans alınmış ve omnibus F testi uygulanmıştır. Pandeminin olası etkisini sınamak için 2020–2021 dönemi dışlanmış, dönemler 2019 ve öncesi, 2020–2021 ve 2022 sonrası olarak ayrılmış ve veri yılı sürekli moderatör olarak modellenmiştir. Ayrıca leave-one-out analiziyle her çalışmanın havuz tahmini üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Yayın yanlılığı ve küçük çalışma etkileri, sürekli ve ikili havuzlar için ayrı Egger regresyon testleriyle değerlendirilmiştir. Ölçüm türleri farklı olduğundan iki havuzu birlikte içeren tek bir Egger testi ana bulgu olarak yorumlanmamıştır. Analizler yapay zeka (Anthropic, Claude) yardımıyla Python (NumPy ve SciPy kütüphaneleri) ile gerçekleştirilmiş, sonuçlar elektronik tabloda yeniden hesaplanarak çapraz doğrulanmıştır.

Yanlılık riski değerlendirmesi

Yanlılık riski, Joanna Briggs Institute'un (JBI) prevalans çalışmaları için geliştirdiği kontrol listesinin dokuz maddesi hasta memnuniyeti çalışmalarına uyarlanarak değerlendirilmiştir (Munn vd., 2015): örnekleme çerçevesi, örnekleme yöntemi, örneklem büyüklüğü ($n \geq 200$ yeterli kabul edilmiştir), ortam ve örneklem tanımı, analiz kapsamı, ölçüm aracının geçerliliği, ölçümün standardizasyonu, istatistiksel analizin uygunluğu ve yanıt oranı. "Belirsiz" veya "Hayır" olarak işaretlenen madde sayısı 0–2 ise düşük, 3–4 ise orta, 5 ve üzeri ya da özel bir yüksek risk gerekçesi varsa yüksek risk olarak sınıflanmıştır. Bu sınıflama yazarlar tarafından operasyonelleştirilmiş bir puanlamaya dayandığından sonuçlar standart JBI aracının birebir çıktısı olarak değil, uyarlanmış bir değerlendirme olarak yorumlanmalıdır.

BULGULAR

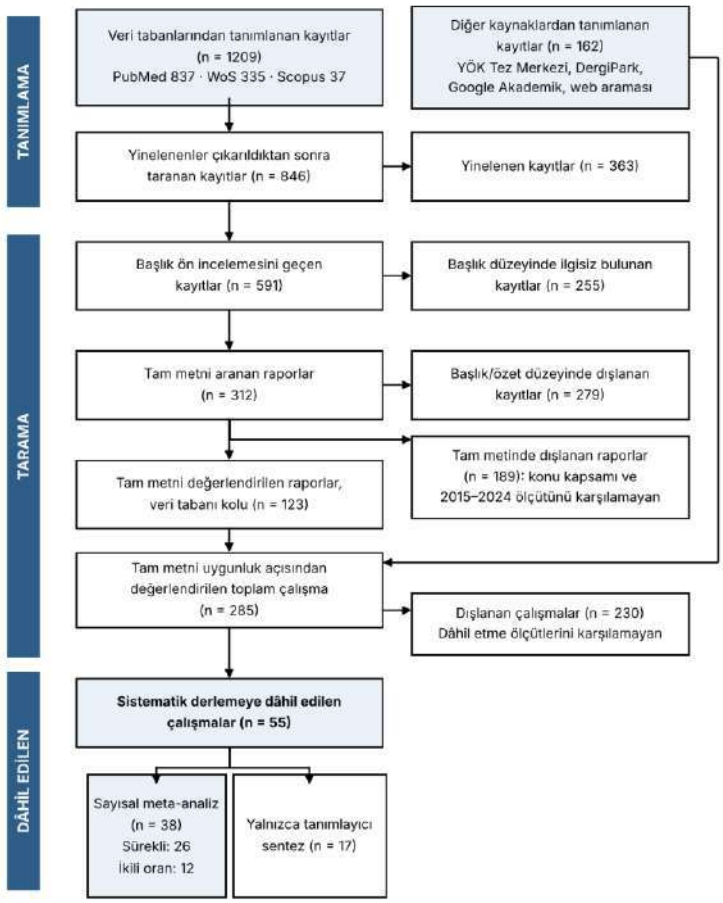
Çalışma seçimi

Tarama sonucunda veri tabanlarından 1209 (PubMed 837, Web of Science 335, Scopus 37), diğer kaynaklardan 162 olmak üzere toplam 1371 kayda ulaşılmıştır. Yinelenen kayıtlar çıkarıldıktan sonra 846 kayıt taranmış; veri tabanı kolundan tam metni değerlendirilen 123 rapor, diğer kaynaklardan gelen 162 kayıtla birleştirilerek 285 çalışma tam metin düzeyinde incelenmiştir. Bunlardan 230'u dışlanmış, 55'i (%19,3) sistematik derlemeye dâhil edilmiştir (Şekil 1). Veri toplama yılı ölçütünü karşılamadığı doğrulanan 8 çalışma bu akışa dâhil edilmemiştir.

Sayısal senteze alınan 38 çalışmanın toplam örneklem büyüklüğü 41.092'dir; bunların 26'sı memnuniyeti sürekli/Likert ölçekle, 12'si ikili oran olarak raporlamıştır. Kalan 17 çalışmanın 8'inde standart sapma raporlanmamış, 4'ünde sınırlı olmayan bir ölçek (SERVQUAL fark puanı, faktör skoru) kullanılmış, 5'inde ise yüksek yanlılık riski veya güvenilmez/eksik veri bulunmuştur; bu çalışmalar tanımlayıcı düzeyde değerlendirilmiştir. Yanlılık riski değerlendirmesinde 55 çalışmanın 20'si (%36,4) düşük, 30'u (%54,5) orta ve 5'i (%9,1) yüksek riskli bulunmuş; sayısal senteze alınan çalışmaların hiçbiri yüksek riskli değildir. Orta riskin başlıca nedenleri örnekleme yöntemi ve yanıt oranının çoğu çalışmada raporlanmamasıdır.

Birleştirilmiş memnuniyet tahminleri

REML-HKSJ modeliyle sentezlenen 26 sürekli ölçek çalışmasında birleştirilmiş memnuniyet puanı 70,08 POMP olarak hesaplanmıştır. Binom-normal GLMM ile sentezlenen 12 ikili oran çalışmasında birleştirilmiş oran %84,53 bulunmuştur. Tüm 38 çalışmanın ortak POMP ölçeğinde birleştirildiği ikincil/keşifsel analizde birleştirilmiş değer 73,23'tür (Tablo 2). Tüm havuzlarda heterojenlik çok yüksek düzeydedir; birleşik havuzun %95 tahmin aralığı 47,10–99,36'dır.



Şekil 1. *PRISMA 2020 çalışma seçim akış diyagramı*

Tablo 2. *Havuzlanmış memnuniyet tahminleri*

Analiz	k	Tahmin	%95 GA	I^2 (%)	τ^2
Sürekli ölçek (REML-HKSJ, POMP)	26	70,08	65,41–74,76	99,9	132,36
İkili oran (GLMM, %)	12	84,53	78,78–89,09	98,6[a]	0,93[a]
Birleşik POMP (keşifsel)	38	73,23	69,02–77,44	99,9	162,00

GA: güven aralığı; HKSJ: Hartung-Knapp-Sidik-Jonkman; GLMM: genelleştirilmiş doğrusal karma model; POMP: olası maksimum puan yüzdesi. [a] *Geri hesaplanan olay sayılarıyla logit ölçeğinde (Cochran Q ve REML) hesaplanmıştır.*

Moderatör ve duyarlılık analizleri

Rastgele etkili meta-regresyonda ölçüm türü anlamlı bir moderatör olarak belirlenmiş, ikili oran çalışmalarında memnuniyet düzeyi sürekli ölçek çalışmalarına göre ortalama 10,07 puan (SE = 4,22; %95 GA: 1,51–18,63; p = 0,0225) daha yüksek bulunmuştur; ölçüm türü çalışmalar arası varyansın yaklaşık %11'ini açıklamıştır. Veri toplama döneminin 2019 öncesi veya sonrası olması anlamlı bir fark oluşturmamıştır (b = −5,52; SE = 4,14; %95 GA: −13,92–2,88; p = 0,191); dönem ve ölçüm türünün birlikte modellendiği çok değişkenli analizde de dönem etkisi anlamsız (p = 0,217), ölçüm türü etkisi anlamlı (p = 0,027) kalmıştır. Genel hastane, birinci basamak/aile hekimliği, acil servis ve hemşirelik bakımına özgü ölçüm alanları arasında da anlamlı moderatör etkisi saptanmamıştır (omnibus F = 0,996; p = 0,407) (Tablo 3).

Pandemi dönemi duyarlılık analizleri bu sonucu desteklemiştir: 2020–2021'de veri toplayan 9 çalışma dışlandığında birleştirilmiş puan 73,14 (%95 GA: 68,28–78,01) olmuş; pandemi öncesi (k = 21), pandemi dönemi (k = 9) ve pandemi sonrası (k = 8) için tahminler sırasıyla 76,11, 73,52 ve 65,33 bulunmuş, ancak güven aralıkları örtüşmüştür. Veri yılı sürekli moderatör olarak modellendiğinde yıllık değişim −1,39 puan (p = 0,0604) olmuştur. Leave-one-out analizinde her çalışma sırayla dışlandığında

birleşik tahmin 72,61–74,01 arasında kalmış; analiz sürekli havuzda 69,22–71,11, ikili havuzda 83,93–85,29 aralığında tekrarlandığında da tek bir çalışmanın baskın etkisi görülmemiştir. Yalnızca düşük yanlılık riskli 13 çalışmayla sınırlandırılan analizde havuzlanmış puan 70,56 (%95 GA: 61,97–79,15) bulunmuş ve tam örneklemden anlamlı biçimde farklılaşmamıştır (p = 0,362).

Tablo 3. *Moderatör ve alt grup analizleri*

Moderatör	Kategori	k	Havuzlanmış tahmin [%95 GA]	Meta-regresyon
Ölçüm türü	Sürekli ölçek	26	70,08 [65,41–74,76]	b = 10,07; SE = 4,22;
	İkili oran (GLMM)	12	84,53 [78,78–89,09]	p = 0,0225
Dönem	2019 öncesi	17	76,28 [69,51–83,06]	b = −5,52; SE = 4,14;
	2019 ve sonrası	21	70,77 [65,18–76,36]	p = 0,191
Kurum/hizmet bağlamı	Genel hastane	23	72,62 [66,59–78,65]	Omnibus F(3, 32) = 0,996;
	Hemşirelik bakımı	5	75,21 [67,85–82,58]	p = 0,407
	Acil servis	5	73,06 [54,09–92,04]	
	Birinci basamak	3	73,25 [44,26–102,24][b]	

Ölçüm türü karşılaştırması 38, kurum/hizmet bağlamı karşılaştırması 36 çalışma üzerinden yapılmıştır (iki çalışmalık "ulusal/diğer" kategorisi dışlanmıştır). [b] *Küçük çalışma sayısı (k = 3) ve yüksek heterojenlik nedeniyle güven aralığı kuramsal üst sınır olan 100'ü aşmaktadır; sonuç yalnızca keşifsel düzeyde yorumlanmalıdır.*

Yayın yanlılığı

Egger testi sürekli havuzda (k = 26) anlamlı asimetri göstermemiş (kesişim = 15,77; p = 0,1021), ikili havuzda (k = 12; logit ölçeği) anlamlı bulunmuştur (kesişim = 8,94; p = 0,0016). Yalnızca 12 çalışmaya dayanan bu sonucun gücü sınırlıdır ve I^2 değerlerinin çok yüksek olduğu koşullarda yayın yanlılığından çok çalışmalar arası gerçek metodolojik farklılıkları yansıtıyor olabilir.

TARTIŞMA

Bu çalışmanın temel bulgusu, hasta memnuniyeti düzeyinin ölçüm biçimine göre belirgin biçimde farklılaşmasıdır. Sürekli ölçek puanları memnuniyeti dereceli bir yapı içinde ölçerken ikili oranlar katılımcıları yalnızca "memnun" veya "memnun değil" olarak sınıflandırır; iki veri türü aynı kavrama yönelse de aynı istatistiksel süreçle üretilmez. İkili oran çalışmalarında memnuniyetin daha yüksek bulunması bu farkı somut olarak göstermektedir. Ancak bu ilişki nedensel bir ölçüm etkisi olarak değil, kurum, dönem ve hasta grubu gibi karıştırıcılardan etkilenebilecek, çalışma düzeyinde gözlenen keşifsel bir ilişki olarak yorumlanmalıdır. Meta-regresyon katsayısının (10,07) ham POMP değerleri üzerinden hesaplandığı, ikili havuz için daha uygun olan GLMM sonucuna (%84,53) göre muhafazakâr kaldığı da göz önünde tutulmalıdır.

POMP standardizasyonu, farklı ölçeklerden gelen sonuçları ortak bir 0–100 aralığında okuma imkânı sağlamış ve karşılaştırmayı kolaylaştırmıştır. Bununla birlikte bu dönüşüm ölçüm araçları arasındaki yapısal farkları ortadan kaldırmaz; genel memnuniyet, hemşirelik bakımı, acil servis ve randevu sistemi memnuniyeti gibi farklı yapıları ölçen araçlar aynı aralığa dönüştürüldüklerinde kavramsal olarak eşdeğer hâle gelmez (Cohen vd., 1999). Gözlenen I^2 değerlerinin (%99'un üzerinde) önemli bir bölümü bu kavramsal heterojenliği yansıtıyor olabilir. Ölçüm türünün anlamlı moderatör bulunması, sürekli ve ikili verileri ayrı birincil analizlerde değerlendirme kararını desteklemektedir. Sürekli havuzda REML-HKSJ yaklaşımı, yüksek heterojenlik ve sınırlı çalışma sayısı koşullarında daha temkinli güven aralıkları sağlamış (IntHout vd., 2014); ikili havuzda GLMM, oran verilerinin sınır değer sorunlarına daha uygun bir zemin sunmuştur (Stijnen vd., 2010).

Veri toplama dönemine göre anlamlı fark bulunmaması ve pandemi dönemini dışlayan duyarlılık analizlerinin bu sonucu desteklemesi, hasta memnuniyetindeki genel görünümün yalnızca pandemi dönemiyle açıklanamayacağını düşündürmektedir. Bu bulgu, Sağlık Bakanlığı istatistik yıllıklarında derlenen ve TÜİK Yaşam Memnuniyeti Araştırmasına dayanan ulusal verilerle yön bakımından tutarlıdır; bu verilere göre sağlık hizmetlerinden memnun olanların oranı 2019'da %67,1 iken 2024'te %63,2'ye gerilemiştir (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2019, 2024). Ancak dâhil edilen çalışmalardan biri TÜİK'in 2023 mikro verisini ikincil analiz olarak kullandığından bu karşılaştırma tam anlamıyla bağımsız bir dış doğrulama sayılamaz. Üç dönemli sınıflamada pandemi sonrası dönemde görülen tanımlayıcı düşüş örüntüsü ise güven aralıklarının örtüşmesi nedeniyle temkinle yorumlanmalıdır. Kurum/hizmet bağlamının anlamlı bir moderatör olmaması, bağlamın etkisi olmadığı anlamına gelmez; özellikle birinci basamak alt grubunun yalnızca üç çalışmadan oluşması nedeniyle bu etkiyi saptamaya yetecek istatistiksel güç bulunmamaktadır.

Çok yüksek I^2 değerleri, hasta memnuniyetinin Türkiye genelinde tek ve sabit bir düzey olarak yorumlanamayacağını göstermektedir. Etiyopya'daki kamu hastanelerinde yatan hasta memnuniyetini inceleyen bir meta-analizde de benzer biçimde yüksek heterojenlik bildirilmiş (I^2 = %95,25; havuzlanmış oran %57,4) (Alemu vd., 2024); bu, aşırı heterojenliğin bu araştırma alanına özgü yaygın bir özellik olabileceğine işaret etmektedir. Bulgular ülke genelini temsil eden kesin bir memnuniyet oranı olarak değil, belirli dâhil edilme ölçütlerini karşılayan çalışmalar üzerinden elde edilmiş yöntemsel bir sentez olarak okunmalıdır. Yanlılık riski değerlendirmesinde örnekleme yöntemi ve yanıt oranının birçok çalışmada raporlanmaması da Türkiye'de hasta memnuniyeti araştırmalarında raporlama şeffaflığının güçlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Literatür tarama, çalışma seçimi ve veri çıkarma süreçlerinin tek araştırmacı tarafından yürütülmesi, bağımsız çift değerlendiriciyle yapılabilecek çapraz kontrol imkânını sınırlamıştır. Protokolün PROSPERO gibi bir platformda önceden kayıt altına alınmamış olması, veri tabanı bazında tam Boole arama dizgelerinin ve tam metinde dışlanan 230 kaydın gerekçelere göre dağılımının kayıt altına alınmaması yeniden üretilebilirliği sınırlamaktadır. Bazı ikili oran çalışmalarında olay sayılarının raporlanan oranlardan geri hesaplanması, 2019 kırılma noktasının veri yılları gözlendikten sonra belirlenmesi ve yalnızca Türkçe ve İngilizce yayınların kapsanması diğer sınırlılıklardır. Bununla birlikte veri yılı uygunluğunun tam metinden doğrulanması, ölçüm türlerinin ayrı değerlendirilmesi, güvenilmez varyans bildiren çalışmanın kaynağına dönülerek incelenip dışlanması ve çok sayıda duyarlılık analizinin raporlanması çalışmanın yöntemsel izlenebilirliğini artırmıştır.

SONUÇ

Türkiye'de 2015–2024 dönemine ait hasta memnuniyeti çalışmaları aynı başlık altında toplansa da memnuniyeti aynı yolla ölçmemektedir. Bu nedenle meta-analiz, yalnızca sayıları birleştiren teknik bir işlem olarak değil; ölçüm türünü, veri yapısını ve raporlama kalitesini birlikte gözeten bir süreç olarak ele alınmalıdır. Bu çalışmada sürekli ölçek puanları (70,08 POMP) ve ikili oranlar (%84,53) ayrı birincil analizlerle sentezlenmiş, birleşik POMP analizi (73,23) yalnızca genel görünümü destekleyen keşifsel bir analiz olarak kullanılmıştır.

Gelecekteki hasta memnuniyeti çalışmalarında veri toplama yılı, ölçek aralığı, ortalama ve standart sapma, olay sayısı, örneklem büyüklüğü ve yanıt oranının açıkça raporlanması, ulusal izleme için geçerliği kanıtlanmış standart bir ölçüm aracının benimsenmesi önerilmektedir. Sistematik derleme ve meta-analizlerde ise protokolün önceden kaydedilmesi, PRISMA 2020'ye uyulması, çalışma seçimi ve veri çıkarmanın bağımsız değerlendiricilerle yapılması, ham veri tablosu ile analiz kodlarının paylaşılması, sağlık yönetimi alanındaki nicel sentezlerin daha anlaşılır ve yeniden denetlenebilir olmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Alemu, A. T., Bogale, E. K., Bogale, S. K., Desalew, E. G., Andarge, G. A., Seid, K., Lakew, G., Yirsaw, A. N., Tefera, M., Delie, A. M., & Belay, M. A. (2024). Patient satisfaction and associated factors with inpatient health services at public hospitals in Ethiopia: A systematic review and meta-analysis. *BMC Health Services Research, 24*(1), Article 1042. https://doi.org/10.1186/s12913-024-11552-5

Atun, R., Aydın, S., Chakraborty, S., Sümer, S., Aran, M., Gürol, I., Nazlıoğlu, S., Özgülcü, Ş., Aydoğan, U., Ayar, B., Dilmen, U., & Akdağ, R. (2013). Universal health coverage in Turkey: Enhancement of equity. *The Lancet, 382*(9886), 65–99.

Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to meta-analysis.* Wiley.

Carr-Hill, R. A. (1992). The measurement of patient satisfaction. *Journal of Public Health Medicine, 14*(3), 236–249.

Cohen, P., Cohen, J., Aiken, L. S., & West, S. G. (1999). The problem of units and the circumstance for POMP. *Multivariate Behavioral Research, 34*(3), 315–346.

Dağdeviren, N., & Aktürk, Z. (2004). An evaluation of patient satisfaction in Turkey with the EUROPEP instrument. *Yonsei Medical Journal, 45*(1), 23–28.

Donabedian, A. (1980). *The definition of quality and approaches to its assessment.* Health Administration Press.

Egger, M., Davey Smith, G., Schneider, M., & Minder, C. (1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ, 315*(7109), 629–634.

Grol, R., Wensing, M., Mainz, J., Ferreira, P., Hearnshaw, H., Hjortdahl, P., Olesen, F., Ribacke, M., Spenser, T., & Szécsényi, J. (1999). Patients' priorities with respect to general practice care: An international comparison. *Family Practice, 16*(1), 4–11.

IntHout, J., Ioannidis, J. P. A., & Borm, G. F. (2014). The Hartung-Knapp-Sidik-Jonkman method for random effects meta-analysis is straightforward and considerably outperforms the standard DerSimonian-Laird method. *BMC Medical Research Methodology, 14*, 25.

Munn, Z., Moola, S., Lisy, K., Riitano, D., & Tufanaru, C. (2015). Methodological guidance for systematic reviews of observational epidemiological studies reporting prevalence and cumulative incidence data. *International Journal of Evidence-Based Healthcare, 13*(3), 147–153.

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ, 372*, n71.

Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1988). SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. *Journal of Retailing, 64*(1), 12–40.

Riley, R. D., Higgins, J. P. T., & Deeks, J. J. (2011). Interpretation of random effects meta-analyses. *BMJ, 342*, d549.

Sitzia, J., & Wood, N. (1997). Patient satisfaction: A review of issues and concepts. *Social Science & Medicine, 45*(12), 1829–1843.

Stijnen, T., Hamza, T. H., & Özdemir, P. (2010). Random effects meta-analysis of event outcome in the framework of the generalized linear mixed model with applications in sparse data. *Statistics in Medicine, 29*(29), 3046–3067.

T.C. Sağlık Bakanlığı. (2019). *Sağlık istatistikleri yıllığı 2019.* Sağlık Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü.

T.C. Sağlık Bakanlığı. (2024). *Sağlık istatistikleri yıllığı 2024.* Sağlık Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü.

Thompson, S. G., & Higgins, J. P. T. (2002). How should meta-regression analyses be undertaken and interpreted? *Statistics in Medicine, 21*(11), 1559–1573.

ТЕРМИН В ДВИЖЕНИИ: ЗАИМСТВОВАНИЕ, СЕМАНТИЧЕСКАЯ АССИМИЛЯЦИЯ И ПЕРЕВОД В ПСИХОЛОГИИ И ПСИХОАНАЛИЗЕ

TERMS IN MOTION: BORROWING, SEMANTIC ADAPTATION, AND TRANSLATION IN PSYCHOLOGY AND PSYCHOANALYSIS

Ольга СОКОЛОВА
Университет Озьегин, Высшая школа иностранных языков, преподаватель французского языка, кандидат филологических наук

Olga SOKOLOVA
Ozyegin University, School of Languages, French Instructor, PhD

АННОТАЦИЯ

Исследование посвящено сопоставительному анализу терминосферы психологии и психоанализа в русском и французском языках с особым вниманием к процессам формирования, заимствования и семантической ассимиляции терминологической лексики, а также к связанным с ними переводческим проблемам. Материал исследования основан преимущественно на русском и французском языках и дополнен отдельными примерами из английского, немецкого и турецкого языков.
Терминология психологии и психоанализа представляет особый интерес для сравнительного языкознания и теории перевода благодаря своей многоуровневой истории формирования. Значительную её часть составляют термины греческого и латинского происхождения, получившие широкое распространение в европейских языках. Развитие психоанализа, в свою очередь, способствовало активному проникновению в различные языки терминологических единиц, сформировавшихся первоначально в немецкой, французской и позднее англоязычной научной традиции.
Особое внимание в докладе уделяется явлению семантической ассимиляции заимствованных терминов, при котором значение терминологической единицы в принимающем языке может частично расходиться с её значением в языке-источнике. На материале русского и французского языков рассматриваются типичные случаи подобных расхождений и их влияние на функционирование терминов в научном и профессиональном дискурсе.
Опираясь на практический опыт перевода психологических и психоаналитических текстов, автор сочетает лингвистический анализ с наблюдениями из переводческой практики. Отдельные примеры из английского и немецкого языков используются для прослеживания международного распространения соответствующей терминологии, тогда как турецкий язык кратко рассматривается как дополнительный язык сопоставления. Анализ направлен на выявление повторяющихся закономерностей семантической адаптации и определение их значения для точного и учитывающего контекст перевода.

Ключевые слова: психология, психоанализ, терминология, заимствованные термины, семантические изменения, перевод, русский язык, французский язык.

ABSTRACT

This paper explores the terminology of psychology and psychoanalysis in Russian and French from a comparative linguistic and translation-oriented perspective. Particular attention is paid to the processes of term formation, borrowing across languages, and semantic adaptation in the recipient language, as well as to the translation challenges associated with these processes.
The terminology of psychology and psychoanalysis has developed through sustained interaction between several linguistic and intellectual traditions. A substantial number of terms are rooted in Greek and Latin, while the emergence and development of psychoanalysis contributed to the introduction into other languages of terminology that originated primarily in German and French and, more recently, in English. As these terms enter new linguistic and conceptual environments, they may undergo semantic shifts and acquire meanings that do not fully correspond to their meanings in the source language.
The paper focuses on such cases of semantic divergence in Russian and French and examines their implications for translation. Particular attention is given to situations in which formal similarity between terms may obscure differences in their conceptual scope or actual usage. Such differences can directly affect translation equivalence and may lead to subtle distortions of meaning if the translator relies on formal correspondence alone.
Drawing on practical experience in translating psychological and psychoanalytic texts, the paper combines linguistic analysis with observations from translation practice. Selected examples from English and German are considered in order to trace the international circulation of relevant terminology, while Turkish is briefly discussed as an additional point of comparison. The analysis aims to identify recurrent patterns of semantic adaptation and to highlight their significance for accurate and context-sensitive translation.
Keywords: psychology, psychoanalysis, terminology, borrowed terms, semantic change, translation, Russian, French

ВВЕДЕНИЕ

Психология и психоанализ развивались в условиях постоянного взаимодействия языков и интеллектуальных традиций. Их терминологический фонд складывался из античного наследия, прежде всего греческой и латинской лексики. Возникновение психоанализа и оформление его в самостоятельную научную отрасль связаны с именем Зигмунда Фрейда (Freud, 1895/1987, 1915), создавшего терминологический аппарат психоанализа, преимущественно на основе немецкого языка. Развитие психоанализа и возникновение новых, иногда конкурирующих теорий и школ значительно обогатили его терминосферу: наряду с единицами немецкого происхождения, появились термины из английского, французского и некоторых других языков. Одной из проблем перевода психоаналитических текстов является тот факт, что у подавляющего большинства терминов нет материального денотата, а лишь умозрительный теоретический концепт. Таким образом, при поиске эквивалента возникает необходимость в уточнениях, комментариях, интерпретациях, кропотливой работе по сверке определений и разграничении близких по смыслу или схожих по звучанию терминов. Формальное сходство и структурная близость сопоставляемых языков не всегда облегчают понимание и перевод. Напротив, некорректный перевод может быть с легкостью подхвачен рядом исследователей и внести терминологическую путаницу. Настоящее исследование посвящено анализу переводческих проблем и решений при работе с психоаналитической терминологией.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ ОСНОВА ИССЛЕДОВАНИЯ

Многие современные названия психологических и психоаналитических процессов и явлений восходят к древнегреческим (*психология, истерия, нарциссизм, психосоматика, эго* и т.д.) и латинским корням (*объект, ментальный, регрессия, сублимация* и т.д.) (Laplanche, Pontalis, 2007).

Ключевые понятия психоанализа вошли в другие языки через перевод с немецкого: *Unbewusste — бессознательное; Verdrängung — вытеснение; Gegenübertragung — контрперенос* и т.д. (Freud, 1915). С точки зрения перевода, английское *the unconscious* и французское *l'inconscient* также функционируют как существительные, обозначающие не просто отсутствие осознанности, а особую область психической жизни и принцип объяснения симптомов, сновидений и повторяющихся действий. В качестве примера некорректного, но очень широко употребляемого переводного эквивалента, рассмотрим сомнительный термин «подсознание»: из-за наличия приставки «под-» он может создавать образ некоего нижнего этажа психики. Для психоаналитического мышления это неверно: бессознательное не является набором забытых содержаний, расположенных «ниже» сознания; речь идёт о процессах, которые находятся за пределами сознания, то есть недоступны непосредственному осознанию, но продолжают оказывать влияние на жизнь, эмоции, суждения и т. д.

В англоязычной традиции Дональд Винникотт предложил понятие p*rimary maternal preoccupation — «первичная материнская озабоченность»* или, в более пояснительном варианте, *«первичная материнская вовлечённость»* (Winnicott, 1956). Французский эквивалент — *préoccupation maternelle primaire.* Русское слово «озабоченность» может ошибочно восприниматься как тревога или проблема; у Винникотта речь идёт о временном состоянии повышенной чувствительности матери к потребностям младенца в конце беременности и в первые недели после рождения. Пример показывает, что формально точный перевод иногда требует дополнительного комментария.

Французский термин *forclusion*, разработанный Жаком Лаканом (Lacan,1964) в связи с немецким *Verwerfung*, представляет собой заимствование из юридического языка. Во французском праве слово связано с утратой возможности совершить действие из-за истечения установленного срока; в лакановской теории оно обозначает особый механизм, который нельзя отождествлять с вытеснением *(refoulement)*. Русское *«форклюзия»* сохраняет специфику термина, тогда как «исключение из символического порядка» помогает пояснить его функцию, но не всегда может служить полным эквивалентом.

Настоящее исследование, объектом которого являются термины психоанализа в основном в русском и французском языках, заключается в поиске, анализе или создании эквивалента, по возможности свободного от более поздних искажений и неточностей. Терминологическая точность особенно важна там, где привычное слово начинает жить собственной жизнью за пределами профессионального дискурса.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Практический опыт перевода психоаналитических текстов с французского на русский язык позволил провести анализ терминосфер психоанализа в русском и французском языках, а именно: выделить корпус психоаналитических терминов, проследить их происхождение, выявить сходства и расхождения в объеме значения терминов в сопоставляемых языках, а также особенности их употребления. Предварительные итоги исследования отражены в ряде публикаций, в частности (Sokolova, 2019; Sokolova, Teterina, Khasanshina, 2024).

Нередки случаи, когда оригинальный термин не переводится, но воспроизводится в языке перевода, сохраняя чуждую для принимающего языка структуру, написание и звучание. Именно так произошло с термином *Hilflosigkeit,* предложенным Фрейдом (Freud, 1895/1987). На французский язык его обычно переводят как *«détresse»*, на русский язык — как *«отчаяние»*, однако ни один из этих терминов не передает в полной мере истинный смысл, заложенный Фрейдом: не имеющее равных по силе переживание отчаяния, тотального одиночества и абсолютной беспомощности, которые испытывает младенец первых недель и месяцев жизни. Согласно теории психоанализа, это ощущение хранится в бессознательном, и именно с ним вступают в резонанс переживания утрат и потерь в более взрослой жизни, что для некоторых пациентов становится непосильным испытанием. Когда речь идет именно об этом ощущении, переводчик не может ограничиться единичным эквивалентом, поэтому наряду с терминами «*détresse», «отчаяние»*, добавляет пояснение, чтобы у аудитории не осталось сомнений: то самое отчаяние, которое Фрейд называл *Hilflosigkeit.*

В некоторых случаях предполагаемая прозрачность термина может привести к значительным искажениям при переводе, как, например, в случае с синдромом *Мюнхгаузена Munchausen syndrome* — этот термин был предложен Ричардом Эшером (Asher, 1951) для обозначения психического расстройства, при котором человек сознательно преувеличивает или намеренно вызывает у себя различные симптомы. При переводе на французский язык «*syndrome de Münchhausen»*, как правило, не возникает особых затруднений, однако при переводе на русский язык многочисленные коннотативные ассоциации зачастую препятствуют адекватному пониманию, поскольку в русскоязычной культуре барон Мюнхгаузен, как правило, воспринимается весьма положительно и ассоциируется с добродушным фантазером и выдумщиком. Единожды допущенная в переводе неточность может стать препятствием для понимания развития этого термина у Джона Мани и Джун Фейт Верлвас (Money, Werlwas, 1976), а затем у Роя Медоу (Meadow, 1977): *Munchausen syndrome by proxy*, который во французском языке звучит довольно предсказуемо: *Syndrome de Münchhausen par procuration*, однако в русском языке *«синдром Мюнхгаузена по доверенности»* зачастую вызывает недоумение и требует пояснений.

Другой пример - термин британского психоаналитика Дональда Винникотта *holding* (Winnicott, 1960). Его нередко транслитерируют в русском языке как *«холдинг»*, а во французском языке заимствуют целиком, подвергая необходимой морфологический и фонетической ассимиляции *«le holding»* однако речь не только о физическом удерживании ребёнка на руках. Понятие включает более широкую среду поддержки: телесную и эмоциональную надёжность, предсказуемость ухода и защиту от чрезмерных переживаний, с которыми младенец ещё не может справиться самостоятельно. Транслитерация сохраняет связь с авторской терминологией, но без определения остаётся недостаточно информативной.

Значительная часть терминов переводится калькированием, при этом могут переводиться как отдельные морфемы, так и целые слова в составе терминов-словосочетаний. Другой термин Д. Винникотта - *good-enough mother* - обычно переводимый на русский как *«достаточно хорошая мать»*, а на французский — «*mère suffisamment bonne»*, не описывает идеальную мать и не задаёт нормативный стандарт совершенства. Напротив, подчёркивается, что достаточно надёжная и чувствительная забота, постепенно приспосабливающаяся к растущим возможностям ребёнка, может обеспечить условия для развития. Буквальный перевод здесь работает потому, что сохраняет намеренно небезупречный характер исходного выражения (Winnicott, 1956).

Франкоязычные авторы также внесли значительный вклад в развитие психоанализа. Ж. Лакан (Lacan, 1964), переосмысливая термин Фрейда *Nachträglichkeit,* ввел термин

après-coup как обозначение процесса, при котором более поздний опыт придаёт новое значение событию прошлого. Русские варианты *«последействие»* и *«ретроспективное переосмысление»* выделяют разные стороны понятия: первый подчёркивает воздействие позднейшего опыта, второй — изменение смысла прошлого. Ни один эквивалент не передаёт всей полноты концепта. Сходную трудность представляет *objet petit a — «объект малое а»*, одно из центральных понятий Лакана. Его часто оставляют во французской форме или сопровождают пояснением *«объект-причина желания».* Речь идёт не просто о конкретной вещи, которую субъект хочет получить, а о функции, поддерживающей само желание. Перевод *«объект-причина желания»* облегчает понимание, но может подменить термин интерпретацией; сохранение *objet petit a* удерживает связь с лакановским понятийным аппаратом, однако требует объяснения при первом употреблении.

Швейцарский психоаналитик Жан-Мишель Кинодо (Quinodoz, 1991) предложил термин *portance*, который на русский язык переводится как «*несущая способность»,* а иногда и просто транслиттерируется *«портанс»*. В обоих случаях необходимо пояснение, что под этим термином понимается состояние, при котором пациент в ходе терапии успешно усваивает способность аналитика «держать» или «нести» его. По аналогии с подъемной силой крыла самолета в воздухе, эта психическая опора позволяет человеку удерживать внутреннее равновесие.

Продолжая исследование французской терминологии психоанализа, нельзя не вспомнить термин *censure de l'amante,* предложенный французским психоаналитиком Мишелем Феном (Fain, 1971). На русский язык его можно передать как *«цензура возлюбленной»* или *«цензура любовницы»*. Буквальная калька выглядит непривычно и не раскрывает теоретического смысла без контекста. Понятие касается необходимости рассматривать женщину не только в материнской роли, но и в её отношениях с партнёром и собственным желанием; эта сторона отношений участвует в формировании психического пространства ребёнка. Здесь переводчик сталкивается не столько с отсутствием словарного эквивалента, сколько с необходимостью пояснить культурно и теоретически специфическую конструкцию.

Не претендуя на полноценное исследование турецкой терминологии, кратко отметим, что значительная часть рассматриваемых терминов, по-видимому, восходит к латинским и греческим корням и могла попасть в турецкий язык через французское посредничество: *anksiyete — anxiété, depresyon — dépression, kompulsiyon — compulsion, somatizasyon — somatisation, fobi — phobie, histeri — hystérie, sublimasyon — sublimation и т. д.* Наше предположение дает возможность объяснить написание турецких терминов, очень точно передающих французское произношение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый анализ показывает, что терминология психологии и психоанализа формировалась в результате взаимодействия различных языков и научных традиций. При переходе из одного языка в другой термины могут подвергаться семантической ассимиляции, приобретать дополнительные коннотации и частично изменять исходный объём значения.

Сопоставление русской и французской терминологии выявило ряд типичных переводческих трудностей: формальное сходство не всегда гарантирует смыслового соответствия, а буквальный перевод, калькирование или транслитерация не обязательно обеспечивают точную передачу теоретического содержания. Примеры *Hilflosigkeit, holding, forclusion и après-coup* демонстрируют, что переводчик должен

учитывать не только языковую форму термина, но и его концептуальное содержание, историю формирования и место в определённой теоретической системе.
Таким образом, перевод психологических и психоаналитических текстов предполагает критическую оценку существующих эквивалентов и выбор переводческого решения с учётом контекста. При необходимости сохранение оригинального термина и его пояснение оказываются предпочтительнее формально точного, но семантически неточного соответствия. Дальнейшее исследование путей распространения терминологии и особенностей её адаптации в разных языках позволит повысить точность перевода и способствовать более последовательному употреблению терминов в научном и профессиональном дискурсе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Asher, R. (1951). Munchausen's syndrome. The Lancet, 1(6650), 339–341. Erişim adresi: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(51)92313-6. Son Erişim 15 Ekim 2026.
Fain, M. (1971). Prélude à la vie fantasmatique. Revue française de psychanalyse, 35(2–3), 291–364.

Freud, S. (1895/1987). Entwurf einer Psychologie. In A. Richards & I. Grubrich-Simitis (Hrsg.), Gesammelte Werke. Nachtragsband (S. 387–477). Frankfurt am Main: S. Fischer.

Freud, S. (1915). Das Unbewusste. Internationale Zeitschrift für ärztliche Psychoanalyse, 3(4), 189–203. Erişim adresi: https://www.textlog.de/freud/abhandlungen/das-unbewusste. Son Erişim 15 Ekim 2026.

Lacan, J. (1964). Le Séminaire, livre XI: Les quatre concepts fondamentaux de la psychanalyse. Paris: Seuil.

Laplanche, J., & Pontalis, J.-B. (2007). Vocabulaire de la psychanalyse (D. Lagache, dir.). Presses Universitaires de France.

Meadow, R. (1977). Munchausen syndrome by proxy. The hinterland of child abuse. The Lancet, 2(8033), 343–345. Erişim adresi: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(77)91497-0. Son Erişim 15 Ekim 2026.

Money, J., & Werlwas, J. (1976). Folie à deux in the parents of psychosocial dwarfs: Two cases. Bulletin of the American Academy of Psychiatry and the Law, 4(4), 351–362. Erişim adresi: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1028417/. Son Erişim 15 Ekim 2026.
Quinodoz, J.-M. (1991). La solitude apprivoisée: L'angoisse de séparation en psychanalyse. Préface d'Hanna Segal. Paris: Presses Universitaires de France (PUF), coll. « Quadrige ». ISBN 978-2-13-058354-7.

Sokolova, O. L. (2019). Межкультурный конфликт в переводе на материале психологического дискурса. In Современные подходы к повышению качества сервиса в индустрии туризма и гостеприимства в условиях межкультурной коммуникации: материалы IX Международной научно-практической конференции (с. 181–183).

Sokolova, O. L., Teterina, I. M., & Khasanshina, G. V. (2024). Заимствования в научном психоаналитическом дискурсе как переводческая проблема (на материале русского и

французского языков). In Актуальные вопросы лингвистики, межкультурной коммуникации и методики преподавания иностранных языков в вузе: материалы VII Международной научно-практической конференции (с. 331–336). Екатеринбург. Erişim adresi: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67884873.

Winnicott, D. W. (1956). Primary maternal preoccupation. In Through Paediatrics to Psycho-Analysis (pp. 300–305). London: Hogarth Press.

Winnicott, D. W. (1960). The theory of the parent-infant relationship. The International Journal of Psycho-Analysis, 41, 585–595. Erişim adresi: https://tcf-website-media-library.s3.eu-west-2.amazonaws.com/wp-content/uploads/2021/09/21095241/Winnicott-D.-1960.-The-Theory-of-the-Parent-Infant-Relationship.-International-Journal-of-Psycho-Analysis.-411.-pp.585-595-1.pdf. Son Erişim 15 Ekim 2026.

HOW HAS NIGERIAN ECONOMY GONE THROUGH DYNAMICS SINCE INDEPENDENCE IN 1960

OLONIYO ADESUNLOYE
FEDERAL UNIVERSITY OF EDUCATION PANKSHIN, PLATEAU STATE, NIGERIA.
DEPARTMENT OF HISTORY
https://orcid.org/0009-0001-6920-041X
RICHARD PONZING FREEMAN
FEDERAL UNIVERSITY OF EDUCATION PANKSHIN, PLATEAU STATE, NIGERIA.
DEPARTMENT OF HISTORY

ABSTRACT
This study examines the dynamics of the Nigerian economy from independence in 1960 to the present. At independence, the Nigerian economy was primarily agrarian, with agriculture contributing over 60% of Gross Domestic Product (GDP) and providing the bulk of export earnings and employment through cash crops such as cocoa, groundnuts, palm oil and rubber.The discovery of crude oil in commercial quantity at Oloibiri in 1956 and the oil boom of the 1970s fundamentally altered the structure of the economy. The study traces how oil became dominant, accounting for over 80% of government revenue and over 90% of foreign exchange earnings, leading to neglect of agriculture and manufacturing. It analyses the effects of the Structural Adjustment Programme (SAP) of 1986, which introduced market liberalization, currency devaluation and privatization in response to fiscal crisis, debt burden and oil price collapse.The paper further explores post-1999 democratic era reforms, including banking consolidation, telecoms liberalization, debt relief in 2005, and recent efforts at economic diversification. It evaluates recurring challenges: mono-product dependency, exchange rate volatility, inflation, unemployment, infrastructure deficit, corruption, and external debt sustainability.Using secondary data from the Central Bank of Nigeria, National Bureau of Statistics and World Bank, the study adopts a descriptive historical approach. Findings show that while Nigeria has experienced periods of rapid growth, the economy remains vulnerable to external oil shocks and has struggled to achieve structural transformation. The study concludes that sustainable growth requires diversification into agriculture, manufacturing and services, human capital development, and institutional reforms.
Key words: Economic Dynamics, Oil Dependency, Structural Adjustment Programme (SAP), Diversification.

INTRODUCTION
On 1 October 1960, Nigeria gained political independence with an economy built on agriculture. Groundnuts from the North, cocoa from the West, and palm oil from the East funded development and gave Nigeria the nickname “the giant of Africa.”[1] Sixty-six years later, the economy is the largest in Africa by GDP, yet faces inflation, unemployment, and poverty. This paper asks: How has Nigeria’s economy gone through dynamics since 1960? Using economic history and development theory, I trace six phases of change. I argue that Nigeria’s economy has been defined by three dynamics:(1) a shift from agriculture to oil dependence, (2) cycles of boom and bust tied to global oil prices, and (3) repeated policy reforms that failed to solve structural problems. Understanding this history is key to designing policies for sustainable growth beyond oil.

Economic history is still more or less a largely unexplored terrain of Nigerian history. This is not withstanding the progress made in this field since 1970s. Agriculture was by far the most pervasive of the economic pursuits of Nigeria in the 19th and 20th century. It embraced three broad production types: crop production (food crops and non-food crops), animal rearing, and hunting, fishing and gathering.[2] Reports of foreign explorers and visitors to Nigeria in the 19th and early 20th centuries attested to the pervasiveness of agriculture and the commitment of the people to it. But the era of oil boom in the 1970s pushed Nigeria off the track and shifted attention from agriculture which formed the bedrock of the economy to oil which eventually led to the beginning of economic downturn.

From the historical perspective, with special regards to political economic control, in Nigeria, the 20th century divides into two: The colonial and the post-colonial periods. During the former, the British government excercised total control over the economy, and dictated the way and manner the economy and the administration were run. In the latter period, Nigerians regaining political and economic control of their country from Britain.[3] The independence that would have giving Nigeria edge and total control her economy was messed up by the greed of her leaders through over reliance on oil which later gave rise to inflation

1960-1970: AGRICULTURE-LED GROWTH AND POST-INDEPENDENCE OPTIMISM

At independence, agriculture contributed 63% of GDP and employed 70% of the labour force (Central Bank of Nigeria 18). Nigeria was the world's largest exporter of groundnuts and palm kernels, and second largest in cocoa.[4] Government revenue came from commodity marketing boards that stabilized prices and funded schools and roads. The First National Development Plan 1962-1968 focused on import substitution and rural infrastructure. GDP growth averaged 4.8% annually between 1960-1965.[5] This period showed that a non-oil economy could generate wealth. However, the Nigerian Civil War 1967-1970 disrupted farming and shifted government focus to post-war reconstruction. The war also revealed that oil in the Niger Delta could fund rebuilding faster than agriculture. Key dynamic: Economic base was diversified and regionally balanced, but political instability ended the agricultural era.

It should be recalled that Nigeria operated fiscal federalism. Each region kept 50% of resources revenue. Marketing boards used cocoa groundnut surplus to build Cocoa House in 1965, University of Ife, and free primary education. The GDP per capital was $95 in 1960 compared to $88 in 1980. This means Nigerians were richer than at oil peak.[6]

Table 1. Regional GDP Contribution 1965 versus 2024

Region	Main Crop 1965	Percentage (%) of National GDP 1965	Main Sector 2024	Percentage (%) of National GDP 2024
North	Groundnuts	28%	Service/ Trade	25%
West	Cocoa	25%	Service/Technology	32%
East	Palm oil	22%	Manufacturing/Oil	20%
Niger-Delta	None	3%	Crude Oil/Gas	15%

Source: CBN 1966; NBS GDP by Region 2024 Analysis:1965 economy was regionally balanced. 2024 economy is Lagos and oil states dominated which eventually made federalism collapsed with oil.

1970-1980: THE OIL BOOM, DUTCH DISEASE, AND STATE CAPITALISM

Oil changed everything. Oil was discovered in Oloibiri in 1956, but it became dominant after the war. By 1974, oil accounted for 93% of export earnings and 80% of government revenue.[7] Oil prices jumped from $3 per barrel in 1973 to $37 in 1980 after the OPEC embargo. Nigeria's GDP grew 6.5% annually and the country joined OPEC in 1971.This period created "Dutch

Disease": oil revenue made the naira strong, so imported goods became cheaper than local farm products. Farmers abandoned land and moved to cities. Government abandoned agriculture because "oil money was easier".[8] The Second and Third National Development Plans 1970-1980 focused on big projects: steel mills, refineries, and universities. But oil also brought corruption and waste. The 1970s phrase "money was not our problem, but how to spend it" showed poor planning. When oil prices fell slightly in 1978, Nigeria already had budget deficits. Key dynamics shows that the economy shifted from agriculture to mono-product oil dependence, creating wealth but destroying diversification.

Table 2. Oil Revenue versus Agriculture Revenue, 1970-1980

Year	Oil Revenue # Billion	Percentage (%) of government Revenue	Agriculture Revenue # Billion	Percentage (%) of Government Revenue
1970	0.5	25%	1.2	60%
1974	4.4	80%	0.7	13%
1980	12.2	93%	0.4	3%

Source: CBN Statistical Bulletin 1981 Analysis: Oil replaced agriculture as government main income in 10 years. But when oil fell in 1981, budget collapsed.

1980-1999: OIL BUST, SAP, AND LONG RECESSION

Oil prices collapsed from $37 in 1980 to $10 in 1986. Nigeria's foreign exchange earnings fell 70% and GDP growth turned negative -1.8% in 1987. The economy entered recession. Military governments borrowed heavily and by 1985 external debt was $19 billion. In 1986, General Babangida introduced the Structural Adjustment Program SAP under IMF/World Bank pressure. SAP policies included naira devaluation, removal of subsidies, and privatization. The goal was to diversify and reduce state control. Short-term effects were painful: inflation rose to 50% in 1989, and poverty increased. Long-term gains were mixed. SAP reduced oil's share of GDP slightly, but manufacturing never replaced it because of poor power and corruption. Politically, 1980-1999 was unstable: 5 military coups and cancelled elections in 1993. Investors avoided Nigeria. By 1999, GDP per capita was lower than in 1970.[9] Key dynamics here is that Oil bust exposed the danger of mono-economy. SAP tried reform but weak institutions blocked results.

Table 3. Impact of SAP 1986-1993

Indicator	1985 pre- SAP	1993 Post-SAP	Change
Exchange Rate #/$	1.00	22.05	Devalued 2100%
Inflation Rate	7.4%	57.2%	+49.8 points
External Debt/$ Billion	18.6	28.3	+52%
GDP Growth	9.5%	21%	-7.4 points

Source: World Bank WDI 1994; Adamu 156 Analysis: SAP solved Forex crisis but destroyed purchasing power. Weak institutions blocked real diversification.

1999-2014: DEMOCRACY, OIL WINDFALL, AND 6% GROWTH

The return to democracy in 1999 brought economic stability. President Obasanjo 1999-2007 paid off $30 billion of Paris Club debt in 2005 and created the Excess Crude Account to save oil money. Oil prices rose again from $20 in 2002 to $147 in 2008. GDP growth averaged 6.1% from 2000-2014, one of the fastest in Africa. The banking sector was reformed in 2005, telecoms were deregulated in 2001, and GSM changed communication. Nigeria became Africa's largest economy after GDP rebasing in 2014, with GDP at $510 billion. But the old

problem remained as oil was still 95% of exports and 70% of revenue.[10] Poverty rate stayed at 62% in 2010 because growth did not create jobs. Manufacturing was only 9% of GDP. This period was "growth without development." The key dynamics shows Democracy with high oil prices that brought GDP growth, but structure did not change. Economy remained vulnerable to oil shocks.

Table 4. Job creation versus GDP Growth 2000-2014

Sector	Average GDP Growth 2000-2014	Jobs Created per $1m Investment
Oil & Gas	2.1%	5 Jobs
Telecoms	34%	15 Jobs
Manufacturing	4.2%	80 Jobs
Agriculture	7.0%	120 Jobs

Source: NBS Sectoral Report 2014 Analysis: Fastest sectors created fewest jobs. Slow sectors create most jobs. Policy mismatch caused youth unemployment.

2014-2020: OIL CRASH, RECESSION, AND DIVERSIFICATION TALK

Oil prices fell from $110 in 2014 to $26 in 2016 due to shale oil and global oversupply. Nigeria entered recession in 2016 with -1.6% GDP growth. Naira was devalued twice. Foreign exchange scarcity hit businesses and inflation reached 18.6% in 2016. President Buhari's government 2015-2023 focused on "diversification" and "Economic Recovery and Growth Plan 2017-2020." Agriculture revived slightly: rice production rose as import bans reduced smuggling. The Anchor Borrowers Program gave loans to farmers. Non-oil sector contribution to GDP rose from 91% in 2015 to 93% in 2019, but this was mostly services, not manufacturing. COVID-19 in 2020 caused another recession: GDP fell -1.9% as oil demand collapsed and lockdowns shut markets (World Bank). Unemployment rose to 33% in 2020.[11] The lesson was clear: without strong non-oil sectors, every oil crash becomes a national crisis. The major dynamics are two recessions in 5 years proved that diversification talk had not become diversification reality.

Table 5. Fiscal Buffers Before Oil Crash: Nigeria compared with Saudi Arabia

Country	Oil Saving 2014	Oil Saving 2020	Months of Import Cover 2020
Saudi Arabia	$732bn/$500bn	38 months	
Nigeria	$20bn/$0.035bn	3.2 months	

Source: IMF WEO 2020; CBN 2020 Analysis: No savings means every oil and it prompt instant crisis

2020-2026: POST-COVID RECOVERY, SUBSIDY REMOVAL, AND NEW CHALLENGES

From 2021-2024, GDP growth recovered slowly: 3.6% in 2021, 3.3% in 2022, 2.9% in 2023.[12] Oil production fell due to theft and pipeline vandalism, so government relied more on non-oil tax. The Dangote Refinery, completed in 2024, aims to end fuel importation and save forex. The biggest reform came in May 2023 when President Tinubu removed fuel subsidy. Petrol price rose from ₦185 to over ₦900 per liter. Government argued subsidy removal would free ₦4 trillion yearly for infrastructure. Short-term effects: inflation hit 34% in June 2024 and cost of living increased sharply. Long-term effects are still unfolding. Other dynamics 2020-2026 include; digital economy growth through fintech like Flutterwave, AfCFTA trade starting in 2021 and climate change affecting agriculture in the North. Nigeria's GDP was $252 billion in 2024, but per capita income remained around $1,200, below 1960s oil-boom levels in real

terms.[13] Key dynamic: Current economy is recovering but still faces oil dependence, inflation, and weak purchasing power. Reforms are bold but painful.

Table 6. Key Economic Indicators, 2020 versus 2026 Projection

Indicator	2020 COVID year	2026 January Projection	Change
GDP/$ Billion	432	380	-12% Naira effect
GDP # Trillion	154	580	+276%
Inflation Rate	13.2%	28.5%	+15.3 points
Oil Production bpd	1.7 million	1.6 million	-6%
Poverty Rate	40%	37%	-3 points
Minimum wage	#30,000	#70,000	+133%

Source: NBS; IMF WEO April 2026; Federal Budget 2026

KEY PATTERNS AND LESSONS FROM 1960-2026

Four dynamics explain Nigeria's economic history:

Commodity Dependence Cycle: Agriculture 1960s to Oil in 1970s till now. Each time a commodity booms, others collapse. This is "resource curse" theory: natural wealth leads to weak institutions.

Boom-Bust Oil Cycle: Every oil price spike 1973, 2008, 2022 brings growth. Every crash 1986, 2016, 2020 brings recession. GDP growth correlates 0.8 with oil price.

Policy Reform Without Institutions: SAP, NEEDS, ERGP, and current reforms all had good goals. But corruption, poor power supply, and insecurity blocked implementation. Policy fails without institutions.

Population versus Production: Population grew from 45 million in 1960 to 230 million in 2024. But GDP per capita is lower today than in 1980. More people, but less wealth per person. This is Nigeria's biggest challenge.[14]

CONCLUSION

Since 1960, Nigeria's economy has gone through sharp dynamics: from agriculture to oil, from boom to bust, from military rule to democracy. The data show that oil gave Nigeria quick money but created long-term dependence. Each crisis that occurs such as war, oil crash, COVID, forced reforms, but the structure stayed the same. The future depends on breaking the cycle. An agrarian economy is an essentially an economy which is dependent on the cultivation of soil and the rearing of animals either for consumption or for commercial purpose.[15] Nigeria economic history from 1960 to 2026 reveals a tragic paradox that shows a dominant pattern repeating across six phases of commodity recovery, revenue boom, price crash, weak institutions, crisis reform and return to dependence.

Agriculture funded independence in 1960, oil funded consumption in 1975, and subsidy removal funded budget repair in 2024.Yet GDP per capital remains below 1980 levels, in real terms, poverty still affect 37% of 235 million people, and manufacturing contributes only 13% of GDP. On this note, it could be said that money alone did not create development because Nigeria treated oil as income to spend and not to invest.

It could also be said that four structural failures can best explain the Nigeria 66 years cycle. That is, Nigeria must realise that oil is wealth and not development, reforms collapse without infrastructure and security, population should be manage with proper engagement and return to fiscal federalism that will help states to grow without depending on the federal allocation.

References

1.Adamu, Ahmed. *The Structure of the Nigerian Economy*. Heinemann Educational Books, (2010), 132
2.Onwuka, Njoku. Economic History of Nigeria 19th and 20th Centuries. Enugun, Magnet Business Enterprises (2001), 9
3.Larry Diamond, *Class, Ethnicity and Democracy in Nigeria: The Failure of the First Republic* (London, Macmillan, 1988):132
4.Adeyemi, Sola. *Nigeria's Economy: From Independence to Present*. University Press, (2018), 15
5.Akinlo, A.E. "Oil Dependence and Economic Development in Nigeria." *Journal of African Economies, vol. 21, no. 1, 2012, pp. 109-133.*
6.Central Bank of Nigeria. Annual Report and Financial Statements. CBN, 1960-2024.
7.Federal Ministry of Finance. Budget Office Report on Subsidy Removal. FMoF, 2023.
8.National Bureau of Statistics. Nigeria Gross Domestic Product Report. NBS, 2010-2024.
9.Oyejide, T. Ademola. *Nigeria's Economic Development: The First 25 Years*. Ibadan UP, (1985),122-123
10. United Nations. World Population Prospects 2024. UN Department of Economic Affairs, 2024.
11.World Bank. World Development Indicators Database. World Bank, 1960-2024.
12. S.O Osoba, Corruption in Nigeria: Historical Perspectives, *Review of Africa Political Economy 23, no.68 (1996):372*
13. Frances Stewart, Education, Inequality, and Development", *Journal of Development Studies 41, no.4(2005):37*
14. Olaitan Eunice and Ifeyinwa Arum, "Leadership Recklessness and Resource Wastefulness: Reflections on Two Decades of Democracy in Nigeria," *Kashere Journal of Politics and International Relations 3, no.2(2025):187*
15. Anthony Danladi Ali, *Success in Economic History,* (Makurdi, Gwatex Publishers:2022), 4

KOCAELİ D-130 KORİDORUNUN VISSIM WİEDEMANN 99 PARAMETRELERİYLE 2025-2035 İŞLETME PERFORMANSI ANALİZİ
OPERATIONAL PERFORMANCE ANALYSIS OF THE KOCAELI D-130 CORRIDOR FOR 2025-2035 USING VISSIM WIEDEMANN 99 PARAMETERS

Ömer Faruk AYABAKAN
Yüksek Lisans Öğrencisi, Gebze Teknik Üniversitesi Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü, Akıllı Şehir ve Ulaşım Teknolojileri Yüksek Lisans Programı
ORCID 0009-0004-2737-1474
Doç. Dr. Göker AKSOY
Gebze Teknik Üniversitesi Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü
ORCID 0000-0003-4592-7048

ÖZET
Bu çalışmada, Kocaeli ili, Başiskele ilçesindeki D-130 koridorunda yer alan yol ağının 2025 mevcut ve 2030 ile 2035 yıllarındaki trafik talep senaryoları altında işletme performansı PTV Vissim trafik mikrosimülasyon yazılımıyla incelenmiştir. Çalışma alanı, Karşıyaka Kavşağı ile Kocaeli İl Emniyet Genel Müdürlüğü binası arasında yer almaktadır. Koridorun uzunluğu yaklaşık 4,2 km olup Karşıyaka, Başiskele Belediyesi ve Yuvacık Kavşaklarını içermektedir. Zirve saatte yapılan analizler için trafik talebinin bulunmasında Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) işletme sorumluluğundaki 130-01 kontrol kesim numaralı yolundaki 1. numaralı trafik diliminin trafik hacim verileri kullanılmıştır. Bu kesimde iki yönde, 2025 yılı için toplam yıllık ortalama günlük trafik (YOGT) 83.126 taşıt/gün olarak verilmektedir. YOGT, KGM'nin Devlet Yolları Trafik Akımı Özellikleri ve Trafik Parametreleri kaynağından yayınlanan K = 0,084 ve D = 0,562 katsayılarıyla saatlik ve yön bazlı zirve saat talepleri hesaplanmıştır. Çalışma alanında, 2013-2025 yılları arasındaki dönemin yıllık %4,12 bileşik büyüme oranı dikkate alınarak 2030 ve 2035 yıllarındaki trafik talep senaryoları oluşturulmuştur. Taşıt takip davranışı Wiedemann 99 modeliyle temsil edilmiş, drone görüntüleri taşıt türleri, şerit kullanımı ve yaklaşık hız dağılımları girdilerinin belirlenmesi amacıyla analiz edilmiştir. Her senaryo trafik mikro simülasyon yazılımı ile beş kez 7.200 saniye çalıştırılmış, ilk 300 saniye ısınma periyodu olarak değerlendirme dışında tutulmuştur. Model sonuçlarının ortalamasına göre yol ağı hızları 2025, 2030 ve 2035 yılları için sırasıyla 53,23, 41,59 ve 32,45 km/sa olarak tespit edilmiştir. Taşıt başına ortalama gecikme 57,1, 118,3 ve 189,5 saniye olarak tespit edilmiştir. 2035 yılı senaryosunda Yuvacık Kavşağı gecikmesi 40,0 saniye/taşıta, Karşıyaka ve Başiskele Belediyesi kavşaklarının ortalama kuyrukları sırasıyla 57,12 ve 54,39 metreye olarak belirlenmiştir. Koridordaki taşıt yolculuk süresilerine bakıldığında, İzmit yönünde 4,79 dakikadan 8,25 dakikaya, Başiskele yönünde 4,30 dakikadan 7,84 dakikaya yükselmiştir. Sonuçlar, kabul edilen projeksiyon talepleri altında yol ağının 2035 yılı işletme performansının düştüğü gözlenmektedir. Bulgular yol ağının yıllar arası karşılaştırmasını içermektedir.
Anahtar Kelimeler: D-130 koridoru, Yuvacık Kavşağı, Wiedemann 99 parametreleri, trafik mikrosimülasyonu, trafik talep projeksiyonu

ABSTRACT
In this study, the operational performance of the road network located along the D-130 corridor in the Başiskele district of Kocaeli Province was examined using PTV Vissim traffic microsimulation software under traffic demand scenarios for 2025 (current conditions) and for the years 2030 and 2035. The study area is located between the Karşıyaka Intersection and the Kocaeli Provincial Police Headquarters building. The corridor is approximately 4.2 km long and includes the Karşıyaka, Başiskele Municipality, and Yuvacık Interchanges. To determine traffic demand for peak-hour analyses, traffic volume data from Traffic Segment No. 1 on Road

No. 130-01-which falls under the operational responsibility of the General Directorate of Highways (GDH) was used. In this section, the total annual average daily traffic (AADT) for 2025 is reported as 83,126 vehicles/day in both directions. Using the AADT, hourly and direction-based peak-hour demands were calculated using the coefficients K = 0.084 and D = 0.562 published by the GHD in its "State Highway Traffic Flow Characteristics and Traffic Parameters" source. Within the study area, traffic demand scenarios for the years 2030 and 2035 were developed by taking into account a compound annual growth rate of 4.12% for the period between 2013 and 2025. Vehicle following behavior was modeled using the Wiedemann 99 model, and drone imagery was analyzed to determine inputs such as vehicle types, lane usage, and approximate speed distributions. Each scenario was run five times for 7,200 seconds using traffic microsimulation software, the first 300 seconds were excluded from the analysis as a warm-up period. Based on the average of the model results, road network speeds for the years 2025, 2030, and 2035 were determined to be 53.23, 41.59, and 32.45 km/h, respectively. The average delay per vehicle was determined to be 57.1, 118.3, and 189.5 seconds. In the 2035 scenario, the delay at the Yuvacık Intersection was determined to be 40.0 seconds per vehicle, while the average queue lengths at the Karşıyaka and Başiskele Municipality intersections were determined to be 57.12 and 54.39 meters, respectively. Looking at vehicle travel times along the corridor, travel time in the direction of İzmit increased from 4.79 minutes to 8.25 minutes, and in the direction of Başiskele, it increased from 4.30 minutes to 7.84 minutes. The results indicate that the road network's operational performance in 2035 has declined under the accepted demand projections. The findings include a year-over-year comparison of the road network.

Keywords: D-130 corridor, Yuvacık Junction, Wiedemann 99 parameters, traffic microsimulation, traffic projection request

GİRİŞ

D-130 Devlet Karayolu koridorunda ana yol ve yan yol bağlantı akımlarının birleşmesi, yol düzenlemelerinin koridor genelinde değerlendirilmesini gerektirmektedir. Kavşaklardaki taşıt gecikmeleri, bağlantı yollarındaki kuyruklanma ve yakın kavşakların işletme koşullarıyla birlikte değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle yol ağının farklı trafik talep düzeylerindeki performansı, ortalama ağ hızı, taşıt gecikmesi, kavşaklardaki kuyruk uzunlukları ve koridor bazındaki yolculuk süreleri birlikte incelenmiştir.

Çalışma alanını içeren Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) verilerinde yıllık ortalama günlük trafik (YOGT), 2013 yılında 51.226 taşıt/gün iken 2025 yılında ise 83.126 taşıt/güne çıkmıştır. Bu fark, yol ağının baz alınan yıl talebiyle değerlendirilmesinin uzun dönem işletme koşullarını karşılamakta sınırlı kalabileceğini göstermektedir. Projeksiyon yıl senaryoları, mevcut büyüme eğiliminin sürmesi durumunda yol ağındaki durumunu incelemek için kullanılmıştır. Bu senaryoların amacı, gerçekleşecek trafik hacmini kesin olarak bildirmekten ziyade, girilen talep koşullarının sonuçlarını karşılaştırıp değerlendirmektir.

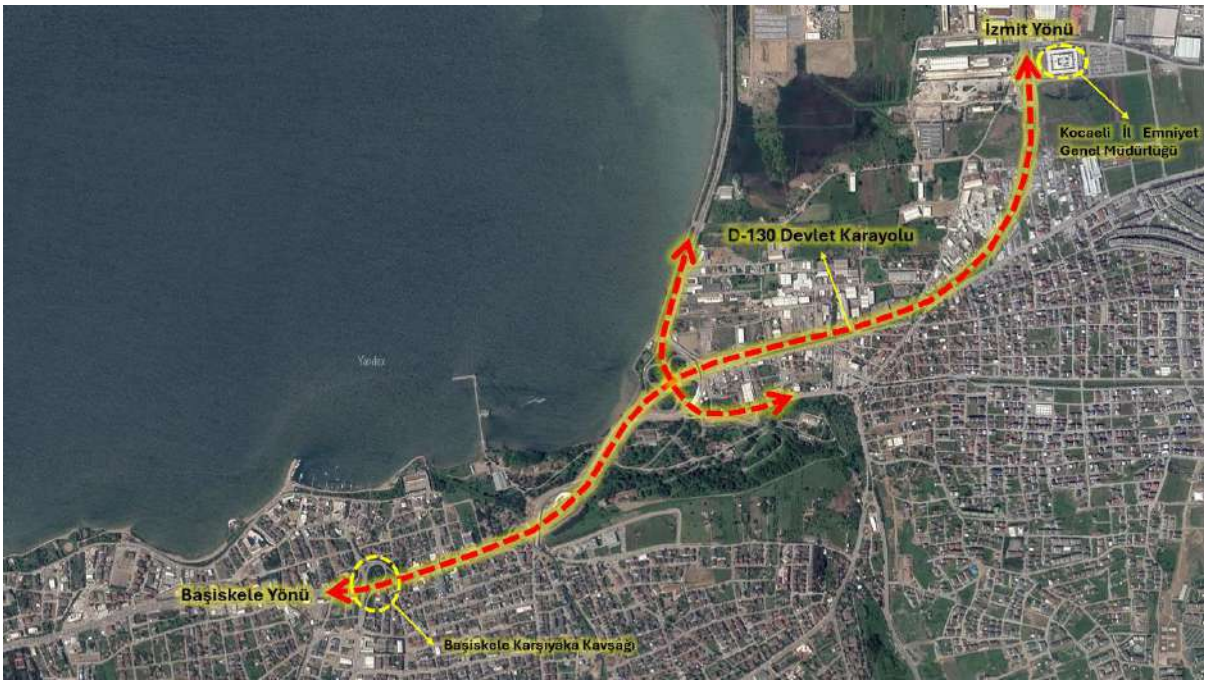
Trafik mikrosimülasyon yazılımı, sürücü davranışları kaynaklı taşıtların hareketlerini ve etkileşimlerini ayrıntılı olarak temsil ederek farklı yol ağı ve trafik talep koşullarının değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bununla birlikte model sonuçları, trafik talebinin, yol geometrisinin, sürücü davranışının ve değerlendirme aralığının nasıl tanımlandığına bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. FHWA rehberi, model kurulumunun hata denetimi, saha verileriyle kalibrasyon ve alternatiflerin tutarlı deney koşullarında değerlendirilmesiyle birlikte yürütülmesini önermektedir (Wunderlich vd., 2019). Wiedemann 99 parametrelerinin yörünge verileriyle incelendiği çalışmalarda da benzer toplulaştırılmış çıktıları üreten farklı parametre kümelerinin bulunabileceği gösterilmiştir (Chaudhari vd., 2022). Bu durum, mikrosimülasyon ortamında trafik hacmini yeniden üretmenin tek başına sürücü davranışını temsil ettiği anlamına gelmediğini ortaya çıkarmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, D-130 koridorundaki yol ağının 2025 yılı mevcut talebi ile 2030 ve 2035 projeksiyon senaryolarında ortaya çıkan performans değişimini karşılaştırmaktadır. Yol ağının üç farklı yıl için tanımlanan senaryolarında hesaplanan ağ, kavşak ve koridor göstergeleri analiz edilmiştir. Çalışma, Yuvacık Kavşağı odaklı değerlendirmenin Karşıyaka ve Başiskele Belediyesi kavşaklarıyla bağlantılı olduğu için birlikte ele alınmıştır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Çalışma alanı ve veri kaynakları

Çalışma alanı, Kocaeli ili, Başiskele İlçesinde D-130 Devlet Yolu üzerinde, Karşıyaka Kavşağı ile Kocaeli İl Emniyet Genel Müdürlüğü binası arasında uzanan yaklaşık 4,2 km uzunluğundaki koridoru kapsamaktadır. Model, koridor boyunca ana yolun iki yönünü, kavşak bağlantılarını, yan yolları ve ilgili bağlantı giriş çıkışlarına yer vermektedir. Karşıyaka, Başiskele Belediyesi ve Yuvacık Kavşakları, değerlendirmede ayrı düğümler (node) olarak ele alınmıştır. Koridorun konumu, kavşak noktaları ve yönleri Şekil 1'de belirtilmiştir.



Şekil 1. D-130 çalışma koridoru, (Kaynak: Yandex Haritalar)

Bölgesel trafik talebin veri kaynağı, KGM trafik hacim haritalarında yer alan 130-01 kontrol kesim numaralı yolun 1 numaralı trafik diliminden alınmıştır. Bu kesime yönelik YOGT, iki yönde bulunan günlük trafik toplamını ifade etmektedir. KGM hacmi bir referans kesimdeki akımı, modelde kullanılan hacim toplamı ise bütün dış bağlantılardan gelen akımları temsil ettiğinden, yayımlanan hacim bütün model hacimleri toplamı olarak kullanılmamıştır. Günlük hacimden hesaplanan referans kesit talebi, yerel bağlantılar, güzergah dağılımları ve taşıt türleriyle birlikte model girişlerine tanımlanmıştır.

Drone kayıtları taşıt türlerine göre sürücü davranışlarının, şerit kullanımının ve yaklaşık hız dağılımlarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Geometriye bağlı dönüş hızları, anayol ve yanyol yollardaki taşıt hız dağılımları, toplu taşıma hatları ve duraklar da yol ağında modele tanımlanmıştır. Drone çekiminden analiz edilen saha gözlemleri modelin davranış kabullerini destekleyen veri amacı taşımaktadır.

Trafik talebinin oluşturulması

Çalışma kapsamında, 2025 baz yılı için YOGT 83.126 taşıt/gün olarak ilgili kesim için kullanılmıştır. Günlük trafik hacminden zirve saat talebinin hesaplanmasında günlük trafiğin zirve saat yüzdesini gösteren K faktörü K = 0,084, talebin yüksek olduğu yöndeki payının

belirlenmesinde yönsel dağılım parametresi olarak D = 0,562 katsayısı kullanılmıştır. Katsayılar, KGM'nin 2009 tarihli Devlet Yolları Trafik Akımı Özellikleri ve Trafik Parametreleri yayınındaki 2008 Gölcük-İzmit ölçümlerinden alınmıştır (KGM, 2009). Burada belirtilen K, yılın 30. en yüksek zirve saatindeki hacminin YOGT'ye oranını, D ise bu zirve saatteki talebin yüksek olduğu yöndeki payı göstermektedir. Bu katsayıları bütün senaryolarda sabit tutulmuştur.

Zirve saat zaman dilimindeki iki yön toplam talebi Q = YOGT × K bağıntısıyla, yönsel talepler ise Q × D ve Q × (1 − D) şeklinde hesaplanmıştır. Buna göre 2025 yılı referans kesiminde iki yönün toplam zirve saat hacmi 6.982,6 taşıt/sa, talebin yüksek olduğu yöndeki hacim 3.924,2 taşıt/sa ve karşı yönün 3.058,4 taşıt/sa bulunmuştur. KGM taşıt türlerinin modeldeki karşılıkları temel alınarak otomobil payı %84,52, ağır taşıt payı %8,60, hafif ticari taşıt payı %6,14 ve otobüs payı %0,74 olarak simülasyona girilmiştir.

Gelecek trafik talebinin bulunması için 2013 ve 2025 YOGT değerlerinden elde edilen bileşik yıllık artış oranı kullanılmıştır. Oranın bulunması için $r = (83.126 / 51.226)^{1/12} - 1$ bağıntısıyla kullanılmış, 0,041167 yaklaşık %4,12 olarak hesaplanmıştır. Hedef yıl talebi ise $YOGT(y) = 83.126 \times (1 + r)^{y - 2025}$ formülüyle bulunmuştur. Böylece 2030 yılı için 1,2235, 2035 için 1,4969 talep çarpanları ortaya çıkmıştır. Elde edilen değerler Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Baz yıl ve gelecek yıl senaryolarının referans kesit talepleri

Göstergeler	2025 Yılı	2030 Yılı	2035 Yılı
Talep çarpanı	1,0000	1,2235	1,4969
YOGT (taşıt/gün)	83.126	101.704	124.435
İki yön saatlik talep (taşıt/sa)	6.982,6	8.543,2	10.452,5
Yoğun yön talebi (taşıt/sa)	3.924,2	4.801,3	5.874,3
Karşı yön talebi (taşıt/sa)	3.058,4	3.741,9	4.578,2

Çalışmada, 2025 yılı senaryosunda yol ağının katılım ve yerel yollarla beraber 15 hacim girişine tanımlanan zirve saatlik hacimlerin toplamı yaklaşık 9.028 taşıt/saattir. Bu büyüklük, yan yol ve yerel bağlantı yolarının girişlerini de içerdiğinden Tablo 1'deki 6.982,6 taşıt/sa referans kesimin hacminden farklıdır. İki ana girişte sırasıyla zirve saatte bulunan hacim verisi ile D = 0,562 katsayısı kullanılarak yoğun yönden yaklaşık 3.364 taşıt/sa, diğer yönden ise 2.954 taşıt/sa hacim talebi simülasyona girilmiştir. Gelecek senaryolarda taşıt hacimleri büyüme çarpanlarıyla artırılmıştır.

Wiedemann 99 modeli ve deney düzeni

Trafik simülasyonunun yüksek hızlı yol ağı olması, şehirler arası D-130 Devlet Karayolu olması sebebiyle taşıt takip davranışını temsil etmek için Wiedemann 99 parametre modeli kullanılmıştır. Bu modelde CC0 duruş durumundaki net mesafeyi (m), CC1 takip zaman aralığını (sn) ve CC2 ise takip mesafesindeki salınım aralığını (m) tanımlar. Güvenli takip mesafesi, CC0 + CC1 × v bağıntısıyla taşıt hızları etkilenmektedir. Burada v, m/sn cinsinden taşıt hızıdır (PTV Group, 2026a). Bu parametreler taşıtların takip davranışını açıklayan model bileşenleridir. Bir parametrenin etkisini yol geometrisi, trafik bulunan taşıt türleri ve taşıt hareketlerindeki davranış ayarlarıyla birlikte elde edilmektedir.

Bölge özelinde drone görüntüleriyle elde edilen modelin taşıt davranışları, hız ve şerit kullanım bilgileri analizler edilerek uygulanan parametreler CC0 = 1,5 m ve CC2 = 4,0 m baz alınmıştır. CC1, İzmit yönündeki ana yol bağlantısında 1,1 sn, yan yol bağlantılarında 0,8 sn, Başiskele yönü ile diğer genel davranış gruplarında ise 0,9 sn olarak tanımlanmıştır. CC3-CC9 başlangıç ayarları temel alınmıştır. Aynı davranış kabulleri bütün senaryolarda kabul edilmiş olup CC3-

CC9 parametreleri uygulanmış model girdileridir ve saha doğrulaması tamamlanmış bir optimum parametre seti olarak düşünülmemelidir.
Her senaryo simülasyonda beş kez farklı rastgele tohumlarla çalıştırılarak her simülasyon koşusunun ortalaması alınarak sonuçlar elde edilmiştir. Simülasyon süresi 7.200 saniye olarak tanımlanmıştır ve ilk 300 saniye ısınma periyodu olarak dışarıda bırakılarak 300-7.200 saniye aralığındaki 6.900 saniyelik (115 dakikalık) süre dilimi değerlendirmeye alınmıştır. Üç senaryoda aynı kurallar temel alınmıştır.
Performans değerlerinde, yol ağı hızı ve taşıt gecikmesi için beş simülasyon koşusunun örnek standart sapması da bulunmuştur. Değerlendirmede yol ağı düzeyinde taşıt hızları ve gecikmeleri, kavşak düzeyinde taşıt gecikmeleri ve ortalama kuyruk uzunluğu, koridor düzeyinde iki yönlü yolculuk süresi göstergeleri belirtilmiştir. Burada, kuyruk uzunluk değerleri maksimum uzunluğu ifade etmemekte, yolculuk süreleri, tanımlı başlangıç ve bitiş kesitlerini tamamlayan taşıtlara aittir (PTV Group, 2026b).

Ağ performansındaki değişim

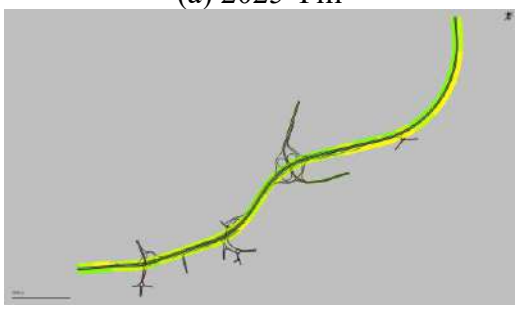
Yol ağının simülasyondaki performans sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Ortalama hız 2025 yılı senaryosunda 53,23 km/sa, 2030 yılında 41,59 km/sa ve 2035 yılında 32,45 km/sa tespit edilmiştir. Burada, 2025 yılına göre taşıtlardaki hız azalması 2030 yılında yaklaşık %21,9, 2035 yılında ise %39,0 olarak belirlenmiştir. Burada, 2025 yılında taşıt başına ortalama gecikme 57,1 saniyeden, 2030 yılında 118,3 saniyeye, 2035 yılında ise 189,5 saniyeye yükselmiştir. Bu sonuçlara göre 2035 yılında taşıt gecikmesi, 2025 yılına göre yaklaşık 3,32 kat bulunmuştur.

Tablo 2. Yol ağının ortalama performansı

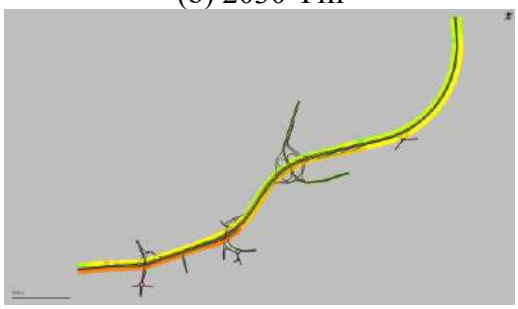
Performans göstergeleri	2025 Yılı	2030 Yılı	2035 Yılı
Ortalama hız (km/sa)	53,23 ± 0,26	41,59 ± 0,41	32,45 ± 0,27
2025'e göre hız değişimi (%)	-	−21,9	−39,0
Ortalama gecikme (sn/taşıt)	57,1 ± 1,3	118,3 ± 2,7	189,5 ± 2,7
2025'e göre gecikme artışı (%)	-	107,2	231,9
Koşum sonunda ağa giremeyen talep (taşıt)	1,6	1.407,4	5.356,6

Simülasyon sonunda ağa giremeyen talebin ortalaması 2025 yılında 2 taşıt, 2030 yılında 1.407 taşıt ve 2035 yılında ise 5.356 taşıttır. Bu değer, simülasyon süresi bitene kadar dış girişlerden ağa giremeyen talebi ifade etmektedir (PTV Group, 2026c). Dolayısıyla özellikle 2035 yılı için ağ içindeki ortalama taşıt gecikmesi, bütün talebinin yaşadığı zaman kaybını tek başına temsil etmemektedir. Bekleyen talep ile yol ağı hızlarıyla birlikte değerlendirilmesi, yol ağının yüksek trafik talebi karşılamadaki sınırını daha belirgin göstermektedir.
Taşıt gecikmesinin talep artışından daha yüksek oranda artması, yol ağındaki işletme koşullarındaki olumsuz durumların hacim artışıyla orantılı ilerlemediğini ortaya koymaktadır. Burada, 2035 yılı talebi 2025 yılına göre yaklaşık %49,7 fazla iken ortalama taşıt gecikmesindeki artış %231,9 tespit edilmiştir. Bulgular, incelenen senaryo koşullarında taşıt hızlarında azalma ve taşıt gecikmelerinde artışla birlikte gerçekleştiğini göstermektedir.
Çalışma kapsamında elde edilen 2025, 2030 ve 2035 yılı senaryolarına ait ağ performansı sonuç görüntüleri Şekil 2'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Sonuç görselleri, ağ üzerindeki renk dağılımını hızların yüksek olduğu kısımlarda yeşil renkten düşük hızlara doğru geçildiğinde kırmızı renge doğru kaydığını hız değerlerine göre simülasyon çıktısındaki şekliyle göstermektedir. Sayısal performans sonuçlarının karşılaştırılması ise Tablo 2'deki beş sonuç ortalamalarında belirtilmiştir.

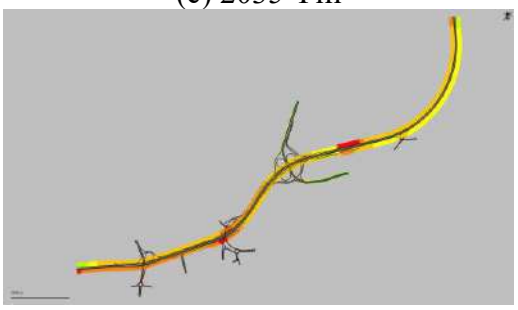
(a) 2025 Yılı



(b) 2030 Yılı



(c) 2035 Yılı



Şekil 2. Yol ağının simülasyon performans sonuç görselleri: (a) 2025 Yılı, (b) 2030 Yılı ve (c) 2035 Yılı senaryoları

Kavşak bazında gecikme ve kuyruk bulguları

Kavşak sonuçları Tablo 3'te verilmektedir, burada, Yuvacık Kavşağı, üç senaryoda da incelenen kavşaklar arasındaki en yüksek ortalama taşıt gecikmesine sahip olduğu belirlenmiştir. Yuvacık kavşağındaki taşıt gecikmesi 2025 yılında 11,1 saniye/taşıt, 2030 yılında 23,2 saniye/taşıt ve 2035 yılında 40 saniye/taşıt olarak bulunmuştur. 2025 yılı ile 2035 yılı arasında taşıt gecikmesi 28,9 saniye/taşıt, yaklaşık %260,4 oranında artmıştır. Yuvacık kavşağındaki artış, koridor üzerindeki yerel yol bağlantılarının kavşak üzerindeki talep koşullarında incelenmesi gerektiren bir bulgu olarak öne çıkmaktadır.

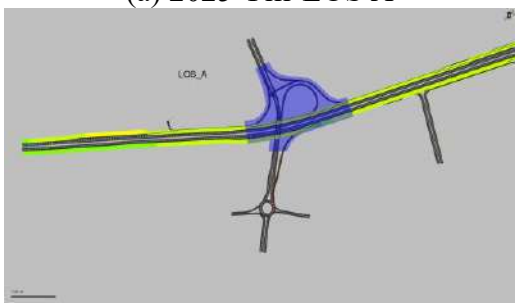
Tablo 3. Kavşakların ortalama taşıt gecikmesi ve kuyruk uzunluğu

Kavşak ve performans göstergeleri	2025 Yılı	2030 Yılı	2035 Yılı
Karşıyaka gecikme (sn/taşıt)	5,0	16,5	22,7
Karşıyaka kuyruk (m)	0,07	30,38	57,12
Başiskele Belediyesi gecikme (sn/taşıt)	4,7	14,2	23
Başiskele Belediyesi kuyruk (m)	0,06	23,33	54,39
Yuvacık gecikme (sn/taşıt)	11,1	23,2	40
Yuvacık kuyruk (m)	0,00	10,04	25,54

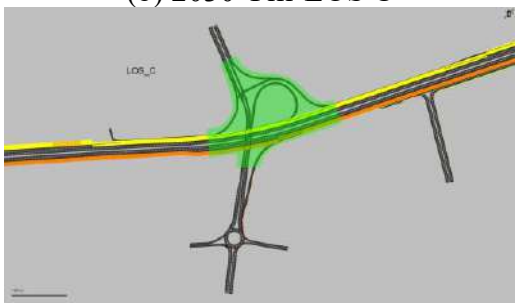
Karşıyaka Kavşağı'nda ortalama kuyruk uzunluğu 2025 yılı senaryosunda 0,07 m iken 2030 yılında 30,38 m ve 2035 yılında 57,12 m olarak belirlenmiştir. Başiskele Belediyesi Kavşağı'nda ise 0,06 m, 23,33 m ve 54,39 m olarak belirlenmiştir. Bu iki kavşağın 2035 yılında ortalama taşıt gecikmeleri birbirine benzer olmakla birlikte, kuyruk uzunlukları Yuvacık kavşağından daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle en yüksek ortalama taşıt gecikmesinin ve en uzun ortalama kuyruk uzunluğunun aynı kavşakta görülmemektedir. Farklı yaklaşım kolları, taşıtların dönüş hareketleri ve ölçüm kapsamı doğrultusunda bu iki performans göstergelerinin birlikte değerlendirilmesinin gerekli olduğu belirlenmiştir.

Karşıyaka, Başiskele Belediyesi ve Yuvacık kavşaklarının sonuç görselleri sırasıyla Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'te belirtilmiştir. Sonuç görsellerindeki hizmet düzeyi (LOS) harfleri ilgili tekil sonuçları kapsamaktadır.

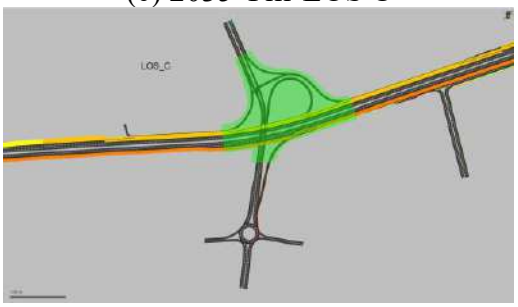
(a) 2025 Yılı-LOS A



(b) 2030 Yılı-LOS C

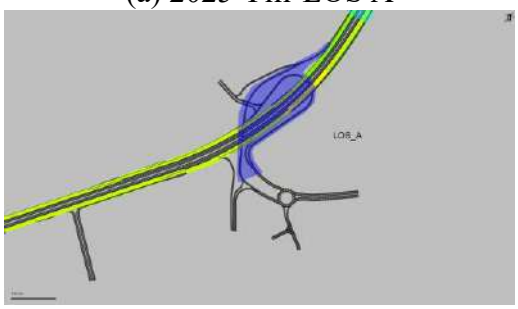


(c) 2035 Yılı-LOS C

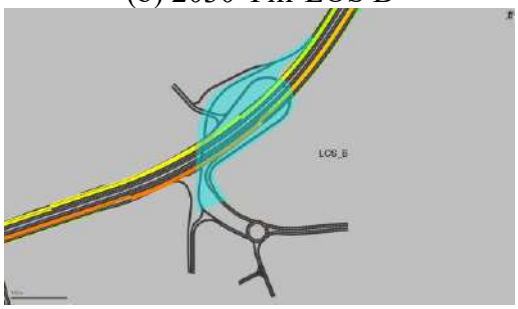


Şekil 3. Karşıyaka Kavşağı'nın simülasyondaki hizmet düzeyi (LOS) sonuçları: (a) 2025 yılı, (b) 2030 yılı ve (c) 2035 yılı senaryoları

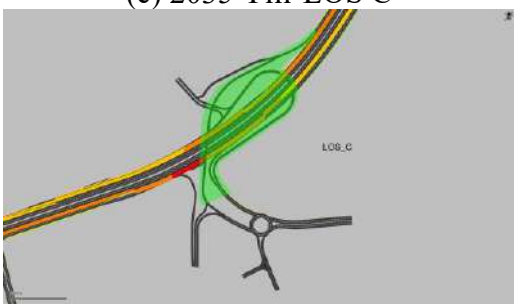
(a) 2025 Yılı-LOS A



(b) 2030 Yılı-LOS B

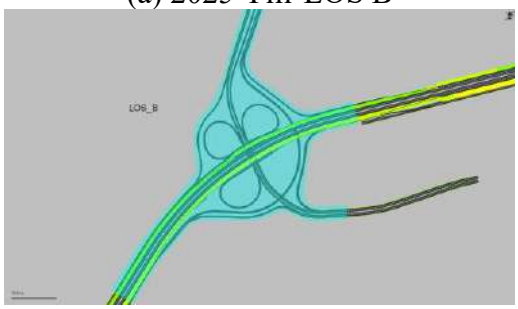


(c) 2035 Yılı-LOS C

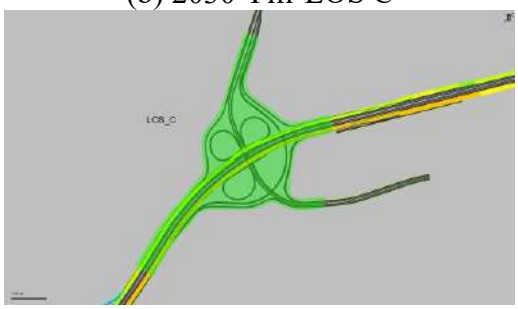


Şekil 4. Başiskele Belediyesi Kavşağı'nın simülasyondaki hizmet düzeyi (LOS) sonuçları: (a) 2025 yılı, (b) 2030 yılı ve (c) 2035 yılı senaryoları

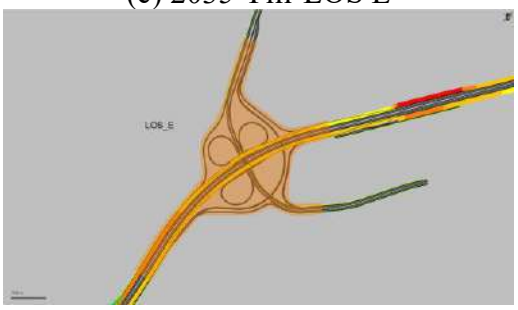
(a) 2025 Yılı-LOS B



(b) 2030 Yılı-LOS C



(c) 2035 Yılı-LOS E



Şekil 5. Yuvacık Kavşağı'nın simülasyondaki hizmet düzeyi (LOS) sonuçları: (a) 2025 yılı, (b) 2030 yılı ve (c) 2035 yılı senaryoları

Koridor yolculuk süreleri

Koridor yolculuk süreleri, yol ağı düzeyindeki hız ve taşıt gecikme değişiminin iki yöndeki kullanıcı yolculuklarını ifade etmektedir. İzmit yönünde ortalama yolculuk süresi 2025 yılında 4,79 dakika iken 2030 yılında 7,28 dakika ve 2035 yılında 8,25 dakika olarak tespit edilmiştir. Başiskele yönünde ise süreler sırasıyla 2025 yılında 4,30, 2030 yılında 4,80 ve 2035 yılında 7,84 dakika olarak bulunmuştur. Tablo 4'te süreler ve 2025 yılına göre artışlar birlikte verilmiştir.

Tablo 4. Koridorun iki yönündeki ortalama yolculuk süreleri

Gösterge	2025 Yılı	2030 Yılı	2035 Yılı
İzmit yönü yolculuk süresi (dk)	4,79	7,28	8,25
İzmit yönü baz yıla göre artış (dk)	-	2,49	3,46
Başiskele yönü yolculuk süresi (dk)	4,30	4,80	7,84
Başiskele yönü baz yıla göre artış (dk)	-	0,50	3,54

2030 yılındaki senaryoda süre artışı İzmit yönünde daha fazla olduğu bulunmuştur. Sonuçlarda, 2025 yılına göre İzmit yönündeki artış yaklaşık %52, Başiskele yönündeki artış %11,6 olarak bulunmuştur, 2035 yılında iki yöndeki artış sırasıyla %72,2 ve %82,3'e yükselmiştir.

Bulguların değerlendirilmesi ve limitler

Simülasyon sonuçları, artan talep ve değişen yönlendirme koşullarında yol ağındaki performansın gerilediğini ortaya koymaktadır. Yuvacık kavşağındaki taşıt gecikmesi, Karşıyaka ve Başiskele Belediyesi kavşaklarında kuyruk uzunluğundaki artış gözlendiği tespit edilmiştir. Yolculuk sürelerinin yönlere göre farklı artması, kavşak yaklaşım düzenleri, koridor yan yol bağlantıları ve yerel dağılımları için hareket bazında yeni senaryoların sınanmasını gerektirmektedir.

Çalışmanın talep boyutundaki temel limitleri, yıllara göre büyüme eğiliminin sabit bir oranla geleceğe taşınması ve K-D katsayılarının farklı bir döneme ait ölçümlerden talebe entegre

edilmesidir. Gelecek yıllardaki arazi kullanımı, imar planları, toplu taşıma tercihleri, taşıt sahipliği ve güzergâh seçimi gibi sebeplerden ötürü bu varsayım değişebileceği unutulmamalıdır.
Simülasyonda beş rastgele tohum ile tekrar, modelin rastgelelikten kaynaklanan değişkenliğini gözlemlemek için daha kararlı sonuçlar elde etmek için kullanılmıştır. İlk 300 saniyelik ısınma periyodunun başlangıç süresinin yeterliliği ayrıca kararlılık incelemesi gerektirir. Ortalama yolculuk süresi tamamlanan ölçümlere dayandığından, bu değerler Tablo 2'deki yol ağına dahil olamayan taleple birlikte değerlendirilmelidir.

SONUÇ

D-130 Devlet Karayolu koridorundaki yol ağı, KGM verilerine dayanan 2025, 2030 ve 2035 yıllarındaki talep senaryolarında PTV Vissim Wiedemann 99 modeliyle modellenerek incelenmiştir. Beş sonuç ortalamaları, 2035 yılındaki talep ve yönlendirme koşullarında hızın azaldığını, gecikme ve yolculuk sürelerinin yükseldiğini ortaya koymaktadır.
Burada, 2025-2035 karşılaştırmasında ise yol ağının ortalama hızı 53,23 km/sa değerinden 32,45 km/sa değerine düşmüş, taşıt başına gecikme 57,1 saniyeden 189,5 saniyeye yükselmiştir. Yuvacık Kavşağı'nda 40 saniye/taşıt gecikme, Karşıyaka ve Başiskele Belediyesi kavşaklarında ise sırasıyla 57,12 m ve 54,39 m ortalama kuyruk uzunluğu olduğu belirlenmiştir. Koridordaki yolculuk süresindeki artış İzmit yönünde 3,46 dakika, Başiskele yönünde 3,54 dakika bulunmuştur. Burada, 2035 yılında simülasyon sonucunda ortalama 5.357 taşıtın yol ağına girememesi, gecikme ve yolculuk süresinin karşılanan talebiyle değerlendirilmesi gerektiği elde edilmiştir. Bulgular, kavşakları koridor bağlantılarıyla birlikte ele almanın önemini ortaya koymaktadır.
Çalışmada, 2035 yılındaki senaryoda öne çıkan kavşak içerisindeki taşıt hareketleri ve bağlantılar için işletme düzenlemelerinin test edilmesi önerilmektedir. Eski yol ağının aynı talep koşullarında modellenmesiyle yol düzenlemenin etkisini göstermek adına ayrıca karşılaştırılabilir. Bu çalışmanın sonuçları, yol ağının farklı yıllardaki senaryolarında hangi göstergeler bakımından trafik akışının kesintiye uğradığını belirleyen bir değerlendirme ortaya çıkarmaktır.
Çalışmanın devamında, drone görüntülerinden kuyruk oluşumu ve çözülmesi ile trafik akımına ilişkin saha ölçümlerinden yararlanılarak Wiedemann 99 (W99) modelinin yerel sürücü davranışlarını temsil edecek şekilde kalibrasyon yapılması hedeflenmektedir. Bu kapsamda durma hâlindeki taşıtlar arası mesafe (CC0), takip zaman aralığı (CC1) ve takip mesafesi salınımı (CC2) gibi parametrelerin, taşıt takip ölçümleri ve gözlenen trafik akımı özellikleri birlikte değerlendirilerek yerel sürücü davranışlarına uyarlanması planlanmıştır. Saha gözlemleriyle kalibrasyon sonuçlarının doğrulanması, şehir içi kavşaklara ve koridorlara ilişkin trafik mikrosimülasyon çalışmalarının ülke ve şehir özelindeki trafik koşullarını daha doğru bir şekilde temsil etmesi amaçlanmaktadır.

KAYNAKÇA

Chaudhari, A. A., Srinivasan, K. K., Chilukuri, B. R., Treiber, M. ve Okhrin, O. (2022). Calibrating Wiedemann-99 model parameters to trajectory data of mixed vehicular traffic. Transportation Research Record, 2676(1), 718-735.

Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM). (2009). Devlet yolları trafik akımı özellikleri ve trafik parametreleri. Ankara, Aralık 2009, Tablo 9, s. 58.

Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM). (2013). 2013 yılı devlet yolları trafik hacim haritası, 1. Bölge Müdürlüğü. 130-01 kontrol kesimi verileri.

Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM). (2025). 2025 yılı devlet yolları trafik hacim haritası, 1. Bölge Müdürlüğü. 130-01 kontrol kesimi, 1. trafik dilimi.

PTV Group. (2026a). Defining the Wiedemann 99 model parameters. PTV Vissim 2026 çevrim içi yardım.

PTV Group. (2026b). Evaluating vehicle travel time measurements. PTV Vissim 2026 çevrim içi yardım.

PTV Group. (2026c). Vehicle network performance: Displaying network performance results (vehicles) in result lists. PTV Vissim 2026 çevrim içi yardım.

Wunderlich, K., Vasudevan, M. ve Wang, P. (2019). Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software, 2019 Update to the 2004 Version. FHWA-HOP-18-036. Federal Highway Administration.

Yandex. Yandex Haritalar [Harita]. Erişim tarihi: 19 Ekim 2026.

SAĞLIK KURUMLARINDA KIT KAYNAKLARLA YÖNETİM: KAYNAK TAHSİSİ, ÖNCELİKLENDİRME VE DEĞER TEMELLİ KARAR VERME
MANAGING SCARCE RESOURCES IN HEALTH CARE ORGANIZATIONS: RESOURCE ALLOCATION, PRIORITY SETTING AND VALUE-BASED DECISION-MAKING

Özge UYSAL ŞAHİN
Prof. Dr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
Çanakkale Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü,
Sağlık Ekonomisi Anabilim Dalı, Çanakkale, Türkiye
ORCID: 0000-0002-1422-4123

ÖZET

Sağlık kurumları, artan ve çeşitlenen sağlık ihtiyaçlarını sınırlı finansal, beşerî, fiziksel, teknolojik ve zamansal kaynaklarla karşılamak zorundadır. Bu nedenle kaynak tahsisi yalnızca bir maliyet kontrolü sorunu değil, alternatif hizmetler, hasta grupları, insan gücü, teknoloji ve yatırımlar arasında gerekçelendirilebilir seçimler yapma problemidir. Bu çalışmanın amacı, sağlık kurumlarında kıt kaynakların tahsisi ve önceliklendirilmesine ilişkin literatürü sağlık yöneticisinin karar problemi etrafında bütünleştirmek ve uygulanabilir bir yönetsel karar çerçevesi önermektir. Çalışmada bütünleştirici derleme yaklaşımı benimsenmiş; fırsat maliyeti, önceliklendirme, maliyet-etkililik, bütçe etkisi, verimlilik-hakkaniyet dengesi, değer temelli sağlık hizmetleri, sağlık teknolojisi değerlendirmesi, insan gücü ve kapasite tahsisi ile analitik karar destek araçlarına ilişkin uluslararası literatür ve Türkiye'ye ait kurumsal belgeler birlikte incelenmiştir. Bulgular, kaynak tahsisi kararlarının tek bir ölçüt veya yöntemle açıklanamayacağını; sağlık ihtiyacı, klinik yarar, güvenlik, maliyet-etkililik, bütçe etkisi, fırsat maliyeti, hakkaniyet ve uygulanabilirliğin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu sentezden hareketle on iki aşamalı bir Bütünleşik Kaynak Tahsisi ve Önceliklendirme Karar Çerçevesi önerilmektedir. Çerçeve; ihtiyaç, mevcut tahsis, kaynak kısıtı, alternatifler, kanıt, ölçütler, ekonomik değerlendirme, değer, hakkaniyet, uygulanabilirlik, gerekçelendirilmiş karar ile uygulama ve izleme aşamalarını, izleme bulgularının yeniden tahsisi tetiklediği bir karar döngüsünde birleştirmektedir. Türkiye açısından değerlendirme, kaynak miktarı kadar kaynakların dağılımının, geri ödeme ortamının, sağlık teknolojisi değerlendirmesi kapasitesinin ve veri altyapısının da belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır. Sonuç olarak iyi kaynak yönetimi, en düşük maliyetli seçeneği bulmaktan çok, vazgeçilen alternatifleri görünür kılan, hakkaniyeti gözeten ve karar sonuçlarından öğrenen kurumsal bir karar kapasitesi gerektirmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kaynak tahsisi, Önceliklendirme, Fırsat maliyeti, Değer temelli sağlık hizmetleri, Sağlık teknolojisi değerlendirmesi

ABSTRACT

Health care organizations must respond to growing and diversifying health needs with limited financial, human, physical, technological and time resources. Resource allocation is therefore not merely a matter of cost control but a problem of making justifiable choices among alternative services, patient groups, workforce, technologies and investments. The aim of this study is to integrate the literature on the allocation and prioritization of scarce resources in health care organizations around the decision problem faced by health managers and to propose an applicable managerial decision framework. An integrative review approach was adopted, and the international literature on opportunity cost, priority setting, cost-effectiveness, budget

impact, the efficiency-equity balance, value-based health care, health technology assessment, workforce and capacity allocation and analytical decision-support tools was examined together with institutional documents from Türkiye. The findings show that resource allocation decisions cannot be explained by a single criterion or method; health need, clinical benefit, safety, cost-effectiveness, budget impact, opportunity cost, equity and feasibility must be assessed jointly. Building on this synthesis, a twelve-stage Integrated Resource Allocation and Priority-Setting Decision Framework is proposed. The framework combines need, current allocation, resource constraint, alternatives, evidence, criteria, economic evaluation, value, equity, feasibility, justified decision, and implementation and monitoring in a decision cycle in which monitoring results trigger reallocation. The assessment for Türkiye shows that, in addition to the volume of resources, their distribution, the reimbursement environment, health technology assessment capacity and data infrastructure are decisive. In conclusion, good resource management requires an institutional decision capacity that makes forgone alternatives visible, takes equity into account and learns from the consequences of decisions, rather than simply identifying the lowest-cost option.
Keywords: Resource allocation, Priority setting, Opportunity cost, Value-based health care, Health technology assessment

1. GİRİŞ

Sağlık kurumları, artan ve çeşitlenen sağlık ihtiyaçlarını sınırlı kaynaklarla karşılamak zorundadır. Nüfusun yaşlanması, kronik hastalıkların ve çoklu hastalık yükünün artması, yeni sağlık teknolojilerinin yaygınlaşması, hizmet kalitesine ilişkin beklentilerin yükselmesi ve sağlık harcamaları üzerindeki baskılar, kaynakların hangi alanlara tahsis edileceği sorusunu sağlık yönetiminin temel meselelerinden biri hâline getirmektedir. Bu nedenle sağlık kurumlarında kaynak yönetimi, yalnızca maliyetleri kontrol etme meselesi değil, sınırlı kaynakların alternatif kullanım alanları arasında hangi gerekçelerle paylaştırılacağı sorusudur (Dünya Sağlık Örgütü [World Health Organization, WHO], 2021a; Smith et al., 2023).

Sağlık hizmetlerindeki kıtlık yalnızca bütçe yetersizliğiyle açıklanamaz; insan gücü, fiziksel kapasite, teknoloji ve zaman da sınırlıdır. Bir kaynağın belirli bir kullanım için ayrılması, aynı kaynağın başka bir alana tahsis edilememesi demektir; bu nedenle her kararın açık ya da örtük bir fırsat maliyeti vardır ve gerçek maliyet, alternatif kullanımda üretilebilecek yararı da kapsar (Drummond et al., 2015; Claxton et al., 2015). Program Bütçeleme ve Marjinal Analiz (Program Budgeting and Marginal Analysis [PBMA]), Sağlık Teknolojisi Değerlendirmesi (Health Technology Assessment [HTA]; STD) ve çok ölçütlü değer değerlendirme yaklaşımları, tahsis kararlarını daha açık ve yapılandırılmış hâle getirmek için geliştirilmiş araçlardır (Seixas et al., 2021).

Kaynak tahsisi aynı zamanda normatif bir sorundur: hangi ihtiyaçların öncelikli sayılacağı ve verimlilik ile hakkaniyet arasındaki değiş tokuşların nasıl ele alınacağı değer yargısı gerektirir. WHO'nun adil evrensel sağlık kapsamı yaklaşımı maliyet-etkililiğin yanında daha kötü durumda olanlara öncelik verilmesini de gözetirken (WHO, 2014), Daniels'ın (2000) "makul gerekçeler temelinde hesap verebilirlik" (A4R) yaklaşımı karar süreçlerinin şeffaf olmasının önemine işaret eder. Değer kavramı da maliyet azaltmanın ötesindedir: Porter'ın (2010) sonuç-maliyet yaklaşımı, güncel perspektiflerde sağlık kazanımı, finansal korunma, verimlilik ve hakkaniyeti kapsayacak biçimde genişletilmektedir (WHO, 2021a; Smith et al., 2023).

Bu literatür dağınık bir görünüm sunmaktadır; bu araçların hangi sırayla kullanılacağını gösteren bütünleşik bir çerçeve ise sınırlı kalmaktadır. Araştırma sorusu şudur: Sağlık yöneticisi, bütün ihtiyaçların aynı anda karşılanamadığı koşullarda hangi hizmete, personele, teknolojiye veya yatırıma öncelik vereceğine nasıl karar vermelidir? Çalışmanın amacı, ilgili literatürü bütünleştirmek, bir karar çerçevesi önermek ve çerçeveyi Türkiye bağlamında değerlendirmektir.

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

2.1. Araştırmanın Yöntemi

Çalışma, bütünleştirici derleme (integrative review) yaklaşımıyla hazırlanmıştır. Bütünleştirici derlemeler, farklı yöntem ve türdeki kaynakların belirli bir problem etrafında bir araya getirilmesine ve mevcut bilgi birikiminden kavramsal sentezler ve çerçeveler geliştirilmesine imkân tanır (Whittemore & Knafl, 2005; Torraco, 2005; Snyder, 2019). Kaynaklar, sağlık kurumlarında kaynak tahsisi ve önceliklendirme problemiyle doğrudan ilişkileri temelinde amaçlı olarak seçilmiştir. İncelenen kaynaklar üç gruptan oluşmaktadır: (i) önceliklendirme, ekonomik değerlendirme, değer temelli sağlık hizmetleri, insan gücü ve kapasite planlamasına ilişkin sistematik, kapsam ve şemsiye derlemeler ile temel kavramsal çalışmalar; (ii) WHO ve İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]) gibi uluslararası kuruluşların rehber ve raporları; (iii) Türkiye'de Sağlık Bakanlığı ve Sosyal Güvenlik Kurumuna (SGK) ait resmî istatistik, mevzuat ve kurumsal belgeler. Sentezde kullanılan temel bilgiler, gerekli noktalarda özgün yayın ve kurumsal belgeler üzerinden doğrulanmıştır.

Çalışma sistematik derleme veya meta-analiz olarak tasarlanmamıştır; belirli bir müdahalenin etki büyüklüğünü tahmin etmeyi değil, dağınık literatürü sağlık yöneticisinin karar problemi etrafında bütünleştirmeyi amaçlamaktadır. Kaynak seçimi önceden tanımlanmış ve tekrarlanabilir bir tarama protokolüne dayanmadığından, bu durum çalışmanın sınırlılıkları arasında değerlendirilmektedir.

2.2. Kıtlık, Fırsat Maliyeti ve Kaynak Tahsisi

Sağlık kurumunda kıtlık yalnızca "yetersiz bütçe" anlamına gelmez: finansman yeterli olsa bile belirli bir uzmanlık alanında çalışan bulunmayabilir veya yatak mevcutken bakım ekibi olmadığı için kullanılamayabilir. Kıtlık yalnızca düşük kaynaklı sistemlere özgü değildir; kaynak düzeyi arttıkça yeni hizmet ve teknoloji olanakları da genişlediğinden önceliklendirme ihtiyacı ortadan kalkmaz (Seixas et al., 2021; WHO, 2021b). Kaynaklar finansman, insan gücü, fiziksel kapasite, teknoloji ve zaman olarak gruplanabilir, ancak birbirinden bağımsız değildir: yeni bir ameliyathane, cerrah, anestezi ekibi ve ameliyat sonrası yatak olmadan gerçek bir hizmet kapasitesine dönüşmez. Bu nedenle nominal kaynak kapasitesi ile işlevsel hizmet kapasitesi ayrılmalıdır. Karar verilmemesi de bir tahsis kararıdır; Seixas et al. (2021), kaynakların sıklıkla tarihsel dağılımlara göre sürdürüldüğünü, biçimsel önceliklendirmenin ise gerekçeleri görünür kılmayı amaçladığını göstermektedir.

Kaynak tahsisinin ekonomik özünü fırsat maliyeti oluşturur: bir kaynağın belirli bir kullanıma yönlendirilmesi nedeniyle vazgeçilen en değerli alternatifin sağlayabileceği yarardır (Drummond et al., 2015). Claxton et al. (2015), sabit bütçe koşullarında ek harcamanın başka faaliyetlerin yerini alabileceğini ve dolayısıyla başka hastaların kaybedeceği sağlık kazanımlarına yol açabileceğini göstermektedir. Bu nedenle kaynak kararlarında "Bu seçenek ne sağlayacak, hangi kaynakları kullanacak ve hangi alternatif değerden vazgeçeceğiz?" soruları birlikte sorulmalıdır. Kararların çoğu ortalamalarla değil marjinal değişikliklerle ilgilidir; PBMA bu mantığı biçimsel bir sürece dönüştürür ve "nerede daha fazla, nerede daha az kaynak kullanmalıyız?" sorusunu kurumsallaştırır (Peacock et al., 2010; Seixas et al., 2021). Düşük değer üreten uygulamalardan kaynak çekilmesi (disinvestment) de kaynak yaratmanın bir biçimidir (Kamaruzaman et al., 2022), ancak otomatik bir tasarruf mekanizması değildir; Leskelä et al. (2024), önceliklendirmenin ekonomik etkilerine ilişkin kanıtın sınırlı ve heterojen olduğunu bildirmektedir.

Son olarak maliyet-etkililik ile bütçeye uygunluk aynı soruyu yanıtlamaz: ilki bir müdahalenin ek maliyetini ek sonuçlarla karşılaştırırken, bütçe etki analizi belirli bir bütçe sahibi açısından finansal yükü değerlendirir; ikisi birbirini tamamlar ancak farklı sorulara yanıt verir (Chugh et

al., 2021). Maliyet-etkili olmak bütçede karşılanabilir olmak anlamına gelmez; bütçede karşılanabilir olmak da kaynakların iyi kullanıldığını göstermez.

2.3. Önceliklendirme: Açıklık, Adil Süreç ve Karar Ölçütleri

Önceliklendirme, kaynakların bütün ihtiyaçları karşılayamadığı durumda hangi faaliyetlerin önce destekleneceğini belirleme sürecidir; kaynak tahsisi seçimin sonucunu, önceliklendirme ise hangi gerekçe ve ölçütlerle yapıldığını ifade eder. Örtük önceliklendirmede tarihsel bütçeler veya acil görünen sorunlar belirleyici olabilirken, açık önceliklendirme kullanılan ölçütlerin ve gerekçelerin görünür kılınmasını amaçlar; WHO'nun sağlık fayda paketi ilkeleri bu geçişi desteklemektedir (WHO, 2021b). Açıklık, her kararın nicel bir puana dönüştürülmesini gerektirmez; önemli olan kararın hangi bilgiye dayandığının anlaşılabilir olmasıdır.

Önceliklendirme aynı zamanda normatif bir karardır; "en fazla toplam kazanım" ile "daha kötü durumdakilere öncelik" farklı seçeneklere işaret edebilir (WHO, 2014). Daniels (2000), A4R yaklaşımında karar gerekçelerinin erişilebilir, ilgili ve makul olmasını ve kararların yeni kanıt karşısında gözden geçirilebilmesini vurgular; sonraki uygulamalar bunu şeffaflık, gerekçe, itiraz/revizyon boyutlarıyla ele almıştır (Mwalim et al., 2025). Mwalim et al. (2025) yapılandırılmış müzakere ve paydaş katılımını adil önceliklendirmenin bileşenleri sayarken, Ahumada-Canale et al. (2023) yönetsel desteğin ve karar sürecinin mevcut yönetişimle bütünleşmesinin uygulamayı kolaylaştırdığını göstermektedir; bir komite kurmak, sonuçlar fiilî kararları etkilemiyorsa kurumsallaşmış önceliklendirme sayılmaz.

Baltussen ve Niessen (2006), maliyet-etkililik, hastalık yükü ve hakkaniyetin farklı seçenekleri destekleyebileceğini, bu nedenle birden fazla ölçütün birlikte değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. WHO (2021b) hastalık yükü, yarar-zarar dengesi, maliyet-etkililik, hakkaniyet, bütçe etkisi ve uygulanabilirliği aynı ortamda ele almaktadır. Hastalık yükü ihtiyacın büyüklüğünü gösterir ama etkili müdahale yoksa tek başına yeterli değildir; maliyet-etkililik kararın otomatik sonucu değil, kaynak başına kazanım hakkında bilgi veren bir girdidir (WHO, 2014; Claxton et al., 2015); bütçe etkisi karşılanabilirliği ayrı bir soru olarak ele alır (Chugh et al., 2021); hakkaniyet, kazanımın kimler arasında dağıldığını görünür kılar (WHO, 2014, 2021b); uygulanabilirlik ise gerekli kapasiteyi sorar, ancak düşük kapasiteli kurumların dışlanması için gerekçe olmamalıdır. Mwalim et al. (2025), Zanzibar'daki süreçte kamusal kabul edilebilirliğin de ölçüt olarak ortaya çıktığını göstermektedir.

Ölçütler karar öncesinde tanımlanmalı, birbirini tekrar etmemeli ve karar problemine uygun olmalıdır (Thokala et al., 2016); Gongora-Salazar et al. (2023), çok ölçütlü karar analizi (Multiple Criteria Decision Analysis [MCDA]; ÇÖKA) çalışmalarında ölçüt seçimi açısından önemli çeşitlilik bulunduğunu göstermektedir. Ölçütlere sayısal ağırlık verilmesi kararı nesnel hâle getirmez, yalnızca değer yargılarını görünür kılar; Thokala et al. (2016), tek bir toplam puan yerine performans matrisi ve yapılandırılmış müzakerenin de kullanılabileceğini belirtmektedir. Sağlık kurumları için çekirdek ölçütler Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Sağlık Kurumlarında Kaynak Tahsisi İçin Çekirdek Değerlendirme Ölçütleri

Ölçüt alanı	Temel yönetsel soru
Sağlık ihtiyacı	Hangi grup veya hizmet alanında ihtiyaç daha büyük ve daha ağırdır?
Klinik etkililik	Seçenek mevcut alternatife göre hangi ek yararı sağlamaktadır?
Güvenlik	Yararlarla birlikte hangi zarar veya riskler bulunmaktadır?
Maliyet-etkililik	Sağlanan ek sağlık kazanımı kullanılan ek kaynakla orantılı mıdır?
Bütçe etkisi	Karar mevcut bütçe içinde karşılanabilir ve sürdürülebilir midir?
Fırsat maliyeti	Bu kaynağı burada kullanmak hangi alternatif yarardan vazgeçmeyi gerektirir?

Ölçüt alanı	Temel yönetsel soru
Hakkaniyet	Kararın sonuçları farklı gruplar arasında nasıl dağılmaktadır?
Uygulanabilirlik	Kurumun gerekli insan gücü, altyapı ve yönetim kapasitesi var mıdır?
Kabul edilebilirlik	Karar hastalar, çalışanlar ve diğer paydaşlar tarafından meşru ve kabul edilebilir bulunmakta mıdır?

Kaynak: Yazar tarafından WHO (2014, 2021b), Baltussen ve Niessen (2006), Thokala et al. (2016), Claxton et al. (2015), Chugh et al. (2021) ve Mwalim et al. (2025) temelinde oluşturulmuştur.

2.4. Verimlilik, Hakkaniyet ve Değer

Sağlık kurumlarında verimlilik yalnızca maliyetleri azaltmak değildir. Smith et al. (2023), teknik verimlilik (bir hizmetin mevcut girdilerle ne ölçüde etkin üretildiği) ile tahsis verimliliği (kaynakların doğru hizmet bileşimine yönlendirilip yönlendirilmediği) arasındaki ayrımı vurgulamaktadır; her hizmetin teknik açıdan verimli olması bütünün tahsis açısından verimli olduğunu göstermez. Hakkaniyet ise ayrı bir ölçüttür: toplam yararı maksimize etmek ile yararın dağılımı farklı sorulardır (WHO, 2014). İki amaç çoğu zaman çatışmaz, ancak dezavantajlı bir gruba ulaşmanın kişi başına daha maliyetli olduğu durumlarda farklılaşabilir; hakkaniyetin karara dâhil edilmesi her zaman sayısal bir puan gerektirmez, "Kim yararlanıyor, kim dışarıda kalıyor?" soruları yeterli bir başlangıçtır.

Verimlilik ve hakkaniyet daha geniş bir değer çerçevesinde bir araya gelir. Porter (2010), değeri elde edilen sonuçların bu sonuçları üretmek için kullanılan maliyetle ilişkisi içinde tanımlar; maliyeti sonuçlardan bağımsız azaltmak değer artışı değildir. WHO (2021a) "paranın karşılığı" anlayışından daha geniş bir değer temelli perspektife geçilmesini savunurken, Smith et al. (2023) sağlık sistemi değerini sağlığın geliştirilmesi, finansal korunma, verimlilik ve hakkaniyet boyutlarıyla ele almaktadır; "değer" kavramının hasta, kurum veya sistem düzeylerinden hangisinde kullanıldığı açık olmalıdır.

Değer temelli yaklaşımın kurum düzeyindeki etkisi, faaliyet hacmiyle başarıyı özdeşleştirmekten uzaklaşmaktır; muayene veya yatış sayıları hizmet üretimini gösterir ama sonucun yerine geçmez, klinik sonuçlar ve uygun olduğunda hasta tarafından bildirilen sonuç ve deneyim ölçümleriyle (Patient-Reported Outcome Measures / Patient-Reported Experience Measures [PROM/PREM]) tamamlanmalıdır. Moreira ve Crispim (2026), sonuç ölçümünde standardizasyon eksikliğini ve parçalı göstergeleri başlıca uygulama güçlükleri arasında göstermektedir. Değer, maliyet-etkililikle özdeş değildir; "değer çok boyutludur" gerekçesi ekonomik değerlendirmeyi göz ardı etmek için kullanılmamalıdır. Değer temelli yönetim mevcut düşük değerli uygulamaların yeniden değerlendirilmesini de gerektirir, ancak Kien et al. (2024) bu müdahalelerin etkisinin alana göre değiştiğini göstermektedir; Triple Aim gibi çerçeveler de yararlıdır, fakat üç hedefin birlikte gerçekleştirilmesine ilişkin kanıt sınırlıdır (Kokko, 2022). Değer karar anında yalnızca beklenendir; gerçekleşen değer uygulama sonrasında ölçülür.

2.5. Sağlık Teknolojisi Yatırımları, İnsan Gücü ve Kapasite

Teknoloji yatırımı yalnızca bir satın alma işlemi değil, kaynak tahsisi kararıdır; insan gücü, eğitim, altyapı ve zaman gibi tamamlayıcı kaynaklar gerektirir. WHO'nun STD rehberi, klinik etkililik ve güvenliğin yanında ekonomik sonuçların, bütçe etkisinin, hakkaniyetin ve uygulanabilirliğin değerlendirilebileceğini göstermektedir; esas olarak ulusal mekanizmalara yöneliktir, burada yapılan kullanım kurum düzeyine yönetsel bir uyarlamadır (Bertram et al., 2021). Piyasaya sunulmuş olmak satın alınması gerektiği anlamına gelmez; yatırım kararı ek yarar, ek maliyet, bütçe etkisi ve vazgeçilen alternatifler gibi soruları içerir. Her yatırımın aynı yoğunlukta değerlendirilmesi gerekmez; Qiu et al. (2022), STD kurumlarının konu seçiminde çok aşamalı süreçlere başvurduğunu göstermektedir — yüksek maliyetli veya yüksek

belirsizlikli yatırımlar daha kapsamlı değerlendirilmelidir. Mevcut teknolojiler de yeniden değerlendirilmeli; kaynak çekme düşük değerli uygulamaların gözden geçirilmesini kapsar (Kamaruzaman et al., 2022), böylece teknoloji yönetimi sürekli bir yaşam döngüsüne dönüşür.

İnsan gücü, sağlık hizmetlerinin en stratejik kıt kaynağıdır; WHO'nun Working for Health 2022–2030 Eylem Planı iş gücü planlamasını eğitim, istihdam ve yönetişimle ilişkilendirmektedir (WHO, 2022a, 2022b). Dall'Ora et al. (2022) ve Griffiths et al. (2023), daha yüksek kayıtlı hemşire istihdamının bazı bağlamlarda olumlu sonuçlarla ilişkili olduğunu, ancak evrensel bir standardın çıkarılamayacağını göstermektedir; Drennan et al. (2024), acil servislerde düşük istihdamın olumsuz sonuçlarla ilişkili olduğunu, ancak kanıtın sınırlı kaldığını bildirmektedir. "Personel yetersizliği" toplam açıktan da kurum içi dağılım uyumsuzluğundan da kaynaklanabilir; önce hangisi olduğu belirlenmelidir. Fiziksel kapasite için de benzer bir ayrım geçerlidir: Humphreys et al. (2022), hastane kapasitesinin birbirine bağımlı bir sistem olarak ele alınması gerektiğini vurgulamaktadır; bir birimdeki artış, tamamlayıcı kaynak yetersizse başka bir alanda darboğaza dönüşebilir, sürekli maksimuma yakın kullanım da tek başına olumlu sayılmamalıdır.

2.6. Kaynak Tahsisinde Analitik Karar Destek Araçları

Analitik araçların amacı yöneticinin yerine karar vermek değil, karar problemini yapılandırmak, alternatifleri görünür kılmak ve değiş tokuşları açık biçimde değerlendirmektir. Bu bağlamda veri, kanıt ve karar birbirinden ayrılmalıdır: veri kurumun faaliyetlerine ilişkin bilgidir; kanıt bu verinin belirli bir karar sorusunu yanıtlayacak biçimde değerlendirilmesidir; karar ise kanıtın kaynak kısıtları, değerler ve diğer ölçütlerle birlikte değerlendirilmesi sonucunda yapılan tercihtir. Dolayısıyla ilk soru "Hangi yöntemi kullanalım?" değil, "Tam olarak hangi kararı vermeye çalışıyoruz?" olmalıdır. Karar problemi ile uygun araç arasındaki eşleşme Tablo 3'te özetlenmiştir.

Tablo 3. Karar Problemine Göre Analitik Araçların Kullanımı

Karar problemi	Temel araç	Ana soru
Mevcut kaynakları programlar arasında yeniden dağıtmak	PBMA	Nerede daha fazla, nerede daha az kaynak kullanılmalı?
Belirli bir teknoloji veya müdahaleyi değerlendirmek	STD (HTA)	Mevcut alternatife göre benimsenmeli mi?
Finansal etkiyi görmek	Bütçe etki analizi (BEA)	Bütçede karşılanabilir mi?
Birden fazla ölçüt ve seçeneği karşılaştırmak	ÇÖKA (MCDA)	Alternatifler ölçütlerde nasıl performans gösteriyor?
Mevcut düşük değerli faaliyetleri sorgulamak	PBMA / yeniden değerlendirme	Nereden kaynak çekilebilir?

Kaynak: Yazar tarafından Seixas et al. (2021), Bertram et al. (2021), Chugh et al. (2021), Thokala et al. (2016) ve Kamaruzaman et al. (2022) temelinde oluşturulmuştur.

PBMA yeniden dağıtıma (Peacock et al., 2010; Seixas et al., 2021), STD teknoloji değerlendirmesine (Bertram et al., 2021), bütçe etki analizi karşılanabilirliğe (Chugh et al., 2021), ÇÖKA ise çatışan ölçütlerin yapılandırılmasına (Thokala et al., 2016) odaklanır. Analiz de kaynak kullandığından karar desteğinin yoğunluğu kararın büyüklüğü ve belirsizliğiyle orantılı olmalı; belirsizlik görünür kılınmalı ve "Hangi varsayım değişirse karar değişir?" sorusu yanıtlanmalıdır (Thokala et al., 2016). Aracın gerçek etkisi raporlamadan çok bütçe kararlarıyla bağlantısına bağlıdır; biçimsel uygulamalarda karar sonrası izleme sıklıkla zayıf kalmaktadır (Ahumada-Canale et al., 2023; Seixas et al., 2021).

2.7. Bütünleşik Kaynak Tahsisi ve Önceliklendirme Karar Çerçevesi

Yukarıdaki bulgular, incelenen yaklaşımların hiçbirinin sağlık kurumunun bütün kaynak tahsisi problemlerini tek başına kapsamadığını göstermektedir. Seixas et al. (2021) tek bir baskın yaklaşımın bulunmadığını, Ahumada-Canale et al. (2023) ise hastane düzeyindeki biçimsel araçların uygulanmasının örgütsel bağlama bağlı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle ihtiyaç duyulan şey tek bir üstün yöntem değil, farklı yöntemlerin hangi aşamada kullanılacağını gösteren ortak bir karar mimarisidir. Bu çalışmada önerilen Bütünleşik Kaynak Tahsisi ve Önceliklendirme Karar Çerçevesi, bütünleştirici derlemenin kavramsal çerçeve geliştirmeye imkân tanıyan yapısından yararlanılarak oluşturulmuştur (Whittemore & Knafl, 2005; Torraco, 2005). Çerçeve yeni bir matematiksel yöntem, doğrulanmış bir klinik algoritma veya ampirik olarak üstünlüğü gösterilmiş bir model değildir; dağınık karar unsurlarını tek bir karar döngüsünde bir araya getiren önerisel ve kavramsal bir yönetsel çerçevedir. Çerçevenin aşamaları Şekil 1'de gösterilmektedir.

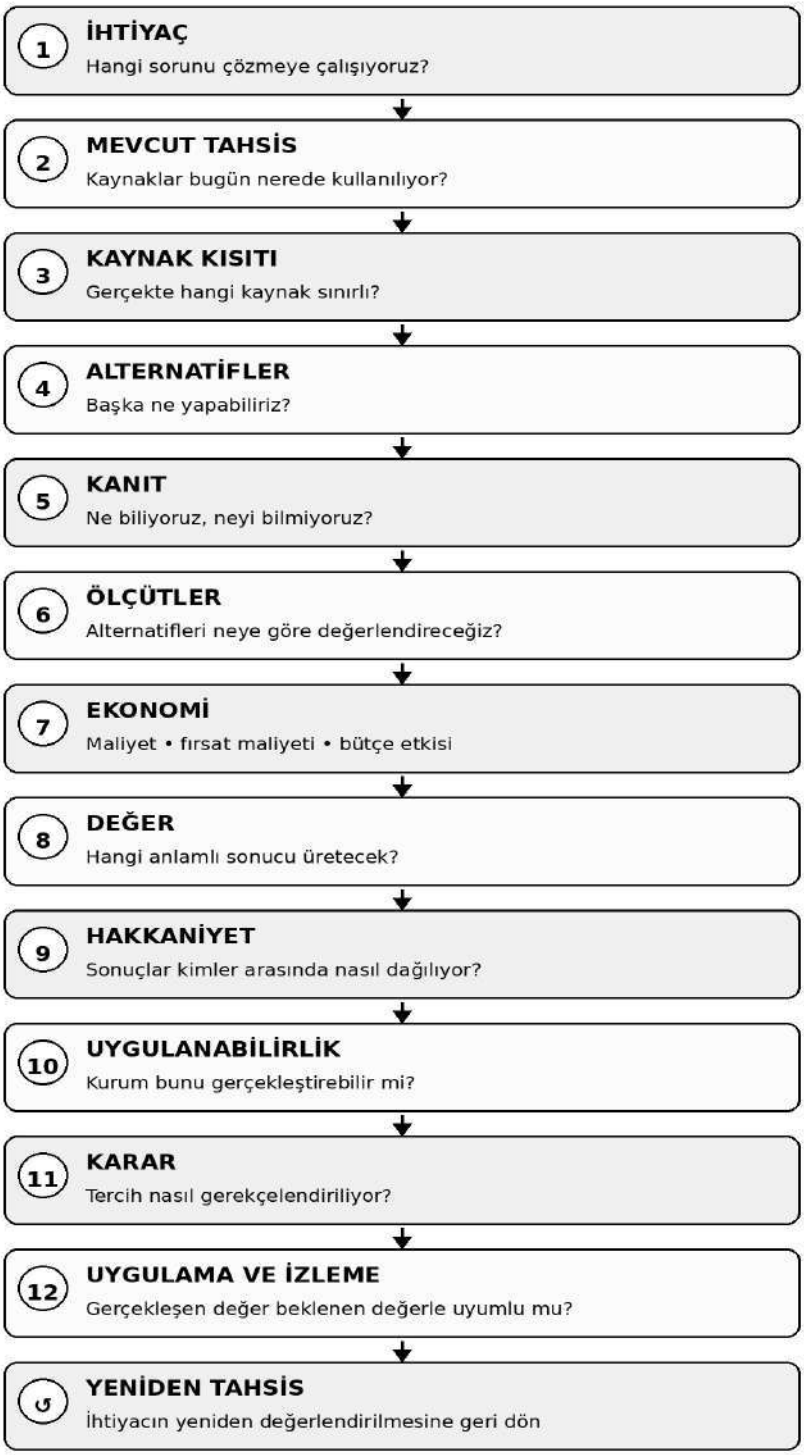
Çerçevenin on iki aşaması, kısa tanımlarıyla birlikte Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2. Bütünleşik Karar Çerçevesinin On İki Aşaması

#	Aşama	İçerik
1	İhtiyaç	Talep edilen çözüm ile gerçek ihtiyaç ayrılır.
2	Mevcut tahsis	Kaynağın bugün nerede ve nasıl kullanıldığı görünür kılınır (Seixas et al., 2021).
3	Kaynak kısıtı	Sınırlayıcı unsurun bütçe, insan gücü, kapasite, teknoloji veya zaman olduğu belirlenir.
4	Alternatifler	"Kabul/ret" dışında ölçekli yatırım, erteleme, yeniden dağıtım seçenekleri oluşturulur; mevcut durum da bir alternatiftir.
5	Kanıt	Kararı değiştirebilecek bilgi belirlenir; eksik kanıt belirsizlik olarak kaydedilir.
6	Ölçütler	Tablo 1'deki çekirdek alanlardan karara uygun olanlar sonuçlar görülmeden seçilir.
7	Ekonomik değerlendirme	Maliyet, fırsat maliyeti ve bütçe etkisi birbirine karıştırılmadan birlikte ele alınır.
8	Değer	Üretilecek anlamlı sonuç ve "kimin için" sorusu netleştirilir.
9	Hakkaniyet	Kimin yararlandığı, kimin dışarıda kaldığı karar belgesinde görünür olur.
10	Uygulanabilirlik	İnsan gücü, altyapı ve yönetsel sahiplenme değerlendirilir (Ahumada-Canale et al., 2023).
11	Gerekçelendirilmiş karar	Alternatifler, kanıt ve değiş tokuşlar yapılandırılmış müzakereyle karara bağlanır (Daniels, 2000; Mwalim et al., 2025).
12	Uygulama ve izleme	Gerçekleşen sonuç beklenenle karşılaştırılır; bulgular yeniden tahsisi tetikler.

Kaynak: Yazar tarafından Seixas et al. (2021), Daniels (2000), Ahumada-Canale et al. (2023) ve Mwalim et al. (2025) temelinde geliştirilmiştir.

Şekil 1. Sağlık Kurumları İçin Bütünleşik Kaynak Tahsisi ve Önceliklendirme Karar Çerçevesi



Kaynak: Yazar tarafından Seixas et al. (2021), Daniels (2000), Bertram et al. (2021), Thokala et al. (2016), Chugh et al. (2021), Ahumada-Canale et al. (2023) ve Mwalim et al. (2025) temelinde bu çalışma kapsamında geliştirilmiştir.

Önemli kaynak kararlarında yalnızca sonucun değil gerekçenin de kayıt altına alınması, A4R'nin şeffaflık ve gözden geçirilebilirlik koşullarının kurum düzeyindeki karşılığıdır. Bu amaçla önerilen karar kaydının bileşenleri Tablo 4'te sunulmaktadır.

Tablo 4. Kaynak Tahsisi Karar Kaydının Temel Bileşenleri

Alan	İçerik
Karar problemi	Hangi sorun çözülüyor?
Kaynak kısıtı	Hangi kaynak sınırlı?
Alternatifler	Hangi seçenekler değerlendirildi?
Ölçütler ve kanıt	Hangi ölçütler kullanıldı ve temel kanıt nedir?
Belirsizlik	Hangi bilgiler eksik ve hangi varsayım kararı değiştirebilir?
Fırsat maliyeti	Hangi alternatif kullanımdan vazgeçiliyor?
Hakkaniyet	Dağılımsal etkiler nelerdir?
Kararın gerekçesi	Neden bu seçenek seçildi?
İzleme ve gözden geçirme	Başarı hangi göstergelerle ölçülecek ve karar ne zaman yeniden ele alınacak?

Kaynak: Daniels (2000) ve Mwalim et al. (2025) ile bu çalışmada geliştirilen karar döngüsünün yazar tarafından yapılan yönetsel sentezidir; literatürden aynen alınmamıştır.

Çerçevenin katkısı yeni bir ekonomik yöntem geliştirmek değil, PBMA, STD, bütçe etki analizi ve ÇÖKA'yı fırsat maliyeti, değer, hakkaniyet, uygulanabilirlik ve izleme ilkeleriyle birlikte tek bir kurum düzeyi karar döngüsünde konumlandırmaktır. Çerçeve ayrıca yalnızca yeni yatırım taleplerini değil mevcut kaynak dağılımını da karar nesnesi hâline getirmekte ve izlemeyi denetimden çok yeniden tahsisin başlangıcı olarak ele almaktadır.

2.8. Türkiye Açısından Değerlendirme

Türkiye'de sağlık kurumlarının kaynak tahsisi kararları yalnızca kurum içi koşullarla değil, ulusal finansman yapısı, geri ödeme kuralları, insan gücü ve yatırım politikaları, STD ve sağlık bilgi sistemleriyle de şekillenmektedir. Bu nedenle iki karar düzeyi ayrılmalıdır: sağlık sistemi düzeyindeki finansman, geri ödeme ve politika kararları ile kurumun kendi kaynakları üzerinde verebildiği yatırım, kapasite ve tahsis kararları.

OECD verilerine göre Türkiye'de kişi başına sağlık harcaması satın alma gücü paritesine göre 2.309 ABD doları (OECD ortalaması 5.967), GSYİH içindeki payı %4,7'dir (OECD ortalaması %9,3); 1.000 kişi başına 2,4 çalışan hekim, 2,9 hemşire ve 3,1 hastane yatağı bildirirken OECD ortalamaları sırasıyla 3,9; 9,2 ve 4,2'dir (OECD, 2025). Ulusal verilere göre 2024'te tüm sektörlerde 1.562 hastane ve 268.359 yatak, 221.133 hekim ve 264.857 hemşire bulunmaktadır (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2025). Bu karşılaştırmalardan doğrudan "yeterlilik" sonucu çıkarılamaz; hizmet sunum modelleri ve finansman sistemleri ülkeler arasında farklılık gösterir. Sağlık Bakanlığı verilerinde 2024 toplam sağlık harcaması yaklaşık 2,359 trilyon TL ve GSYİH'ye oranı %5,3'tür (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2025); bu oran, farklı hesap yöntemine dayanan OECD göstergesiyle aynı seri sayılmamalıdır. Önemli olan, makro düzeydeki harcamanın kurum düzeyindeki marjinal kaynak kısıtını ortadan kaldırmamasıdır. Sorun yalnızca kaynağın toplam miktarı değil, dağılım biçimidir.

Finansman ve geri ödeme ortamında SGK belirleyicidir; Sağlıkta Kaynak Yönetimi Daire Başkanlığı sağlık bütçesi analizleri ve STD takibi yürütmektedir (Sosyal Güvenlik Kurumu, t.y.). Sağlık Uygulama Tebliği (SUT) 2026'da birden fazla kez değişmiş, güncel metin 31 Ağustos 2026'da yayımlanmıştır (Sosyal Güvenlik Kurumu, 2026a); bu, kararların sabit bir finansman ortamında verilmediğini gösterir. Temel bir ayrım korunmalıdır: geri ödeme değeri ile sağlık değeri aynı şey değildir — yüksek gelir üreten bir hizmet en yüksek sağlık değerini yaratmayabilir.

STD açısından kurumsal bir zemin bulunmaktadır; Sağlık Bakanlığı Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğünün 2025 raporları arasında böbrek yetmezliği tedavi seçeneklerinin maliyet-etkililik analizi ile Sağlıklı Hayat Merkezlerinin değerlendirilmesi yer almaktadır (T.C. Sağlık

Bakanlığı, Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 2026a). 24 Haziran 2026'da Ulusal STD Strateji Belgesi Revizyon Çalıştayı düzenlenmiş (T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 2026b), SGK-TÜSEB-üniversiteler arasında bir iş birliği protokolü imzalanmıştır (Sosyal Güvenlik Kurumu, 2026b). Bununla birlikte STD sonuçlarının geri ödeme veya kurum yatırımlarında hangi ölçüde kullanıldığına ilişkin kapsamlı bir sonuç çıkarmak mümkün değildir; savunulabilir çıkarım, kanıt ile finansman kararları arasındaki bağın sistematik hâle getirilmesinin değer temelli tahsisi güçlendirebileceğidir.

Veri altyapısı önemli bir fırsattır: Sağlık Bakanlığının SİNA platformu, kuruluşlardan aktarılan verileri analiz ederek yönetici gruplarına karar desteği sunmaktadır (T.C. Sağlık Bakanlığı, t.y.); platformun değeri, talebin nerede arttığı ve hangi yatırımın beklenen sonucu üretmediği gibi soruları yanıtlamaya ne ölçüde katkı sağladığında ortaya çıkar. Çerçeveyi uygulamak için yeni bir bürokratik yapı gerekmez; temel soruların mevcut süreçlere yerleştirilmesi yeterlidir. Bu amaçla hazırlanan değerlendirme kartı Tablo 5'te sunulmaktadır; "geri ödeme" ile "değer"in ayrı satırlarda yer alması bu ikisinin karıştırılmaması içindir.

Tablo 5. Türkiye'deki Sağlık Kurumları İçin Kaynak Tahsisi Değerlendirme Kartı

Değerlendirme alanı	Temel soru
İhtiyaç	Talep hangi ölçülmüş soruna dayanmaktadır?
Mevcut kaynak	Var olan kapasite nasıl kullanılmaktadır?
Alternatif	Ek kaynak dışında başka bir çözüm var mıdır?
Kanıt	Seçeneğin etkililik ve güvenlik kanıtı nedir?
Maliyet ve bütçe	Toplam maliyet ve kurum bütçesine etkisi nedir?
Geri ödeme	Mevcut finansman ve SUT ortamında etkisi nedir?
Fırsat maliyeti	Hangi başka kullanım alanı sınırlanacaktır?
İnsan gücü ve kapasite	Uygulama için tamamlayıcı kaynaklar mevcut mudur?
Hakkaniyet	Karar hangi hasta gruplarını nasıl etkileyecektir?
Değer	Hangi anlamlı sağlık ve hizmet sonucu üretilecektir?
İzleme	Gerçekleşen sonuç nasıl ve ne zaman değerlendirilecektir?

Kaynak: Bu çalışmada geliştirilen çerçevenin Türkiye sağlık kurumu ortamına yazar tarafından uyarlanmış kısa uygulama görünümüdür; mevzuattan alınmış bir form değildir.

3. SONUÇ

Literatürün bütünleştirici değerlendirmesi, bütün ihtiyaçların aynı anda karşılanamadığı koşullarda önceliklendirmenin tek bir ölçüt, formül veya yöntemle yanıt verilemeyeceğini göstermektedir. Yönetici önce gerçek ihtiyacı, mevcut kaynak kullanımını ve kaynak kısıtını tanımlamalı; ardından alternatifleri klinik kanıt, maliyet, fırsat maliyeti, bütçe etkisi, beklenen değer, hakkaniyet ve uygulanabilirlik açısından birlikte değerlendirmelidir. Nihai karar bir analiz çıktısı değil, gerekçelendirilmiş bir yönetsel tercih olmalı; süreç kararla bitmemeli, gerçekleşen sonuçlar izlenerek gerektiğinde kaynak yeniden tahsis edilmelidir.

Çalışmanın temel bulguları şöyle özetlenebilir: Kıtlık yalnızca parasal değildir; insan gücü, teknoloji, kapasite ve zaman da kıt kaynaklardır ve birbirine bağımlıdır. Her tahsis kararı bir fırsat maliyeti taşır; bu nedenle mevcut tahsis de düzenli olarak sorgulanmalıdır. İyi kaynak yönetimi, yeni yatırımlarla yeniden tahsisin birlikte ele alınmasını gerektirir. Verimlilik, hakkaniyet ve değer birlikte düşünülmelidir; hedef "en fazla hizmet" değil, gerekçelendirilebilir en yüksek sağlık değeridir. PBMA, STD, bütçe etki analizi ve ÇÖKA kararı desteklemeli, kararın yerine geçmemelidir. Karar kalitesinin göstergesi, gerekçenin açıklığıdır. Bu bulgular yönetsel ilkelere dönüştürülebilir: Talep ihtiyaçla karıştırılmamalı, fırsat maliyeti görünür

kılınmalı, maliyet-etkililik ile bütçe etkisi birbirinden ayrılmalı, belirsizlik kesinlik gibi sunulmamalı, kararın gerekçesi kayıt altına alınmalı ve sonuçlar izlenerek gerektiğinde yeniden tahsis yapılmalıdır.

Türkiye açısından OECD göstergeleri bazı temel kaynak göstergelerinin OECD ortalamalarının altında olduğunu gösterirken, ulusal veriler önemli bir altyapının varlığına işaret etmektedir (OECD, 2025; T.C. Sağlık Bakanlığı, 2025). Bu nedenle hangi alanlarda ek kaynağa ihtiyaç olduğu ve mevcut kaynakların nerede yeniden tahsisinin daha fazla değer üretebileceği sorularının eş zamanlı sorulması gerekir; yalnızca birine odaklanmak sorunu eksik tanımlamak anlamına gelir.

Çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır: bir bütünleştirici derlemedir, kaynaklar amaçlı seçilmiştir ve tekrarlanabilir bir tarama protokolüne dayanmamaktadır; sistematik derleme veya meta-analiz değildir. Önerilen çerçeve kavramsaldır, gerçek kurumlarda uygulanarak ampirik geçerliği sınanmamıştır ve yeterli veri ile analitik kapasite olmadan kendiliğinden uygulanamaz. Gelecek araştırmalarda çerçevenin teknoloji yatırımı, personel veya kapasite tahsisi gibi gerçek karar problemlerinde pilot uygulanması ve gerçek sonuçlarla ilişkisinin değerlendirilmesi önerilmektedir.

Sonuç olarak sağlık kurumlarında kıtlık ortadan kaldırılabilecek bir sorun değildir. İyi sağlık yönetiminin ölçütü bütün talepleri karşılamak değil, hangi ihtiyacın neden önceliklendirildiğini, hangi alternatiften vazgeçildiğini ve beklenen değerin fiilen ortaya çıkıp çıkmadığını açıklayabilmektir. Bu, kaynak kıtlığını bir bütçe baskısı olmaktan çıkararak kanıta dayalı önceliklendirme ve kurumsal öğrenme problemi hâline getirmektedir.

KAYNAKÇA

Ahumada-Canale, A., Jeet, V., Bilgrami, A., Seil, E., Gu, Y., & Cutler, H. (2023). Barriers and facilitators to implementing priority setting and resource allocation tools in hospital decisions: A systematic review. *Social Science & Medicine, 322*, 115790. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2023.115790

Baltussen, R., & Niessen, L. (2006). Priority setting of health interventions: The need for multi-criteria decision analysis. *Cost Effectiveness and Resource Allocation, 4*, Article 14. https://doi.org/10.1186/1478-7547-4-14

Bertram, M., Dhaene, G., & Tan-Torres Edejer, T. (Eds.). (2021). *Institutionalizing health technology assessment mechanisms: A how to guide*. World Health Organization. https://www.who.int/publications/i/item/9789240020665

Chugh, Y., De Francesco, M., & Prinja, S. (2021). Systematic literature review of guidelines on budget impact analysis for health technology assessment. *Applied Health Economics and Health Policy, 19*(6), 825–838. https://doi.org/10.1007/s40258-021-00652-6

Claxton, K., Martin, S., Soares, M., Rice, N., Spackman, E., Hinde, S., Devlin, N., Smith, P. C., & Sculpher, M. (2015). Methods for the estimation of the National Institute for Health and Care Excellence cost-effectiveness threshold. *Health Technology Assessment, 19*(14). https://doi.org/10.3310/hta19140

Dall'Ora, C., Saville, C., Rubbo, B., Turner, L., Jones, J., & Griffiths, P. (2022). Nurse staffing levels and patient outcomes: A systematic review of longitudinal studies. *International Journal of Nursing Studies, 134*, 104311. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2022.104311

Daniels, N. (2000). Accountability for reasonableness. *BMJ, 321*(7272), 1300–1301. https://doi.org/10.1136/bmj.321.7272.1300

Drennan, J., Murphy, A., McCarthy, V. J. C., Ball, J., Duffield, C., Crouch, R., Kelly, G., Loughnane, C., Murphy, A., Hegarty, J., Brady, N., Scott, A., & Griffiths, P. (2024). The association between nurse staffing and quality of care in emergency departments: A

systematic review. *International Journal of Nursing Studies, 153*, 104706. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2024.104706

Drummond, M. F., Sculpher, M. J., Claxton, K., Stoddart, G. L., & Torrance, G. W. (2015). *Methods for the economic evaluation of health care programmes* (4th ed.). Oxford University Press.

Gongora-Salazar, P., Rocks, S., Fahr, P., Rivero-Arias, O., & Tsiachristas, A. (2023). The use of multicriteria decision analysis to support decision making in healthcare: An updated systematic literature review. *Value in Health, 26*(5), 780–790. https://doi.org/10.1016/j.jval.2022.11.007

Griffiths, P., Saville, C., Ball, J., Dall'Ora, C., Meredith, P., Turner, L., & Jones, J. (2023). Costs and cost-effectiveness of improved nurse staffing levels and skill mix in acute hospitals: A systematic review. *International Journal of Nursing Studies, 147*, 104601. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2023.104601

Humphreys, P., Spratt, B., Tariverdi, M., Burdett, R. L., Cook, D., Yarlagadda, P. K. D. V., & Corry, P. (2022). An overview of hospital capacity planning and optimisation. *Healthcare, 10*(5), 826. https://doi.org/10.3390/healthcare10050826

Kamaruzaman, H. F., Grieve, E., & Wu, O. (2022). Disinvestment in healthcare: A scoping review of systematic reviews. *International Journal of Technology Assessment in Health Care, 38*(1), e69. https://doi.org/10.1017/S0266462322000514

Kien, C., Daxenbichler, J., Titscher, V., Baenziger, J., Klingenstein, P., Naef, R., Klerings, I., Clack, L., Fila, J., & Sommer, I. (2024). Effectiveness of de-implementation of low-value healthcare practices: An overview of systematic reviews. *Implementation Science, 19*, Article 56. https://doi.org/10.1186/s13012-024-01384-6

Kokko, P. (2022). Improving the value of healthcare systems using the Triple Aim framework: A systematic literature review. *Health Policy, 126*(4), 302–309. https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2022.02.005

Leskelä, R.-L., Vanhala, A., Gehrmann, K., Haapatalo, E., Ranta, J., Patja, K., Kousa, I., Tapanainen, P., Pantzar, M., Tikkinen, K., Ignatius, E., Ojanen, T., & Torkki, P. (2024). Economic effects of priority setting in healthcare: A scoping review of current evidence. *BMJ Open, 14*(11), e086342. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2024-086342

Moreira, A., & Crispim, J. (2026). The VBHC big picture: An umbrella review. *BMC Health Services Research, 26*, Article 28. https://doi.org/10.1186/s12913-025-13037-5

Mwalim, O., Said, S., Suleiman, S., Bakar, F., Khamis, H., Mohammed, D., Amour, Z., Mussa, O., Jecha, A., Haji, A.-L., Norheim, O. F., Miljeteig, I., Davis, A., Hangoma, P., & Johansson, K. A. (2025). A 10-step method for fair priority-setting processes: A qualitative case study from Zanzibar. *Health Systems & Reform, 11*(1), 2516903. https://doi.org/10.1080/23288604.2025.2516903

OECD. (2025). *Health at a glance 2025: Türkiye*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/health-at-a-glance-2025_15a55280-en/turkiye_87675f02-en.html

Peacock, S. J., Mitton, C., Ruta, D., Donaldson, C., Bate, A., & Hedden, L. (2010). Priority setting in healthcare: Towards guidelines for the program budgeting and marginal analysis framework. *Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes Research, 10*(5), 539–552. https://doi.org/10.1586/erp.10.66

Porter, M. E. (2010). What is value in health care? *New England Journal of Medicine, 363*(26), 2477–2481. https://doi.org/10.1056/NEJMp1011024

Qiu, Y., Thokala, P., Dixon, S., Marchand, R., & Xiao, Y. (2022). Topic selection process in health technology assessment agencies around the world: A systematic review.

International Journal of Technology Assessment in Health Care, 38(1), e19. https://doi.org/10.1017/S0266462321001690

Seixas, B. V., Dionne, F., & Mitton, C. (2021). Practices of decision making in priority setting and resource allocation: A scoping review and narrative synthesis of existing frameworks. *Health Economics Review, 11*, Article 2. https://doi.org/10.1186/s13561-020-00300-0

Smith, P. C., Sagan, A., Siciliani, L., & Figueras, J. (2023). Building on value-based health care: Towards a health system perspective. *Health Policy, 138*, 104918. https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2023.104918

Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research, 104*, 333–339. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039

Sosyal Güvenlik Kurumu. (t.y.). *Genel Sağlık Sigortası Genel Müdürlüğü: Hakkımızda ve görevler*. Erişim tarihi: 30 Eylül 2026, https://sgd.sgk.gov.tr/birimler/hakkimizda/GENEL-SAGLIK-SIGORTASI-GENEL-MUDURLUGU-2026-01-28-02-00-42

Sosyal Güvenlik Kurumu. (2026a, 31 Ağustos). *29/08/2026 SUT Değişiklik Tebliği işlenmiş güncel 2013 SUT*. https://www.sgk.gov.tr/duyuru/detay/29082026-SUT-Degisiklik-Tebligi-Islenmis-Guncel-2013-SUT-2026-08-31-03-06-04

Sosyal Güvenlik Kurumu. (2026b, 3 Şubat). *Sağlık Politikaları ve Finansmanı İş Birliği Protokolü imzalandı*. https://www.sgk.gov.tr/haber/detay/Saglik-Politikalari-ve-Finansmani-Is-Birligi-Protokolu-Imzalandi-2026-02-03-09-23-22

T.C. Sağlık Bakanlığı. (t.y.). *SİNA: Sağlıkta İstatistik ve Nedensel Analizler*. Erişim tarihi: 30 Eylül 2026, https://sina.saglik.gov.tr/auth/login

T.C. Sağlık Bakanlığı. (2025). *Sağlık istatistikleri yıllığı 2024*. https://www.saglik.gov.tr/TR-114952/saglik-istatistikleri-yilligi-2024.html

T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü. (2026a, 5 Ocak). *STD raporları*. https://shgmargestddb.saglik.gov.tr/TR-64109/std-raporlari.html

T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü. (2026b, 25 Haziran). *Ulusal Sağlık Teknolojisi Değerlendirme Strateji Belgesi Revizyon Çalıştayı gerçekleştirildi*. https://shgmargestddb.saglik.gov.tr/TR-118256/ulusal-saglik-teknolojisi-degerlendirme-strateji-belgesi-revizyon-calistayi-gerceklestirildi.html

Thokala, P., Devlin, N., Marsh, K., Baltussen, R., Boysen, M., Kalo, Z., Longrenn, T., Mussen, F., Peacock, S., Watkins, J., & Ijzerman, M. (2016). Multiple criteria decision analysis for health care decision making—An introduction: Report 1 of the ISPOR MCDA Emerging Good Practices Task Force. *Value in Health, 19*(1), 1–13. https://doi.org/10.1016/j.jval.2015.12.003

Torraco, R. J. (2005). Writing integrative literature reviews: Guidelines and examples. *Human Resource Development Review, 4*(3), 356–367. https://doi.org/10.1177/1534484305278283

Whittemore, R., & Knafl, K. (2005). The integrative review: Updated methodology. *Journal of Advanced Nursing, 52*(5), 546–553. https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x

World Health Organization. (2014). *Making fair choices on the path to universal health coverage: Final report of the WHO Consultative Group on Equity and Universal Health Coverage*. https://www.who.int/publications/i/item/9789241507158

World Health Organization. (2021a). *From value for money to value-based health services: A twenty-first century shift*. https://www.who.int/publications/i/item/9789240020344

World Health Organization. (2021b). *Principles of health benefit packages*. https://www.who.int/publications/i/item/9789240020689

World Health Organization. (2022a). *Working for Health 2022–2030 Action Plan*. https://www.who.int/publications/i/item/9789240063341

World Health Organization. (2022b). *Working for Health 2022–2030 Action Plan: Planning and financing*. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/365796/9789240063389-eng.pdf

ASYMMETRIC EFFECTS OF GLOBAL SUPPLY CHAIN DISRUPTIONS ON FIRMS' WORKING CAPITAL REQUIREMENTS AND CASH CONVERSION PROCESSES

Assist. Prof. Dr. Özkan İMAMOĞLU
Amasya University, Merzifon Faculty of Economics and Administrative Sciences,
Department of Economics, Amasya, Türkiye
ORCID: 0000-0002-1646-9781

ABSTRACT
The purpose of this study is to explain how global supply chain disruptions are transmitted to firms' working capital requirements and cash conversion processes and to examine why this transmission differs across firms. The research is designed as an integrative literature review and conceptual mechanism analysis based on twenty-three sources selected from the fields of working capital management, trade credit, financial constraints, and supply chain resilience. The sources are compared across inventory and delivery, receivables and collections, payables and payment terms, access to financing, and the transfer of burdens within the supply chain. The literature synthesis suggests that disruptions may affect operating financing requirements through inventory buffers for critical inputs, delayed production and delivery, postponed collections, and changes in payment terms. Inventories and the cash conversion cycle should not be expected to change in the same direction during every disruption. The direction and magnitude of the effect should be assessed together with reliance on imported inputs, supply concentration, financial flexibility, and bargaining power. Powerful buyers may support their own liquidity by extending payment terms while increasing their suppliers' financing burdens. Moreover, a decline in global pressure does not necessarily mean that firms' tied-up cash is released at the same speed. The study treats heterogeneity across firms, the distribution of burdens between trading partners, and dynamic differences associated with the direction of shocks as separate dimensions of asymmetry and develops four research propositions for empirical testing. Rather than basing financial resilience solely on shortening the cash conversion cycle, the study recommends jointly managing critical inventories, collection processes, financing maturities, and supplier liquidity. The findings constitute a literature-based analytical synthesis, not statistical results from a new dataset.
Keywords: Supply chain disruptions, Working capital, Cash conversion cycle, Financial resilience, Trade credit.

INTRODUCTION
A disruption in the global supply chain means more than a delayed input delivery for a firm. Interrupted production, delayed deliveries and invoices, inventory accumulation at different stages, and changes in payment terms may simultaneously affect operating financing. Consequently, a firm may appear profitable in accounting terms while struggling to access the cash needed to sustain its operating cycle. Examining the relationship between supply chain disruptions and operating performance, Hendricks and Singhal (2005) show that the problem requires a joint assessment of sales, costs, and inventories.

The purpose of this paper is to explain the channels through which global supply chain disruptions affect working capital requirements and cash conversion processes and why these effects are not distributed equally across firms. The central research question concerns which firms face a greater financing burden from the same external pressure and under what conditions this burden can be transferred to trading partners. Huynh and Le's (2025) firm-level study directly examines the connection between supply risk and working capital while highlighting the importance of distinguishing financial constraints and international exposure.

The study contributes by bringing operational resilience and short-term financial management together within a common mechanism framework. Asymmetry is considered at three levels: differences in effects associated with firm characteristics, the distribution of burdens between buyers and suppliers, and differences in the propagation or resolution of adverse shocks and favorable developments. These dimensions are not used interchangeably. Although the directional differences in the propagation of credit shocks through supply networks provide relevant evidence for the third dimension, they do not, on their own, establish that the cash conversion cycle is asymmetric to the same extent (Agca, Babich, Birge, and Wu, 2022).

CONCEPTUAL FRAMEWORK

Financial resilience and business continuity

In this study, financial resilience is defined as a firm's ability to meet its operating obligations during a shock, maintain critical supplies, and preserve the resources needed for recovery. This definition encompasses not only cash on hand but also accessible credit lines, collection capacity, and financing maturities. Operational resilience concerns the maintenance and adaptation of physical flows. Christopher and Peck's (2004) approach to resilience and Ivanov and Dolgui's (2020) framework on network viability provide a conceptual foundation for jointly assessing these two areas.

Reducing inventories may lower financing costs under normal conditions, but an excessively lean approach to critical inputs may magnify production losses during a disruption. Conversely, maintaining substantial safety stocks for every product is not financially sustainable either. The decision criterion is not the lowest inventory level, but the operating loss caused by the absence of a critical input relative to the total cost of carrying inventory. Designing risk management options to complement one another requires evaluating inventory, sourcing diversification, and flexibility decisions within a single set of policies (Tang, 2006).

Working capital and the cash conversion cycle

Gross working capital refers to current assets, while net working capital is the difference between current assets and current liabilities. This paper also uses operating working capital to distinguish financing requirements arising from operations. In simplified terms, this measure is calculated as inventories plus trade receivables minus trade payables. Excluding cash, financial debt, and other operating items from this definition prevents it from being confused with net working capital. The distinction between firm-level and supply chain-level measures is a central issue in Hofmann and Kotzab's (2010) approach.

The cash conversion cycle (CCC) is calculated by adding inventory holding days to trade receivable collection days and subtracting trade payable payment days. In the expressions below, an average balance is the average of beginning-of-period and end-of-period balances. More frequent observations should be preferred when seasonality is pronounced. Sales and costs must refer to the same period. A negative CCC may indicate that collections can occur before payments, but it does not, by itself, imply resilience or low risk (Hofmann and Kotzab, 2010).

CCC = Inventory holding days + Receivable collection days − Payable payment days

Inventory holding days = Average inventory / Cost of goods sold × Number of days in the period

Receivable collection days = Average trade receivables / Credit sales × Number of days in the period

Payable payment days = Average trade payables / Credit purchases × Number of days in the period

When data on credit sales or purchases are unavailable, using net sales or the cost of goods sold should be reported as an approximation; these variables are not conceptually identical. Rapid changes in inventories, in particular, may widen the difference between costs and purchases. In

addition, the CCC measures time, whereas operating working capital measures a monetary amount. Price increases may tie up more cash even when the number of days remains unchanged. Monitoring the two indicators together supports an assessment of working capital policies in terms of target levels and components (Baños-Caballero, García-Teruel, and Martínez-Solano, 2010).

The relationship between working capital and firm performance should not be interpreted as a unidirectional, unchanging rule. Deloof (2003) and García-Teruel and Martínez-Solano (2007) relate working capital components to profitability in different samples of firms. It cannot be inferred that reducing inventories or receivables will yield better results under all conditions. Applying findings from normal periods to a disruption without considering trading conditions, the structure of operations, and changes in demand over time may overlook the balance between short-term liquidity and business continuity.

Baños-Caballero et al.'s (2014) study focusing on a nonlinear relationship provides a basis for considering how very low and very high working capital levels may generate different costs. Aktas, Croci, and Petmezas (2015) also demonstrate the importance of moving toward an appropriate working capital level for firm performance. Accordingly, this paper does not equate financial resilience with a policy of unconditionally increasing or decreasing working capital. The key issue is matching operating requirements that vary with supply risk to the capacity to finance those requirements.

Trade credit and bargaining power

Trade credit provides short-term financing to buyers by allowing payment for goods or services after delivery. Petersen and Rajan (1997) examine the importance of supplier financing for small firms that have difficulty obtaining credit from financial institutions. The same transaction represents financing for the buyer and a waiting period for collection for the supplier. A greater need for trade credit during a disruption does not mean that the supplier has the resources to provide that credit.

Bargaining power may make this reciprocal relationship unequal. Fabbri and Klapper (2016) show that suppliers in a weak bargaining position relative to their customers may provide more trade credit and longer payment terms. A large buyer's extension of payment terms may ease its own cash cycle while lengthening its supplier's receivable collection period. This effect should be viewed as a change in which firm carries the total financing burden rather than as the elimination of that burden.

RESEARCH AND FINDINGS

Research method and scope

The study is an integrative literature review and conceptual mechanism analysis based on purposive source selection. The source search was conducted on October 9, 2026, focusing on the links among supply chain disruptions, working capital, the cash conversion cycle, financial constraints, trade credit, and supply chain finance. Considering financial flows together with operational management is associated in the literature with a shift from firm-centered financial management toward supply chain-centered coordination (Gelsomino, Mangiaracina, Perego, and Tumino, 2016; Wuttke, Blome, and Henke, 2013).

The terms "supply chain disruptions," "working capital," "cash conversion cycle," "financial constraints," "trade credit," and "supply chain finance" were used in different combinations in English-language searches. Bibliographic details were verified through publisher pages, research records at the authors' institutions, accessible full texts, and official institutional publications. Recent studies directly related to the topic were selected alongside foundational studies explaining the mechanisms. The review draws on 23 distinct sources; different online records of the same study were not counted as separate sources (Huynh and Le, 2025; de Goeij, Gelsomino, and Elhenawy, 2026).

The sources were evaluated along five dimensions: inventory and delivery, receivables and collections, payables and payment terms, financial constraints, and the transfer of burdens within networks. Research design, measurement scope, and the applicability of results were considered together. Detailed coefficients not supported by the available bibliographic record or publisher abstract were not reported for studies accessed through those materials. The study does not claim to be a meta-analysis or a comprehensive systematic review; the findings below are an analytical synthesis developed by comparing sources, rather than estimates from a new firm-level dataset (Gelsomino et al., 2016).

Effects through the inventory and delivery channel

Longer supply lead times may affect the operating cycle in two different ways. If a firm purchases additional inventory in advance, cash becomes tied up before production takes place. Conversely, when a critical component is missing, the final product cannot be completed even though other components and work in progress are available; the inventory mix may become a structure of unproductive waiting. However, total inventory should not be expected to increase during every disruption: input shortages or the fulfillment of sales may reduce existing inventories. Inventory levels, composition, and replenishment times should therefore be evaluated together (Tang, 2006; Hendricks and Singhal, 2005).

Increasing inventories for resilience entails risks of storage costs, spoilage, and technological obsolescence in addition to financing costs. The appropriateness of an inventory increase depends on input criticality and the capacity to switch to alternative sources. In this framework, safety stock is both a tool for maintaining supply continuity and a choice about the use of operating working capital. When finance and operations departments pursue different objectives, this may lead either to reductions in necessary inventories or to inventory accumulation without planned financing (Christopher and Peck, 2004; de Goeij et al., 2026).

Effects through the collection channel

Delayed delivery may postpone invoicing or the start of the payment period, depending on contractual terms. Delayed product acceptance and disruptions in the customer's own operations may also postpone the collection date. Financing requirements may therefore increase after delivery as well as during the inventory stage. It is necessary to identify the stage of the order-to-cash process at which the collection delay arises; logistical delays, invoice disputes, and customers' payment difficulties require different interventions (Wuttke, Blome, and Henke, 2013).

An increase in receivable collection days may arise directly from higher credit sales or from a smaller denominator caused by declining sales. A days-based ratio alone therefore does not establish that customers are paying later. It should be supported by receivables aging, the share of overdue balances, and delivery acceptance dates. The component-based approach of foundational studies examining working capital and profitability offers a starting point for this distinction; interpretation in the context of a disruption requires separate consideration (Deloof, 2003; García-Teruel and Martínez-Solano, 2007).

Payment terms and the transfer of burdens within the supply chain

When collections are delayed, firms may seek to limit their cash shortfall by postponing payments to suppliers. This may take the form of a contractually agreed extension of payment terms or of overdue payables. These are not the same financial behavior. Customers with substantial bargaining power may change payment terms in their favor, increasing suppliers' receivables and operating financing burdens. A supplier's concern about losing a customer may lead it to accept this transfer, although its own banking constraints may limit its capacity to absorb it (Fabbri and Klapper, 2016).

Trade credit may provide a partial substitute when bank financing is unavailable, but this buffer may weaken if the entire supply chain faces liquidity pressure at the same time. A later payment by one firm means a later collection by another. Consequently, an individual improvement

achieved by increasing payable payment days does not demonstrate greater financial resilience across the supply network. A supply chain-level assessment should consider suppliers' financing costs and their capacity to sustain operations, in addition to payment terms (Petersen and Rajan, 1997; Hofmann and Kotzab, 2010).

Access to financing and asymmetry across firms

The same additional inventory requirement may be a temporary financing decision for a firm with cash reserves and available credit, but a production constraint for a firm with limited resources. Almeida, Campello, and Weisbach (2004) establish a link between financial constraints and liquidity behavior. Accordingly, firms may differ in their ability to build buffers against disruptions. However, reserve-holding behavior should be distinguished from whether reserves actually absorb the shock; the availability of cash and concurrent obligations matter as much as the amount of cash.

In financially constrained firms, efforts to preserve operating working capital may compete with resources for fixed investment. Fazzari and Petersen (1993) consider working capital and fixed investment together in the context of financial constraints. The mechanism inferred in this paper is that directing resources toward the operating cycle during a disruption may postpone capacity renewal and growth investments. Whether this occurs should be examined using separate firm-level data; an increase in operating working capital does not necessarily imply a decline in investment.

Financing maturity matters as much as the size of the requirement. Financing operations with uncertain collection dates through very short-term debt may increase refinancing risk. Baños-Caballero et al. (2016) examine the relationship among financing strategy, crises, and financial flexibility. Assessing resilience should therefore involve considering working capital amounts, the debt maturity profile, and access to credit together. Firm size is not a perfect measure of this capacity; a large firm with substantial debt or dependence on a single source may also be vulnerable.

Dimensions of asymmetry and research propositions

Huynh and Le's (2025) study provides directly relevant evidence on asymmetry across firms. Assessing the relationship between supply risk and working capital together with financial constraints, international operations, and risky industries suggests that a single average effect may not represent all firms. A text-derived firm-level risk indicator and global supply chain pressure are not the same variable. The transmission of macroeconomic pressure to a particular firm should be established separately through exposures such as reliance on imported inputs and supply concentration.

Regarding directional asymmetry, Agca et al. (2022) provide evidence that adverse and favorable credit shocks may propagate differently through supply networks. For recovery asymmetry, payment adjustments after a disruption and the persistence of operational effects are important (Ivanov, 2024; Hendricks and Singhal, 2005). Together, these studies provide a basis for considering that easing pressure may not release firms' cash at the same speed. However, this synthesis cannot produce estimated coefficients for increases and decreases in the CCC.

Table 1. Channels transmitting supply disruptions to operating financing

Channel	Operating effect	Financial implication	Distinguishing condition
Inputs and inventory	Replenishment delay; inventory buffers or depletion	Tied-up cash may increase; inventory may also decline	Critical inputs, substitution, and inventory composition
Delivery and collection	Invoice or acceptance delay	Collections may be postponed; the days ratio is checked separately	Contracts, sales changes, and overdue receivables
Payments and trade credit	Extended terms or a demand for advance payment	The burden may be transferred from buyer to supplier	Bargaining power and banking constraints

Channel	Operating effect	Financial implication	Distinguishing condition
Access to financing	The same additional requirement is met differently	Refinancing and operating interruption risk	Cash, available credit lines, and debt maturity
Recovery	Physical flows and cash recover at different speeds	Tied-up cash may persist after pressure subsides	Payment schedules and shock duration

Source: Author's synthesis based on the relevant literature. The effects shown are conditional, not estimation results (Tang, 2006; Hofmann and Kotzab, 2010; Fabbri and Klapper, 2016; Huynh and Le, 2025).

Four research propositions are developed from the mechanisms above. Proposition 1: When global pressure increases, operating financing requirements may increase more in firms with greater reliance on imported inputs and higher supply concentration. Proposition 2: Financial constraints may increase the risk that the same additional requirement results in an operating interruption. The first proposition distinguishes exposure, while the second concerns the capacity to absorb the shock. Firm-level findings on supply risk and the liquidity literature provide a basis for this distinction (Huynh and Le, 2025; Almeida et al., 2004).
Proposition 3: Buyers with greater bargaining power may transfer financing burdens to suppliers through payment terms; in this case, an improvement in the buyer's CCC may not indicate an improvement at the supply chain level. Proposition 4: The effects of rising and easing pressure on the cash cycle may differ in magnitude and lag. The third proposition concerns the distribution of power, and the fourth concerns time and directional asymmetry. These are not hypotheses tested in this paper (Fabbri and Klapper, 2016; de Goeij et al., 2026; Agca et al., 2022).

Measurement design for future empirical testing

In a future firm-level panel, the CCC and its components, along with operating working capital as a ratio of sales or assets, may be examined as separate dependent variables. The GSCPI may be used to measure global pressure, but applying this index at the same level to every firm is insufficient. Interactions should be constructed with pre-shock imported input shares and supply concentration. Benigno et al.'s (2022) index is a monitoring indicator; it does not, on its own, identify an exogenous causal effect on firms' cash flows.
Increases and decreases in pressure may be separated as $\Delta GSCPI^{+} = \max(\Delta GSCPI, 0)$ and $\Delta GSCPI^{-} = \min(\Delta GSCPI, 0)$. Because the negative component is defined as a signed variable, the symmetry test is based on equality of the two coefficients; if negative changes are defined in absolute values, the sign of the test also changes. Lagged effects and recovery duration should be monitored separately. This proposal is an estimation strategy; it does not convert Agca et al.'s (2022) credit shock findings into numerical results for the CCC.
In a model with firm and period fixed effects, the level effect of the GSCPI, which is common to all firms in a given period, is absorbed by period effects. Identification must therefore come from the interaction between common pressure and predetermined firm exposure or from a different research design. Declining sales, interest rates, exchange rates, and industry conditions should also be considered. The GSCPI is a macroeconomic indicator; mechanically using it as an instrument or treating it as evidence of causality is inappropriate (Benigno et al., 2022).

CONCLUSION

The literature synthesis shows that global supply chain disruptions affect working capital through more than inventory increases alone. Delivery and collection delays, payment terms, credit capacity, and the parties' bargaining positions are interconnected. Additional operating working capital may act as a buffer against disruption for some firms, while creating an unmet financing requirement for others. This distinction is consistent with the approach of identifying an appropriate working capital level; it does not support applying the same cash conversion target to every firm (Aktas et al., 2015; Baños-Caballero et al., 2014).

The first managerial recommendation is to jointly monitor critical inventories, receivables aging, available credit, and payment schedules rather than focusing solely on an overall CCC target. Finance, procurement, and operations departments should jointly plan disruption scenarios. The plan should specify which inputs will be protected through inventory and which suppliers need early payment. The role of internal coordination in working capital and resilience is also evident in de Goeij et al.'s (2026) findings.

The second recommendation is not to present supply chain finance tools as stand-alone solutions. Reverse factoring or early payment arrangements may improve suppliers' collection timing and access to financing under suitable conditions. However, the scope of these tools, transaction costs, dependence on the financing provider, and the way payment terms are determined should be evaluated. The involvement of multiple parties in implementation and adoption requires coordination of financial flows; a practice that merely extends the buyer's payable payment period cannot be equated with supply chain resilience (Gelsomino et al., 2016; Wuttke, Blome, Foerstl, and Henke, 2013).

The third recommendation is to reduce administrative delays in payment processes and manage physical and financial flows on the same timeline. Coordinating invoice approval, delivery acceptance, and payment schedules may reduce waiting within the process without creating new inventory or debt. A resilience budget therefore need not consist solely of additional inventory costs. Joint management of financial and physical flows relies on coordination among internal functions and suppliers, customers, and financing providers (Wuttke, Blome, and Henke, 2013; Ivanov, 2024).

The study's conclusions should be evaluated in light of differences in the methods and contexts of the selected research. The review does not contain new firm-level data or a statistical test of asymmetry. It does not report conclusions about industry-specific effect sizes, particular coefficients for firms in Türkiye, or recovery durations. Its contribution is to establish a mechanism and measurement framework suitable for testing these outcomes in the future. Financial resilience should be considered together with the capacity of an interconnected supply network to sustain operations, beyond an individual firm's acceleration of cash flows (Ivanov and Dolgui, 2020; Hofmann and Kotzab, 2010).

REFERENCES

Agca, S., Babich, V., Birge, J. R., & Wu, J. (2022). Credit shock propagation along supply chains: Evidence from the CDS market. Management Science, 68(9), 6506–6538. https://doi.org/10.1287/mnsc.2021.4174

Aktas, N., Croci, E., & Petmezas, D. (2015). Is working capital management value-enhancing? Evidence from firm performance and investments. Journal of Corporate Finance, 30, 98–113. https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2014.12.008

Almeida, H., Campello, M., & Weisbach, M. S. (2004). The cash flow sensitivity of cash. The Journal of Finance, 59(4), 1777–1804. https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.2004.00679.x

Baños-Caballero, S., García-Teruel, P. J., & Martínez-Solano, P. (2010). Working capital management in SMEs. Accounting & Finance, 50(3), 511–527. https://doi.org/10.1111/j.1467-629X.2009.00331.x

Baños-Caballero, S., García-Teruel, P. J., & Martínez-Solano, P. (2014). Working capital management, corporate performance, and financial constraints. Journal of Business Research, 67(3), 332–338. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2013.01.016

Baños-Caballero, S., García-Teruel, P. J., & Martínez-Solano, P. (2016). Financing of working capital requirement, financial flexibility and SME performance. Journal of Business Economics and Management, 17(6), 1189–1204. https://doi.org/10.3846/16111699.2015.1081272

Benigno, G., di Giovanni, J., Groen, J. J. J., & Noble, A. I. (2022). The GSCPI: A new barometer of global supply chain pressures (Staff Report No. 1017). Federal Reserve Bank of New York. https://www.newyorkfed.org/medialibrary/media/research/staff_reports/sr1017.pdf

Christopher, M., & Peck, H. (2004). Building the resilient supply chain. The International Journal of Logistics Management, 15(2), 1–14. https://doi.org/10.1108/09574090410700275

de Goeij, C., Gelsomino, L. M., & Elhenawy, Y. (2026). Between alignment and competition: Supply chain resilience and working capital in practice. Journal of Purchasing and Supply Management. Advance online publication. https://doi.org/10.1016/j.pursup.2026.101170

Deloof, M. (2003). Does working capital management affect profitability of Belgian firms? Journal of Business Finance & Accounting, 30(3–4), 573–588. https://doi.org/10.1111/1468-5957.00008

Fabbri, D., & Klapper, L. F. (2016). Bargaining power and trade credit. Journal of Corporate Finance, 41, 66–80. https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2016.07.001

Fazzari, S. M., & Petersen, B. C. (1993). Working capital and fixed investment: New evidence on financing constraints. The RAND Journal of Economics, 24(3), 328–342. https://doi.org/10.2307/2555961

García-Teruel, P. J., & Martínez-Solano, P. (2007). Effects of working capital management on SME profitability. International Journal of Managerial Finance, 3(2), 164–177. https://doi.org/10.1108/17439130710738718

Gelsomino, L. M., Mangiaracina, R., Perego, A., & Tumino, A. (2016). Supply chain finance: A literature review. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 46(4), 348–366. https://doi.org/10.1108/IJPDLM-08-2014-0173

Hendricks, K. B., & Singhal, V. R. (2005). Association between supply chain glitches and operating performance. Management Science, 51(5), 695–711. https://doi.org/10.1287/mnsc.1040.0353

Hofmann, E., & Kotzab, H. (2010). A supply chain-oriented approach of working capital management. Journal of Business Logistics, 31(2), 305–330. https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2010.tb00154.x

Huynh, N., & Le, Q. N. (2025). From chain to capital: Supply chain risks and working capital management. Economics Letters, 247, 112100. https://doi.org/10.1016/j.econlet.2024.112100

Ivanov, D. (2024). Cash flow dynamics in the supply chain during and after disruptions. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 185, 103526. https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103526

Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). Viability of intertwined supply networks: Extending the supply chain resilience angles towards survivability. A position paper motivated by COVID-19 outbreak. International Journal of Production Research, 58(10), 2904–2915. https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1750727

Petersen, M. A., & Rajan, R. G. (1997). Trade credit: Theories and evidence. The Review of Financial Studies, 10(3), 661–691. https://doi.org/10.1093/rfs/10.3.661

Tang, C. S. (2006). Perspectives in supply chain risk management. International Journal of Production Economics, 103(2), 451–488. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.12.006

Wuttke, D. A., Blome, C., & Henke, M. (2013). Focusing the financial flow of supply chains: An empirical investigation of financial supply chain management. International Journal of Production Economics, 145(2), 773–789. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.05.031

Wuttke, D. A., Blome, C., Foerstl, K., & Henke, M. (2013). Managing the innovation adoption of supply chain finance—Empirical evidence from six European case studies. Journal of Business Logistics, 34(2), 148–166. https://doi.org/10.1111/jbl.12016

EĞİTİM YAPILARINDA ISLAK HACİM SU YALITIM UYGULAMALARI VE SORUNLARI

Doç. Dr. Özlem AYDIN
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi
Öğr. Gör. Nurten GÖKÇEK
Malatya Turgut Özal Üniversitesi, İnşaat Bölümü

ÖZET

Yapıların tasarım, uygulama ve kullanım aşamalarında çeşitli sorunlarla karşılaşılmaktadır. Yapıyı korumak ve ortaya çıkabilecek problemleri ortadan kaldırmak için bu aşamalarda gerekli hassasiyetin gösterilmesi gerekmektedir. Ülkemizde hemen her tür yapıda ısı ve su yalıtımı ile ilgili çeşitli sorunlarla sıkça karşılaşılmaktadır. Bu sorunların yaşanmasında özellikle proje aşamasında verilen detayların, malzeme seçimi ve uygulamaları tanımlayan teknik şartnamelerin yeterli olmayışı, uygulamadaki hatalar ve bunların kontrolünün yeterli ve etkili bir şekilde yapılmaması etkili olmaktadır. Bu olumsuzlukların ortaya çıkmaması için uygulayıcı firmanın özellikle uygulama aşamasında gereken iş kalitesini göstermesinin yanı sıra, kontrol mekanizmalarının da gerekli hassasiyeti göstermesi gerekmektedir. Ayrıca, teknolojik olarak gelişen malzemelerin kullanımının sağlanması amacıyla teknik şartnamelerin yeniden düzenlenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, yapıların suya maruz kalan bölümlerinde su yalıtımının doğru ve etkin bir biçimde uygulanması, özellikle kullanım sürecinde suyun sürekli etkisinde kalan ıslak hacimlerde ortaya çıkabilecek sorunların önlenmesi açısından önem taşımaktadır. Su yalıtımının tasarım aşamasından başlayarak uygulama ve kullanım aşamalarına kadar bütüncül olarak ele alınması, yapıların uzun ömürlü olmasına ve kullanım sürecinde ortaya çıkabilecek sorunların önlenmesine katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada, eğitim yapılarının ıslak hacimlerinde kullanım aşamasında ortaya çıkan yalıtım sorunları ele alınarak, bu sorunların önlenmesine yönelik öneriler sunulmuştur. Bu amaç doğrultusunda, Trabzon ilinde yer alan iki eğitim yapısının ıslak hacimlerinde inceleme ve gözlemler yapılmıştır. İncelemeler kapsamında, suyun sürekli etkisinde kalan ıslak hacimlerde ortaya çıkan sorunların önlenmesi amacıyla; tasarım aşamasında özellikle doğru malzeme seçimi, uygulama biçimi ve kullanım hatalarının nasıl ve ne şekilde önlenebileceği konusunda tespitler yapılmıştır. Çalışma sonucunda, şartname ve detay çizimlerindeki eksiklikler, uygulama ve denetimdeki hatalar ile kullanım kaynaklı sorunların ıslak hacimlerde su yalıtımı açısından önemli sorunlara neden olduğu belirlenmiştir. Bu doğrultuda, proje ve detayların doğru hazırlanması, uygun malzeme seçimi, uygulamanın nitelikli işçilikle gerçekleştirilmesi, yapım aşamasında etkin denetim yapılması ve kullanıcıların bilinçlendirilmesine yönelik öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Su Yalıtımı, Islak Hacim, Doğru Detay, Yalıtım Malzemesi, Eğitim Yapısı.

ABSTRACT

There are a multitude of problems that arise during the design, build, and operational phases of a building. It is of the utmost importance that due diligence is exercised at all stages to protect the integrity of the structure and to avoid problems. In our country, thermal and waterproofing problems are common in virtually all types of buildings. The principal causes of these problems are poor detailing at the design stage, poor technical specifications with respect to the materials to be used and the methods of application, errors in execution, and inadequate supervision. To deal with these issues, the contractor has to be of a high standard in the execution of the work, and the supervising body has to ensure that there is adequate

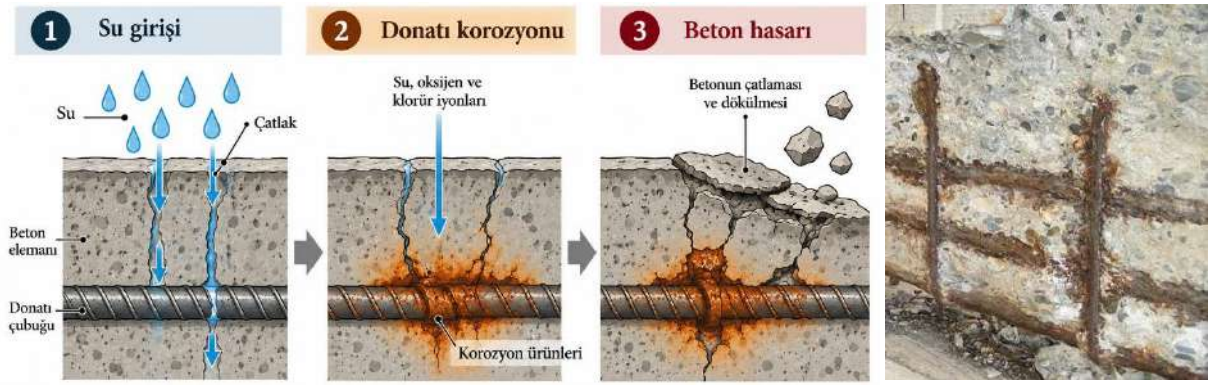
supervision. The technical specifications should also be reviewed and updated to allow for the use of more advanced materials. The correct and effective application of waterproofing in all areas which are subject to water ingress is of paramount importance in preventing the associated problems. A holistic approach to waterproofing from the design through to the build and into the operational phase will go a long way to increasing the life of the building and reducing the problems which will arise in the operational phase. This paper looks at the waterproofing problems which occur in the wet areas of educational buildings in the operational phase and makes recommendations for their prevention. Inspections and observations were carried out in the wet areas of two educational buildings in Trabzon. The inspections involved a detailed assessment of the materials selected, the method of application and the measures taken to prevent user induced errors. The results show that deficiencies in the specifications and detail drawings, errors in the application and supervision and problems arising from user use all lead to significant waterproofing problems in the wet areas. The paper therefore recommends that project plans and details be correctly prepared, the appropriate materials be selected, the work be carried out by competent people, there be effective supervision during the construction phase and that user awareness be increased.
Keywords: Waterproofing, Wet Areas, Proper Detailing, Waterproofing Materials, Educational Facility.

GİRİŞ

Su yalıtımı, bir yapının dış kabuğunu oluşturan veya iç mekânlarda suya maruz kalan yapı elemanlarının suya karşı yalıtılması ve suyun uzaklaştırılması anlamına gelmektedir (1). Nereden ve ne şekilde gelirse gelsin, suyun yapıya, yapı elemanlarına veya kapsadığı hacimlere zarar vermesini önlemek amacıyla, yapılarda temelden çatıya kadar suyun etkisine maruz kalan tüm yüzeylerde su yalıtımı uygulanması gerekmektedir. Suya karşı yapılan bu yalıtım, yapı içindekiler için konfor ve sağlık anlamı taşırken, yapının ömrü boyunca kullanıma açık olacak bölümlerinin sürekli kullanılabilir durumda olması açısından da önem taşımaktadır.

İyi bir su ve nem yalıtımı; yapı elemanlarındaki konu ile ilgili fiziksel olayların bilinmesi, bu amaçla kullanılacak malzemelerin tanınması ve bu malzemelerin yapı elemanları ile beraber doğru bir şekilde tespit edilmesiyle yapılabilir. Yetersiz bilgi ile yapılacak yanlış konstrüksiyonlar, yanlış ve yetersiz malzeme kullanımları problemi çözmeyeceği gibi telafisi zor zararlara da sebep olurlar (2). Bu nedenle su yalıtımının başarısı yalnızca kullanılan malzemenin özelliklerine değil, tasarım kararlarının doğru alınmasına, uygulama koşullarının uygunluğuna ve yapı elemanlarıyla birlikte doğru detaylandırılmasına bağlıdır.

Yapıların suya maruz kalması sonucunda oluşabilecek bu tür hasarların önlenmesi açısından, su yalıtım sistemlerinin tasarım, malzeme seçimi ve uygulama aşamalarının doğru şekilde ele alınması önem taşımaktadır. Bir yapıda su yalıtımının sağlanması için kabuğu oluşturan elemanların su geçirimsiz bir bariyerle kaplanması gerekmektedir. Su yalıtımının önemini ortaya koyan bir diğer unsur ise yalıtımsız veya yetersiz ve kalitesiz malzemelerle yapılmış olan yalıtımlar yüzünden çelik donatılarda oluşan korozyondur. Betonarme sistemlerin içine giren ve işleyen su, çelik donatı çubuklarına ulaştığında korozyona neden olmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Su girişine bağlı olarak çelik donatıda korozyon oluşumu ve beton hasarı (Url 3-4).

Bu tür yapı hasarlarının yanı sıra, su yalıtım malzemelerinin hatalı tasarımı, yanlış malzeme seçimi veya malzemenin yanlış uygulanması sonucunda malzeme kayıpları, ekonomik zararlar da meydana gelmektedir. Su yalıtım malzemesinin tasarlanması aşamasından detaylandırılmasına, malzeme seçiminden, şartname hazırlanmasına, standartlara uyulmasına ve hatasız bir şekilde düzenlenmesine kadar mimar ile birlikte yetkili mühendislerin kontrolü ve denetimi gereklidir (5).

Bu kapsamda, su yalıtımı inşaat sektörünün her safhasında gündemde olan sorunlardan biridir. Su yalıtım sisteminin ön proje aşamasında yeterli düzeyde tasarlanmaması, kullanılan malzemelerin ve bu malzemelerin uygulamalarını tanımlayan şartnamelerin yeterli olmaması, geliştirilen yeni malzemelerin sistemlere uygun şekilde revize edilmemesi ve kullanıcının bilgisizliğinden kaynaklanan ilgisizliği; kısa sürede bozulan yalıtım adı altındaki uygulamaların yapılmasına neden olmaktadır. Bu tip uygulamalar, başlangıçta bina maliyetinin çok az bir miktarını teşkil eden su yalıtımının daha sonra çok daha masraflı olarak yapılmasına ve binanın bir süre hizmet dışı kalmasına neden olmaktadır (Şekil 2) (6).



Şekil 2. Su yalıtımında tasarım, malzeme ve uygulama hatalarının yapı kullanım sürecine etkisi (Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur).

Etkili bir yalıtımın proje aşamasından başlaması gerekmektedir. Yalıtım projeleri, projelendirilmesi gereken diğer konular kadar önemlidir; hatta çok daha önemli olduğu söylenebilir. Bu nedenle yalıtım; bir binanın projelendirilmesi aşamasında, arazinin yapısının tanımı ile başlamalı ve yapı kullanıma alınıncaya kadar geçecek tüm inşaat aşamaları düşünülerek projelendirilmelidir (7). Binanın yapım sistemine ve etki eden suya bağlı olarak gerekli yalıtım sistemi belirlenmeli; uygun olmayan yalıtım sistemi ve malzemesinin yarardan çok zarar verebileceği dikkate alınmalıdır. Bu nedenle yalıtım sistemi ve malzemesinin seçimi çok önemli bir konudur (8). Ülkemizde hemen her tür yapıda ısı ve su yalıtımı ile ilgili çeşitli sorunlarla sıkça karşılaşılmaktadır. Özellikle kamu yapılarında kullanım aşamasında ortaya çıkan yalıtım sorunları, mekânların konfor düzeyini etkilediği gibi, sonrasında yapılan tadilat uygulamaları da kaynak israfına sebep olmaktadır.

Su yalıtımıyla ilgili sorunlar, özellikle kullanım sırasında sürekli veya tekrarlı olarak suya maruz kalan ıslak hacimlerde daha belirgin hâle gelmektedir. Islak hacimlerde ortaya çıkan yalıtım sorunları, yalnızca ilgili mekânın kullanım koşullarını değil, yapı bünyesindeki diğer mekânları ve yapı elemanlarını da etkileyebilmektedir.
Islak hacimlerde su yalıtımının doğru ve etkin bir biçimde uygulanması, yapıların kullanım sürecinde karşılaşılabilecek sorunların önlenmesi açısından önem taşımaktadır. Yapılan bu çalışmada, eğitim yapılarının ıslak hacimlerinde, kullanım aşamasında su ile ilgili olarak ortaya çıkan sorunların neler olduğu ve bu sorunların ortaya çıkma sebepleri saptanarak, bunların hangi aşamada nasıl önlenebileceği konusunda çözüm önerileri sunulmuştur. Çalışma kapsamında, Trabzon ilinde yer alan iki eğitim yapısı örnek olarak incelenmiştir. Suyun yapıya verdiği zararı engellemek ve yapının sağlıklı bir şekilde ömrünü sürdürmesini sağlamak amacıyla, yapıların kullanım süresince sudan etkilenmemelerinin gerekliliği yapılan alan çalışması ile ortaya konulmuş ve özellikle ıslak hacimlerde su yalıtımının önemi vurgulanmıştır.

ISLAK HACİMLERDE SU YALITIMI

Yer üstü yapılarında, kullanılmaları ve temizlenmeleri sırasında döşemeleri kullanma suyuna maruz kalan hacimlere “ıslak” ya da “nemli” hacimler denir. Binalarda ıslak hacimler; genellikle kullandığımız banyo, tuvalet, mutfak, balkon, teras gibi mahallerdir. Bu hacimlerin yalıtımlarının hem tasarım hem de uygulama aşamasında ikinci plana atıldığı sık görülen bir durumdur. Bunun –elbette geçerli olmaması gereken – nedeni olarak, tasarımda kaba döşeme ile bitmiş döşeme üst kotu arasındaki dar hacme başka eleman sokmamak gayreti gösterilmektedir. Sonraları, ince yapının bitimine yakın meydana gelen sıkışıklıklar da yalıtım uzmanının, yalıtımın düzeni ve yalıtım yapılacak yüzeyin yapısı konusundaki uyarılarına dikkat edilmemesine neden olmaktadır (9).
Islak hacimlerde yalıtımların hatalı tasarlanması ve hatalı uygulanması, sayısız hasara yol açmaktadır. Bu sorunlar genellikle yalnızca sakinleri tarafından kullanılan konutlarda görülmekteyse de küçük sanayi tesisleri ile kamu yapılarında da göze çarpmaktadır. Söz konusu sorunların ortaya çıkmasında sıklıkla yapılan üç hatanın sonuçları birbirini tamamlamaktadır. Bunlar; yalıtım malzemesinin duvarda yeterli yüksekliğe çıkarılmaması, yalıtım altlığında yeterli eğimin sağlanmaması veya hiç eğim verilmemesi ve uygun olmayan drenaj ağızlarıdır (Şekil 3) (9). Dolayısıyla, ıslak hacimlerde su yalıtımının yalnızca yüzeyin su geçirimsizliğinin sağlanmasıyla sınırlı olarak değerlendirilmemesi; eğim, drenaj, birleşim noktaları ve yalıtımın duvarlarda devamlılığı gibi detayların da birlikte ele alınması gerekmektedir (Url 10).



Şekil 3. Islak hacimlerde su yalıtımının doğru uygulanmasına ilişkin detaylar: (a) temel uygulama ilkeleri, (b) seramik kaplama öncesi su yalıtımı, (c) seramik kaplama ve drenaj detayı. Kaynak: (a) Yazarlar tarafından oluşturulmuştur; (b) ve (c) şantiye alanından alınmıştır.

Islak hacimlerde su yalıtımının uygulanmasında, yüzey hazırlığından kaplama uygulamasına kadar farklı aşamalarda çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Banyo, WC gibi yerlerde, kullanma suyunun ya da pis ve temiz su tesisatlarından sızan suyun döşeme kaplamasından geçerek binaya zarar vermesini önlemek amacıyla su ve neme karşı yalıtım yapılır. Döşemede yapılan yalıtım şekillerini, kaba döşemeden yüzeye doğru şöyle sıralayabiliriz:

- Katkılı eğim betonunun (%3-5) eğim verilerek ve kalınlığının 3 cm olacak şekilde dökülmesi,
- Su yalıtım malzemesi olarak sürme su yalıtım malzemesinin (çimento akrilik esaslı veya akrilik esaslı) uygulanması ve seramik, mermer vb. döşeme kaplamasının yapılması (Şekil 1).



Şekil 4. Islak hacimde sürme su yalıtım uygulaması (11).

Sürme su yalıtım uygulamalarının yanı sıra, yalıtım gereci olarak cam elyaf takviyeli polyester (CTP) de kullanılmaktadır. Bu uygulamada öncelikle, iyice temizlenen ve kurutulan yüzeye cam elyafı serilir. Sonra üzerine, katalizörüyle karıştırılan polyester solüsyonu, fırçayla ve tampon edilerek sürülür. Böylece işçiliğin zor olmasına rağmen, oldukça sağlam ve geçirimsiz bir yalıtım elde edilmiş olur (12).



Şekil 5. Cam elyafı ve polyester esaslı su yalıtım uygulaması (Url 13).

Islak hacimlerde su yalıtımının uygulanmasının ardından yüzey kaplamasına geçilmektedir. Islak hacimler genellikle seramik ile kaplanmaktadır. Seramikler su geçirimsiz olsalar da tek başlarına su yalıtımı sağlamaz. Seramik derzleri suyun geçişi açısından risk oluşturan bölgelerdir. Duvarların zeminle ve birbiriyle birleştiği köşelerde genellikle su geçişini kolaylaştıran çatlaklar oluşur. Tesisat boruları veya su giderleri gibi özel noktalarda da durum aynıdır. Islak hacimlerden su sızması, alt katlarda veya yan odalarda hasara neden olur. Bu durumda yapılması gereken en doğru şey, ıslak hacimlerde inşaat aşamasında sıva filesi ve yalıtıma uyumlu giderler kullanılmasıdır. Yalıtım biter bitmez koruma betonu dökülmelidir; koruma betonundan hiçbir şekilde vazgeçilemez. Üzerinde çalışılmaya başlamadan önce koruma betonu prizini tamamlamış olmalıdır (Şekil 5).



Şekil 6. Döşemede sıva filesi üzerine su yalıtım tabakasının sürülmesi (14)

Islak hacimlerde seramik uygulaması en geç 1–2 gün içinde yapılmalıdır. Yalıtım yapılmadan kaplaması yapılmış veya yalıtımı çeşitli nedenlerle hasar görmüş ıslak hacimlerin seramik kaplanmasından sonra alt katlara su veya rutubet geçmesi hâlinde çimento harçlarına katılan aderans artırıcı ve su geçirimsizlik malzemeleri kullanılarak yalıtım yapılabilir. Bunun için öncelikle kaplamaların aralarındaki derz dolguları temizlenmelidir. Açılan derzler uygun miktarda yalıtım malzemesi katılmış su ile kıvama getirilmiş derz dolgusu ile tekrar doldurulmalıdır. Derz dolgusu iyice kuruduktan sonra derzlere; su iticilik özelliği olan ve kılcal kanallarda suya karşı görünmez bir yalıtım tabakası sağlayan su yalıtım malzemelerinden sürülür. Bu işlem için ince bir fırça kullanılabilir. Kaplamanın üzerine taşan sıvı henüz kurumadan nemli bir bezle silinmelidir (Şekil 7) (15).



Şekil 7.Derz aralarına yalıtım malzemesinin sürülmesi

YÖNTEM

Ülkemizde su yalıtımı, konutlarda olduğu gibi sanayi tesislerinde ve kamu yapılarında yapılması gerekli önemli detay çalışmalarından biridir. Özellikle sürekli suyun etkisinde kalan ıslak hacimlerde, yapım ve uygulama aşamasında su yalıtımına gereken önem verilmelidir. Kullanım aşamasında ortaya çıkabilecek sorunların önlenmesi, ekonomik bir kayıp yaşanmaması ve yapının ömrünün korunması açısından su yalıtımı oldukça önemlidir.

Su yalıtımının yapılarda taşıdığı önem doğrultusunda, ülkemizde 27 Ekim 2017 tarihli ve 30223 sayılı Resmî Gazete'de "Binalarda Su Yalıtımı Yönetmeliği" yayımlanmış ve yönetmelik 1 Haziran 2018 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik, binaların suyun ve nemin olumsuz etkilerinden korunmasına yönelik tasarım ve uygulama esaslarını düzenlemektedir (16, 17). Bu kapsamda, yapı elemanlarının suyun etkilerine karşı korunması, su yalıtım sistemlerinin yapının özellikleri ve kullanım koşulları dikkate alınarak belirlenmesi ve uygulama detaylarının ilgili teknik esaslara uygun biçimde çözümlenmesi gerekmektedir. Özellikle banyo, tuvalet ve benzeri ıslak hacimlerde su yalıtımının uygun malzemelerle ve doğru detaylandırma ilkeleri doğrultusunda uygulanması; su sızıntısı, nemlenme ve kaplama malzemelerinde bozulma gibi sorunların önlenmesi açısından önem taşımaktadır. Bununla birlikte, su yalıtımının performansı yalnızca malzeme seçimine bağlı olmayıp yüzey hazırlığı, birleşim ve geçiş detaylarının çözümü, işçilik kalitesi ve uygulamanın teknik gerekliliklere uygunluğuyla da doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle, su yalıtımına ilişkin mevzuat hükümlerinin tasarım ve yapım süreçlerinde dikkate alınması, yapı elemanlarının korunması ve kullanım sürecinde ortaya çıkabilecek yapı kusurlarının önlenmesi açısından önemlidir.

Ülkemizde eğitim yapıları genellikle tip projeler olup, benzer kalem işler, aynı detaylar ve malzemeler kullanılmaktadır. Yüklenici firmanın bu konudaki detay uygulamalarına, kullanılan malzemenin niteliğine ve uygulamayı gerçekleştiren ustaların yeterliliğine gerekli hassasiyetin gösterilmemesi, ileride ortaya çıkabilecek sorunlara zemin hazırlamaktadır. İşin bir an önce tamamlanmasına yönelik yaklaşım, denetim eksiklikleri ve kullanılan malzemenin kalitesi gibi konularda gerekli titizliğin gösterilmemesi de sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu sorunlara dikkat çekmek için çalışma kapsamında, Trabzon ilinde yer alan örnek iki eğitim yapısının ıslak hacimleri incelenmiş ve kullanım aşamasında ortaya çıkan sorunların neler olduğu saptanmıştır. İncelenen eğitim yapılarının ıslak hacimlerinde (WC) su yalıtımı ile ilgili problemlerin varlığı gözlenmiş ve fotoğraflarla tespit edilmiştir. Yapılan uygulama, detay ve kullanım hatalarının neler olduğu belirlenmiş; bu bağlamda yapılması gerekenler konusunda birtakım öneriler sunulmuş ve su yalıtımının önemi vurgulanmıştır.



Şekil 7. Araştırma sürecinin metedolojik akış şeması.

MEVCUT DURUMUN ORTAYA KONMASI

Trabzon ilinde incelenen örnek iki eğitim yapısının ıslak hacimlerinde su ile ilişkili, zamanla ortaya çıkan sorunların olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Örnek yapılarda saptanan ıslak hacim sorunları

<table>
<tr><td>İlköğretim Binası
Yapım Yılı:1998</td><td>Lise Binası
Yapım Yılı:2002</td></tr>
<tr><td colspan="2">Açıklama: Binaların ıslak hacimlerinde bugüne kadar herhangi bir onarım, tadilat yapılmamıştır. Aralıklarla yapılan boya badana ile duvar ve tavandaki olumsuz durum ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Yapılan gözlemlerle WC'lerin tavan döşemesi, döşeme duvar birleşimlerinde sorunlar olduğu saptanmıştır. Suyun zemin yüzeyinden tavan yüzeyine ulaşarak sıva dökülmelerine, sızıntılara ve olumsuz bir görüntüye sebebiyet verdiği gözlenmiştir. Ayrıca tesisat borularının çevresinde de sızıntılar oluştuğu görülmüştür.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tavan yüzeyinde ve duvar- tavan birleşimlerinde görülen sorunlar</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
</table>

Tesisatta görülen sorunlar	
	

Çalışmada seçilen örnek yapıların ıslak hacimlerinde ortaya çıkan sorunlar ve tasarım aşamasından kullanım aşamasına kadar yapılan hatalar aşağıdaki başlıklar altında incelenmiştir:

- **Şartnamelerde ve Detay Çizimlerinde Yapılan Eksiklikler ve Hatalar**

Özellikle ıslak hacimde kullanılacak malzemelerin uygulama yerlerinin iyi tespit edilmesi gerekmektedir. Bu aşamada detay çizimlerinde malzemelerin poz numaraları, malzeme katmanlarının kalınlıkları doğru çizimlerle gösterilmelidir. Teknik şartnamelerde uygun malzemenin yer almaması ve verilen poz numaralarının uygunluğunun dikkate alınmaması, yalıtımının etkinliğini azaltmakta ve su ile ilgili problemlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Seçilen malzemelerin kalitesi ve kullanım yerine göre malzeme içeriğinin doğru belirlenmesi de ileride yaşanabilecek sorunları önlenmesi açısından önem taşımaktadır.
2018 yılı öncesindeki uygulamalarda, su yalıtımına ilişkin teknik şartnamelerin ve detay çizimlerinin hazırlanmasında bu tür eksiklik ve hatalarla daha sık karşılaşılabilmekteydi. Tasarım aşamasında su yalıtımının yeterince ayrıntılı ele alınmaması; malzeme seçimi, katmanların düzenlenmesi ve farklı yapı elemanlarının birleşim noktalarındaki detayların çözümü açısından çeşitli sorunlara yol açabilmekteydi. Bu alandaki mevzuat düzenlemeleri kapsamında, 27 Ekim 2017 tarihli ve 30223 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan *Binalarda Su Yalıtımı Yönetmeliği*, 1 Haziran 2018 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik, binalarda su yalıtımına ilişkin tasarım ve uygulama esaslarını belirleyerek su yalıtımının yapı özellikleri ve teknik gereklilikler doğrultusunda ele alınmasına yönelik yasal çerçeveyi ortaya koymuştur (17).

- **Uygulama ve Denetimdeki Eksiklikler ve Hatalar**

Yalıtım uygulaması sırasında, özellikle detaylarda yalıtım katmanının bitiş şekli önemsenmeyip ustalar tarafından iş kolayca bitirilebilmektedir. Uygulama sırasında özellikle su yalıtımının düzgün uygulanmasına dikkat edilmeli ve yalıtım duvar yüzeyinden yaklaşık 20-30 cm yukarıda sonlandırılmalıdır. Ayrıca eğim betonunun düzgün verilmesi gereklidir. Tesisat borularının kaliteli seçilmesi ve yerleştirilmesi sırasında doğru ve hatasız birleşimlerin yapılması ve tesisat borularında gerekli yalıtımın sağlanması, oluşabilecek sızıntıların önlenmesine katkı sağlayabilir. Ayrıca tesisat giriş-çıkış detaylarının uygulamada doğru ve düzgün bir şekilde yapılması gerekmektedir (Şekil 6).

- **Kullanım Hataları**

Islak hacimlerin yoğun olarak kullanıldığı okul gibi yapılarda, kullanımdan kaynaklı çok büyük problemlerin ortaya çıktığı görülmektedir. Özellikle öğrencilerin tesisata zarar verebilecek veya tesisatın işleyişini engelleyebilecek kullanımları çeşitli sorunlara neden olabilmektedir. Bu tür sorunların önlenmesi için öğrencilere bu konuda gerekli

bilgilendirmenin yapılması önem taşımaktadır. Ayrıca, bu tür mekânların temizliğinde zemin kaplamalarına ve derzlere zarar verebilecek kimyasal temizleyicilerin kullanılması, yalıtımın işlevini azaltabilmekte veya zaman içerisinde ortadan kaldırabilmektedir. Temizlik işlemlerinde kullanılan malzemelerin niteliğine dikkat edilmeli ve bu konuda yöneticiler tarafından temizlik işlerinden sorumlu personele gerekli bilgilendirmenin yapılması önem taşımaktadır.

TARTIŞMA

Eğitim yapılarının ıslak hacimlerinde gerçekleştirilen incelemeler sonucunda, su yalıtımıyla ilgili sorunların tasarım, detaylandırma, uygulama, denetim ve kullanım aşamalarıyla ilişkili olduğu görülmüştür. İncelenen yapılarda tavan yüzeylerinde, duvar-tavan birleşimlerinde ve tesisat çevrelerinde tespit edilen sızıntı ve bozulmalar, farklı aşamalarda ortaya çıkan eksikliklerin kullanım sürecine yansıdığını göstermektedir.

Şartnamede ve detay çizimlerinde tespit edilen eksiklikler ile malzeme ve uygulamaya ilişkin yeterli tanımlamaların yapılmaması, ıslak hacimlerde su yalıtımının uygulanma sürecini olumsuz etkileyebilecek unsurlar olarak değerlendirilmektedir. Özellikle malzemelerin uygulama yerlerinin doğru belirlenmesi, poz numaralarının ve malzeme katmanlarının detay çizimlerinde açık biçimde gösterilmesi ve uygun malzemenin şartnamelerde tanımlanması önem taşımaktadır. Çalışmada bu başlık altında belirlenen sorunlar, tasarım ve dokümantasyon aşamasındaki eksikliklerin uygulama süreciyle doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Uygulama ve denetim aşamasında belirlenen sorunlar ise yalıtım katmanının bitiş şekli, duvar yüzeyindeki sonlandırma, eğim betonunun uygulanması ve tesisat giriş-çıkış detayları üzerinde yoğunlaşmaktadır. Yalıtımın duvar yüzeyinde yeterli yükseklikte sonlandırılmaması, eğimin yeterli şekilde verilmemesi ve tesisat birleşimlerinin doğru yapılmaması gibi uygulama eksiklikleri, çalışmada belirlenen sorunlarla birlikte değerlendirilmiştir. Bu bulgular doğrultusunda, su yalıtımının yalnızca malzeme seçimiyle sınırlı olmadığı; detayların doğru hazırlanması, uygulamanın uygun biçimde gerçekleştirilmesi ve yapım sürecinin etkin biçimde denetlenmesiyle birlikte ele alınması gerektiği görülmektedir.

Kullanım aşamasında belirlenen sorunlar da ıslak hacimlerde su yalıtımının sürekliliğinin yapı kullanım süreciyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Özellikle okul yapılarında tesisata yönelik uygun olmayan kullanımlar ile zemin kaplamalarına ve derzlere zarar verebilecek kimyasal temizlik malzemelerinin kullanılması, mevcut uygulamaların zaman içerisinde zarar görmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle, yapım aşamasında alınan teknik önlemlerin yanı sıra kullanıcıların bilinçlendirilmesi ve bakım-temizlik uygulamalarının uygun biçimde gerçekleştirilmesi de önem taşımaktadır.

SONUÇ

Yapılan bu çalışmada eğitim yapılarının ıslak hacimlerinde yaygın olarak karşılaşılan sorunlar saptanmış ve bu konuda özellikle yapım ve uygulama aşamalarında yapılması gerekenlerin neler olduğu tespit edilmiştir. Ülkemizde ihale usulü yapılan okul, hastane gibi yapıların özellikle ıslak hacimlerinde yalıtımın uygulama biçimi ve kullanım yoğunluğundan dolayı sorunlar yaşanmaktadır. Bu noktada su yalıtımının doğru şekilde uygulanması ve kullanımdan kaynaklı sorunları en aza indirmek için dikkat edilmesi gerekenler şunlardır;

- İyi bir kontrol mekanizması ile yapım aşamasında denetimlerin sağlanması,
- Proje aşamasında yalıtımın kontrolü ve uygulama detaylarının iyi düzenlenmesi,
- Hazırlanan şartnamelerde, kullanılacak malzemenin özelliklerine, kalitesine ve uygulama biçimlerine dikkat edilmeli,
- Yalıtım uygulamasının kalifiye işçiler tarafından yapılması,
- Tesisat yalıtımına özen gösterilmesi,

- Çok farklı kullanıcı kitlesine sahip yapılarda –özellikle okul yapılarında- kullanım aşamasında sorunların yaşanmaması için kullanıcının çeşitli şekillerde bilinçlendirilmesi,
- Islak hacim mekanlarının temizliğinde kimyasal içerikli temizlik malzemelerinin kullanılmamasıdır.

Binaların uzun ömürlülüğü ve sağlıklı ortamlar oluşturma adına, suyun binaya verdiği olumsuz etkileri en aza indirgemek için su yalıtımının gerekliliği göz ardı edilmemelidir. Bunun, tasarım aşamasından kullanım aşamasına kadar her konuda dikkat ve titizlikle yapılması çok önemlidir. Bu noktada tasarımcı, uygulayıcı ve ilgili denetim mekanizmalarının gerekli hassasiyeti göstermeleri gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Gel, M., K., Temelden Çatıya Su Yalıtımının Önemi ve Uygulamalar, Yalıtım Kongresi, Bildiriler Kitabı, 2001, 128-134.
2. Özer, M., Yapıların Isı, Su ve Buhar Yalıtımları, İstanbul, 1974.
3. Concrete Roof Waterproofing Cape Town. (2025). *Concrete Roof Waterproofing Cape Town Guide 2025.* https://wilcotecapetown.co.za/concrete-roof-waterproofing-cape-town-guide-2025/ (Erişim tarihi: 02.10.2026).
4. bi_özet. (2015, 20 Ağustos). *Korozyon binaları çürütüyor, deprem yıkıyor!* https://bi-ozet.com/2015/08/20/korozyon-binalari-curutuyor-deprem-yikiyor/ (Erişim tarihi: 02.10.2026).
5. Dereli, M, Koçu, N., Yapılarda Su ve Nem Yalıtımı Uygulama Sorunlarının Cephe Hasarlarına Etkisi, Sürdürülebilir Çevre İçin Enerji Denetimi-Yalıtım Kongresi ve Sergisi, Ekim 2004, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 399-407.
6. Şahal, N., Katı ve Yarı Elastik Sistemlerde Su Yalıtımı, İzolasyon Dünyası, Sayı 4,1997, 35-39.
7. Çırpamlı, E., Çatılarda İzolasyon Proje Aşamasında Başlamalıdır, İzolasyon Dünyası, Sayı 2, 1996, 3-4.
8. Özer, A., Likit Membranlarla Teraslarda Su Yalıtımı, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2001.
9. Lufsky, K., Yapılarda Su İzolasyonu-İzolasyon Tekniğinde Bitüm ve Plastikler, Seyaş Yayınları, 1980.
10. Waterproofing Membrane Association Incorporated (WMAI). (2020, Ağustos). *Code of Practice for Internal Wet-area Membrane Systems: Selection, Design, Installation* (4th ed.). https://www.building.govt.nz/assets/Uploads/building-code-compliance/e-moisture/e3-internal-moisture/code-of-practice-for-internal-wet-area-membrane-systems-4th-edition-august-2020.pdf (Erişim tarihi: 03.10.2026).
11. http://www.canakkaleyalitim.com/
12. Ekinci, C., E., Yalıtım Teknikleri, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 2003.
13. CTP Kaplama Sistemleri Endüstri & Yapının Çözüm Ortağı. https://www.ctpkaplama.com.tr/ctp-kaplama-nedir/ (Erişim tarihi: 03.10.2026).
14. http://www.emulzer.com.tr/
15. MEB, İnşaat Teknolojisi, Islak Hacimlerde Su Yalıtımı, Ankara, 2012.
16. Binalarda Su Yalıtımı Yönetmeliği. (2017, 27 Ekim). Resmî Gazete (Sayı: 30223). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/10/20171027-1.htm
17. İZODER (Isı, Su, Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği). (t.y.). *Binalarda su yalıtımı yönetmeliği açıklama ve uygulama kılavuzu: Bölüm 1 – Temel, döşeme ve perde duvarlarda su yalıtımı*. https://www.izoder.org.tr/binalarda-su-yalitimi-yonetmeligi-aciklama-ve-uygulama-klavuzu/syy-kilavuzu-bolum-1-temeller/syy-kilavuzu-bolum-1-temeller_n3.pdf

DMİTRİ SHOSTAKOVİCH'İN "24 PRELÜD VE FÜG" OP. 87 DÖNGÜSÜNDEKİ RE MİNÖR PRELÜD VE FÜG: POLİFONİK DÜŞÜNCENİN ÖZELLİKLERİ

Dr. Öğretim Üyesi Özlem DOĞAN
Erciyes Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi

ÖZET

Bu çalışmada, Dmitri Shostakovich'in 24 Prelüd ve Füg (Op. 87) döngüsünün içerisinde yer alan 24. Re minör Prelüd ve Füg'ün müzikal analizinin yapılması amaçlanmıştır. Shostakovich bu döngüyü, J. S. Bach'ın "İyi Düzenlenmiş Klavye" (Das Wohltemperierte Klavier) dağarcığından ilham alarak 1950 ve 1951 yılları arasında bestelemiştir. Shostakovich'in 24 Prelüd ve Füg (Op. 87) döngüsü, beşliler çemberi esas alınarak kurgulanan bir tonal plan doğrultusunda yazılmıştır.

Bu çalışmada Dmitri Shostakovich'in Op. 87 döngüsünün son halkası olan Re minör Prelüd ve Füg'ün seçilmesinin ana nedeni; 24. Prelüd ve Füg'ün hem tüm döngüyü taçlandıran mimari bir kapanış işlevine sahip olması hem de Bach'ın özellikle füg geleneğinin kontrpuantal mirasına taşıdığı 20. yüzyıl çift füg formu aracılığıyla üst düzeyde temsil etmesidir. Re minör Prelüd ve Füg Barok formları ile 20. yüzyıl dissonanslarının iç içe geçtiği stil diyalogları barındırmaktadır. Döngünün Re minör 24. Prelüdün gelişimi iki tematik malzemeye dayanmaktadır. İlki polifonik yapıda, sert, güçlü ve görkemli karakterde iken ikincisi ise aforistik kurguyla desteklenen melodik bir temaya dayanmaktadır. 24. Füg, tüm 24'lü döngüsünün en büyük dramatik ve kontrpuanik zirvelerinden biri olarak sunulur. Re minör Prelüd ve Füg'ün tematik yapısı, seslerin birbirleriyle olan tonal planı ve modülasyon süreçleri mantıksal tutarlılıkla işlenmiştir.

Sonuç olarak Shostakovich'in 24 Prelüd ve Füg döngüsünün 24 numaralı Re Minör Prelüd ve Füg, yoğun trajik atmosferi ve polifonik dokusuyla 20. yüzyılın yenilikçi ses evreni arasında kurduğu köprü, tüm anıtsal döngünün en büyük dramatik ve biçimsel zirvelerinden birini oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dmitri Shostakovich, (Op. 87) 24 Prelüd ve Füg, Re Minör, Kontrpuan, 20. Yüzyıl Müziği

ABSTRACT

In this study, it is aimed to conduct a musical analysis of the 24th D minor Prelude and Fugue, which is part of Dmitri Shostakovich's cycle of 24 Preludes and Fugues (Op. 87). Shostakovich composed this cycle between 1950 and 1951, inspired by J.S. Bach's Well-Tempered Clavier (Das Wohltemperierte Klavier) in commemoration of the 200th anniversary of Bach's death. Shostakovich's cycle of 24 Preludes and Fugues (Op. 87) is written according to a tonal plan based on the circle of fifths.

In the study, the main reason for selecting the D minor Prelude and Fugue, the final link of Dmitri Shostakovich's Op. 87 cycle, is that the 24th Prelude and Fugue (D minor) serves as an architectural closure that crowns the entire cycle and represents the 20th-century double fugue form at the highest level, which carries Bach's contrapuntal heritage, particularly in the fugue tradition. The D minor Prelude and Fugue contain stylistic dialogs where Baroque forms and 20th-century dissonances intertwine. The development of the D minor Prelude is based on two

thematic materials. The first theme is polyphonic in structure, characterized by a harsh, strong, and majestic nature, while the second is a melodic theme supported by aphoristic construction. The 24th Fugue is presented as one of the greatest dramatic and contrapuntal peaks of the entire 24-cycle. The thematic structure of the D minor Prelude and Fugue, the tonal plan of the voices with each other, and the modulation processes have been developed with logical consistency. In conclusion, the 24th Prelude and Fugue in D minor from Shostakovich's cycle of 24 Preludes and Fugues, with its intense tragic atmosphere and polyphonic texture, serves as a bridge between the innovative sound universe of the 20th century, constituting one of the dramatic and formal peaks of the entire monumental cycle.

Keywords: Dmitri Shostakovich, (Op. 87) 24 Preludes and Fugues, D Minor, Counterpoint, 20th Century Music

GİRİŞ

Dmitri Shostakovich (1906-1975), yaşamının ilk yıllarından itibaren 20. yüzyılın tanınmış ve etkili bestecilerinden biridir. Her ne kadar daha çok senfonik ve oda müziği eserleriyle ün kazanmış olsa da, piyano için yazdığı eserler içinde özel bir yere sahiptir. Çünkü Shostakovich'in orkestra yazım tarzı, piyano eserlerinin üslubunu büyük ölçüde etkilemiştir. Shostakovich'in solo piyano eserleri arasında "Piyano Konçertosu No.1", "Piyano Konçertosu No.2", "Piyano Sonatı No.1", "Piyano Sonatı No.2", "Aphorisims", "Üç Fantastik Dans", "24 Prelüd ve Füg" yer alır (İlyasoğlu, 2003).

Polifonik piyano repertuvarında, hem müzikologlar hem de piyanistler tarafından genel kabul görmüş birkaç temel eser bulunmaktadır. Bach'ın "İyi Düzenlenmiş Klavye" (Das Wohltemperierte Klavier) adlı eseri, bu anıtsal yapıtların başında gelir. Bach'ın 48 prelüd ve füg bestelemesinden iki yüz yılı aşkın bir süre sonra Dmitri Shostakovich, Op. 87 "24 Prelüd ve Füg" (1950-1951) dizisini besteleyerek, Bach'ın bu zorlu girişimini takip eden müzik tarihindeki ilk besteci olmuştur. Bestecide bu diziyi oluşturma dürtüsü, Bach'ın eserini ve üslubunu taklit etmeye yönelik zorlu bir görev olarak değil, kendi yaratıcı benliğini gerçekleştirme çabası olarak ortaya çıkmıştır (Plutalov, 2010).

Dolzhanskiy, Shostakovich'in füglerinin Bach'ınkiler gibi tekil unsurların yavaşlığı içerisinde bütünlük barındırdığını ancak Shostakovich'in kendini ulusal karakterle sınırlandırmayıp bu karakteri daha zengin tasvir ettiğini ifade etmiştir. 24 Prelüd ve Füg'ün müziğinin tarihsel açıdan kemikleşmiş niteliklerin yanı sıra geleceğe kapı açan cesur yaratıcılığı sunduğunu belirtmiştir (Dolzhanskiy, 1963).

Besteci, prelüdlerde pasakalya, chaconne formlarını kullanmıştır. Pek çok prelüd ise koral dokusu içerir. Shostakovich, 24 Prelüd ve Füg döngüsünün içerisinde hem dini hem de halk müziğinde bulunan modları geniş ölçüde duyurmaktadır (Belcanto.ru, t.y.).

Shostakovich'in 24 Prelüd ve Füg, Op. 87 adlı eseri beşliler çemberi temelinde 24 majör ve minör tonaliteyi kapsayan sistematik tonal düzeni, prelüd ve fügler arasındaki biçimsel ilişki ve Bach'ın kontrpuantal geleneğiyle kurduğu tarihsel bağ nedeniyle döngü olarak değerlendirilmiştir. Eserde her bir prelüd ve füg kendi biçimsel ve karakteristik özelliklerini korurken, bu parçalar tonal planın bütünlüğü içerisinde ortak bir yapının bileşenlerine dönüşür. Böylece eser, bağımsız piyano eserlerinin toplamını aşarak bütünlük arasındaki ilişkiye

dayanır. Bu yüzden uluslararası literatürde de "24 Prelüd ve Füg" döngü (cycle) terminolojisi ile ifade edilmektedir (Park, 2012).

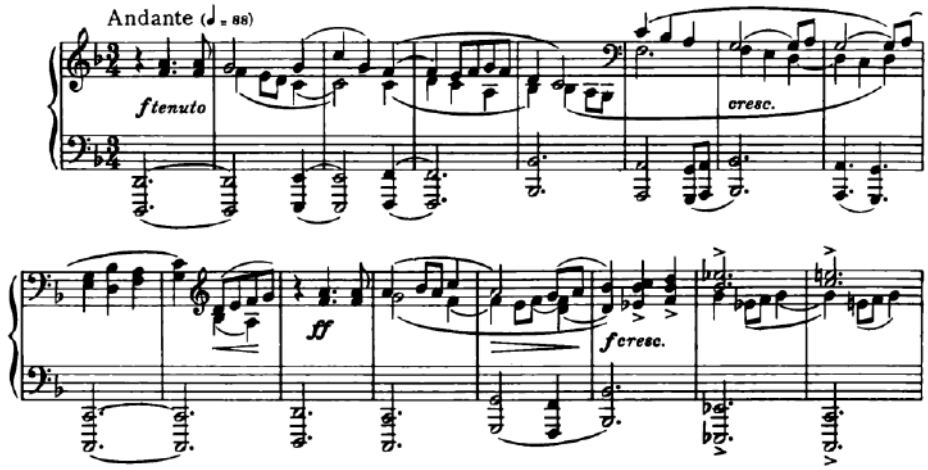
Bu çalışmada, Dmitri Shostakovich'in 24 Prelüd ve Füg (Op. 87) döngüsünün içerisinde yer alan 24. Re minör Prelüd ve Füg'ün müzikal analizinin yapılması amaçlanmıştır. Analiz Bach'ın polifonik gelenekleriyle 20. yüzyıl besteleme tekniklerinin sentezine odaklanmaktadır.

BULGULAR

Re Minör Prelüd
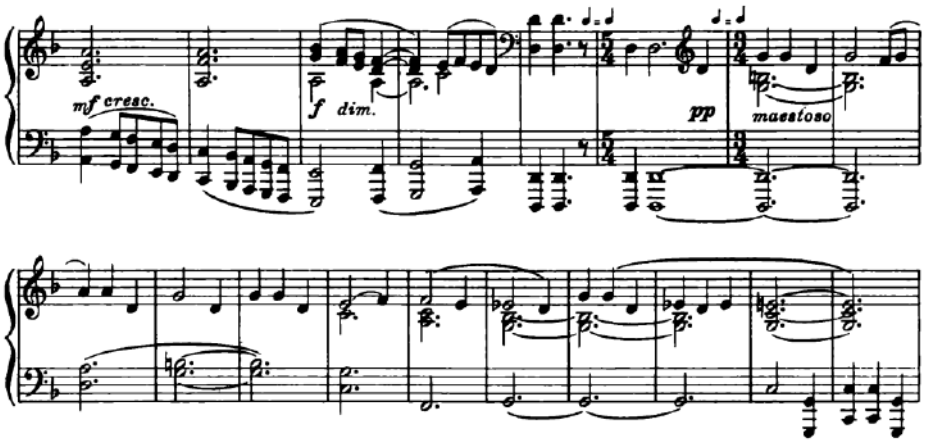
Döngünün son prelüdü olan Re minör Prelüd *Andante* temposunda 3/4 'lük ölçü sayısında yazılmıştır. Prelüd'de iki tematik yapı hakimdir. Bunlardan ilki polifonik ve gösterişli ikincisi ise gergin ve enerji dolu karaktere sahiptir.

Prelüd, geniş registre ve görkemli bir ifadeyle başlamaktadır. 4 kat üzerine kurulmuş olan ezginin müzikal yapısında üç sesli armonik bir gidiş vardır. Üstteki seslere eşlik eden oktavlı baslar yer alır. 10. ölçüye kadar aşağıya inen üst melodi daha sonra yükselişe geçer.
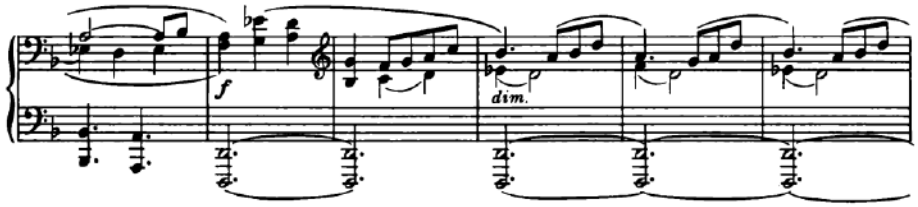


Şekil 1. Shostakovich Re Minör Prelüd İlk 16 Ölçü (Peters Edition, s. 83)

Shostakovich prelüd içerisinde temayı farklı hallere büründürüp vermiştir. Örneğin Prelüd'ün temasının 31. ölçüsünden 42. ölçüye kadar olan yerinde Sol kararlı majör tona geçiş yer almkatadır. Buradaki tema Re minör fügün temasının önceden duyulmasını da sağlamaktadır.
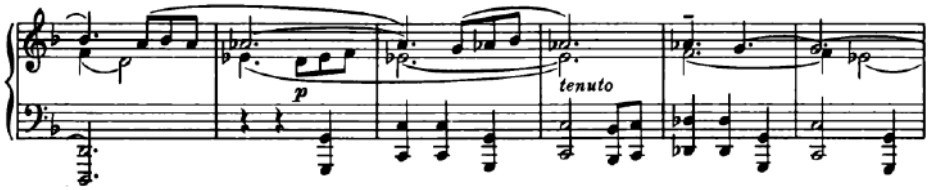


Şekil 2. Shostakovich Re Minör Prelüd 26-43.Ölçüler (Peters Edition, s. 83)

Besteci 61. ölçüde yeni bölümü başlatmıştır. Burada alt kat tonik ile pedal etkisi yaratarak kontrpuantal bas çizgisi oluşturmuştur. Eşlik ettiği ana ezgide ise prelüdün farklı bir bölüme başladığı hissiyatını uyandırmaktadır.
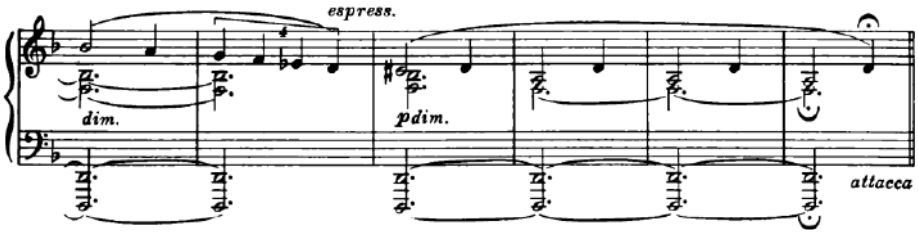


Şekil 3. Shostakovich Re Minör Prelüd 58-63. Ölçüler (Peters Edition, s. 84)

Besteci polifonik üslubunu prelüdde titizlikle kullanmıştır. Örneğin Prelüdün 32. ölçüsünde üst partide yer alan tema, 65. ölçünün bas partisinde yer almaktadır (Bkz Şekil 2 ve Şekil 4).



Şekil 4. Shostakovich Re Minör Prelüd 64-69. Ölçüler (Peters Edition, s. 84)

Prelüdün finalinde geleneksel tonal armonide yer alan net tonik kararlılığı 80-83. ölçülerde dominantın güçlü vuruşta, tonik sesinin zayıf vuruşta olması ile tonal bir belirsizlik hissi yaratmaktadır. Bu müzikal dil Shostakovich'in kendine has armonik kuruluşunu yansıtmaktadır. Müziğin askıda kalan yapısını *attaca* ile füge bağlaması da bilinçli bir tercih olarak görülebilir.



Şekil 5. Shostakovich Re Minör Prelüd Son Dizek (Peters Edition, s. 84)
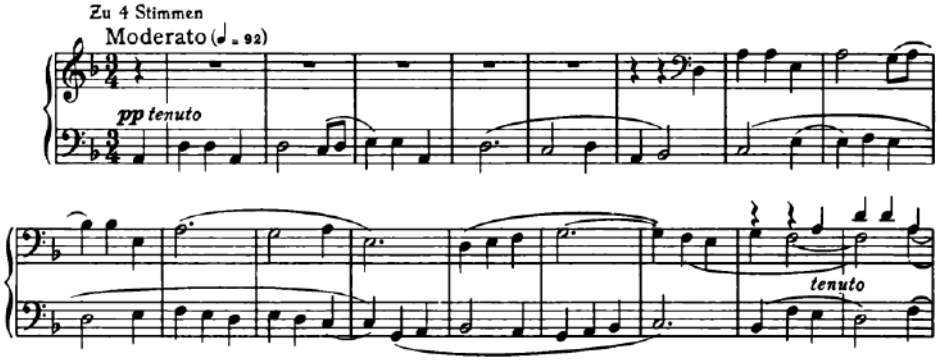
Re Minör Füg

Re Minör Füg 3/4' lük ölçü sayısında *Moderato* temposuyla başlamakta; *Piu Mosso* ve *Maestoso* temposuyla değişim göstermektedir. 24 Prelüd ve Fügün son halkası olan Re Minör Füg yapısal özellik bakımından dört sesli çift fügdür. Çift füg yani iki temalı füg, her iki temanın da füg boyunca nasıl işleneceğinden ziyade her iki temanın da aynı anda birlikte seslendirilmesine uygun olmasına dayanan bir özelliktir. Bu nedenle temaların birleştirilmesi genellikle önceden tasarlanır. Temalar yalnızca müzikal açıdan uygun bir ses bütünlüğü oluşturmakla kalmamalı, aynı zamanda çift kontrpuan veya başka bir karmaşık kontrpuan türü içerisinde yer değiştirmeye de elverişli olmalıdır. Re minör füg ise *ayrı sergilemeli çift füg* olarak konumlanmıştır. Ayrı sergilemeli çift füg adından da anlaşılacağı üzere, her bir temanın ayrı birer sergi bölümünün ayrıldığı füglere denir. Her temanın bütün seslerde sergilenmesinin ardından, karşı sergi ve hatta orta bölüm ya da yeniden serim niteliğindeki ek sunuşlar da dâhil olmak üzere, istenilen sayıda ek tema sunuşu yapılabilir (Sposobin, 1962).

Bu son füğde 20. yüzyılın önemli besteleme teknikleri arasında neredeyse tüm piyano oktavlarını kapsayan ve zıt karakterli dinamiklere sahip olan özellikler yer alır. Eserin müzikal gelişimi aceleci olmayan ama kararlılıkla devam eden bir ilerleyişe sahiptir. Shostakovich bu eserde Bach'ın füglerindeki kontrpuan tekniğinin 20. yüzyıl müziğiyle sentezini çarpıcı şekilde sunmuştur. Besteci burada yalnızca Bach'ın füg geleneğine gönderme yapmakla kalmaz aynı zamanda iki temanın farklı karakterini kullanarak çarpıcı ifade sunar.
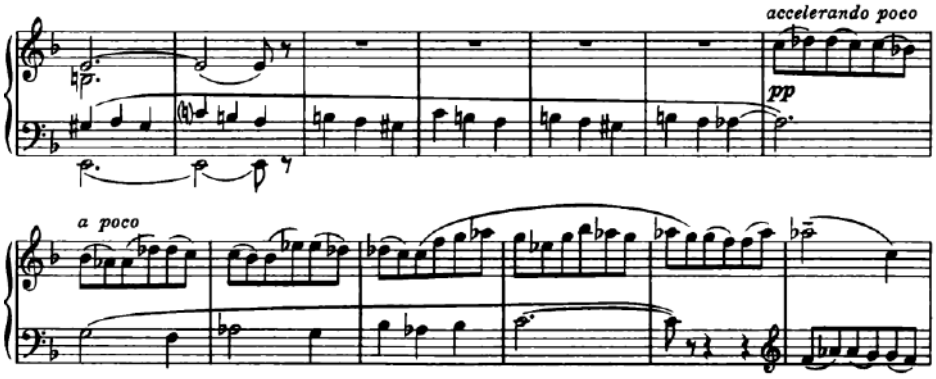
Shostakovich'in eserlerinde, füg formu diğer formlarla karşılaştırıldığında bir ölçüde daha sınırlıdır. Bu nedenle, füğün polifonik yapısına ilişkin kurallar ve ilkeler, çoğu zaman Bach'ın eserlerine kıyasla daha belirgin ve daha açık bir biçimde ortaya çıkar. Bununla birlikte, homofonik-armonik düşüncenin temel ilkelerinden de yararlanılır. Shostakovich'in füğleri, yapısal açıdan ve kullanılan kontrpuan teknikleri bakımından önemli ölçüde daha karmaşıktır. (Mazel, 1979).

Füğün ana teması prelüdün orta bölümünde duyurulan sakin fakat melodik ağırlığı olan bir ifade taşımaktadır. Tema farklı tonlarda soru yanıt niteliğinde kontrpuantal gelişim ile sürekli tekrarlanmaktadır.
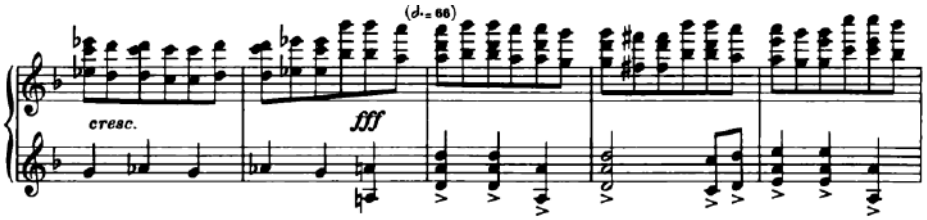


Şekil 6. Shostakovich Re Minör Füg İlk İki Dizek (Peters Edition, s. 86)

Füğün ikinci teması sekizlik notalarla akan ilk temaya karşıt hareket sergileyen yapıdadır. 112. ölçüden başlayan ikinci tema pianissimo (pp) karakteri ile başlayarak sırasıyla piano (p) (129. Ölçü) mezzoforte (mf) (135. Ölçü) ve fortissimo (ff) (168. Ölçü) dinamikleriyle eserin gelişimindeki gerginliği ön plana çıkarmaktadır.
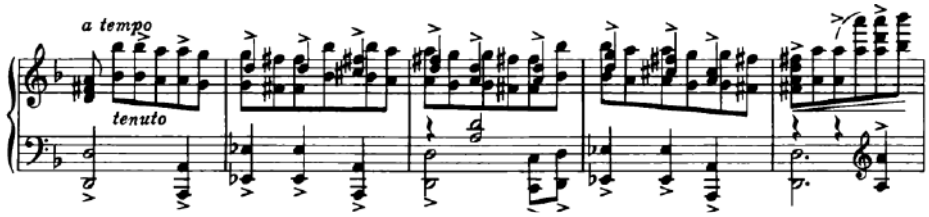


Şekil 7. Shostakovich Re Minör Füg 108-118. Ölçüler (Peters Edition, s. 86)

Füğde iki temanın birleştiği fortississimo (fff) ve yoğun ses bütünlüğünün dinamik şekilde vurgulanan bölümü füğün doruk noktasıdır. Üst katta oktavlı ve üst registrede seslenen tema, alt katta yine oktavla seslenen diğer tema ile birlikte yer almaktadır.



Şekil 8. Shostakovich Re Minör Füg 217-221. Ölçüler (Peters Edition, s. 90)

Fügün koda bölümünde kontrpuantal gelişim, doruğa ulaşır. Burada tekrarlanan hareketler, yoğunlaşan akorlar ve genişleyen piyano dokusu yeni bir dramatik işlevi ortaya koyar. Burada sadece Re Minör fügün finali değil, Op. 87 24 Prelüd ve Fügün kapanışının Re Majör tonuyla yapılması biriken bir gerilimin kararlı şekilde sonlandırılması olarak ifade edilebilir.



Şekil 9. Shostakovich Re Minör Füg 283-287. Ölçüler (Peters Edition, s. 92)

SONUÇ

Dmitri Shostakovich 1950-51 yıllarında bestelediği, 24 prelüd ve fügden oluşan döngüsünde, kendi özgün müzikal üslubunu yansıtmakla birlikte, yapısal ve tonal açıdan Bach'ın koleksiyonunu yakından takip etmiştir.

Shostakovich 24 prelüd ve fügde tema ve yanıtları oluştururken genellikle geleneksel modeliteyi izlemiştir. Ancak diğer tonal ilişkiler büyük ölçüde çeşitlilik gösterir. Önceki dönemlere ait taklit (imitation), pedal sesi (pedal point), ostinato, kanon ve Shoskovic gibi diğer tüm kontrpuan yazım teknikleri de kullanmıştır (Seo, 2003).

Shostakovich Op. 87 24 Prelüd ve Füg döngüsünün son eseri olan Re Minör Prelüd ve Füg'ü bestelerken J.S. Bach'ın "İyi Düzenlenmiş Klavye" eserinden yola çıksa da bu eseri kurgularken kendi yöntemini izlemiştir.

24 Prelüd ve Füg döngüsünün Re Minör Prelüdünde geniş ses aralıkları, güçlü baslar, ani dinamik karşıtlıklar öne çıkmaktadır. Re minör prelüd, ses partileri arasındaki ilişkiler ve melodik çizgilerin gelişimi ile fügün polifonik dokusuna hazırlık oluşturan serbest bir bölümdür.

Sarabande dansını çağrıştıran bu prelüdde ortadaki temanın fügün ana temasını hatırlatması eserin karakteristik özelliğini yansıtır. Nitekim bunu Mazullo ve ark. *Shostakovich's Preludes and Fugues: Fashioning Identities, Representing Relationships* isimli çalışmasında da ifade etmektedir. Mazullo ve ark., prelüd ve füglerin genelinde bütünlük hissi ile belirgin bir yüzey karşıtlığı söz konusuyken, Shostakovich'in prelüd ve füglerinde daha açık biçimde simbiyotik ilişkilere rastlanan örnekler mevcut olduğunu ifade etmişlerdir. Örneğin Do minör, Re minör, Mi minör ve Fa majör tonlarındaki eserlerin tümünde, prelüd ile füg arasında açıkça organik

bağlantılar bulunur. Füg temaları bizzat prelüdlerin içinde verilir. Her iki bölümün başlangıcı da aynı motifler veya benzer unsurlar üzerine inşa edilir (Mazullo ve ark. 2006).

Shostakovich'in füglerinin çoğunda, belirgin sınırların bulunmaması, yapısal bölümlerin sınırlarının aşılması ve müzikal hareketin kesintisiz bir akış içinde ilerlemesi, polifonik formun kendine özgü niteliğini adeta saf hâliyle ortaya koyar (Yujak, 1975).

Re Minör Füg'de polifonik düşünce daha belirgin yapıya kavuşmaktadır. Füg, sakin başlayan yapısını müzikal dinamikler ve yoğun akorlarla görkemli bir hale büründürür. Kontrpuantal ustalığı, dört sesli çift füg ile iki temanın kesişimini eserin doruk noktasına ulaştırması Shoctakovich'in bestecilik kimliğinin temsili olarak ifade edilebilir.

Bestecinin J. S. Bach'ın polifoni usulünü kendi yorumuyla sunmasının yanı sıra tüm prelüd ve füg döngüsünü sonlandıran bu füg, Bach'ın minör tonlardaki eserlerini majör akorla bitirme geleneğiyle doğrudan ilişkilendirilebilir.

Sonuç olarak Shostakovich'in 24 Prelüd ve Füg döngüsünün son halkası olan 24. Re Minör Prelüd ve Füg, Bach'tan devralınan polifonik geleneği bestecinin kendi müzikal dili ve 20. yüzyıl besteleme teknikleri ile harmanlayarak döngüye güçlü bir kapanış kazandıran özgün bir eser niteliği taşımaktadır.

KAYNAKÇA

Belcanto.ru. (t.y.). *Dmitri Shostakovich: 24 Preludes and Fugues*. Erişim tarihi: 14 Ekim 2026, https://www.belcanto.ru/shostakovich_24.html

Dolzhanskiy, Alexandr. 24 Preliudii i Fugi D. Shostakovicha. Leningrad: Sovetskii Kompositor, 1963.

İlyasoğlu, E. (2003). *Zaman İçinde Müzik* (7.bs.). Yapı Kredi Kültür Sanat Yayıncılık.

Mazullo, M., Kiritz, C., & Nelson, A. (2006). Shostakovich's Preludes and Fugues: Fashioning Identities, Representing Relationships. College Music Symposium, 46, 77–104.

Mazel, L. (1979). *Müzik Eserlerinin Yapısı.* "Müzik" Yayınevi. Moskova.

Nota, Schostakowitch 24 Praludien und Fugen, Edition Peters, Band II.

Plutalov, D. V. (2010). *Dmitry Shostakovich's twenty-four preludes and fugues, Op. 87: An analysis and critical evaluation of the printed edition based on the composer's recorded performance* [Yayımlanmamış doktora tezi]. University of Nebraska.

Park, J. (2012). *Historical and analytical overviews on Dmitri Shostakovich's twenty-four preludes and fugues* [Yüksek lisans tezi, Florida Atlantic University]. ProQuest Dissertations Publishing.

Sposobin, İ. V. (1962). *Müzik Formu.* Devlet Müzik Yayınevi. Moskova.

Seo, Y. J. (2003). *Three cycles of 24 preludes and fugues by Russian composers: D. Shostakovich, R. Shchedrin and S. Slonimsky* [Doktora tezi, The University of Texas at Austin]. ProQuest Dissertations Publishing.

Yujak K. (1975). Polifoni. Makale Toplumu. "Müzik" Yayınevi. Moskova.

CHALLENGES OF INTEGRATING ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO TECHNICAL AND VOCATIONAL EDUCATION AND TRAINING IN NIGERIA

Prof. Hassan, A. M. & Danladi A. Salihu
Department of Industrial and Technology Education
School of Science and Technology Education
Federal University of Technology Minna

Abstract
Artificial Intelligence (AI) is increasingly transforming education, industry and the workplace, creating new opportunities for Technical and Vocational Education and Training (TVET) to improve skills acquisition, instructional delivery, assessment and workforce preparation. However, the integration of AI into Nigerian TVET institutions is constrained by infrastructural, human-resource, financial, curricular, ethical and institutional challenges. This study examined the challenges of integrating Artificial Intelligence into Technical and Vocational Education and Training in Nigeria. A descriptive survey research design was adopted. The study focused on TVET teachers and instructors who are directly involved in technical and vocational teaching and training. A structured questionnaire was used for data collection. Mean and standard deviation were used to answer the research questions, while independent-samples t-test was used to test the null hypotheses at the 0.05 level of significance. The illustrative findings indicated that inadequate internet connectivity, unstable electricity supply, inadequate computers and smart devices, high cost of AI technologies, inadequate teacher training, limited technical expertise, outdated curricula and concerns about data privacy and ethical use were major barriers to AI integration. The findings further indicated that respondents generally agreed that insufficient institutional funding and weak technical support systems constrained effective adoption. No significant differences were observed between teachers and instructors in their perceptions of the major challenges. The study concludes that successful AI integration in Nigerian TVET requires coordinated investment in digital infrastructure, teacher capacity development, curriculum modernization, ethical governance, industry partnerships and sustainable institutional funding. It recommends a phased, human-centred approach to AI adoption that complements rather than replaces TVET teachers.
Keywords: Artificial Intelligence, Technical and Vocational Education and Training, AI integration, digital skills, TVET, Nigeria, technological challenges

Introduction

Technical and Vocational Education and Training (TVET) occupies a strategic position in national development because it provides learners with practical, occupational and entrepreneurial competencies required for employment, self-employment and technological advancement. In Nigeria, TVET is expected to contribute to the development of technicians, craftsmen, technologists and other skilled personnel capable of responding to changing labour-market demands. The Federal Government's renewed emphasis on TVET reflects the need to address youth unemployment, skills shortages and the mismatch between educational outcomes and industry requirements. The current Federal TVET initiative places considerable emphasis on practical, competency-based training and industry relevance.

The emergence of the Fourth Industrial Revolution has, however, changed the competencies required of TVET graduates. Technologies such as Artificial Intelligence (AI), robotics, Internet of Things (IoT), automation, cloud computing, data analytics and digital fabrication are increasingly influencing industrial production and occupational practices. Consequently,

TVET institutions can no longer depend exclusively on traditional workshop instruction and conventional teaching approaches. Learners need opportunities to develop digital competencies alongside practical occupational skills. Umar (2025) argues that AI and digital skills have become increasingly important to the transformation of Nigerian TVET because the modern economy requires workers who can interact effectively with emerging technologies.

Artificial Intelligence refers broadly to computational systems capable of performing tasks that ordinarily require aspects of human intelligence, including learning, prediction, language processing, pattern recognition, decision-making and content generation. In education, AI can support adaptive learning, intelligent tutoring, automated feedback, learning analytics, curriculum development, simulation and personalized learning. UNESCO (2024) notes that AI is changing the traditional teacher–student relationship into a teacher–AI–student relationship, thereby requiring teachers to develop new technological, ethical and pedagogical competencies. UNESCO identifies competencies relating to human-centred thinking, AI ethics, AI foundations and applications, AI pedagogy and AI-supported professional learning.

The potential relevance of AI to TVET is particularly significant because technical and vocational education is strongly connected to practical occupations. AI-enabled simulation systems can expose learners to industrial environments that may be expensive or dangerous to reproduce physically. Intelligent tutoring systems can provide individualized explanations and feedback, while computer vision can support inspection, quality control and practical assessment. Predictive analytics can assist institutions in identifying students who require additional support. AI can also assist instructors in developing instructional materials, generating practice exercises and adapting learning resources to different levels of learner ability.

Evidence from Nigeria suggests that AI-supported educational interventions can produce meaningful learning benefits when technology is accompanied by sound pedagogy and teacher support. A World Bank-supported generative-AI education pilot in Nigeria reported positive effects on learning, while also identifying electricity and internet interruptions as important implementation challenges. This demonstrates an important principle: the effectiveness of AI in education depends not simply on acquiring AI applications but on creating the infrastructure, pedagogical conditions and human capacity necessary to use them effectively.

Nigeria has also begun establishing institutional and policy mechanisms for digital and AI-enabled education. The National Digital Learning Policy recognizes the potential of AI-powered tools, personalized learning and data analytics while emphasizing responsible and ethical adoption. Similarly, Nigeria's National EdTech Strategy 2025–2030 connects digital transformation with infrastructure, connectivity, teacher competency, financing, data governance and safe AI use.

The National Board for Technical Education (NBTE) has also demonstrated increasing institutional interest in AI. In June 2025, NBTE, in collaboration with the Commonwealth of Learning, conducted a Trainer-in-the-Loop AI workshop to support the development of AI-enhanced Open Educational Resources for TVET. By 2026, this initiative had progressed to the validation of AI-assisted eBooks for National Diploma Science Laboratory Technology programmes, while NBTE indicated broader plans for AI integration across teaching, learning, assessment, curriculum development, quality assurance, skills forecasting and AI governance.

Recent NBTE guidelines further indicate that TVET institutions are expected to embrace AI for learning analytics, adaptive learning and student support, while providing courses, workshops and micro-credentials in emerging areas such as AI, data science, machine learning and cybersecurity. This policy direction is important because it demonstrates that AI is no longer merely a future possibility for Nigerian TVET; it is becoming part of the institutional agenda.

Despite these developments, significant barriers remain. Nigerian TVET institutions operate within an environment where electricity supply, internet connectivity, digital devices,

maintenance systems and institutional funding are often inadequate. The World Bank's experience with AI-supported education in Nigeria similarly identified unreliable electricity and internet connectivity as practical barriers to continuous interaction with AI systems.

Another major challenge concerns teachers' preparedness. AI integration requires instructors who possess not only basic digital literacy but also the ability to select appropriate AI tools, formulate effective prompts, verify AI-generated information, protect learner data and integrate AI into practical pedagogy. UNESCO (2024) emphasizes that teachers need structured competency development rather than simply access to AI tools.

Curriculum relevance is another concern. Traditional TVET curricula may not sufficiently incorporate AI literacy, data interpretation, automation, intelligent systems or AI-supported occupational practices. Recent Nigerian research has similarly identified outdated curricula, inadequate infrastructure, insufficient instructor training and weak policy support as barriers to integrating AI and related emerging technologies into TVET.

Ethical and governance issues are equally important. AI systems can generate inaccurate information, reproduce biases, compromise privacy or encourage excessive dependence on automated systems. In assessment, AI may make it difficult to determine whether a learner has independently demonstrated a practical or cognitive competency. Omeh et al. (2024) therefore emphasize the importance of ethical principles and policy implementation in the use of AI in TVET.

Recent Nigerian studies have begun identifying these challenges empirically. For example, a study of public TVET institutions in Edo State identified skills gaps and institutional challenges associated with AI integration, while another study involving TVET educators, administrators and students identified limited infrastructure, shortages of skilled personnel and the high cost of AI tools as major challenges.

Therefore, although AI offers considerable potential for transforming Nigerian TVET, successful integration requires a realistic understanding of the barriers confronting institutions. It is against this background that this study examines the challenges of integrating Artificial Intelligence into Technical and Vocational Education and Training in Nigeria.

3. Statement of the Problem

The Nigerian TVET system is expected to prepare learners for occupations that are increasingly influenced by digital technologies, automation and Artificial Intelligence. However, there appears to be a growing gap between the technological requirements of contemporary workplaces and the capacity of many TVET institutions to provide AI-supported training. While national agencies are encouraging digital transformation and AI adoption, the practical conditions required for successful implementation remain uneven.

One major problem is inadequate digital infrastructure. AI-supported instruction requires computers, mobile devices, reliable internet connectivity, suitable software and stable electricity. In many Nigerian educational institutions, these facilities remain insufficient. Experiences from AI-supported education initiatives in Nigeria have shown that electricity and internet interruptions can disrupt interaction with AI systems and reduce the continuity of learning activities.

A second problem is inadequate teacher preparedness. AI integration changes the competencies expected of instructors. Teachers need knowledge of AI tools, digital pedagogy, data protection, prompt design, evaluation of AI-generated content and ethical use. UNESCO (2024) emphasizes that educators require structured AI competencies to use these technologies responsibly and effectively. Without adequate professional development, teachers may either underutilize available AI technologies or use them inappropriately.

The high cost of AI technologies also presents a major challenge. Hardware acquisition, internet subscription, software licensing, cloud services, maintenance and professional training require sustained financial resources. This is particularly problematic for institutions that already face

shortages of conventional workshop equipment and instructional materials. Recent Nigerian TVET research has identified high AI costs and inadequate infrastructure among the principal barriers to implementation.

Another problem concerns curriculum readiness. AI is developing rapidly, while curriculum review processes may be comparatively slow. Consequently, learners may complete technical programmes without adequate exposure to AI-enabled tools increasingly used in their occupations. Recent studies have identified insufficient curriculum innovation as a limitation in preparing Nigerian technical students for AI-driven workplaces.

There are also ethical, privacy and assessment concerns. AI systems may generate incorrect information, expose personal data or be used to circumvent assessment procedures. In practical TVET education, excessive dependence on AI could undermine the development of independent problem-solving and hands-on competencies if technology is used as a substitute for authentic practical experience.

Although Nigerian agencies are increasingly promoting AI integration, there is a need for empirical evidence concerning the specific challenges perceived by TVET educators. The problem of this study, therefore, is the uncertainty regarding the relative severity of infrastructural, financial, human-resource, curriculum and ethical challenges confronting effective AI integration in Nigerian TVET institutions.

4. Purpose of the Study

The main purpose of the study was to examine the challenges of integrating Artificial Intelligence into Technical and Vocational Education and Training in Nigeria.

Specifically, the study sought to:

1. Determine the infrastructural, financial and institutional challenges affecting the integration of Artificial Intelligence into TVET in Nigeria.
2. Determine the human-resource, curriculum, pedagogical and ethical challenges affecting the integration of Artificial Intelligence into TVET in Nigeria.

5. Research Questions

The following research questions guided the study:

1. What are the infrastructural, financial and institutional challenges affecting the integration of Artificial Intelligence into TVET in Nigeria?
2. What are the human-resource, curriculum, pedagogical and ethical challenges affecting the integration of Artificial Intelligence into TVET in Nigeria?

6. Research Hypotheses

The following null hypotheses were tested at the 0.05 level of significance:

H_o1: There is no significant difference between the mean responses of TVET teachers and instructors on the infrastructural, financial and institutional challenges affecting the integration of Artificial Intelligence into TVET in Nigeria.

H_o2: There is no significant difference between the mean responses of TVET teachers and instructors on the human-resource, curriculum, pedagogical and ethical challenges affecting the integration of Artificial Intelligence into TVET in Nigeria.

7. Methodology

The study adopted a descriptive survey research design to obtain information from TVET teachers and instructors concerning the challenges associated with integrating Artificial Intelligence (AI) into Technical and Vocational Education and Training (TVET) without manipulating any variable. The design enabled the researchers to examine existing conditions, perceptions and experiences regarding AI integration. The study was conducted in Nigeria, where technical colleges, polytechnics, colleges of education, vocational institutions and other TVET providers operate under the support and regulation of relevant agencies, including the National Board for Technical Education (NBTE). The choice of Nigeria was appropriate because of ongoing efforts to promote digital transformation in education and modernize

TVET. The population comprised 240 TVET teachers and instructors in selected public TVET institutions across Nigeria. A sample of 148 respondents was selected using a multistage sampling procedure involving the identification of selected TVET institutions and proportionate sampling of teachers and instructors to ensure representation across different technical and vocational programmes. Data were collected using a structured questionnaire titled Artificial Intelligence Integration Challenges Questionnaire (AIICQ), which consisted of two sections: Section A covered demographic information, while Section B contained items addressing challenges associated with AI integration, including inadequate internet connectivity, unstable electricity, insufficient computers and smart devices, high costs of AI tools, inadequate institutional funding, limited technical support, insufficient teacher training, shortages of AI-skilled personnel, limited digital literacy, outdated curricula, inadequate AI teaching materials and practical facilities, ethical concerns, data privacy issues, inaccurate AI-generated information and students' overdependence on AI. The questionnaire items were rated on a four-point scale of Strongly Agree (4), Agree (3), Disagree (2) and Strongly Disagree (1). The instrument was subjected to face and content validation by three experts: one in TVET, one in Educational Technology/Artificial Intelligence and one in Measurement and Evaluation. Their observations were incorporated to improve the clarity, relevance and coverage of the items. The reliability of the instrument was established through a pilot test involving respondents excluded from the main study, and Cronbach's alpha yielded an overall reliability coefficient of 0.87, indicating satisfactory internal consistency. The questionnaire was administered through direct and electronic means, participation was voluntary, and completed copies were screened for completeness before analysis. Mean and standard deviation were used to answer the research questions, with a criterion mean of 2.50 adopted for decision-making. Items with mean scores of 2.50 and above were regarded as agreed challenges, while scores below 2.50 were regarded as disagreed challenges. Independent-samples t-test was used to test the hypotheses at the 0.05 level of significance. The null hypotheses were rejected when the p-value was less than 0.05 and not rejected when the p-value was equal to or greater than 0.05.

8. Results

Research Question 1

What are the infrastructural, financial and institutional challenges affecting the integration of Artificial Intelligence into TVET in Nigeria?

Table 1

Mean and Standard Deviation of Respondents on Infrastructural, Financial and Institutional Challenges

S/N	Infrastructural/Financial/Institutional Challenges	Mean	SD	Decision
1	Unstable electricity supply limits the continuous use of AI tools.	3.58	0.61	Agree
2	Poor internet connectivity limits access to AI applications.	3.64	0.54	Agree
3	Inadequate computers and smart devices hinder AI integration.	3.52	0.67	Agree
4	High cost of AI tools and subscriptions discourages adoption.	3.47	0.70	Agree
5	Inadequate institutional funding limits AI implementation.	3.55	0.63	Agree
6	Inadequate technical support affects effective AI utilization.	3.39	0.72	Agree
7	Poor maintenance of ICT facilities affects AI sustainability.	3.43	0.68	Agree
8	Limited access to modern digital laboratories/workshops affects AI integration.	3.36	0.74	Agree
Cluster Mean		**3.49**	**0.66**	**Agree**

Table 1 shows that all the identified infrastructural, financial and institutional factors recorded mean scores above the criterion mean of 2.50. The cluster mean of **3.49** indicates that respondents agreed that infrastructural, financial and institutional limitations constitute major challenges to AI integration in Nigerian TVET. The highest-rated challenge was poor internet connectivity (M = 3.64), followed by unstable electricity supply (M = 3.58) and inadequate institutional funding (M = 3.55).

Research Question 2

What are the human-resource, curriculum, pedagogical and ethical challenges affecting the integration of Artificial Intelligence into TVET in Nigeria?

Table 2

Mean and Standard Deviation of Respondents on Human-Resource, Curriculum, Pedagogical and Ethical Challenges

S/N	Human-Resource/Curriculum/Pedagogical/Ethical Challenges	Mean	SD	Decision
1	Inadequate training of TVET teachers in AI applications limits integration.	3.62	0.58	Agree
2	Shortage of personnel with specialized AI skills is a major challenge.	3.55	0.65	Agree
3	Limited digital literacy among some teachers affects AI adoption.	3.46	0.71	Agree
4	Existing TVET curricula do not adequately incorporate AI competencies.	3.51	0.66	Agree
5	Lack of AI-related instructional materials limits effective teaching.	3.42	0.73	Agree
6	Teachers require training in AI-supported pedagogy.	3.57	0.61	Agree
7	Data privacy and protection concerns hinder AI adoption.	3.38	0.76	Agree
8	Inaccurate AI-generated information creates instructional concerns.	3.34	0.77	Agree
9	Overdependence on AI may reduce students' independent problem-solving.	3.29	0.81	Agree
10	Lack of clear institutional guidelines for responsible AI use is a challenge.	3.44	0.69	Agree
Cluster Mean		**3.50**	**0.70**	**Agree**

Table 2 indicates that all the identified human-resource, curriculum, pedagogical and ethical challenges were rated above the criterion mean of 2.50. The cluster mean of **3.50** shows that respondents agreed that these factors significantly constrain AI integration. Inadequate teacher training in AI applications recorded the highest mean (M = 3.62), followed by the need for AI-supported pedagogical training (M = 3.57) and shortage of specialized AI personnel (M = 3.55).

Hypothesis 1

$H_0$1: There is no significant difference between the mean responses of TVET teachers and instructors on the infrastructural, financial and institutional challenges affecting AI integration.

Table 3

Independent-Samples t-Test of Teachers' and Instructors' Responses on Infrastructural, Financial and Institutional Challenges

Respondent Group	N	Mean	SD	df	t-cal.	p-value	Decision
TVET Teachers	82	3.51	0.39	146	1.21	0.228	Not Significant
TVET Instructors	66	3.46	0.43				

Table 3 shows that TVET teachers had a mean score of 3.51, while TVET instructors had a mean score of 3.46. The calculated t-value of 1.21 with a p-value of 0.228 is greater than the

0.05 significance level. Therefore, the null hypothesis was not rejected. This indicates that there was no statistically significant difference between the perceptions of TVET teachers and instructors regarding infrastructural, financial and institutional challenges affecting AI integration.

Hypothesis 2

H_o2: There is no significant difference between the mean responses of TVET teachers and instructors on the human-resource, curriculum, pedagogical and ethical challenges affecting AI integration.

Table 4

Independent-Samples t-Test of Teachers' and Instructors' Responses on Human-Resource, Curriculum, Pedagogical and Ethical Challenges

Respondent Group	N	Mean	SD	df	t-cal.	p-value	Decision
TVET Teachers	82	3.53	0.41	146	1.08	0.282	Not Significant
TVET Instructors	66	3.46	0.44				

Table 4 shows that TVET teachers recorded a mean score of 3.53, compared with 3.46 for TVET instructors. The calculated t-value of 1.08 and p-value of 0.282 indicate that the difference was not statistically significant at the 0.05 level. Therefore, the null hypothesis was not rejected. This suggests that TVET teachers and instructors had similar perceptions concerning human-resource, curriculum, pedagogical and ethical challenges associated with AI integration.

9. Discussion of Findings

The findings from Research Question One indicated that infrastructural, financial and institutional factors constitute major challenges to integrating AI into Nigerian TVET. Poor internet connectivity, unstable electricity, inadequate digital devices, high cost of AI tools and inadequate institutional funding were particularly prominent. This finding is consistent with the experience of AI-supported education initiatives in Nigeria, where unreliable electricity and internet connectivity disrupted interactions between learners and AI systems.

The finding also agrees with recent Nigerian TVET research which identified limited infrastructure, shortage of skilled personnel and the high cost of AI tools as significant barriers to AI integration. The implication is that AI adoption cannot be separated from the broader digital infrastructure challenge facing education. An institution cannot meaningfully integrate intelligent tutoring systems, adaptive learning platforms or AI-assisted assessment when learners lack reliable electricity, connectivity and appropriate devices.

The result is also consistent with Nigeria's National EdTech Strategy, which places digital infrastructure and connectivity among the central requirements for educational transformation. The strategy emphasizes reliable power, broadband connectivity and device access as foundations for a sustainable digital education ecosystem. Thus, investment in AI without corresponding investment in electricity, connectivity and devices may produce fragmented and unsustainable implementation.

The findings from Research Question Two revealed that human-resource, curriculum, pedagogical and ethical challenges were also major barriers. In particular, inadequate teacher training in AI, shortage of AI-skilled personnel and insufficient AI-related pedagogical competencies received high ratings. This agrees strongly with UNESCO's AI Competency Framework for Teachers, which emphasizes that teachers require competencies in AI foundations, applications, ethics, pedagogy and professional learning.

The finding regarding curriculum limitations is also supported by recent Nigerian research indicating that existing curriculum innovations may not be sufficient to equip technical students with the AI and digital competencies required for future employment. TVET curricula must

therefore evolve from merely teaching conventional occupational procedures to incorporating the digital technologies increasingly embedded within those occupations.

The finding concerning ethical and privacy challenges is consistent with Omeh et al. (2024), who emphasized ethical issues and policy implementation in the application of AI within TVET. AI systems can generate inaccurate or biased information, raise questions concerning authorship and assessment integrity, and create risks involving learner data. Consequently, AI integration should be accompanied by institutional guidelines governing responsible use, data protection, assessment and academic integrity.

The findings further suggest that teachers and instructors share similar perceptions of AI integration challenges. The results of Hypotheses One and Two showed no statistically significant differences between the two groups. This may indicate that infrastructural and institutional problems are systemic rather than confined to particular categories of TVET personnel. Whether an individual is classified as a teacher or instructor, the same unreliable electricity, inadequate equipment, limited professional development and curriculum limitations are likely to be encountered.

The finding is particularly relevant to current developments within NBTE. The Board's Trainer-in-the-Loop AI initiative recognizes the continuing importance of educators in AI-supported TVET and seeks to combine AI capabilities with human expertise. The subsequent validation of AI-assisted TVET eBooks further demonstrates the potential of a human-in-the-loop model in which AI supports, rather than replaces, professional educators.

Overall, the findings indicate that the principal challenge is not whether AI can be useful in TVET but whether Nigerian institutions possess the infrastructure, personnel, curriculum, financing and governance mechanisms required to use it effectively and responsibly.

10. Conclusion

The study examined the challenges of integrating Artificial Intelligence into Technical and Vocational Education and Training in Nigeria. The findings indicate that AI has substantial potential to support personalized learning, instructional development, assessment, simulation, skills acquisition and workforce preparation. However, its effective integration is constrained by several interconnected challenges.

The major infrastructural and institutional challenges include unreliable electricity, poor internet connectivity, inadequate computers and smart devices, high costs of AI tools, insufficient funding, weak technical support and inadequate maintenance systems. Human-resource and pedagogical challenges include insufficient teacher training, shortage of AI-skilled personnel, limited digital literacy and inadequate capacity to integrate AI into practical instruction.

Curriculum and ethical challenges are also significant. Existing TVET curricula need to be continually updated to reflect emerging occupational technologies, while institutions need clear guidelines concerning responsible AI use, data privacy, academic integrity and verification of AI-generated information.

The study therefore concludes that AI integration should not be viewed simply as the purchase of software or the introduction of chatbots into classrooms. It should be understood as a comprehensive institutional transformation involving infrastructure, teachers, curriculum, pedagogy, financing, industry collaboration and ethical governance. Nigeria's recent TVET and digital-education initiatives provide an important foundation, but sustained implementation will require coordinated action across federal and state governments, regulatory bodies, institutions, industry and development partners.

11. Recommendations

Based on the findings, the following recommendations are made:

1. Government should improve electricity and internet infrastructure in TVET institutions to provide the stable digital environment required for AI-supported teaching and learning.
2. Adequate funding should be provided for AI integration, including computers, smart devices, software, cloud services, internet subscriptions, maintenance and technical support.
3. Regular AI professional-development programmes should be organized for TVET teachers and instructors. Training should cover AI literacy, prompt engineering, AI-supported pedagogy, assessment, data privacy and ethical use.
4. TVET curricula should be reviewed and modernized to incorporate AI literacy, data analytics, automation, robotics, intelligent systems and other Industry 4.0 competencies relevant to specific occupations.
5. TVET institutions should establish AI laboratories and innovation centres where students can experiment with AI, robotics, automation, simulation and other emerging technologies.
6. Institutions should develop clear AI-use policies covering academic integrity, student assessment, privacy, copyright, data protection, acceptable AI use and verification of AI-generated information.
7. Industry partnerships should be strengthened so that TVET institutions can access current AI technologies, industrial expertise, equipment, internships and real-world projects.
8. AI adoption should follow a human-centred approach. AI should complement the professional judgement and practical expertise of TVET teachers rather than replace them.
9. Low-cost and locally appropriate AI solutions should be encouraged. Open-source platforms, offline-capable applications and locally developed educational AI tools can reduce dependence on expensive foreign systems.
10. A phased implementation strategy should be adopted. Institutions should begin with high-impact applications such as AI-assisted instructional materials, adaptive learning, simulations and learning analytics before expanding to more sophisticated systems.
11. Regulatory agencies such as NBTE should establish national AI competency standards for TVET personnel. This would provide a common framework for pre-service and in-service preparation.
12. Continuous monitoring and evaluation should accompany AI integration. Institutions should regularly evaluate whether AI adoption improves learning, practical skills, employability and instructional quality rather than measuring success merely by the number of AI tools purchased.

12. References

Federal Ministry of Education. (2023). *National digital learning policy*. Federal Ministry of Education, Nigeria.

Federal Ministry of Education. (2025). *National EdTech Strategy 2025–2030*. Federal Ministry of Education, Nigeria.

Miao, F., & Cukurova, M. (2024). *AI competency framework for teachers*. UNESCO.

National Board for Technical Education. (2025). *Guidelines and procedures for upgrading TVET institutions in Nigeria*. NBTE.

National Board for Technical Education. (2025). *NBTE, in collaboration with COL, hosts groundbreaking Trainer-in-the-Loop AI workshop to advance TVET digital transformation in Nigeria*. NBTE.

National Board for Technical Education. (2025). *The new TVET initiative*. NBTE.

National Board for Technical Education. (2026). *NBTE, Commonwealth of Learning validate 12 AI-generated eBooks for National Diploma Science Laboratory Technology programme*. NBTE.

Okeh, R. O., Adewuyi, B. A., Akinde, M. A., & Alagbe, A. A. (2025). Integrating AI, IoT, and robotics into TVET building and woodwork training for skills competitiveness. *The Vocational and Applied Science Journal, 19*(2), 23–33.

Omeh, C. B., Olelewe, C. J., & Hu, X. (2024). Application of artificial intelligence (AI) technology in TVET education: Ethical issues and policy implementation. *Education and Information Technologies, 30*(5), 5989–6018. https://doi.org/10.1007/s10639-024-13018-x

Rabiu, A., Bawa, K., & Saminu, S. (2025). Artificial intelligence adoption for skills development in Nigeria: A systematic review and roadmap for TVET transformation. *International Journal of Research and Innovation in Social Science, 9*(8), 645–657. https://doi.org/10.47772/IJRISS.2025.908000051

Umar, S. I. (2025). Artificial Intelligence (AI), digital skills and Technical and Vocational Education and Training (TVET) for modern economy and education in Nigeria. *ATBU Journal of Science, Technology and Education, 13*(3).

World Bank. (2024). *From chalkboards to chatbots: Transforming learning in Nigeria, one prompt at a time*. World Bank.

World Bank. (2025). *Addressing the learning crisis with generative AI: Lessons from Edo State in Nigeria*. World Bank.

ARAMA-KURTARMA AMAÇLI İHA GÖRÜNTÜLERİNDE GÜNCEL YOLO MİMARİLERİNİN SARD VERİ SETİ ÜZERİNDE DOĞRULUK VE HESAPLAMA PERFORMANSI AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

Ramazan KARA, Volkan YAMAÇLI
Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin, Türkiye.
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0001-7115-3691
Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye.
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-0331-8818

ÖZET

İnsansız Hava Araçları (İHA) ile gerçekleştirilen arama-kurtarma çalışmalarında zamanla yarışıldığı için insanların hızlı bir şekilde tespit edilmesi önem arz etmektedir. Ancak gerçek zamanlı bir sistem düşünüldüğünde yalnızca yüksek doğruluk değerlerinin yeterli olmadığı görülmektedir. Kullanılan modelin işlem yükü, çalışma hızı ve donanıma olan gereksinimi de özellikle düşük donanımlı sistemlerde önem kazanmaktadır. Bahsi geçen bu durumlar doğrultusunda çalışmamızda, arama-kurtarma amacıyla hazırlanmış SARD (Search and Rescue Dataset) veri seti üzerinde güncel YOLO mimarileri karşılaştırılmıştır. Çalışmalarımızda YOLOv8, YOLO11 ve YOLO26 model ailelerinin Nano ve Small sürümleri kullanılmıştır. Toplam altı model 50 epoch boyunca eğitilmiş ve sonuçlar precision, recall, mAP@50 ve mAP@50:95 değerleri üzerinden incelenmiştir. Elde edilen test sonuçları ele alındığında, YOLO11s modeli 0,957 precision ve 0,944 mAP@50 değeriyle bu iki ölçümde en başarılı model olmuştur. YOLO26s ise 0,891 recall ve 0,653 mAP@50:95 değerlerine ulaşmıştır. Bir diğer dikkat çeken nokta modellerin hesaplama maliyeti ile gerçek donanım üzerinde elde ettikleri hız değerlerinin aynı sırayı vermemesidir. NVIDIA Jetson Orin Nano 8 GB üzerinde TensorRT FP16 ile ölçümü tamamlanan modeller 59,60-82,46 FPS aralığında çalışırken, masaüstü NVIDIA GeForce RTX 4060 üzerinde aynı temel test düzeninde altı model 176,49-218,96 FPS aralığına ulaşmıştır. RTX 4060 üzerinde en yüksek hız 218,96 FPS ile YOLO26n modelinde elde edilirken, Jetson Orin Nano üzerinde ölçümü tamamlanan modeller arasında YOLOv8s 82,46 FPS ile öne çıkmıştır. Bu durum bize teorik FLOPs değerinin tek başına gerçek cihaz hızını göstermediğini ve model seçiminin doğruluk değerleriyle birlikte kullanılacak donanım dikkate alınarak yapılması gerektiğini göstermektedir. Sonuç olarak çalışmamız, arama-kurtarma amaçlı bir sistemde yalnızca en yüksek doğruluğa sahip modeli değil, doğruluk ve donanım performansı açısından daha uygun modeli belirlemeyi amaçlamaktadır.
Anahtar Kelimeler: İHA, SARD, İnsan Algılama, YOLO, Arama-Kurtarma, Gömülü Sistem

COMPARISON OF CURRENT YOLO ARCHITECTURES ON THE SARD DATASET IN TERMS OF DETECTION ACCURACY AND COMPUTATIONAL PERFORMANCE FOR SEARCH-AND-RESCUE UAV IMAGERY

ABSTRACT

In search and rescue operations carried out with Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), rapid detection of people is important because time is critical. However, when a real-time system is considered, high accuracy values alone may not be sufficient. The processing load, operating

speed and hardware requirements of the model also become important, especially on hardware-constrained systems. In line with these points, current YOLO architectures were compared on the SARD (Search and Rescue Dataset), which was prepared for search and rescue purposes. In our study, the Nano and Small versions of the YOLOv8, YOLO11 and YOLO26 model families were used. A total of six models were trained for 50 epochs and their results were evaluated using precision, recall, mAP@50 and mAP@50:95. According to the obtained test results, YOLO11s achieved the highest precision and mAP@50 values with 0.957 and 0.944, respectively. YOLO26s reached 0.891 recall and 0.653 mAP@50:95. Another notable point is that the computational cost of the models and their real-device speed did not produce the same ranking. On the NVIDIA Jetson Orin Nano 8 GB using TensorRT FP16, the models with completed measurements operated between 59.60 and 82.46 FPS, while all six models reached between 176.49 and 218.96 FPS on the NVIDIA GeForce RTX 4060 under the same basic test setup. YOLO26n achieved the highest speed on the RTX 4060 with 218.96 FPS, whereas YOLOv8s reached 82.46 FPS and became the fastest model among the completed Jetson Orin Nano measurements. These results indicate that theoretical FLOPs alone do not represent actual device speed and that model selection should be made by considering both detection performance and the target hardware. Consequently, our study aims to determine a more suitable model for search and rescue applications by evaluating accuracy and hardware performance together.
Keywords: UAV, SARD, Human Detection, YOLO, Search and Rescue, Embedded System

GİRİŞ

Arama-kurtarma çalışmalarında zaman ve insan gücü oldukça önemlidir. Geniş alanların kısa sürede taranması, ulaşılması zor bölgelere erişilmesi ve bu bölgelerden görüntü alınabilmesi nedeniyle İHA sistemleri bu çalışmalarda sıkça kullanılmaktadır (Gotovac et al., 2020; Dumenčić et al., 2025). Bununla birlikte İHA görüntülerinde insanlar bazen görüntünün çok küçük bir bölümünü kaplamakta, farklı yükseklik ve kamera açılarında görünmekte veya bitki örtüsü ile gölge gibi çevresel etkenlerin arasında kalabilmektedir. Bu durum özellikle küçük insan hedeflerinin tespit edilmesini zorlaştırmaktadır (Ramachandran & Sangaiah, 2021; Laghari et al., 2024).

Görüntülerin elde edilmesinin ardından bu görüntülerin insan operatörler tarafından tek tek incelenmesi de ayrı bir zaman kaybı oluşturmaktadır. Uzun süreli görüntü incelemelerinde dikkat kaybına bağlı olarak bazı hedeflerin gözden kaçması mümkündür. Derin öğrenme tabanlı nesne tespit yöntemleri ise görüntü içerisinde bulunan insan hedeflerini otomatik olarak işaretleyerek operatöre yardımcı olabilmektedir. Özellikle YOLO ailesi, sınıf tahmini ve sınır kutusu kestirimini tek aşamalı bir yapı içerisinde gerçekleştirmesi nedeniyle hız ve doğruluk açısından öne çıkmaktadır (Redmon et al., 2016).

Literatür incelendiğinde daha yeni veya daha büyük bir modelin her veri setinde aynı oranda başarılı olmadığı görülmektedir. İnsan hedefinin görüntü içerisindeki büyüklüğü, çevrede bulunan nesneler, görüntünün alındığı yükseklik ve model varyantı sonuçları doğrudan etkileyebilmektedir. Bunun yanında gerçek zamanlı bir arama-kurtarma sistemi düşünüldüğünde yalnızca mAP değerlerine göre karar vermek yeterli değildir. Modelin parametre sayısı, FLOPs değeri ve gerçek cihaz üzerindeki çalışma hızı da kullanım açısından önem taşımaktadır.

Önceki çalışmamızda aynı YOLO ailelerinin Nano ve Small varyantları, afet sonrası gerçek dünya görüntülerinden oluşan PDD (Post-Disaster Dataset) veri seti üzerinde insan tespiti açısından karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada model boyutunun her durumda daha yüksek başarım sağlamadığı ve model seçiminin birden fazla performans ölçütü birlikte değerlendirilerek yapılması gerektiği görülmüştür (Kara & Yamaçlı, 2026). Mevcut çalışmada

ise PDD yerine SARD veri setine odaklanılmış; doğruluk karşılaştırmasına ek olarak modellerin NVIDIA Jetson Orin Nano 8 GB ve NVIDIA GeForce RTX 4060 üzerindeki TensorRT FP16 çıkarım performansları incelenmiştir.

Bahsi geçen bu durumlar doğrultusunda çalışmamızda SARD veri seti üzerinde YOLOv8, YOLO11 ve YOLO26 ailelerinin Nano ve Small varyantları karşılaştırılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında altı modelin doğruluk sonuçları aynı veri bölünmesi üzerinde incelenmiştir. Daha sonra modellerin eğitim süreleri ve teorik hesaplama maliyetleri karşılaştırılmıştır. Çalışmanın bir diğer aşamasında ise aynı ağırlıklar NVIDIA Jetson Orin Nano 8 GB ve NVIDIA GeForce RTX 4060 üzerinde TensorRT FP16 biçiminde çalıştırılmıştır. Böylece yalnızca hangi modelin daha yüksek doğruluk verdiği değil, farklı donanımlarda hangi modelin daha hızlı çalıştığı da incelenmiştir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

SARD Veri Seti ve Veri Hazırlama

Çalışmalarımızda SARD (Search and Rescue Dataset) veri seti kullanılmıştır. SARD, arama-kurtarma senaryolarında insan tespiti amacıyla hazırlanmış İHA görüntülerinden oluşmaktadır. Veri setinde yol, göl, çayır, taş ocağı ve orman gibi kentsel olmayan farklı bölgelerden, farklı yükseklik ve açılardan alınmış görüntüler bulunmaktadır (Sambolek & Ivašić-Kos, 2021). Bu yönüyle veri seti, genel amaçlı drone veri setlerinden farklı olarak arama-kurtarma sırasında karşılaşılabilecek küçük ve zor seçilen insan hedeflerini içermektedir.

Veri setinin hazır eğitim, doğrulama ve test ayrımı değiştirilmeden kullanılmıştır. Eğitim bölümünde 4041, doğrulama bölümünde 1144 ve test bölümünde 570 görüntü bulunmaktadır. Test bölümünde toplam 732 insan örneği yer almaktadır. Etiketler ayrıca incelendiğinde hedeflerin medyan göreli kutu alanının %0,69 olduğu ve insan örneklerinin %61,7'sinin görüntü alanının %1'inden daha küçük kaldığı görülmüştür. Bir diğer dikkat çeken nokta hedeflerin %50,5'inin görüntünün dış %10'luk kenar bölgesiyle kesişmesidir. Ayrıca 570 test görüntüsünün 84 tanesinde herhangi bir insan etiketi bulunmamaktadır. Bu değerler SARD test bölümünün yalnızca hedef bulunan görüntülerden oluşmadığını ve küçük hedef tespiti açısından zorlayıcı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 1. SARD veri setinin eğitim, doğrulama ve test dağılımı

Veri Seti	Eğitim	Doğrulama	Test	Toplam
SARD	4041	1144	570	5755

Model Aileleri ve Deney Düzeni

Karşılaştırmada YOLOv8, YOLO11 ve YOLO26 ailelerinin Nano (n) ve Small (s) varyantları kullanılmıştır. Nano modeller daha düşük parametre ve işlem maliyetine sahipken, Small modeller daha yüksek model kapasitesine sahiptir. Çalışmamızda bütün model ölçeklerini denemek yerine, İHA ve gömülü sistem kullanımına daha yakın olduğu düşünülen bu iki temel ölçek seçilmiştir. Böylece aynı aile içerisinde model boyutunun sonuçlara olan etkisinin de görülmesi amaçlanmıştır.

Tüm eğitimler aynı çalışma ortamında NVIDIA GeForce RTX 4060 ekran kartı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Eğitim ortamında Python 3.14.3, Ultralytics 8.4.26 ve PyTorch 2.11.0+cu126 kullanılmıştır. Görüntü giriş boyutu 640×640 piksel ve eğitim süresi 50 epoch olarak belirlenmiştir. Seed değeri 0 ve workers değeri 8 olarak sabit tutulmuştur. Önceden eğitilmiş ağırlıklar kullanılmış ve optimizer seçimi Ultralytics'in otomatik yapılandırmasına bırakılmıştır. Böylece altı model mümkün olduğunca aynı deney koşulları altında karşılaştırılmıştır.

Tablo 2. Deneylerde kullanılan temel eğitim ayarları

Ayar	Değer
Epoch	50
Giriş boyutu	640 × 640
Önceden eğitilmiş ağırlık	Evet
Optimizer	Auto
Seed	0
Workers	8
Donanım	NVIDIA GeForce RTX 4060

Değerlendirme Ölçütleri

Model sonuçlarını karşılaştırmak için precision, recall, mAP@50 ve mAP@50:95 metrikleri kullanılmıştır. Precision, model tarafından insan olarak işaretlenen tahminlerin ne kadarının doğru olduğunu göstermektedir. Recall ise gerçekte bulunan insan hedeflerinin ne kadarının model tarafından yakalanabildiğini ifade etmektedir. mAP@50, IoU eşik değeri 0,50 olduğunda genel tespit başarısını gösterirken, mAP@50:95 farklı IoU eşiklerinin ortalamasını kullandığı için daha zorlayıcı bir değerlendirme sunmaktadır (Ultralytics, 2024a).

Arama-kurtarma çalışmaları özelinde bu değerlerin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Precision değerinin düşük olması yanlış alarm sayısını artırırken, recall değerinin düşük olması gerçek bir insan hedefinin kaçırılması anlamına gelebilir. Özellikle bir insanın gözden kaçırılması ciddi sonuçlar doğurabileceği için recall değeri çalışmamızda ayrıca önemsenmiştir. Ancak model seçimi yalnızca recall veya tek bir mAP değeri üzerinden yapılmamış, bütün sonuçlar birlikte ele alınmıştır.

SARD Test Sonuçları

Tablo 3. SARD veri seti üzerinde model ve varyantların test sonuçları

Model	Precision	Recall	mAP@50	mAP@50:95
YOLOv8n	0,954	0,874	0,939	0,630
YOLOv8s	0,953	0,885	0,935	0,642
YOLO11n	0,948	0,888	0,936	0,630
YOLO11s	0,957	0,877	0,944	0,641
YOLO26n	0,926	0,869	0,931	0,618
YOLO26s	0,940	0,891	0,937	0,653

Elde edilen test sonuçları ele alındığında modellerin birbirlerine yakın ancak farklı metriklerde öne çıkan sonuçlar verdiği görülmektedir. En yüksek precision değeri 0,957 ve en yüksek mAP@50 değeri 0,944 ile YOLO11s modelinde elde edilmiştir. YOLO26s modeli ise 0,891 recall ve 0,653 mAP@50:95 değerleriyle bu iki ölçümde en başarılı model olmuştur. Bir diğer ifadeyle YOLO11s yapılan tespitlerin doğruluğu açısından, YOLO26s ise hedeflerin yakalanması ve daha sıkı IoU aralığındaki başarım açısından öne çıkmıştır. Bu durum bize tek bir modelin bütün metriklerde en iyi sonucu vermediğini göstermektedir.

Nano ve Small varyantları karşılaştırıldığında da her model ailesinde aynı sonuç elde edilmemiştir. Üç ailede de Small varyanta geçildiğinde mAP@50:95 değerinde artış görülmüştür. En yüksek artış YOLO26 ailesinde gerçekleşmiş ve 0,618 olan değer YOLO26s modelinde 0,653'e yükselmiştir. Buna karşılık YOLO11 ailesinde recall değeri Nano modelde 0,888 iken Small modelde 0,877'ye düşmüştür. Bu durum bize model boyutunu büyütmenin bütün metriklerde otomatik olarak daha iyi sonuç üretmediğini tekrar göstermektedir.

Eğitim Süresi ve Hesaplama Maliyeti

Doğruluk sonuçlarının yanında modellerin eğitim süreleri ve hesaplama maliyetleri de incelenmiştir. SARD eğitimlerinde Nano modeller 30,8-44,7 dakika, Small modeller ise 53,3-66,6 dakika aralığında eğitilmiştir. Eğitim süreleri aynı sistemde alınmış olsa da kullanılan model ve eğitim ayarlarından etkilenebileceği için bu değerler doğrudan bir mimari hız

sıralaması olarak değerlendirilmemiştir. Burada eğitim süresi, mevcut deney ortamındaki yaklaşık işlem maliyetini görmek amacıyla verilmiştir.

Tablo 4. SARD modellerinde eğitim süresi ve model maliyeti

Model	Eğitim süresi (dk)	Parametre (M)	FLOPs (B)	SARD mAP@50:95
YOLOv8n	30,8	3,2	8,7	0,630
YOLOv8s	53,3	11,2	28,6	0,642
YOLO11n	36,3	2,6	6,5	0,630
YOLO11s	53,9	9,4	21,5	0,641
YOLO26n	44,7	2,4	5,4	0,618
YOLO26s	66,6	9,5	20,7	0,653

Tablo 4 incelendiğinde bir diğer dikkat çeken sonuç YOLO26s modelindedir. YOLO26s yaklaşık 20,7 milyar FLOPs değerine sahipken YOLOv8s modelinde bu değer 28,6 milyar FLOPs seviyesindedir. Buna rağmen YOLO26s, SARD testinde recall ve mAP@50:95 değerlerinde YOLOv8s modelinden daha yüksek sonuç vermiştir. Bu durum teorik olarak daha düşük işlem maliyetine sahip bir modelin doğruluk açısından da rekabetçi olabileceğini göstermektedir.

Kaynak kısıtının daha önemli olduğu sistemlerde Nano modeller de ayrıca değerlendirilmelidir. Örneğin YOLO11n yaklaşık 2,6 milyon parametre ve 6,5 milyar FLOPs değerinde kalırken 0,630 mAP@50:95 sonucuna ulaşmıştır. Bu nedenle yalnızca en yüksek doğruluk değerine sahip modeli seçmek yerine, sistemin donanım kapasitesi ve ihtiyaç duyulan doğruluk seviyesi birlikte değerlendirilmelidir.

NVIDIA Jetson Orin Nano 8 GB Üzerinde Çıkarım Testi

Teorik FLOPs değerlerinin gerçek cihaz üzerindeki karşılığını görebilmek için çalışmanın ikinci aşamasında modeller NVIDIA Jetson Orin Nano 8 GB üzerinde test edilmiştir. Testlerde TensorRT 10.16.2.10 ve FP16 hassasiyeti kullanılmış; aynı 570 SARD test görüntüsü değerlendirilmiş, giriş boyutu 640×640 piksel ve batch değeri 1 olarak sabit tutulmuştur. Her model için görüntü başına ortalama gecikme, FPS ve p95 gecikme değerleri alınmıştır. Böylece masaüstü eğitim ortamından farklı olarak kaynakları daha sınırlı bir gömülü cihaz üzerindeki gerçek çıkarım davranışı incelenmiştir.

Jetson Orin Nano sonuçları ele alındığında ölçümü tamamlanan modeller arasında en yüksek hız YOLOv8s modelinde görülmüştür. YOLOv8s 12,13 ms ortalama gecikme ve 82,46 FPS değerine ulaşırken YOLOv8n 12,14 ms ve 82,37 FPS ile buna oldukça yakın bir sonuç vermiştir. YOLO11s 66,25 FPS, YOLO26n 59,60 FPS ve YOLO26s 60,34 FPS seviyesinde çalışmıştır. YOLO11n varyantında geçerli bir benchmark sonucu alınamadığı için bu model tabloya sonuç değeri eklenmeden bırakılmıştır. Ölçümü tamamlanan modellerin tamamının yaklaşık 60 FPS veya üzerinde çalışması, gömülü sistem açısından dikkat çeken bir sonuçtur.

Tablo 5. NVIDIA Jetson Orin Nano 8 GB üzerinde TensorRT FP16 çıkarım performansı

Model	Ort. ms/görüntü	FPS	p95 (ms)	Not
YOLOv8n	12,14	82,37	12,80	TensorRT FP16
YOLOv8s	12,13	82,46	12,80	TensorRT FP16
YOLO11n	-	-	-	Geçerli ölçüm alınamadı
YOLO11s	15,09	66,25	18,62	TensorRT FP16
YOLO26n	16,78	59,60	17,54	TensorRT FP16
YOLO26s	16,57	60,34	17,77	TensorRT FP16

NVIDIA GeForce RTX 4060 Üzerinde Çıkarım Testi

Jetson Orin Nano sonuçlarının masaüstü bir ekran kartıyla karşılaştırılabilmesi için aynı modeller RTX 4060 üzerinde de TensorRT FP16 biçiminde çalıştırılmıştır. Bu testte de aynı 570 SARD test görüntüsü, 640×640 giriş boyutu, batch=1 ve 20 warm-up kullanılmıştır. Benchmark ortamında Python 3.13.15, PyTorch 2.11.0+cu130, Ultralytics 8.4.63 ve

TensorRT 11.4.0.106 kullanılmıştır. Eğitimde elde edilen ağırlıklarda herhangi bir değişiklik yapılmamış, TensorRT engine dosyaları doğrudan RTX 4060 üzerinde yeniden oluşturulmuştur.

Elde edilen RTX 4060 sonuçlarında en yüksek hız 218,96 FPS ile YOLO26n modelinde ölçülmüştür. YOLOv8n 212,67 FPS, YOLO26s 203,45 FPS ve YOLOv8s 198,48 FPS değerlerine ulaşmıştır. YOLO11n ve YOLO11s modellerinde ise sırasıyla 176,49 ve 178,60 FPS değerleri elde edilmiştir. Modellerin p95 gecikmelerinin 5,04-6,30 ms aralığında kalması, masaüstü GPU üzerinde oldukça kararlı bir çıkarım süresi elde edildiğini göstermektedir.

Tablo 6. NVIDIA GeForce RTX 4060 üzerinde TensorRT FP16 çıkarım performansı

Model	Ort. ms/görüntü	FPS	p95 (ms)
YOLOv8n	4,70	212,67	5,26
YOLOv8s	5,04	198,48	5,60
YOLO11n	5,67	176,49	6,30
YOLO11s	5,60	178,60	6,16
YOLO26n	4,57	218,96	5,04
YOLO26s	4,92	203,45	5,36

Donanımlar Arası Karşılaştırma

Her iki cihazda geçerli sonucu bulunan modeller birlikte ele alındığında RTX 4060'ın Jetson Orin Nano 8 GB'a göre yaklaşık 2,41 ile 3,67 kat arasında daha yüksek FPS değerleri ürettiği görülmektedir. Ancak burada dikkat çeken asıl sonuç yalnızca hız farkı değildir. Jetson Orin Nano üzerinde YOLOv8s 82,46 FPS ile en hızlı model olurken, RTX 4060 üzerinde YOLO26n 218,96 FPS ile ilk sıraya çıkmıştır. YOLO26s modeli de Jetson Orin Nano üzerinde 60,34 FPS, RTX 4060 üzerinde ise 203,45 FPS değerine ulaşmıştır. Bu durum bize model sıralamasının donanıma göre değişebildiğini ve FLOPs değerinin gerçek çıkarım hızını tek başına açıklamadığını göstermektedir.

Tablo 7. Jetson Orin Nano 8 GB ve RTX 4060 hız karşılaştırması

Model	Orin Nano FPS	RTX 4060 FPS	RTX / Orin hız oranı
YOLOv8n	82,37	212,67	2,58×
YOLOv8s	82,46	198,48	2,41×
YOLO11n	-	176,49	-
YOLO11s	66,25	178,60	2,70×
YOLO26n	59,60	218,96	3,67×
YOLO26s	60,34	203,45	3,37×

Genel bir değerlendirme yapıldığında Jetson Orin Nano üzerinde elde edilen hız değerleri, modellerin gerçek zamanlı bir arama-kurtarma prototipinde kullanılabilmesi açısından umut vericidir. Ölçümü tamamlanan bütün modeller yaklaşık 60 FPS veya daha yüksek hızda çalışmıştır. Ancak burada elde edilen değerlerin yalnızca model çıkarım hattına ait olduğu unutulmamalıdır. Gerçek bir İHA sisteminde kamera görüntüsünün alınması, görüntünün aktarılması ve işlenmesi, uçuş kontrolü, enerji tüketimi ve sıcaklık gibi ek etkenler bulunmaktadır. Bu nedenle mevcut sonuçlar doğrudan hazır bir saha sistemi anlamına gelmemekte, saha kullanımı için güçlü bir ön sonuç oluşturmaktadır.

Çalışmanın Sınırlılıkları

Çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. SARD veri setinin hazır eğitim, doğrulama ve test ayrımı kullanılmış, modeller tek insan sınıfı için 50 epoch boyunca eğitilmiştir. K-katlı çapraz doğrulama uygulanmamış ve kapsamlı bir hiperparametre optimizasyonu yapılmamıştır. Bu nedenle elde edilen değerler modellerin mevcut deney koşullarındaki sonuçlarını göstermektedir. Jetson Orin Nano tarafında YOLO11n modeli için geçerli benchmark sonucu alınamamıştır. Jetson tarafında TensorRT 10.16.2.10 kullanılmıştır; JetPack sürümü ise bu çalışma kapsamında ayrıca raporlanmamıştır. Jetson ve RTX 4060 testleri aynı temel TensorRT FP16 yaklaşımıyla yürütülmüş olsa da iki sistem farklı donanım ve yazılım ortamlarına sahiptir. Kamera akışının uçtan uca gecikmesi, enerji tüketimi, uzun

süreli termal davranış, farklı irtifa ve hava koşulları ile gerçek uçuş sırasında oluşabilecek yanlış alarm durumları bu çalışma kapsamında ölçülmemiştir.

SONUÇ

Bu çalışmada SARD veri seti üzerinde YOLOv8, YOLO11 ve YOLO26 model ailelerinin Nano ve Small varyantları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda YOLO11s modeli 0,957 precision ve 0,944 mAP@50 değerleriyle bu iki ölçümde en başarılı model olmuştur. YOLO26s ise 0,891 recall ve 0,653 mAP@50:95 değerlerine ulaşarak farklı iki ölçümde öne çıkmıştır. Bu sonuçlar, tek bir modelin bütün metriklerde en yüksek değeri vermediğini göstermektedir.

Nano ve Small modeller karşılaştırıldığında her model ailesinde aynı davranış görülmemiştir. Small varyantlar üç ailede de mAP@50:95 değerini artırmıştır. Buna rağmen YOLO11 ailesinde recall değerinin Small modelde düşmesi, daha büyük bir modelin bütün ölçümlerde otomatik olarak daha başarılı olmayacağını göstermiştir. Bu nedenle model boyutu tek başına seçim kriteri olarak değerlendirilmemelidir.

Bir diğer önemli sonuç hesaplama maliyeti ile gerçek donanım hızı arasındaki farktır. YOLO26s, YOLOv8s modeline göre daha düşük FLOPs değerine sahip olmasına rağmen Jetson Orin Nano üzerinde YOLOv8s daha yüksek FPS elde etmiştir. RTX 4060 üzerinde ise model sıralaması değişmiş ve YOLO26n 218,96 FPS ile en yüksek hıza ulaşmıştır. Aynı model ailesinin farklı donanımlarda farklı hız sıralamasına sahip olması, gerçek zamanlı bir sistem için model seçerken yalnızca teorik FLOPs değerlerine bakmanın yeterli olmadığını ortaya koymuştur.

Sonuç olarak çalışmamızda SARD üzerindeki doğruluk değerleri ile gerçek donanım sonuçları birlikte değerlendirilmiştir. Jetson Orin Nano 8 GB üzerinde ölçümü tamamlanan modellerin 59,60-82,46 FPS aralığında çalışması, bu modellerin arama-kurtarma amaçlı gömülü bir prototipte gerçek zamanlı kullanım için uygun adaylar olduğunu göstermektedir. Ancak gerçek saha kullanımına geçilebilmesi için kamera akışı, uçuş platformu, enerji tüketimi, sıcaklık, farklı irtifa ve çevre koşulları ile uzun süreli testlerin de sisteme dahil edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmalar tamamlandığında mevcut sistemin İHA tabanlı arama-kurtarma çalışmalarında operatöre yardımcı olan gerçek zamanlı bir tespit bileşenine dönüştürülmesi mümkün görünmektedir.

KAYNAKÇA

Ciccone, F., Giannini, M., & di Stefano, L. (2025). Real-time search and rescue with drones: A deep learning-based approach for missing person detection in aerial imagery. Drones, 9(8), 514.

Dumenčić, S., Lanča, L., Jakac, K., & Ivić, S. (2025). Experimental validation of UAV search and detection system in real wilderness environment. Drones, 9(7), 473. https://doi.org/10.3390/drones9070473

Gotovac, S., Zelenika, D., Marušić, Ž., & Božić-Štulić, D. (2020). Visual-based person detection for search-and-rescue missions with unmanned aerial systems: Humans vs. machine learning algorithm. Remote Sensing, 12(20), 3295. https://doi.org/10.3390/rs12203295

Kara, R., & Yamaçlı, V. (2026). Afet sonrası İHA görüntülerinde insan tespiti için güncel YOLO mimarilerinin karşılaştırmalı performans analizi. İstinye 2. Uluslararası Disiplinlerarası Akademik Çalışmalar Kongresi, 1 Eylül 2026, çevrim içi.

Laghari, A. A., Jumani, A. K., Laghari, R. A., Li, H., Karim, S., & Khan, A. A. (2024). Unmanned aerial vehicles advances in object detection in remote sensing environments: A review. Smart Agricultural Technology, 8, 100461. https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100461

Osco, L. P., Marcato Junior, J., Ramos, A. P. M., de Castro Jorge, L. A., Fatholahi, S. N., de Andrade Silva, J., Matsubara, E. T., Pistori, H., Gonçalves, W. N., & Li, J. (2021). A review on deep learning in UAV remote sensing. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 102, 102456. https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102456
Ramachandran, A., & Sangaiah, A. K. (2021). A review on object detection in unmanned aerial vehicle surveillance. Array, 11, 100046. https://doi.org/10.1016/j.array.2021.100046
Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (pp. 779-788). https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91
Sambolek, S., & Ivašić-Kos, M. (2021). Automatic person detection in search and rescue operations using deep CNN detectors. IEEE Access, 9, 37905-37922. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3063681
Song, G., Du, H., Zhang, X., Bao, F., & Zhang, Y. (2024). Small object detection in unmanned aerial vehicle images based on multi-scale hybrid attention. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 128, 107426. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.107426
Ultralytics. (2023). Explore Ultralytics YOLOv8. Ultralytics Docs. https://docs.ultralytics.com/models/yolov8/
Ultralytics. (2024a). Performance metrics deep dive. Ultralytics Docs. https://docs.ultralytics.com/guides/yolo-performance-metrics/
Ultralytics. (2024c). Ultralytics YOLO11. Ultralytics Docs. https://docs.ultralytics.com/models/yolo11/
Ultralytics. (2026d). Ultralytics YOLO26. Ultralytics Docs. https://docs.ultralytics.com/models/yolo26/

SOCIO-ECONOMIC DETERMINANTS AND RESIDUAL HEALTH INEQUALITIES IN KERALA

Sandhya K. M.
Research Scholar
School of Social Science and Humanities
B.S. Abdur Rahman Crescent Institute of Science and Technology, Chennai
Dr. Moon Moon Hussain
Associate Professor
School of Social Science and Humanities
B.S. Abdur Rahman Crescent Institute of Science and Technology, Chennai

Abstract
This study examines the socio-economic determinants of health in Kerala through an empirical analysis of secondary data drawn primarily from the National Family Health Survey (NFHS-5), the Sample Registration System, the Census of India and the NITI Aayog Multidimensional Poverty Index. Kerala continues to record markedly superior aggregate outcomes; life expectancy of 75.1 years, an infant mortality rate of approximately 5–6 per 1,000 live births and a maternal mortality ratio of 30; relative to the national averages. High educational attainment, near-universal skilled birth attendance and sustained public investment in the social sector underpin these achievements. Nevertheless, the analysis reveals important residual inequalities. Child stunting and underweight rose between NFHS-4 and NFHS-5 (to 23.4 % and 19.7 % respectively). Rural households experience higher multidimensional poverty (0.76 % versus 0.32 % in urban areas) and lower access to clean cooking fuel. While skilled delivery care is virtually universal, only 78.6 % of women receive the recommended four or more antenatal visits. Nutrition remains the largest single contributor to the state's residual Multidimensional Poverty Index. These findings demonstrate that health outcomes in Kerala are shaped by the interaction of education, economic resources, living conditions, gender and place of residence with formal healthcare access, rather than by service availability alone. The study therefore argues for a shift from a narrow healthcare-delivery approach toward an integrated social-determinants framework that prioritises nutrition, rural development, continuum of maternal care, financial protection and inequality-sensitive monitoring.
Keywords: Socio-economic determinants of health, Kerala, NFHS-5, child nutrition, maternal healthcare, multidimensional poverty, health inequality, social determinants of health.

1. INTRODUCTION

Good health is central to human development and overall economic well-being. When people are healthy, they tend to be more productive, stay longer in education, participate more actively in the labour force and provide greater financial security for their households. Poor health, by contrast, often reduces earning capacity, raises household spending on care and treatment, and can reinforce existing disadvantages. Health outcomes are therefore shaped by far more than the formal healthcare system alone. Income levels, education, the nature of employment, nutrition, housing quality, sanitation, gender relations and the wider social environment all play decisive roles (World Health Organization [WHO], 2010; Solar & Irwin, 2010).

Kerala offers a particularly useful setting in which to examine these relationships. Over several decades the state has recorded comparatively favourable demographic and health indicators even while undergoing major structural and economic changes. High literacy rates, a relatively extensive public health network, sustained social development efforts and widespread use of

available health services have all contributed to these gains (Panikar & Soman, 1984; Dreze & Sen, 2013). The so-called "Kerala model" has long drawn attention precisely because strong social indicators were achieved at income levels that were, for much of the period, modest by national and international standards.

State-level averages, however, can mask important inequalities. Data from the National Family Health Survey (NFHS-5, 2019–21) show that 23.4 per cent of children under five years of age in Kerala were stunted and 19.7 per cent were underweight (International Institute for Population Sciences [IIPS] & ICF, 2021). Although these figures remain substantially lower than the corresponding national averages, the continued presence of child undernutrition indicates that Kerala's health transition has not fully eliminated nutritional disadvantage. Recent analyses further note that stunting rates actually rose between NFHS-4 and NFHS-5, underscoring the need for closer scrutiny of remaining gaps (Jayalakshmi & Radhakrishnan, 2022).

Healthcare utilisation in the state is generally high, yet utilisation itself is not determined solely by the physical availability of services. Education, economic status, place of residence and everyday living conditions influence whether people seek care promptly, can afford medicines, make use of preventive services or benefit from existing health programmes. Studies conducted within Kerala have repeatedly shown that socio-economic position, caste and gender continue to shape both access to care and health outcomes, even in a context of relatively strong public provision (Navaneetham et al., 2009; Haddad et al., 2012; Scaria, 2017).

Against this background, the present study approaches health in Kerala from a socio-economic perspective. Rather than treating healthcare infrastructure as the single explanatory factor, it explores how socio-economic characteristics interact with a range of health indicators. The analysis seeks to clarify the pathways through which income, education, occupation, living conditions and related factors continue to influence health status in a state that is widely regarded as a success story in social development.

2. REVIEW OF LITERATURE AND CONCEPTUAL BACKGROUND

The link between socio-economic conditions and health has long been a central concern in both health economics and development economics. In a foundational contribution, Grossman (1972) treated health as a form of durable capital stock that individuals invest in over the life cycle. From this perspective, people combine their own time, medical care, diet and other inputs to produce "healthy time." Income, education and access to healthcare services therefore enter the production of health as key determinants of how efficiently that capital can be maintained or improved.

A broader and complementary perspective comes from the social determinants of health framework. Health is shaped by the everyday conditions in which people are born, grow, live, work and age, as well as by the wider systems that distribute power, resources and opportunities (World Health Organization, 2010; Solar & Irwin, 2010). Income, education, employment, housing quality and social circumstances influence both exposure to health risks and the capacity to use available healthcare effectively.

Education occupies a particularly important place in this literature. Higher educational attainment is associated with greater health knowledge, more informed health-seeking behaviour, better nutritional practices, different reproductive choices and a stronger ability to navigate complex healthcare systems. In the Kerala context, the state's historically high levels of literacy and schooling have repeatedly been identified as one of the principal factors behind its relatively favourable health indicators (Panikar & Soman, 1984; Dreze & Sen, 2013).

Economic resources operate through multiple, often overlapping channels. Households with higher incomes or greater wealth are generally better placed to secure nutritious food, safe housing, adequate sanitation, reliable transport and timely medical care. Conversely, economic

disadvantage can constrain each of these dimensions simultaneously, amplifying vulnerability to both infectious and non-communicable conditions.

Gender further mediates these relationships. Women's education and decision-making autonomy strongly influence maternal healthcare utilisation, reproductive health outcomes and the health of children. At the same time, women may face distinct nutritional and care-seeking burdens that reflect household allocation rules and wider social norms (Mohindra et al., 2006; Haddad et al., 2012).

Place of residence also matters. Rural and urban populations frequently differ in physical proximity to health facilities, availability of transport, employment opportunities and the quality of living environments. These spatial differences can translate into measurable gaps in both preventive and curative care.

Recent analyses of NFHS-5 data have drawn attention to educational inequalities in chronic disease indicators within Kerala itself. Measured and self-reported hypertension and elevated blood-glucose levels continue to show clear gradients by educational attainment, with higher prevalence concentrated among those with lower schooling (Sharma, Nambiar, & Joseph, 2023). Such findings underscore that even in a high-performing state, socio-economic stratification remains visible in contemporary health outcomes.

Taken together, the literature points toward a multidimensional framework for understanding Kerala's health performance. Economic resources, education and employment, living conditions, health-related behaviours, healthcare utilisation and final health outcomes are interconnected rather than independent. The present study builds on this body of work by examining how these dimensions interact in the specific setting of contemporary Kerala.

3. OBJECTIVES OF THE STUDY

i. To examine the relationship between key socio-economic factors (education, household economic status, living conditions, rural–urban residence and gender) and selected health outcomes in Kerala using nationally representative secondary data.
ii. To analyse the extent of residual health inequalities within Kerala; particularly in child nutrition, antenatal-care continuity and multidimensional poverty; despite the state's overall high performance on mortality and life-expectancy indicators.
iii. To assess the relative contribution of social determinants (as against mere healthcare availability) in explaining contemporary health patterns and to derive policy implications for a more integrated, inequality-sensitive approach to health development in the state.

4. RESEARCH METHODOLOGY

4.1 Research Design

This study adopts a secondary-data-based empirical design. The analysis draws exclusively on existing, nationally representative and official datasets that are routinely used for population and health research in India. By relying on these large-scale sources, the study is able to examine socio-economic patterns in health outcomes across Kerala with a reasonable degree of statistical reliability and comparability.

4.2 Data Sources

The principal source is the National Family Health Survey, Round 5 (NFHS-5, 2019–21), which provides detailed household- and individual-level information on health, nutrition, fertility and socio-economic characteristics (International Institute for Population Sciences [IIPS] & ICF, 2021). Complementary data are drawn from the Sample Registration System (SRS) for vital statistics such as infant and maternal mortality, the Census of India for demographic and housing indicators, and the NITI Aayog Multidimensional Poverty Index for measures of deprivation. State-level economic and social statistics are taken from the Kerala State Planning

Board's Economic Review, while additional health-system information is obtained from publications of the Kerala Health Department, the Ministry of Health and Family Welfare, and the Ministry of Statistics and Programme Implementation.

These multiple sources are used in combination so that the analysis is not limited to a single survey round or a narrow set of indicators. Where possible, figures from different datasets are cross-checked to ensure consistency in trends and levels.

4.3 Key Variables

The independent (socio-economic) variables include household economic status (wealth quintiles or consumption-based measures), educational attainment of individuals and household heads, gender, employment status, rural or urban place of residence, housing conditions, access to improved sanitation, type of cooking fuel, and coverage by any form of health insurance.

The dependent (health-outcome) variables cover a range of demographic and nutritional indicators: infant mortality, maternal mortality, child stunting, child wasting, child underweight, overall healthcare utilisation, maternal healthcare utilisation (antenatal care, institutional delivery, postnatal care), health-insurance coverage itself when treated as an outcome of socio-economic position, and life expectancy at birth where state-level estimates are available.

This selection of variables is guided by the conceptual framework outlined earlier, which treats health as the joint product of economic resources, education, living conditions and access to care.

5. SOCIO-ECONOMICV AND DEMOGRAPHIC PROFILE OF KERALA

Table 1 brings together a set of basic demographic and health indicators that place Kerala in clear contrast with the all-India picture.

TABLE 1
SELECTED DEMOGRAPHIC AND HEALTH INDICATORS: KERALA AND INDIA

INDICATOR	KERALA	INDIA
Population, Census 2011 (crore)	3.34	121.06
Decadal population growth (%)	4.90	17.7
Sex ratio	1084	943
Child sex ratio	964	919
Birth rate	12.3	18.4
Maternal Mortality Ratio	30	88
Life expectancy at birth (years)	75.1	70.3
Male life expectancy	71.9	68.5
Female life expectancy	78.4	72.5

Source: Kerala State Planning Board, Economic Review 2025, based on Census of India 2011, Sample Registration System (SRS) abridged life tables 2019–23 and related official sources (Kerala State Planning Board, 2025; Office of the Registrar General & Census Commissioner, India, 2011; Office of the Registrar General, India, various years).

The figures in Table 1 underline Kerala's distinctive demographic trajectory. The sex ratio of 1,084 females per 1,000 males stands well above the national average of 943, a pattern that has been visible for several decades and is linked to relatively favourable female survival and lower gender discrimination in early childhood (Office of the Registrar General & Census Commissioner, India, 2011). At the same time, the state's low birth rate and modest decadal population growth point to an advanced stage of demographic transition that most other Indian states have yet to reach.

Life expectancy offers an especially clear illustration of Kerala's health advantage. At 75.1 years overall (71.9 years for males and 78.4 years for females), the state is roughly five years ahead of the national average of 70.3 years (Office of the Registrar General, India, SRS Abridged Life Tables 2019–23). Female longevity is particularly marked. The Maternal

Mortality Ratio of 30 per 100,000 live births is also among the lowest in the country and far below the all-India figure of 88 (Office of the Registrar General, India, SRS Maternal Mortality Bulletins).

These aggregate indicators confirm that Kerala continues to occupy a leading position in India's health and demographic landscape. Yet state-level averages, however impressive, cannot by themselves tell us whether the gains are evenly shared across socio-economic groups. The remainder of the analysis therefore turns to the distribution of health outcomes within the population and the socio-economic factors that shape them.

6. EDUCATION AS A DETERMINANT OF HEALTH

Education is widely regarded as one of the most powerful socio-economic determinants of health. It shapes health-related knowledge and behaviour, influences the capacity to earn a stable income, and affects how individuals interact with healthcare providers and institutions (Grossman, 1972; Solar & Irwin, 2010). In Kerala, where educational levels have long been high by Indian standards, this channel is especially relevant.

TABLE 2
SELECTED EDUCATION, LIVING-CONDITION AND INSURANCE INDICATORS, KERALA (NFHS-5)

INDICATOR	RURAL (%)	URBAN (%)	TOTAL (%)
Women aged 15–49 who are literate	97.5	99.1	98.3
Men aged 15–49 who are literate	97.4	99.2	98.2
Women with 10+ years schooling	75.3	78.8	77.0
Men with 10+ years schooling	70.2	76.8	73.3
Households using improved sanitation	98.5	99.0	98.7
Households using clean cooking fuel	66.3	78.5	72.1
Households covered by health insurance/financing scheme	55.4	47.2	51.5
Households using iodised salt	99.2	99.6	99.3

Source: International Institute for Population Sciences (IIPS) & ICF (2021), National Family Health Survey (NFHS-5), India, 2019–21: Kerala; Ministry of Health and Family Welfare, Government of India.

Table 2 confirms that literacy among adults of reproductive age is nearly universal. Roughly 98 per cent of both women and men aged 15–49 are literate, with only marginal differences between rural and urban areas. More than three-quarters of women (77.0 per cent) and nearly three-quarters of men (73.3 per cent) have completed at least ten years of schooling. These levels of educational attainment are substantially higher than the corresponding national averages and form a solid foundation for the state's health outcomes.

High educational attainment operates through several pathways. It improves understanding of nutrition, hygiene, reproductive health and the value of preventive care. It also strengthens women's ability to take independent decisions about their own and their children's health, including the timely use of antenatal, delivery and postnatal services (Dreze & Sen, 2013; Mohindra et al., 2006). In addition, better-educated individuals are generally more effective in navigating the healthcare system and adhering to treatment advice.

At the same time, the table reveals that educational advantage does not automatically eliminate every other constraint. While improved sanitation and iodised-salt use are almost universal, coverage by health insurance remains only moderate (51.5 per cent overall) and clean cooking fuel is still less common in rural households. These residual gaps suggest that education, though central, interacts with other material and institutional factors in shaping final health results.

7. LIVING CONDITIONS AND HEALTH

Living conditions form another critical pathway through which socio-economic status shapes health. Access to improved sanitation, clean cooking fuel, safe drinking water, adequate housing and basic household assets directly influences exposure to environmental health risks and the capacity of households to protect themselves from disease (Solar & Irwin, 2010; World Health Organization, 2010).

According to NFHS-5, 98.7 per cent of Kerala's population lived in households that used an improved sanitation facility (International Institute for Population Sciences [IIPS] and ICF, 2021). Coverage of clean cooking fuel, however, was lower at 72.1 per cent overall, with a clear rural–urban gap: 66.3 per cent in rural areas against 78.5 per cent in urban areas. This difference is consequential for health. Households that continue to rely on solid fuels face higher levels of indoor air pollution, which is known to increase the risk of respiratory illness, especially among women and young children who spend more time near the cooking area.

Even in a state whose aggregate health indicators remain favourable, these household-level variations in living conditions can therefore continue to generate differences in health outcomes. The same pattern appears when multidimensional poverty is considered. NITI Aayog's Multidimensional Poverty Index estimated Kerala's headcount ratio at only 0.55 per cent in 2019–21—the lowest in India; yet the rural rate (0.76 per cent) was more than twice the urban rate (0.32 per cent) (NITI Aayog, 2023). Poverty in Kerala is thus residual rather than widespread, but the residual is concentrated in rural areas and continues to mark certain groups as more vulnerable.

Taken together, the evidence indicates that while Kerala has largely overcome the classic environmental health deficits associated with poor sanitation and open defecation, incomplete transition to clean cooking fuel and the persistence of small pockets of multidimensional deprivation still leave measurable health risks that are unevenly distributed across the population.

8. MATERNAL HEALTHCARE UTILISATION

Maternal healthcare remains one of Kerala's most consistent public-health achievements. Near-universal skilled attendance at birth and institutional delivery have become established features of the state's health system and contribute directly to its low maternal mortality ratio.

TABLE 3
SELECTED MATERNAL HEALTHCARE INDICATORS, KERALA

INDICATOR	KERALA (%)
Births attended by skilled health personnel	100.0
Institutional births	99.7–99.8
Women receiving 4+ ANC visits	78.6
Mothers receiving first-trimester ANC	93.6
Births in public health facilities	56.2
Caesarean-section births	39.5

Note: The share of births occurring in public facilities varies across sources and reporting periods; NFHS-5 reports approximately 34 per cent, while some state administrative summaries cite higher figures.

Source: International Institute for Population Sciences (IIPS) & ICF (2021), NFHS-5 Kerala; Kerala Health Department / HMIS data for 2023–24 (Government of Kerala).

According to NFHS-5, virtually every birth in the five years preceding the survey was attended by skilled health personnel, and institutional deliveries stood at 99.7–99.8 per cent (IIPS & ICF, 2021). Administrative data from the Health Management Information System (HMIS) for 2023–24 confirm the same pattern, recording 99.88 per cent skilled attendance (Kerala Health Department). Early registration is also strong: 93.6 per cent of mothers received antenatal care in the first trimester.

Yet the proportion of women who completed the recommended four or more antenatal-care visits was lower, at 78.6 per cent. This gap is instructive. Universal contact with a health facility at the time of delivery does not automatically guarantee continuous, high-quality care throughout pregnancy. Timing, frequency and completeness of antenatal services remain relevant dimensions of maternal healthcare that cannot be captured by delivery statistics alone. The high rate of caesarean sections (approximately 39 per cent) further illustrates that utilisation patterns in Kerala are shaped by clinical norms and the large private-sector presence as well as by public-health outreach. While the state's overall maternal-health performance is excellent, these nuances underline the need to look beyond headline coverage figures when assessing equity and quality of care.

9. CHILD NUTRITION AND HEALTH OUTCOMES

Child nutritional status is one of the clearest reflections of household living standards and the broader socio-economic environment. It captures the cumulative effects of food security, maternal health and education, feeding practices, sanitation and access to care during the most sensitive years of growth.

TABLE 4
CHILD UNDERNUTRITION INDICATORS (CHILDREN UNDER FIVE YEARS), KERALA AND INDIA

INDICATOR	KERALA NFHS-4	KERALA NFHS-5	INDIA NFHS-5
Stunted (%)	19.7	23.4	35.5
Wasted (%)	15.7	15.8	19.3
Underweight (%)	16.1	19.7	32.1
Overweight (%)	3.4	4.0	3.4

Source: International Institute for Population Sciences (IIPS) & ICF (2021), *National Family Health Survey (NFHS-5), India, 2019–21: Kerala*; Ministry of Health and Family Welfare, Government of India.

Kerala continues to record substantially lower rates of undernutrition than the national average. Stunting, wasting and underweight among children under five remain well below the all-India figures reported in NFHS-5. Yet the comparison with the state's own earlier performance raises a clear concern. Between NFHS-4 and NFHS-5, stunting rose from 19.7 per cent to 23.4 per cent and underweight from 16.1 per cent to 19.7 per cent, while wasting stayed almost unchanged at around 16 per cent (IIPS & ICF, 2021).

These increases indicate that expanded healthcare access and near-universal institutional delivery, while important, are not sufficient by themselves to secure continuous nutritional improvement. Child nutrition is shaped by a wider set of factors that include household food security, maternal education and dietary knowledge, infant and young-child feeding practices, sanitation, and the overall economic position of the family (Jayalakshmi & Radhakrishnan, 2022).

A further warning signal appears in complementary feeding. Only 23.5 per cent of children aged 6–23 months in Kerala received an adequate diet according to NFHS-5 standards. Because early-childhood nutrition has lasting effects on cognitive development, school performance and later productivity, this relatively low figure deserves particular attention in both research and policy.

In short, Kerala's child-nutrition profile remains favourable by national standards, yet the recent upward movement in stunting and underweight, together with limited dietary adequacy in the complementary-feeding period, shows that socio-economic and behavioural determinants continue to operate even in a high-performing health system.

10. MORTALITY AND LIFE EXPECTANCY

Mortality and life-expectancy indicators provide the clearest summary of Kerala's long-term health performance relative to the rest of India.

TABLE 5
SELECTED MORTALITY AND LONGEVITY INDICATORS, KERALA AND INDIA

INDICATOR	KERALA	INDIA
Infant Mortality Rate	6.0	30.0
Maternal Mortality Ratio	30	88
Life expectancy at birth	75.1	70.3
Female life expectancy	78.4	72.5
Under-five mortality rate	8	29
Neonatal mortality rate	4	19

Source: Kerala State Planning Board, *Economic Review* (various years); Office of the Registrar General, India, Sample Registration System (SRS) Statistical Reports and Maternal Mortality Bulletins; SRS Abridged Life Tables 2019–23.

The figures show a decisive advantage for Kerala. Infant mortality is only about one-fifth of the national level, and the maternal mortality ratio of 30 per 100,000 live births is well below the all-India estimate of 88 (Office of the Registrar General, India). Life expectancy at birth stands at 75.1 years overall and 78.4 years for females; approximately five years higher than the corresponding national averages (SRS Abridged Life Tables 2019–23). Under-five and neonatal mortality rates follow the same pattern of marked superiority.

These outcomes are the cumulative result of sustained investment in primary healthcare, maternal and child health services, female education, nutrition programmes and broader social development over several decades (Panikar & Soman, 1984; Dreze & Sen, 2013). At the same time, low average mortality should not be read as evidence that socio-economic inequality has disappeared. As earlier sections have shown, child undernutrition has recently risen and household-level differences in living conditions and insurance coverage persist.

The coexistence of very low mortality with remaining nutritional shortfalls and emerging non-communicable-disease burdens therefore marks a shift in the policy challenge. Kerala's health transition has moved the agenda beyond the simple reduction of deaths toward the improvement of quality of life, the prevention and management of chronic conditions, and the reduction of residual inequalities within an already high-performing system.

11. MULTI-DIMENSIONAL POVERTY AND HEALTH

The Multidimensional Poverty Index (MPI) offers a valuable way of locating the residual socio-economic constraints that still influence health in Kerala. Rather than relying solely on income, the MPI records simultaneous shortfalls in health, education and living standards.

TABLE 6
MULTIDIMENSIONAL POVERTY INDEX INDICATORS, KERALA

INDICATOR	2015–16	2019–21
Overall MPI headcount ratio (%)	0.70	0.55
Rural headcount ratio (%)	0.95	0.76
Urban headcount ratio (%)	0.43	0.32
Overall MPI	0.003	0.002
Intensity of poverty (%)	38.99	36.92

Source: NITI Aayog (2023), *National Multidimensional Poverty Index: A Progress Review 2023* (based on NFHS-4 and NFHS-5).

Between the two survey periods Kerala's overall headcount ratio fell from 0.70 per cent to 0.55 per cent; the lowest level recorded anywhere in India (NITI Aayog, 2023). Intensity of poverty and the MPI value itself also declined, confirming that extreme multidimensional deprivation has become uncommon.

A persistent rural–urban difference nevertheless remains. In 2019–21 the rural headcount ratio (0.76 per cent) was more than twice the urban figure (0.32 per cent). Even at these very low absolute levels, the residual poor are disproportionately concentrated in rural areas.

The composition of the index is especially revealing. Nutrition alone contributed 36.61 per cent of Kerala's MPI in 2019–21, making it by far the largest single component. Maternal health accounted for a further 8.16 per cent and years of schooling for 13.58 per cent. Thus the limited multidimensional poverty that still exists is driven mainly by health-related and educational deprivations rather than by lack of physical assets.

This pattern directly reinforces the central claim of the present study: residual health inequalities in Kerala remain closely tied to broader socio-economic disadvantage. Closing the last gaps in nutrition and maternal health therefore requires continued attention to the same structural factors—education, living conditions and rural location; that shape health outcomes more generally.

12. HEALTHCARE EXPENDITURE AND PUBLIC INVESTMENT

Public investment has long been a central pillar of Kerala's health system. The state's comparatively strong network of primary health centres, secondary hospitals and specialised institutions has been sustained by sustained budgetary support for the social sector, including medical education, modern medicine, Ayurveda, homeopathy and related services (Kerala State Planning Board, various years).

The *Economic Review* series published by the State Planning Board documents this continuing outlay. Over successive plan periods the government has maintained relatively high allocations for both curative and preventive services, as well as for training institutions that supply the health workforce. These long-term fiscal commitments help explain why Kerala was able to achieve near-universal institutional delivery, low maternal and infant mortality, and widespread access to basic care even while per-capita income remained modest for much of the post-independence period (Panikar & Soman, 1984; Dreze & Sen, 2013).

Public provision, however, does not eliminate the importance of household resources. The National Sample Survey 75th Round on Household Social Consumption: Health records detailed information on out-of-pocket spending on medicines, diagnostics, hospitalisation, transport and related costs, as well as on the sources of financing used by different socio-economic groups (National Sample Survey Office, 2019). These data show that even in a well-developed public system, the ability of households to meet residual costs and to access timely private care when needed continues to vary with income, education and insurance coverage.

A complete assessment of health inequality in Kerala must therefore take account of both sides of the financing picture: the reach and quality of publicly financed services on the one hand, and the capacity of households to utilise those services and to cover supplementary private expenditure on the other. Only by examining the interaction between public investment and household economic status can the residual gradients in health outcomes be fully understood.

13. KEY EMPIRICAL OBSERVATIONS

The evidence assembled in the preceding sections yields several clear findings.

First, Kerala's overall health performance remains markedly superior to the national average. Life expectancy is higher, while infant and maternal mortality rates are substantially lower. These outcomes are the product of decades of social development, high educational attainment

and sustained public investment in healthcare (Panikar & Soman, 1984; Dreze & Sen, 2013; Kerala State Planning Board, various years).

Second, education stands out as a central structural determinant. Adult literacy is nearly universal and a large share of both men and women have completed ten or more years of schooling (International Institute for Population Sciences [IIPS] & ICF, 2021). Education operates through multiple channels like improved health knowledge, better employment prospects and more effective use of healthcare services; and continues to underpin the state's favourable indicators.

Third, the near-elimination of multidimensional poverty has not erased all health-related inequalities. Kerala's MPI headcount ratio is the lowest in India, yet the rural rate remains more than twice the urban rate (NITI Aayog, 2023). Parallel differences appear in living conditions: access to clean cooking fuel, for example, is still appreciably lower in rural households.

Fourth, maternal healthcare utilisation is near-universal at the point of delivery. Almost every birth is attended by skilled personnel and occurs in a health facility. The share of women completing four or more antenatal visits is lower, however, indicating that continuity of care across the full maternal continuum still requires attention (IIPS & ICF, 2021).

Fifth, child nutrition constitutes a persistent and unresolved challenge. Although Kerala's rates of stunting, wasting and underweight remain well below national levels, both stunting and underweight rose between NFHS-4 and NFHS-5 (IIPS & ICF, 2021). This reversal shows that improvements in healthcare access alone do not automatically secure nutritional gains.

Sixth, the findings underscore the need to treat health as a multidimensional outcome. Low mortality is a necessary but insufficient indicator of equity. Nutritional status, the quality and continuity of maternal care, exposure to non-communicable disease risk, insurance coverage, out-of-pocket expenditure and everyday living conditions all form part of a fuller assessment of health inequality.

Taken together, the results support the central proposition of the study: health outcomes in Kerala continue to be shaped by the interaction of economic resources, education, living conditions and healthcare utilisation rather than by the mere availability of health facilities.

14. POLICY IMPLICATIONS

The empirical patterns identified in this study point to a set of practical policy directions that can help Kerala convert its strong aggregate performance into more equitable health outcomes.

14.1 Strengthening nutrition interventions

The recent rise in child stunting and underweight indicates that expanded healthcare access has not been matched by equivalent gains in nutritional quality. Priority should therefore be given to complementary feeding practices for children aged 6–23 months, maternal nutrition during pregnancy and lactation, and targeted support for the most vulnerable households. Programmes that improve dietary diversity and the quality of the Public Distribution System and Integrated Child Development Services can complement existing clinical services (Jayalakshmi & Radhakrishnan, 2022).

14.2 Strengthening the rural health–social development interface

Although rural–urban gaps are modest for many mortality and utilisation indicators, rural households continue to experience higher multidimensional poverty and lower access to clean cooking fuel (NITI Aayog, 2023; International Institute for Population Sciences [IIPS] & ICF, 2021). Health interventions therefore need to be integrated more closely with rural development, housing, energy and sanitation policies so that environmental and economic constraints are addressed simultaneously.

14.3 Improving the continuum of maternal care

Near-universal skilled attendance at birth is a major achievement. The next step is to ensure that this final contact is preceded and followed by complete antenatal and postnatal care. Early

registration, the recommended four or more antenatal visits, postnatal follow-up and timely referral of high-risk cases remain areas in which further gains are possible.

14.4 Linking education and health policy

Kerala's high educational attainment is a powerful but still under-utilised resource for health promotion. School and community education programmes can be strengthened to reinforce preventive behaviours, nutrition knowledge, reproductive-health awareness and the early detection of non-communicable diseases. Closer coordination between the education and health departments would help translate literacy into sustained health literacy.

14.5 Expanding effective financial protection

Coverage by health insurance or publicly financed schemes should be expanded among economically vulnerable households. Coverage figures alone, however, are insufficient. Attention must also be paid to the actual utilisation of entitlements and to the residual out-of-pocket costs that continue to burden poorer families (National Sample Survey Office, 2019).

14.6 Greater emphasis on inequality-sensitive monitoring

State averages, however impressive, can conceal remaining disparities. Routine monitoring should systematically disaggregate key indicators by income or wealth, education, gender, rural–urban residence, social group and district. Such disaggregation would enable policymakers to identify the specific populations that still lag behind and to design more precisely targeted interventions.

Taken together, these directions emphasise that Kerala's next phase of health progress depends less on further expansion of basic services and more on addressing residual nutritional, rural and socio-economic inequalities within an already high-performing system.

15. CONCLUSION

Kerala's health record offers one of the clearest illustrations of the link between long-term social development and population health. High life expectancy, low infant and maternal mortality, near-universal literacy and almost complete skilled attendance at birth have been achieved through sustained public investment in education, primary healthcare and broader social programmes (Panikar & Soman, 1984; Dreze & Sen, 2013; Kerala State Planning Board, various years). These outcomes continue to place the state well ahead of the national average.

Yet the evidence assembled in this study also shows that the health transition remains incomplete. Child undernutrition has not disappeared; both stunting and underweight rose between NFHS-4 and NFHS-5 (International Institute for Population Sciences [IIPS] & ICF, 2021). Rural households still experience higher multidimensional poverty and poorer access to clean cooking fuel (NITI Aayog, 2023). While skilled delivery care is virtually universal, the continuum of antenatal care falls short of the same level of coverage. These residual gaps indicate that aggregate success can coexist with persistent socio-economic gradients.

The central conclusion that follows is straightforward: health outcomes cannot be explained by the availability of healthcare facilities alone. Economic resources, education, employment opportunities, gender relations, everyday living conditions, nutrition and place of residence interact with formal healthcare access to shape final results. Kerala's experience therefore reinforces the social-determinants perspective rather than a purely biomedical or infrastructure-centred view of health (Solar & Irwin, 2010).

Looking ahead, policy needs to move beyond a narrow focus on service delivery toward an integrated social-determinants framework. Continued investment in nutrition, education, quality employment, housing, sanitation, financial protection and rural development should be treated as essential components of health policy itself. Only by addressing these interlocking factors can Kerala protect its past achievements while steadily reducing the remaining inequalities that still affect the health of its population.

REFERENCES

1. Dreze, J., & Sen, A. (2013). *An uncertain glory: India and its contradictions*. Princeton University Press.
2. Haddad, S., Mohindra, K. S., Siekmans, K., Màk, G., & Narayana, D. (2012). "Health divide" between indigenous and non-indigenous populations in Kerala, India: Population based study. *BMC Public Health, 12*, 390. https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-390
3. International Institute for Population Sciences (IIPS) & ICF. (2021). *National Family Health Survey (NFHS-5), India, 2019–21: Kerala*. IIPS.
4. Jayalakshmi, R., & Radhakrishnan, S. (2022). Nutritional status of socioeconomically disadvantaged children below 5 years: A cross-sectional study from Kerala, India. *World Medical & Health Policy, 14*(2), 370–385. https://doi.org/10.1002/wmh3.490
5. Navaneetham, K., Kabir, M., & Krishnakumar, C. S. (2009). *Morbidity pattern in Kerala: Levels and determinants* (Working Paper No. 411). Centre for Development Studies.
6. Panikar, P. G. K., & Soman, C. R. (1984). *Health status of Kerala: The paradox of economic backwardness and health development*. Centre for Development Studies.
7. Scaria, S. (2017). Caste and gender in relation to health inequality: A village study from Kerala. *South Asia Research, 37*(1), 1–18. https://doi.org/10.1177/0262728016663273
8. World Health Organization. (2010). *A conceptual framework for action on the social determinants of health*. World Health Organization.
9. Grossman, M. (1972). On the concept of health capital and the demand for health. *Journal of Political Economy, 80*(2), 223–255. https://doi.org/10.1086/259880
10. Mohindra, K. S., Haddad, S., & Narayana, D. (2006). Women's health in a rural community in Kerala, India: Do caste and socio-economic position matter? *Journal of Epidemiology and Community Health, 60*(12), 1020–1026. https://doi.org/10.1136/jech.2006.047647
11. Sharma, S. K., Nambiar, D., & Joseph, J. (2023). Hidden educational inequalities in high blood pressure and high blood glucose levels in Kerala: Evidence from the National Family Health Survey (2019–2021). *BMJ Open, 13*(4), e068553. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-068553
12. Solar, O., & Irwin, A. (2010). *A conceptual framework for action on the social determinants of health* (Social Determinants of Health Discussion Paper 2). World Health Organization.
13. International Institute for Population Sciences (IIPS) & ICF. (2021). *National Family Health Survey (NFHS-5), India, 2019–21: Kerala*. IIPS.
14. Kerala State Planning Board. (various years). *Economic review*. Government of Kerala.
15. Ministry of Health and Family Welfare. (various years). *National health profile* / related statistical reports. Government of India.
16. Ministry of Statistics and Programme Implementation. (various years). *Statistical year book* / related publications. Government of India.
17. NITI Aayog. (2021 or latest available). *National multidimensional poverty index*. Government of India.
18. Office of the Registrar General & Census Commissioner, India. (2011 and subsequent releases). *Census of India*. Government of India.
19. Office of the Registrar General, India. (various years). *Sample Registration System statistical report*. Government of India.
20. Kerala State Planning Board. (2025). *Economic review 2025*. Government of Kerala. https://spb.kerala.gov.in/economic-review/ER2025/

21. Office of the Registrar General, India. (various years). *Sample Registration System statistical reports and abridged life tables*. Government of India.
22. Grossman, M. (1972). On the concept of health capital and the demand for health. *Journal of Political Economy, 80*(2), 223–255. https://doi.org/10.1086/259880
23. NITI Aayog. (2023). *National multidimensional poverty index: A progress review 2023*. Government of India.
24. Solar, O., & Irwin, A. (2010). *A conceptual framework for action on the social determinants of health* (Social Determinants of Health Discussion Paper 2). World Health Organization.
25. World Health Organization. (2010). *A conceptual framework for action on the social determinants of health*. World Health Organization.
26. Government of Kerala, Department of Health Services. (various years). *Health Management Information System (HMIS) reports and maternal-health fact sheets*.
27. Kerala Health Department. (n.d.). Progress towards SDG Indicator 3.1 (maternal mortality and skilled birth attendance). Government of Kerala.
28. Jayalakshmi, R., & Radhakrishnan, S. (2022). Nutritional status of socioeconomically disadvantaged children below 5 years: A cross-sectional study from Kerala, India. *World Medical & Health Policy, 14*(2), 370–385. https://doi.org/10.1002/wmh3.490
29. Kerala State Planning Board. (various years). *Economic review*. Government of Kerala.
30. Office of the Registrar General, India. (various years). *Sample Registration System statistical reports, maternal mortality bulletins and abridged life tables*. Government of India.
31. Panikar, P. G. K., & Soman, C. R. (1984). *Health status of Kerala: The paradox of economic backwardness and health development*. Centre for Development Studies.
32. Kerala State Planning Board. (various years). *Economic review*. Government of Kerala.
33. National Sample Survey Office. (2019). *Key indicators of social consumption in India: Health* (NSS 75th Round, July 2017–June 2018). Ministry of Statistics and Programme Implementation, Government of India.
34. Panikar, P. G. K., & Soman, C. R. (1984). *Health status of Kerala: The paradox of economic backwardness and health development*. Centre for Development Studies.

****

EFFICIENCY ANALYSIS IN THE TURKISH BANKING SECTOR USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

Prof. Dr. Semra ERPOLAT TAŞABAT
Mimar Sinan Fine Arts University, Department of Statistics
İrem NIŞANCI
Mimar Sinan Fine Arts University, Depart of Statistics

ABSTRACT

This study aims to evaluate the relative efficiency levels of deposit banks operating in the Turkish banking sector using Data Envelopment Analysis (DEA). The analysis covers 20 deposit banks reported by the Banks Association of Türkiye (TBB) for September 2025 for which all required input and output data were available. As a non-parametric efficiency measurement technique, DEA was employed using the input-oriented BCC model to evaluate the efficiency of banks in utilizing their inputs to generate outputs. Three input variables—deposits, personnel expenses, and interest expenses—and two output variables—interest income and net fee and commission income—were included in the analysis. The sample consists of 3 publicly owned, 8 privately owned, and 9 foreign-owned banks. Correlation analysis was first conducted to examine the relationships between the selected input and output variables. DEA efficiency scores were then calculated, followed by slack analysis to identify input excesses and output deficiencies of inefficient banks relative to the efficiency frontier. Reference sets were also determined to identify efficient banks that could serve as benchmarks for inefficient decision-making units. The analyses were conducted using the Python programming language with the pandas, seaborn, and matplotlib libraries, together with Microsoft Excel. The results indicate that 11 of the 20 banks were fully efficient, whereas 9 banks remained below the efficiency frontier. The slack analysis further revealed that inefficient banks primarily exhibited excess input utilization and deficiencies in net fee and commission income. These findings provide insights into the resource utilization and output performance of deposit banks and highlight potential areas for improvement among inefficient banking units.

Keywords: Banking sector; Performance; Efficiency analysis; Data Envelopment Analysis

INTRODUCTION

Economic growth is one of the fundamental goals of countries. One of the sectors contributing to this growth is the banking sector. Banks support economic growth by collecting funds and savings necessary for economic development, providing employment, and promoting capital accumulation (Turgut & Ertay, 2016).

Banking can be defined as a financial activity carried out by institutions that accept deposits, collect funds, and transfer these resources to individuals, legal entities, and the government in need of financing in the form of short- and long-term loans (Yetiz, 2016).

The main functions performed by banks include the following (Yetiz, 2016):

- Supporting the implementation of monetary and credit policies within the country,
- Acting as intermediaries in financial transactions,
- Conducting securities trading transactions,

- Safeguarding valuable assets through safe deposit boxes,
- Providing convenient payment methods, such as credit and debit cards,
- Facilitating domestic and international trade transactions.

Due to intense competition in the banking sector, banks need to regularly measure their performance to evaluate their current status, compare themselves with competing banks, and identify areas for improvement (Özkan, 2019).

Data Envelopment Analysis (DEA) is a linear programming-based method that measures the relative efficiency of decision-making units (DMUs) with similar objectives by evaluating multiple inputs and outputs simultaneously. Owing to this feature, DEA is widely used in performance and efficiency analyses in the banking sector. In this study, DEA is employed to analyze the efficiency of 20 selected banks, with the aim of gaining insights into the performance and overall status of the Turkish banking sector.

RESEARCH AND FINDINGS

1. Literature Review

To understand how the analysis conducted in this study differs from previous analyses and to gain a closer understanding of efficiency measurement practices in the Turkish banking sector, selected studies from the literature are presented below.

Atan (2003) examined the efficiency and productivity of 44 banks between 1999 and 2001 using non-parametric methods. Seven inputs (deposits, non-deposit funds, equity, interest expenses, non-interest expenses, number of branches, and number of employees) and one output (total loans) were selected, and the analysis was conducted using the dual CCR model. The results indicated that publicly and privately owned banks were more efficient than foreign-owned banks (Atan, 2003).

In their study, Akbalık and Sırma (2013) analyzed data from foreign-owned banks that entered the Turkish banking sector following the 2001 financial crisis, covering the period from 2008 to 2012, using Data Envelopment Analysis (DEA). The Constant Returns to Scale (CRS) model was employed. Deposits and operating expenses (including interest expenses, personnel expenses, and total non-interest expenses) were selected as inputs, while loans and operating revenues (including interest income, fees, and commission income) were selected as outputs. The results showed that the efficiency of foreign-owned banks declined over time (Akbalık & Sırma, 2013).

Torun and Özdemir (2015) employed DEA to investigate the efficiency of deposit banks between 2008 and 2013. The analysis covered 26 deposit banks and used three inputs (total deposits, interest expenses, and non-interest expenses) and three outputs (total loans and receivables, interest income, and non-interest income). The results revealed that overall efficiency was highest in 2011, when foreign-owned banks also achieved their highest efficiency levels, whereas the overall efficiency level was lowest in 2012 (Torun & Özdemir, 2015).

Çelik, Öncü, and Yenice (2018) conducted an efficiency analysis of 17 banks in Türkiye over the period 2008–2016. Deposits, interest expenses, and the number of employees were selected as inputs, while loans and interest income were selected as outputs. Under the CCR model, Deutsche Bank and Arap Türk Bankası were identified as efficient (Çelik, Öncü, & Yenice, 2018).

Topak and Alacaatlı (2020) used DEA to examine the efficiency of 12 deposit banks over the period 2010–2017. Interest expenses, other operating expenses, and equity were selected as inputs, while interest income and fees and commissions received were selected as outputs. The results indicated that the banks generally had high efficiency scores; however, the type of ownership did not lead to a significant difference in bank efficiency (Topak & Alacaatlı, 2020).

Özbey and Akan (2021) analyzed the efficiency of 17 deposit banks in Türkiye over the period 2000–2018 using DEA under the output-oriented BCC model. Interest expenses, non-interest expenses, and personnel expenses were used as inputs, while interest income and non-interest income were used as outputs. The results ranked the efficiency levels of the 17 deposit banks in the following order by ownership type: privately owned, publicly owned, and foreign-owned banks (Özbey & Akan, 2021).

Dirik and Göker (2022) analyzed the efficiency of 23 deposit banks operating in Türkiye using data from 2020 and the two-stage Network DEA method. Bank deposits were treated as an intermediate variable, allowing production efficiency and intermediation efficiency to be examined separately. The results showed that 26% of the inefficiency in the sector was primarily attributable to production inefficiency. The study also concluded that the conventional DEA approach could overestimate efficiency scores (Dirik & Göker, 2022).

Bolat and Ertükmen (2022) examined the efficiency of deposit banks over the period 2012–2021. The analysis employed the output-oriented BCC model (BCC-O), which assumes variable returns to scale. The inputs were equity-to-total-assets and interest-expenses-to-total-assets ratios, while the outputs were interest-income-to-total-assets, total-loans-to-total-assets, and net-profit-or-loss-to-paid-in-capital ratios. The results indicated that the number of years in which banks achieved efficiency exceeded the number of years in which they failed to do so (Bolat & Ertükmen, 2022).

İslatince (2025) found that 55.3% of the bank-period observations for Turkish deposit banks over the period 2012–2022 were efficient, with 146 out of 264 observations achieving an efficiency score of 1 (İslatince, 2025).

Table 1. Methods Used in Selected Data Envelopment Analysis Studies on the Turkish Banking Sector

Researcher	Inputs	Outputs	Method	Period
Atan (2003)	Deposits, non-deposit funding, equity, interest expenses, non-interest expenses, number of branches, and number of employees	Total loans	Output-oriented CCR	1999–2001
Akbalık and Sırma (2013)	Interest expenses, personnel expenses, and total non-interest expenses	Interest income, fee and commission income	CCR	2008–2012
Torun and Özdemir (2015)	Total deposits, interest expenses, and non-interest expenses	Total loans and receivables, interest income, and non-interest income	Input-oriented CCR and BCC	2008–2013
Çelik, Öncü, and Yenice (2018)	Deposits, interest expenses, and number of employees	Loans and interest income	CCR and BCC	2008–2016

Topak and Alacaatlı (2020)	Interest expenses, other operating expenses, and equity	Interest income, fees and commissions received	Not specified	2010–2017
Özbey and Akan (2021)	Interest expenses, non-interest expenses, and personnel expenses	Interest income and non-interest income	Output-oriented BCC	2008–2018
Dirik and Göker (2022)	Number of branches, personnel expenses, and other operating expenses	Total deposits	Network DEA	2020
Bolat and Ertükmen (2022)	Equity/total assets, interest expenses/total assets	Interest income/total assets, total loans/total assets, net profit or loss for the period/paid-in capital	Output-oriented BCC	2012–2021
İslatince (2025)	Interest income, total assets, number of employees, total deposits, capital adequacy ratio, and number of branches	Total loans, current-period profit, interest expenses, and non-performing loans	Output-oriented CCR	2012–2022

A review of the literature on DEA studies conducted in the Turkish banking sector between 2003 and 2025 reveals that various combinations of inputs and outputs have been used. As shown in Table 1, the inputs selected in this study—deposits, personnel expenses, and interest expenses—have generally been used as inputs in previous analyses. Similarly, the outputs selected in this study—interest income and net fees and commission income and expenses—have generally been used as outputs. An examination of the DEA models employed in these studies indicates that the CCR and BCC models are the most frequently used approaches, with output orientation being the predominant preference.

2. Methodology

2.1. Data Envelopment Analysis

Data Envelopment Analysis (DEA) is a non-parametric method used to measure the relative efficiency of decision-making units (DMUs) by evaluating multiple inputs and outputs simultaneously. Based on Farrell's theoretical work in 1957, DEA was subsequently developed by Charnes, Cooper, and Rhodes (1978), resulting in the fundamental framework used today. DEA is employed to evaluate the efficiency of decision-making units operating in various sectors (Kocakalay & Işık, 2003; Benli, 2012; Behdioğlu & Özcan, 2009).

2.2. DEA Models

Although various models have been developed within the DEA framework, the CCR and BCC models are among the fundamental models of the method. These models can be applied using either an input-oriented or an output-oriented approach. Input-oriented models aim to minimize the inputs used while maintaining a given level of output, whereas output-oriented models aim to maximize outputs while keeping the existing level of inputs constant (Behdioğlu & Özcan, 2009).

2.2.1. CCR Model

Developed by Charnes, Cooper, and Rhodes in 1978, the CCR model is based on the assumption of constant returns to scale and is one of the fundamental models of DEA. It evaluates decision-making units by calculating their overall efficiency. Overall efficiency represents the combined assessment of technical efficiency and scale efficiency. Although both approaches use the same efficiency frontier, the reference points on the efficiency frontier for inefficient decision-making

units may differ (Behdioğlu & Özcan, 2009). Since this study employs the input-oriented BCC model, the mathematical formulation of the CCR model is not presented.

2.2.2. BCC Model

Developed by Banker, Charnes, and Cooper in 1984, the BCC model is based on the assumption of variable returns to scale. Unlike the CCR model, it enables the technical efficiency of decision-making units to be evaluated independently of scale effects. This model accounts for increasing, decreasing, and constant returns to scale. The BCC model can be applied using either an input-oriented or an output-oriented approach. The input-oriented approach aims to reduce inputs while maintaining a given level of output, whereas the output-oriented approach seeks to increase outputs while keeping the existing level of inputs constant (Behdioğlu & Özcan, 2009).

In this study, the input-oriented BCC model is employed. The mathematical formulation of this model is presented below, based on Erpolat (2011, pp. 82–83).

1. **Primal and Dual Formulations of the Input-Oriented BCC Model:**

- *The primal BCC model is given in (1).*

$$
\begin{aligned}
&Enk\ \theta_k \\
&\theta_k X_{ik} - \textstyle\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jk} X_{ij} \geq 0 \\
&\textstyle\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jk} Y_{rj} \geq Y_{rk} \\
&\textstyle\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jk} = 1 \\
&\lambda_{jk} \geq 0
\end{aligned}
\qquad (1)
$$

- *The dual BCC model is given in (2).*

$$
\begin{aligned}
&Enb\ \textstyle\sum_{r=1}^{s} u_r Y_{rk} - u_k \\
&\textstyle\sum_{i=1}^{m} v_i X_{ik} = 1 \\
&\textstyle\sum_{r=1}^{s} u_r Y_{rj} - \sum_{j=1}^{m} v_i X_{ij} - u_k \leq 0 \\
&u_r, v_i \geq \varepsilon > 0,\ u_k \text{ unrestricted in sign}
\end{aligned}
\qquad (2)
$$

2. **Primal and Dual Formulations of the Output-Oriented BCC Model:**

- *The primal output-oriented BCC model is given in (3).*

$$
\begin{aligned}
&Enb\ \varphi_k \\
&\textstyle\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jk} X_{ij} \leq X_{ik} \\
&\varphi_k Y_{rk} - \textstyle\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jk} Y_{rj} \leq 0 \\
&\textstyle\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jk} = 1
\end{aligned}
\qquad (3)
$$

$\lambda_{jk} \geq 0$

- *The dual output-oriented BCC model is given in (4).*

$$Enk \ \sum_{j=1}^{m} v_i X_{ik} - v_k$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r Y_{rk} = 1$$

$$\sum_{i=1}^{m} v_i X_{ij} - \sum_{r=1}^{s} u_r Y_{rj} - v_k \geq 0 \qquad (4)$$

$u_r, v_i \geq \varepsilon > 0$, v_k *unrestricted in sign*

Reference: Erpolat (2011, ss. 82–83).

2.3. Stages of DEA Implementation

2.3.1. Selection of Decision-Making Units (DMUs)

The first stage of DEA implementation is the selection of the decision-making units whose efficiency is to be measured. It is important that the DMUs perform similar activities and are homogeneous. Furthermore, the number of DMUs should be consistent with the number of inputs and outputs used in the analysis (Behdioğlu & Özcan, 2009).

In this study, three inputs and two outputs are used. Therefore, according to the criterion applied, the analysis should include at least ((3+2)*2=10) DMUs.

A total of 20 deposit banks are included in the study, comprising 3 state-owned banks, 8 privately owned banks, and 9 foreign-owned banks. Since the number of DMUs included in the study satisfies the condition (20 \geq 10), the minimum sample size requirement is met (Behdioğlu & Özcan, 2009).

2.3.2. Selection of Inputs and Outputs

Another important stage in DEA implementation is the selection of appropriate input and output variables that represent the activities of the decision-making units. The purpose of the research and the characteristics of the sector under investigation should be considered when selecting these variables (Behdioğlu & Özcan, 2009).

The variables selected in this study consist of inputs and outputs suitable for DEA. The inputs comprise deposits, personnel expenses, and interest expenses, while the outputs comprise interest income and net fees and commission income and expenses. These selections are consistent with the input and output variables used in the studies reviewed in the literature.

2.3.3. Data Collection

This stage involves obtaining complete and accurate input and output data for the DMUs whose efficiency is to be analyzed (Erpolat, 2011).

The data for the 20 banks included in the efficiency analysis were obtained from the Banks Association of Türkiye (TBB). Banks not included in the analysis were excluded because their data for the relevant input and output variables were incomplete. Table 2 presents the relevant data for September 2025 for the banks included in the efficiency analysis.

Table 2. Data Used in the Analysis

Banks	Input 1 – Deposits	Input 2 – Personnel Expenses	Input 3 – Interest Expenses	Output 1 – Interest Income	Output 2 – Net Fee and Commission Income and Expenses
Akbank T.A.Ş.	2.026,92	29,28	409,60	480,29	86,34
Alternatif Bank A.Ş.	44,70	1,13	12,87	15,49	0,63
Anadolubank A.Ş.	138,02	2,41	20,41	31,36	2,29
Arap Türk Bankası A.Ş.	13,80	0,71	0,32	1,66	0,27
Burgan Bank A.Ş.	66,10	3,21	24,78	31,00	0,69
Denizbank A.Ş.	1.234,86	19,96	199,51	266,90	29,81
Fibabanka A.Ş.	108,91	3,81	22,25	31,00	2,80
HSBC Bank A.Ş.	193,57	3,90	21,74	39,21	2,18
ICBC Turkey Bank A.Ş.	25,96	1,55	6,36	7,20	0,62
ING Bank A.Ş.	173,14	3,54	31,49	40,08	1,85
QNB Bank A.Ş.	898,43	19,91	250,67	330,98	58,46
Şekerbank T.A.Ş.	120,65	5,19	19,06	27,84	2,00
Turkish Bank A.Ş.	5,17	0,15	0,64	0,87	0,02
Türk Ekonomi Bankası A.Ş.	499,97	13,85	105,27	136,57	12,09
Türkiye Cumhuriyeti Ziraat Bankası A.Ş.	5.547,48	49,87	914,26	1.143,71	69,02
Türkiye Garanti Bankası A.Ş.	2.916,10	43,16	431,55	569,40	104,41
Türkiye Halk Bankası A.Ş.	3.282,44	37,62	608,11	673,03	43,78
Türkiye İş Bankası A.Ş.	2.917,79	53,71	514,84	615,25	87,79
Türkiye Vakıflar Bankası T.A.O.	3.162,47	33,14	651,47	744,56	52,66
Yapı ve Kredi Bankası A.Ş.	1.795,03	31,54	336,89	446,27	84,17

Note: *All amounts are expressed in billion Turkish lira (TRY).*

Correlation Analysis

Correlation analysis was conducted to examine the relationships between the inputs and outputs selected for this study. The purpose of this analysis was to assess the strength of the relationships among the variables and to evaluate their suitability for inclusion in the DEA model (Topak & Alacaatlı, 2020).

Table 3. Correlation Analysis Results

Variables	Deposits	Personnel Expenses	Interest Expenses	Interest Income	Net Fee and Commission Income and Expenses
Deposits	1.0000	0.9319	0.9889	0.9921	0.7797

Personnel Expenses	0.9319	1.0000	0.9284	0.9356	0.9097
Interest Expenses	0.9889	0.9284	1.0000	0.9970	0.7868
Interest Income	0.9921	0.9356	0.9970	1.0000	0.8063
Net Fee and Commission Income and Expenses	0.7797	0.9097	0.7868	0.8063	1.0000

An examination of the correlation analysis results presented in Table 3 shows that all correlation coefficients are above 0.7. The strongest relationship is observed between the interest expenses input and the interest income output, with a correlation coefficient of 0.9970. In contrast, the weakest correlation is found between the deposits input and the net fees and commission income and expenses output, with a coefficient of 0.7797. Overall, the results indicate that the selected input and output variables are correlated with one another.

2.3.4. Relative Efficiency

An appropriate DEA model must be selected to conduct relative efficiency analysis (Erpolat, 2011).

In this study, the BCC model, which assumes variable returns to scale, was selected to account for differences in the scales of the banks included in the analysis. The input-oriented BCC model aims to reduce inputs while maintaining the existing level of output.

2.3.5. Efficiency Scores and the Efficiency Frontier

DEA produces an efficiency score between 0 and 1 for each decision-making unit (DMU). A score of 1 indicates that the DMU lies on the efficiency frontier and is relatively efficient. DMUs with efficiency scores below 1 are considered relatively inefficient (Behdioğlu & Özcan, 2009).

Table 4. DEA (BCC) Analysis Results

Rank	Bank	Efficiency Score
1	Akbank	1.000000
2	Anadolubank	1.000000
3	Arap Türk Bankası	1.000000
4	Burgan Bank	1.000000
5	Yapı Kredi	1.000000
6	HSBC	1.000000
7	QNB	1.000000
8	VakıfBank	1.000000
9	Ziraat	1.000000
10	Garanti	1.000000
11	Turkish Bank	1.000000
12	Denizbank	0.992087
13	İş Bankası	0.974943
14	Alternatif Bank	0.972617
15	Fibabanka	0.963759
16	TEB	0.929819
17	Şekerbank	0.927098
18	Halk Bankası	0.871208
19	ING Bank	0.860823
20	ICBC Turkey	0.836773

An examination of the efficiency scores presented in Table 4 shows that 11 of the 20 deposit banks are fully efficient, while the remaining 9 exhibit relatively lower efficiency levels. Examples of fully efficient banks include Akbank, Anadolubank, and Garanti BBVA, whereas İş Bankası, TEB, and ING Bank are examples of relatively inefficient banks.

Figure 1. Ownership Types of Inefficient Bank

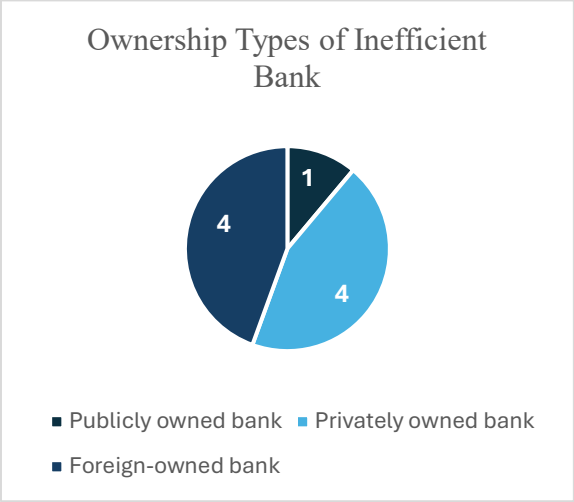
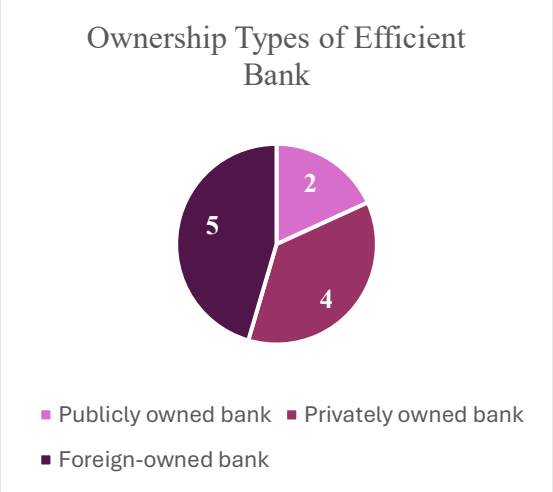


Figure 2. Ownership Types of Efficient Bank



When efficiency scores are examined by bank ownership type, as illustrated in Figures 1 and 2, among the relatively inefficient banks, four are privately owned, four are foreign-owned, and one is state-owned. In contrast, among the fully efficient banks, five are foreign-owned, four are privately owned, and two are state-owned. These findings suggest that efficiency levels among foreign-owned banks are not homogeneous. Of the three state-owned banks included in the analysis, only one (Halkbank) falls below the efficiency frontier. Meanwhile, half of the privately owned banks are fully efficient, while the other half exhibit relatively lower efficiency levels.

2.3.3 Identification of Reference Units

The reference assignment step is based on the assumption that inefficient units can achieve the same level of efficiency by adopting the practices of efficient units. Accordingly, appropriate reference units are assigned to inefficient units. However, it would be inappropriate to rely solely on the results presented in the tables. The suitability of the methods for implementation by the banks must also be taken into consideration (Behdioğlu & Özcan, 2009).

Table 5. Reference Table

Rank	Bank	Efficiency	Reference Set
1	Akbank	1.0000	Akbank
2	Alternatif Bank	0.9726	Burgan Bank, QNB, Turkish Bank
3	Anadolubank	1.0000	Anadolubank
4	Arap Türk Bankası	1.0000	Arap Türk Bankası

5	Burgan Bank	1.0000	Burgan Bank
6	Denizbank	0.9921	HSBC, Garanti, Yapı Kredi
7	Fibabanka	0.9638	Arap Türk Bankası, Burgan Bank, HSBC, QNB
8	HSBC	1.0000	HSBC
9	ICBC Turkey	0.8368	Arap Türk Bankası, Burgan Bank, QNB, Turkish Bank
10	ING	0.8608	Anadolubank, HSBC, QNB, Turkish Bank
11	QNB	1.0000	QNB
12	Şekerbank	0.9271	Arap Türk Bankası, Burgan Bank, HSBC, QNB
13	Turkish Bank	1.0000	Turkish Bank
14	TEB	0.9298	HSBC, QNB, Yapı Kredi
15	Ziraat	1.0000	Ziraat
16	Garanti	1.0000	Garanti
17	Halk	0.8712	QNB, Ziraat, Yapı Kredi
18	İş Bankası	0.9749	Akbank, Ziraat, Garanti
19	VakıfBank	1.0000	VakıfBank
20	Yapı Kredi	1.0000	Yapı Kredi

The banks assigned as reference units for banks with relatively lower efficiency scores are presented in Table 5. For example, HSBC, Garanti, and Yapı Kredi are assigned as reference units for DenizBank, while Akbank, Ziraat Bankası, and Garanti are assigned as reference units for İş Bankası. These assignments can enable banks with relatively lower efficiency levels to make meaningful comparisons with their reference units, establish improvement targets, evaluate their resource utilization, and develop appropriate plans to reach the efficiency frontier.

Figure 3: Banks Serving as Reference Units

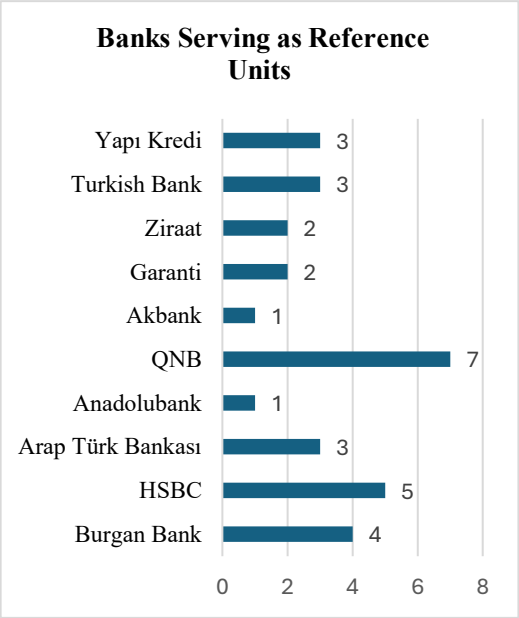
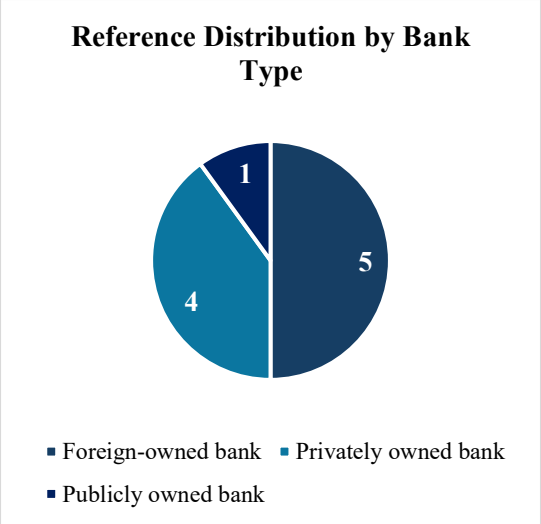


Figure 4. Distribution of Reference Units by Bank Ownership Type



As shown in Figures 3 and 4, QNB was assigned as a reference unit a total of seven times. An examination of the ownership types of the banks serving as reference units reveals that five are privately owned, four are foreign-owned, and one is state-owned (Ziraat).

2.3.3 Target Setting

Slack Analysis

A two-stage slack analysis was conducted to examine input excesses and output shortfalls in inefficient banks, with the aim of identifying the adjustments required for these banks to reach the efficiency frontier.

Table 6. Slack Analysis Results

Bank	Effciency	Excess Deposits	Excess Personnel Expenses	Excess Interest Expenses	Interest Income Shortfall	Net Fee and Commission Income and Expenses Shortfall
Alternatif Bank	0,972617	0	0	0,7274	0	1,6981
Denizbank	0,992087	49,7452	0	0	0	17,6154
Fibabanka	0,963759	0	0,7494	0	0	0
ICBC Turkey	0,836773	0	0,4745	0	0	0
ING	0,860823	0	0	0	0	2,9580
Şekerbank	0,927098	0	2,0058	0	0	0
TEB	0,929819	**0**	3,3254	0	0	9,0738
Halkbank	0,871208	0	0,1096	0	0	19,5982
İş Bankası	0,974943	0	16,1853	0,8614	0	0

The slack analysis results are presented in Table 6. An examination of the table reveals no shortfalls in interest income among the banks. While six of the inefficient banks exhibit excess

personnel expenses, five banks show shortfalls in the output representing net fees and commission income and expenses. DenizBank has an excess of approximately TRY 49 billion in deposits, whereas Halkbank has a shortfall of approximately TRY 19 billion in net fees and commission income and expenses. Overall, the findings suggest that banks should reduce personnel expenses and increase their net fees and commission-related output.

CONCLUSION

This study investigates efficiency in the Turkish banking sector by applying data envelopment analysis (DEA) to 20 deposit banks. Data for September 2025 were obtained from the website of the Banks Association of Türkiye. Banks with incomplete input or output data were excluded from the analysis. Of the 20 banks selected, three are state-owned, eight are privately owned, and nine are foreign-owned.

After verifying the relationships between the inputs and outputs, the efficiency analysis was conducted. The results indicate that 11 of the 20 banks are fully efficient, while the remaining nine exhibit relatively lower efficiency levels. Of the inefficient banks, four are privately owned, four are foreign-owned, and one is state-owned. A reference analysis was conducted to enable these banks to make meaningful comparisons and identify potential pathways toward achieving efficiency.

As a result of this analysis, a total of 10 banks were assigned as reference units for the nine inefficient banks. Of these reference banks, five are foreign-owned, four are privately owned, and one is state-owned. QNB was the most frequently assigned reference unit, serving as a reference for a total of seven banks. A two-stage slack analysis was also conducted. The results indicate that improvements are particularly needed in personnel expenses among the inputs and in the output representing net fees and commission income and expenses. ChatGPT's GPT-6 model was used to assist with certain revisions made to improve the academic language of the manuscript.

REFERENCES

Karacabey, A., & Gökgöz, F. (2010). Comparative efficiency measurement for the Turkish real sector: An application of data envelopment analysis. *İstatistik Araştırma Dergisi, 7*(1), 100–116.

Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science, 30*(9), 1078–1092.

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research, 2*(6), 429–444.

Benli, Y. K. (2012). Data envelopment analysis (DEA) and Malmquist total factor productivity (TFP): An empirical evidence in accommodation businesses. *Ege Academic Review, 12*(3), 369–382.

Kurşun, S., & Kuşakçı, A. O. (2016). Efficiency assessment in the banking sector using data envelopment analysis: A literature review. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 15*(30), 133–151.

Özkan, T. (2019). Measuring bank efficiency in the Turkish banking system using data envelopment analysis. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, 54*(3), 1511–1529.

Öztürk, Y. E. (2009). Data envelopment analysis and its use in measuring hospital efficiency. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi, 12*(1–2), 97–118.

Kartal, M. T. (2018). The importance of banks in the financial sector. In *Finansal iktisat* (pp. 5–27). Orion Kitabevi.

Turgut, A., & Ertay, H. İ. (2016). The impact of the banking sector on economic growth: A causality analysis for Türkiye. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 8*(4), 114–128.

Akbalık, M., & Sırma, İ. (2014). The efficiency of foreign banks in Türkiye: An application of data envelopment analysis. *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi, 4*(8), 1–16.

Torun, N. K., & Özdemir, A. (2015). An efficiency analysis of the Turkish banking sector using data envelopment analysis during the 2008 global financial crisis. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 33*, 129–142.

Çelik, Ş., Öncü, E., & Yenice, S. (2018). A comparative efficiency analysis of banks in Türkiye. *İşletme Araştırmaları Dergisi, 10*(1), 156–171.

Çelik, T. (2016). Efficiency analysis in the Turkish banking sector: 2008–2014. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi, 8*(1), 1–12.

Suner, A. (2024). *Measuring the efficiency of deposit banks in Türkiye using a slack-based data envelopment model* [Master's thesis, İstanbul University]. YÖK National Thesis Center.

Bolat, İ., & Ertürkmen, G. (2022). A comparison of the financial efficiency of deposit banks: A study of Türkiye. *Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi, 14*(27), 785–805.

Dirik, C., & Kandil Göker, İ. E. (2022). Production and intermediation efficiencies of deposit banks in Türkiye: A two-stage network DEA application. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 24*(1), 386–409.

Özbey, N., & Akan, Y. (2021). An efficiency analysis of deposit banks in Türkiye using the DEA research method. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 25*(4), 1641–1658.

Topak, M. S., & Alacaatlı, Y. (2020). Evaluating bank efficiency using data envelopment analysis: A comparative study of state-owned, privately owned, and foreign-owned banks in Türkiye. *İşletme Araştırmaları Dergisi, 12*(4), 4340–4350.

İslatince, N. (2025). A study on the efficiency of Turkish deposit banks for the period 2012–2022: DEA model. *Journal of Management World, 2025*(1), 9–19.

Tetík, S. (2003). Data envelopment analysis in determining business performance. *Yönetim ve Ekonomi, 10*(2).

Turgut, A., & Ertay, H. İ. (2016). The impact of the banking sector on economic growth: A causality analysis for Türkiye. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 8*(4), 114–128.

Atan, M. (2003). Financial efficiency and productivity analysis based on balance sheets using data envelopment analysis in the Turkish banking sector. *Ekonomik Yaklaşım, 14*(48), 71–86.

Kocakalay, Ş., & Işık, A. (2003). Data envelopment analysis. *Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (5).

Behdioğlu, S., & Özcan, G. (2009). Data envelopment analysis and an application in the banking sector. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14*(3), 301–326.

Yetiz, F. (2016). The origins of banking and the Turkish banking system. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 9*(2).

Duranay, S. (2017). Measuring the relative efficiency of Turkish deposit banks using data envelopment analysis (DEA). *Bilge International Journal of Social Research, 1*(2), 130–142.

Erpolat, S. (2011). *Data envelopment analysis*. *The Banks Association of Türkiye*. Evrim Yayınevi. https://www.tbb.org.tr/

DETECTION OF SCIENTIFIC CLAIMS IN E-COMMERCE PRODUCT ADVERTISEMENTS: AN OCR-BASED TEXT MINING APPROACH

Prof. Dr. Semra ERPOLAT TAŞABAT

Mimar Sinan Fine Arts University, Department of Statistics,

ABSTRACT

The use of scientific terminology and references to research findings, clinical testing, and professional authority in e-commerce product advertising creates a need for systematic methods to identify scientific-claim indicators. The use of scientific language does not necessarily mean that the associated claims are supported by adequate scientific evidence. Identifying such expressions is therefore relevant to research on science-washing in digital commerce. This study aims to develop an Optical Character Recognition (OCR)-based text-mining approach for automatically identifying predefined scientific-claim indicators in text embedded in e-commerce product images.

The study uses the SmartCat Health_and_Personal_Care_2023 dataset, derived from product data associated with the Health and Personal Care category in the Amazon Reviews 2023 collection. Following the application of study-specific filtering procedures, the final analytical dataset comprised 3,409 products. The analysis was restricted to the primary product images designated as MAIN, while the additional images designated as PT01–PT17 were excluded. Text embedded in the product images was extracted using an OCR workflow implemented in the KNIME Analytics Platform. The extracted text was cleaned and standardized before rule-based classification. Eight binary indicators were developed to identify predefined groups of scientific-claim indicators. These indicators were used to construct a binary *Science_Claim* variable, identifying products for which at least one indicator group matched the predefined rules. A *Science_Group_Count* variable was also calculated to represent the number of distinct indicator groups matched for each product. The results showed that 591 products (17.34%) had at least one matched indicator group, whereas no indicators were detected in 2,818 products (82.66%). The highest frequency was observed for the numerical-claim indicator group, with 337 products, followed by the efficacy-claim group, with 146 products.

This study provides a systematic and reproducible approach to identifying textual indicators of scientific claims embedded in primary e-commerce product images. The findings establish a descriptive basis for examining scientific-sounding communication in online product advertising and provide a foundation for future research incorporating supplementary product images, visual features, and independent validation. However, the detection of predefined indicators does not, by itself, establish the scientific validity of the associated claims or demonstrate that the advertising is deceptive or constitutes science-washing.

Keywords: Science-washing; Scientific-claim indicators; E-commerce advertising; Optical character recognition; Text mining; KNIME Analytics Platform.

1. INTRODUCTION

The continued expansion of electronic commerce has transformed how consumers access product information, evaluate product characteristics, and make purchasing decisions. Online marketplaces provide extensive information through product descriptions, customer reviews, labels, packaging images, and promotional graphics. In this environment, the credibility of seller-provided information can influence consumers' evaluations and purchasing decisions.

Research on electronic commerce has established that trust is an important dimension of online transactions and that consumers' perceptions of trustworthiness are shaped by multiple aspects of the online environment (McKnight et al., 2002). Understanding how product advertisements communicate credibility is therefore relevant to research on digital marketing, consumer information, and online commercial communication.

One way of communicating credibility is through the use of scientific terminology and scientific-looking representations. References to clinical testing, laboratory procedures, biological mechanisms, technological innovations, quantified results, and professional expertise may suggest that a product has a scientific basis. Such expressions can provide useful information when they accurately reflect the available evidence. However, the presence of scientific terminology does not, by itself, establish that a claim has been adequately tested, supported by reliable evidence, or presented in its appropriate context. This distinction is particularly relevant to health and personal care products, whose advertisements may refer to skin-related benefits, biological processes, ingredient effectiveness, or improvements in product performance.

Scientific claims in advertising have been examined in previous research. Dodds et al. (2008), for example, investigated how scientifically aware consumers interpret scientific and pseudoscientific claims in advertisements, with particular attention to functional foods and cosmetics. This research highlights the importance of examining both the content of scientific claims and consumers' ability to evaluate them critically. However, investigating how consumers interpret advertising claims differs from automatically identifying the expressions through which scientific credibility is communicated. The present study focuses on the latter task by developing a computational approach to identifying predefined scientific-claim indicators in e-commerce product advertisements.

This issue can also be considered in relation to the broader concept of *science-washing*. In the context of this study, science-washing refers to the use of scientific authority, terminology, or scientific-looking representations to create or reinforce an impression of scientific credibility in commercial communication. The concept raises questions about whether scientific language functions as a persuasive resource independently of the strength of the evidence supporting a product claim. A related concern appears in the greenwashing literature, which examines how environmental claims and corporate representations may create impressions that are insufficiently supported by actual environmental performance (Delmas & Burbano, 2011). Science-washing and greenwashing are distinct phenomena: the former concerns the communication of scientific credibility, whereas the latter concerns environmental performance and responsibility. Nevertheless, the greenwashing literature provides a useful conceptual parallel by highlighting the importance of distinguishing promotional representations from independently verified evidence.

An important distinction must therefore be maintained between identifying scientific expressions and determining whether an advertisement is misleading. A reference to clinical testing may indicate that an advertisement invokes clinical evidence, but it does not establish whether the testing was conducted appropriately or whether its findings support the advertised benefit. Similarly, a quantified statement may convey an impression of scientific precision without demonstrating scientific validity. Accordingly, the present study does not classify products as deceptive merely because scientific terminology appears in their advertisements. Instead, it identifies textual indicators that may inform subsequent investigations of science-oriented marketing communication and the evidential support underlying product claims.

Scientific Claims in Digital Product Advertisements

The identification of scientific-claim indicators is particularly relevant to health and personal care products because advertisements in these categories may combine ingredient information with statements about functionality, effectiveness, clinical evaluation, or biological processes. However, mentioning an ingredient does not necessarily constitute a scientific claim. An advertisement may simply list vitamin D, collagen, zinc, or another ingredient without making a statement about its effects. By contrast, an expression linking an ingredient to a biological function or measurable benefit communicates a more specific proposition. A classification framework that treats every ingredient reference or general health-related expression as a scientific claim may consequently produce excessive false-positive results.

This distinction creates an operational challenge for automated text analysis. Expressions such as "health," "natural," "organic," and "support" occur in a variety of promotional contexts and should not automatically be interpreted as evidence of scientific positioning. Their significance depends on the surrounding expression and the classification criteria adopted. Rule-based identification must therefore distinguish between generic promotional language, isolated ingredient mentions, and expressions invoking scientific evidence, clinical procedures, biological explanations, technical methods, or quantified results.

A further challenge arises from the multimodal nature of e-commerce product information. Relevant claims may appear not only in product descriptions but also in accompanying images. Text printed on packaging, labels, and promotional graphics may contain information that is absent from product metadata. Analyses restricted to machine-readable descriptions may therefore overlook textual information presented to consumers through product images. Image-based text represents a potentially important source of data when the research objective concerns the language used in digital product advertisements.

OCR and Computational Analysis of Product-Image Text

Optical character recognition (OCR) enables text embedded in images to be converted into machine-readable information. Smith (2007) describes the architecture and technical characteristics of the Tesseract OCR engine, providing a foundational reference for OCR-based text extraction. Although OCR facilitates the computational analysis of image-based information, the extracted text is not necessarily error-free. Image resolution, typography, text placement, background contrast, and other visual characteristics can affect recognition quality. OCR output may consequently contain incomplete words, incorrectly recognized characters, irrelevant symbols, or inconsistent spacing. These errors can subsequently affect text classification if they are not addressed during data preparation.

Previous research on product recognition has demonstrated the potential value of combining product images with OCR-derived text. Pettersson et al. (2024), for example, investigated multimodal grocery-product recognition using visual information and text extracted from product packaging. Their approach combined image-based and text-based representations to improve the recognition of products with subtle differences. Although this research demonstrates the methodological usefulness of OCR-derived product text, its primary objective was product recognition rather than the identification of scientific claims in advertising. Similarly, large-scale multimodal e-commerce datasets and product-recognition studies have incorporated product images, textual metadata, and other product-related information into computational classification (Lin et al., 2021).

These studies provide methodological precedents for extracting and analyzing text from product images, but product recognition and scientific-claim identification represent different analytical tasks. Product recognition aims to identify or distinguish products, whereas the present study examines whether product-image text contains expressions matching predefined scientific-

claim indicator categories. This objective requires an operational classification framework designed to identify scientific-sounding expressions rather than product attributes alone.

Rule-Based Text Mining and Classification

Once image-based text has been extracted, text mining can be used to identify recurring expressions and organize them into predefined categories. Automated text categorization is an established area of computational research concerned with assigning documents or textual units to specified classes (Sebastiani, 2002). Classification methods differ in their reliance on manually specified rules, statistical learning, or more complex machine-learning models. Rule-based approaches are particularly relevant when classification criteria need to be explicit and individual decisions need to be inspectable.

In the present context, rule-based classification provides a transparent way to operationalize scientific-claim indicators. Researchers can specify which expressions trigger each category and examine the resulting matches. This transparency is valuable when the categories are conceptually defined and the analysis is intended to be reproducible. Nevertheless, interpretability does not automatically guarantee classification validity. Rules that are too broad may incorrectly classify ordinary ingredient descriptions or generic promotional statements, whereas overly restrictive rules may fail to identify relevant scientific expressions. The classification framework must therefore balance coverage and specificity.

Another important consideration is the distinction between the presence of an individual indicator group and the overall presence of at least one indicator group in a product advertisement. A product may contain several types of scientific-sounding expressions, whereas another may contain only one. Recording the presence of each predefined group separately makes it possible to examine their individual distributions and co-occurrence patterns. A product-level binary variable can then indicate whether at least one group has been matched, while a count variable can represent the number of distinct groups identified for each product. These measures provide descriptive information about the textual characteristics of advertisements without implying that the number of detected indicators corresponds to the strength, validity, or misleadingness of a claim.

Research Gap and Contribution

The literature discussed above provides complementary foundations for the present research. Studies of scientific claims in advertising have examined how such claims are communicated and interpreted by consumers (Dodds et al., 2008). Research on OCR and product recognition has demonstrated how text embedded in product images can be extracted and incorporated into computational analysis (Pettersson et al., 2024; Smith, 2007). Research on automated text categorization has established methods for assigning textual data to predefined categories (Sebastiani, 2002). However, these research strands address different questions and analytical objectives.

The research problem addressed in this study lies at their intersection: identifying predefined scientific-claim indicators in OCR-derived text from e-commerce product advertisements. The contribution is not the invention of OCR or rule-based text classification, nor does the study assume that scientific claims in advertising have not previously been investigated. Rather, it develops an application-oriented workflow that integrates image-based text extraction, text cleaning and standardization, explicit lexical rules, and product-level descriptive indicators for this specific research purpose.

The study differs from consumer-oriented research by focusing on the computational identification of expressions rather than their interpretation by consumers. It also differs from product-recognition studies that use OCR-derived text to distinguish products or extract product

attributes, because the extracted text is classified according to predefined groups of scientific-claim indicators. Finally, although the concept of science-washing provides a broader motivation for the research, the proposed workflow does not directly measure science-washing or determine whether particular claims are false, unsupported, or deceptive. Instead, it provides a methodological basis for identifying textual features that may be relevant to subsequent investigations of scientific credibility in digital product promotion.

Research Objectives and Questions

Against this background, the present study develops an OCR-based text-mining workflow for identifying scientific-claim indicators in e-commerce product advertisements in the health and personal care category. The dataset is derived from the *Amazon Reviews 2023* collection introduced by Hou et al. (2024), and the analytical workflow is implemented in the KNIME Analytics Platform. The workflow extracts and prepares text from product images and applies predefined rules to identify the specified indicator groups. The analysis is restricted to the primary product images designated as MAIN; supplementary images designated as PT01–PT17 are not included.

The study has three main objectives. First, it establishes a structured workflow for transforming text embedded in product images into machine-readable data suitable for text mining. Second, it operationalizes the identification of scientific-claim indicators through explicit rules designed to distinguish potentially relevant scientific expressions from generic promotional language and isolated ingredient references. Third, it provides a descriptive analysis of the occurrence and co-occurrence of the resulting indicators across the analyzed product advertisements.

These objectives are addressed through the following research questions:

RQ1. To what extent do the analyzed e-commerce product advertisements contain text matching the predefined scientific-claim indicators?

RQ2. How are the identified scientific-claim indicators distributed across the analyzed product advertisements?

RQ3. To what extent do multiple scientific-claim indicator groups co-occur within the same product advertisement?

The analysis uses eight binary indicator variables representing the following predefined groups of expressions:

- Scientific research and evidence (SCI)
- Expertise and professional authority (EXP)
- Clinical testing and evaluation (CLI)
- Biology, cells, and molecular mechanisms (BIO)
- Skin structure, barrier, and physiology (SKIN)
- Effect, change, and performance claims (EFF)
- Technology, formulation, and scientific design (TECH)
- Quantitative and measurement-based claims (NUM)

Their operational definitions and corresponding lexical rules are specified in the methodology section. The product-level *Science_Claim* variable indicates whether at least one indicator group matches the predefined rules, while *Science_Group_Count* records the number of distinct groups matched for each product. These variables enable the analysis to summarize the

occurrence and co-occurrence of the indicators without treating them as measures of scientific validity.

The study's contribution is methodological and descriptive. It provides a transparent workflow that can be inspected, reproduced, and further validated, illustrating how OCR-derived product-image text can be analyzed for a specific form of commercial communication. Its findings should be interpreted as evidence that the extracted text matches predefined rules, rather than as a definitive estimate of science-washing or proof that a product claim is false, unsupported, or intentionally deceptive. Establishing such conclusions would require additional procedures, including manual annotation, assessment of classification errors, and examination of the evidence underlying individual claims. Future research could extend the framework through contextual language models, independent validation, analysis of supplementary product images, integration of visual indicators, and investigation of relationships between scientific-claim indicators, product characteristics, and consumer responses.

2. DATA AND METHODOLOGY

2.1. Research Design and Analytical Workflow

This study employs a quantitative, descriptive, rule-based text-mining approach to identify scientific-claim indicators in e-commerce product advertisements. The study focuses on textual content embedded in product images and uses optical character recognition (OCR) to extract text for subsequent rule-based classification. The primary objective is to develop and implement a structured analytical workflow for identifying expressions associated with predefined scientific-claim indicator categories and examining their occurrence and co-occurrence across product records.

The research is positioned as an exploratory and methodological first stage rather than a comprehensive assessment of science-washing. Specifically, the analysis identifies text that matches predefined operational rules but does not independently establish whether a product advertisement constitutes science-washing, whether its claims are scientifically valid, or whether the claims are adequately supported by scientific evidence. This distinction is important because the presence of scientific terminology or scientific-looking statements does not, by itself, demonstrate that an advertisement is misleading.

The analytical workflow was developed using the KNIME Analytics Platform, an open-source environment for visual programming and data analytics that enables data-processing operations to be organized into modular, reproducible workflows (KNIME, n.d.). In KNIME, individual processing steps are implemented through nodes, each performing a specific operation, while connections between nodes determine the sequence through which data are processed. This node-based structure facilitates the examination of intermediate results, the identification of potential processing errors, and the modification of individual analytical steps without requiring the entire workflow to be reconstructed.

As illustrated in Figure 1, the workflow comprises eight interconnected sections:

- **Product Data Loading and Preparation:** Loading the product dataset and preparing the relevant records and variables for analysis.
- **Construction of Product Description Text:** Organizing the available product-description fields into a text variable for supplementary descriptive analysis and potential subsequent research stages.
- **Standardization of Main Product Image URLs:** Identifying and standardizing the URLs associated with the main product images.

- **Product Image Retrieval and OCR-Based Text Extraction:** Retrieving product images and extracting their embedded textual content using OCR.
- **OCR Text Cleaning and Standardization:** Standardizing the extracted text to facilitate consistent rule matching and reduce the effects of formatting inconsistencies.
- **OCR Text Usability Assessment:** Assessing the availability and basic usability of the extracted text before classification.
- **Rule-Based Classification of Scientific-Claim Indicators:** Applying predefined textual rules to identify expressions associated with the scientific-claim indicator categories.
- **Integration of Scientific-Claim Indicators:** Combining the resulting indicator variables into an integrated analytical dataset for descriptive and co-occurrence analyses.

These sections distinguish data preparation and text construction from image processing, OCR output preparation, classification, and indicator integration. The modular design also allows individual processing steps and classification rules to be inspected, evaluated, and revised separately. In particular, the OCR usability assessment helps distinguish records with no usable extracted text from records in which no indicator is detected. This distinction is methodologically important because the absence of a matched indicator in usable text is not equivalent to the absence of scientific-claim indicators in text that could not be reliably extracted.

The unit of analysis is the individual product record. For each product, the workflow identifies whether the OCR-processed text contains expressions matching the operational rules defined for the scientific-claim indicators. The resulting binary variables are used to describe the prevalence and co-occurrence of these indicators across the analyzed products. The classification is therefore based on observable textual matches rather than an independent evaluation of claim truthfulness, scientific substantiation, or advertiser intent.

The present study constitutes an initial stage in a broader research framework for investigating science-washing in e-commerce. Subsequent stages could extend the analysis through expert assessment of detected claims, manual validation of the rule-based classifications, evaluation of classification performance against a manually annotated reference sample, and joint examination of textual and visual characteristics. Further research could also incorporate product descriptions, ingredient information, and external scientific evidence to distinguish the use of scientific terminology from claims that lack adequate substantiation. These extensions would enable a more comprehensive assessment of the relationship between scientific presentation and the evidential support for product claims. They are proposed as directions for future research and are not considered completed components of the present analysis.



Figure 1. Modular KNIME Workflow for OCR-Based Identification of Scientific-Claim Indicators

The figure presents the eight workflow sections, from product data preparation and image retrieval to OCR text processing, rule-based classification, and the integration of scientific-claim indicator variables.

2.2. Description of the KNIME Workflow Sections

2.2.1. Product Data Loading and Preparation

The first workflow section loads the source dataset and prepares product-level records for subsequent processing. The **File Reader** node is used to import the data, and the **Column Auto Type Cast** node assigns or standardizes data types where necessary. The **Duplicate Row Filter** node identifies and removes duplicate records according to the configured criteria.

These operations establish a consistent data structure for the subsequent stages. Product identifiers, textual attributes, and image-related fields are retained as required for constructing product descriptions and retrieving product images. The preparation stage also provides the basis for tracing the progression from the source dataset to the analytical sample.

The dataset was obtained through SmartCat and is derived from the Amazon Reviews 2023 collection described by Hou et al. (2024). The initial dataset contained 10,730 product records. The number of records retained after preprocessing and the criteria used to exclude records should be reported separately where applicable. This distinction allows the initial dataset size to be differentiated from the sample available at subsequent stages of the workflow.

2.2.2. Construction of Product Description Text

The second workflow section prepares product-related textual information for subsequent analysis. **String Manipulation** nodes are used to construct or transform text fields according to the expressions specified in their configurations.

This stage organizes the available product-description fields into a consistent text variable. The constructed text is retained for potential use in subsequent research but is not used as input to the OCR-based scientific-claim classification conducted in the present study. The source fields, concatenation order, and treatment of missing values are determined by the implemented String Manipulation expressions.

An important methodological distinction is maintained between product-description text obtained from the source dataset and text extracted directly from product images. Product-description text originates from the available product data, whereas image-derived text is obtained through OCR and subsequently processed in a separate workflow section. Keeping these two text sources distinct makes it possible to identify the origin of the textual information and supports their separate analysis or integration in future research.

2.2.3. Standardization of Main Product Image URLs

The third workflow section prepares the product-image URLs for image retrieval and OCR processing. At this stage, the dataset contained 3,409 product records. The image field could contain multiple image URLs for an individual product, requiring the URLs to be separated and organized into distinct columns.

Two **String Manipulation** nodes are applied sequentially to process the image-related string data. The first performs the initial transformation of the field, while the second continues the processing and inserts the section sign (§) as a delimiter between individual image URLs. The resulting field is named MainURL.

The **Cell Splitter** node subsequently separates the URLs using the specified delimiter. The resulting URLs are distributed across separate columns according to their positions in the original image sequence. The first image is designated MAIN, while subsequent images are assigned sequential identifiers from PT01 to PT17, depending on the number of available images.

Although the workflow organizes multiple image URLs for each product, the present study uses only the first image, designated MAIN, for OCR-based text extraction. This selection criterion establishes a consistent basis for image processing and restricts the analysis to the primary product image rather than the complete set of available product images. The MAIN URL is therefore passed to the image-retrieval stage.

2.2.4. Product Image Retrieval and OCR-Based Text Extraction

The fourth workflow section retrieves the selected product images and extracts their embedded text. The **GET Request** node retrieves image content from the specified URLs. The **Binary Objects to PNG** node converts the retrieved binary content into PNG format, and the **PNG Image to Image** node converts the image data into the representation required by subsequent image-processing operations. The **Image Cropper** node performs image cropping according to its configured settings, and the **Tess4J** node is used for OCR-based text recognition.

OCR converts text embedded in digital images into machine-readable strings, making it possible to analyze textual information appearing on product packaging, labels, and promotional graphics. The Tesseract OCR engine and its document-image recognition approach are described by Smith (2007). Where Tess4J is used as the interface to a Tesseract-based engine, this reference provides the relevant technical background for the recognition process.

OCR output is not necessarily error-free. Recognition quality may be affected by image resolution, font characteristics, text placement, background contrast, image quality, and other visual properties. Consequently, the extracted text is treated as an intermediate output rather than as a definitive representation of all text present in the image. It is subsequently passed to the text-cleaning and standardization stage before classification.

For reproducibility, the OCR language, page-segmentation mode, and other relevant recognition settings should be reported according to the actual configuration of the Tess4J node. The handling of unsuccessful image retrievals, unreadable images, and images from which no text is recognized should likewise be documented according to the implemented workflow.

2.2.5. OCR Text Cleaning and Standardization

The fifth workflow section prepares the OCR output for consistent lexical matching. The **Column Renamer** node standardizes column names, while the **String Manipulation** and **String Replacer** nodes transform the extracted text according to the implemented cleaning rules.

The resulting standardized text is stored in the OCR_Lower_Clean field, which serves as the common textual input for the subsequent rule-based classification. This field provides a consistent representation for matching expressions against the predefined scientific-claim indicator dictionaries.

Text standardization is important because OCR output may contain inconsistent capitalization, punctuation, spacing, special characters, and recognition errors. Applying consistent transformations helps reduce superficial differences in text representation and facilitates the identification of expressions matching the classification rules. However, text cleaning does not guarantee that OCR errors are eliminated or that all relevant expressions are recovered.

The specific transformations applied to punctuation, whitespace, special characters, and incorrectly recognized expressions should be reported according to the actual node settings. Any replacements or corrections should be distinguished from the original OCR output because preprocessing decisions can affect whether a particular expression matches a classification rule. Maintaining this distinction supports the reproducibility and interpretation of the subsequent indicator classifications.

2.2.6. OCR Text Usability Assessment

The sixth workflow section assesses the usability of OCR-derived text before scientific-claim classification. The cleaned text stored in OCR_Lower_Clean is evaluated using the **Rule Engine** node and assigned to one of three operational categories: NO_TEXT, LOW_QUALITY, or USABLE.

The NO_TEXT category comprises records for which the cleaned OCR field is missing or empty. The LOW_QUALITY category identifies records whose extracted content consists exclusively of characters covered by the specified numeric-and-punctuation pattern. All remaining records are assigned to the USABLE category.

Following classification, the **Row Filter** node retains records labeled USABLE, and the **GroupBy** node summarizes the number of records assigned to each category. Of the 10,730 records entering this assessment, 3,409 were classified as USABLE and retained for subsequent classification. The remaining records were excluded from that stage because 7,315 were classified as NO_TEXT and six as LOW_QUALITY.

The usability categories represent operational decisions based on the implemented rules. In particular, USABLE indicates that the text did not meet either exclusion condition; it does not establish that the OCR output is error-free. Similarly, NO_TEXT indicates that the cleaned OCR field was missing or empty, not necessarily that the original image contained no text.

This assessment distinguishes records with no usable OCR output from records containing readable text in which no predefined indicator is detected. The distinction is essential for interpreting the subsequent classification results. The 3,409 records classified as USABLE constitute the analytical sample for the rule-based identification of scientific-claim indicators.

2.2.7. Rule-Based Classification of Scientific-Claim Indicators

The seventh workflow section applies predefined lexical rules to the OCR_Lower_Clean field to identify scientific-claim indicators in product-image text. Eight separate **Rule Engine** nodes

evaluate the text against the corresponding dictionaries and generate eight binary variables: SCI, EXP, CLI, BIO, SKIN, EFF, TECH, and NUM.

The classification framework was developed for this study to identify expressions associated with scientific research and evidence, professional authority, clinical testing, biological mechanisms, skin physiology, product effects, technological sophistication, and quantitative or measurement-based claims. The indicator dictionaries represent operational definitions developed for the present analysis rather than an exhaustive or universally applicable taxonomy of scientific terminology.

The complete set of Rule Engine rules used to identify the eight scientific-claim indicator groups is provided in Appendix A. The appendix documents the keyword-based matching rules implemented in KNIME for each indicator group to support transparency and reproducibility.

2.2.7.1. Operational Definitions of the Indicator Groups

Scientific research and evidence (SCI). This group identifies expressions referring to scientific research, experimentation, evidence, validation, and scientific substantiation. Candidate expressions include *scientific*, *research*, *evidence*, *tested*, *validated*, and *proven*. Their occurrence indicates a textual reference to research or evidence-related concepts but does not establish that an appropriate study was conducted or that its findings were independently verified.

Expertise and professional authority (EXP). This group identifies expressions referring to professional expertise, specialist authority, or professional endorsement, including references to dermatologists, physicians, pharmacists, scientists, and other experts. The occurrence of a professional title does not necessarily indicate that the product was evaluated or endorsed by that professional. Specific expressions such as *dermatologist-tested* and *dermatologist-recommended* should be distinguished from isolated references to professional titles.

Clinical testing and evaluation (CLI). This group covers expressions referring to clinical tests, trials, dermatological assessments, tolerance testing, and evaluation procedures. The classification identifies textual references to testing or evaluation without independently verifying the nature, design, or quality of the underlying procedure. A general reference to testing, for example, does not necessarily constitute clinical evidence of product effectiveness.

Biology, cells, and molecular mechanisms (BIO). This group identifies expressions referring to biological processes, cellular structures, molecular interactions, proteins, enzymes, receptors, genetic processes, and biological functions. The classification distinguishes, where specified by the implemented rules, simple ingredient references from expressions proposing a biological mechanism. For example, the term *collagen* may identify an ingredient, whereas *stimulates collagen synthesis* expresses a proposed biological effect. Neither type of match independently establishes the validity of the underlying claim.

Skin structure, barrier, and physiology (SKIN). This group captures expressions referring to skin structures and physiological properties, including the epidermis, dermis, skin barrier, hydration, elasticity, sebum, and pigmentation. The indicator identifies relevant terminology or effect-related expressions according to the implemented rules. The presence of a term such as *skin barrier* does not itself establish that a measurable physiological change has occurred.

Effect, change, and performance claims (EFF). This group identifies expressions communicating improvement, reduction, increase, protection, repair, renewal, hydration, or other product-related effects. Candidate terms may include *improve*, *protect*, *hydrate*, *reduce*, and *boost*. Because such expressions also occur in general promotional language, their detection does not establish that the claimed effect has been measured or supported by scientific evidence.

Technology, formulation, and scientific design (TECH). This group covers expressions referring to formulation technologies, patented approaches, controlled-release systems, encapsulation, carrier systems, nanotechnology, and product-development processes. The indicator identifies predefined technology- and formulation-related expressions. Broad terms such as *advanced*, *innovative*, or *formula* do not necessarily indicate a demonstrable scientific innovation.

Quantitative and measurement-based claims (NUM). This group identifies predefined expressions involving numerical values, percentages, ratios, durations, measurements, statistical significance, or quantified changes in product-related outcomes. Examples include *2% niacinamide*, *24-hour hydration*, and *20% reduction in wrinkle depth*. These examples represent different types of numerical information, including ingredient concentration, duration, and a quantified outcome. The detection of numerical information does not establish that the reported value is supported by an appropriate study.

The eight groups provide complementary operational perspectives on scientific-claim indicators. They are not mutually exclusive: a single product may contain expressions matching multiple groups. The indicators are therefore retained separately to enable the analysis of their individual frequencies and joint occurrence.

2.2.7.2. Rule Implementation in KNIME

Each indicator group is implemented through a separate **Rule Engine** node. The rules evaluate the standardized text in OCR_Lower_Clean and generate the corresponding binary indicator. A value of 1 denotes that at least one rule in the group was matched, whereas a value of 0 denotes that none of the rules in that group was matched.

The eight indicator variables are subsequently integrated into a common product-level dataset. The **GroupBy** nodes are used to summarize the indicator frequencies, the **Joiner** node combines the relevant outputs, and the **Column Filter** node retains the variables required for subsequent analyses.

The rule-based classification depends on the lexical dictionaries and matching conditions implemented in KNIME. Consequently, adding or removing expressions, refining phrase definitions, or modifying matching conditions may change the number and distribution of matched products. The dictionaries and rules should therefore be documented and retained in a reproducible form.

The classification rules were designed to reflect the conceptual scope of each indicator group rather than to treat every health-related, technical, or scientific-sounding word as equivalent. Nevertheless, the resulting indicators remain dependent on the specificity of the implemented lexical rules and may require further validation against manually reviewed product-image text.

2.2.7.3. Construction of Product-Level Summary Variables

Two product-level summary variables were constructed from the eight binary indicators: Science_Claim and Science_Group_Count.

The binary variable **Science_Claim** identifies whether at least one indicator group was matched for a product.

The variable **Science_Group_Count** represents the number of distinct indicator groups matched for each product. It is calculated using the **Math Formula** node as the sum of the eight binary indicators.

The resulting variable ranges from 0 to 8. A value of 0 indicates that none of the eight groups was matched, whereas a positive value indicates that at least one group was matched. Higher values represent matches across a greater number of distinct indicator groups.

These variables capture different aspects of the classification. Science_Claim identifies products with at least one matched indicator, whereas Science_Group_Count measures the breadth of indicator-group coverage. The latter does not count the total number of individual expressions or repeated occurrences within a group. Neither variable independently measures scientific validity, product effectiveness, or the degree of science-washing.

2.2.8. Integration of Scientific-Claim Indicators

The eighth workflow section integrates the classification outputs into a common product-level analytical dataset. The **Joiner** node combines the relevant outputs, and the **Column Filter** node retains the variables required for the current analyses and potential extensions of the study.

The integrated dataset contains the product identifier, the eight binary scientific-claim indicator variables, the product-level summary variables, and the MAIN image URL where available. This structure enables the outputs of the individual Rule Engine nodes to be examined jointly while preserving the correspondence between each classification result and its associated product.

An important purpose of this integration stage is to establish a data structure that supports not only the current textual analysis but also more comprehensive analyses in future research. By retaining product identifiers and image URLs, the integrated dataset can be linked to the original product records and their associated visual and other product-level attributes. This provides a basis for extending the analysis to examine the relationships between scientific-claim indicators and visual characteristics, product information, and other relevant variables available in the original dataset. Such extensions may facilitate a more comprehensive investigation of how textual scientific claims coexist with visual presentation and other product characteristics in online product listings.

The integrated dataset provides the basis for descriptive analyses of individual indicator frequencies, the prevalence of products with at least one matched indicator, and the distribution of the number of matched indicator groups. The binary variable **Science_Claim** indicates whether at least one of the eight indicator groups was matched, whereas **Science_Group_Count** represents the number of distinct groups matched for each product.

The integration stage therefore serves both an immediate analytical purpose and a broader methodological purpose by preserving the links between textual classification results and the original product-level data. All subsequent frequency calculations use the 3,409 records retained after the OCR usability assessment, unless a different denominator is explicitly specified. The resulting measures are interpreted as rule-based textual indicators and not as direct measures of claim validity or misleadingness.

3. RESULTS

3.1. OCR Text Usability and Analytical Sample

A total of 10,730 product records entered the OCR text usability assessment. Based on the availability and basic quality of the extracted text, the records were classified into three categories: NO_TEXT, LOW_QUALITY, and USABLE. As shown in Table 1, 7,315 records (68.18%) were classified as NO_TEXT, indicating that no usable text was available in the cleaned OCR field. Six records (0.06%) were classified as LOW_QUALITY because their extracted content consisted only of numeric characters and punctuation. The remaining 3,409 records (31.76%) were classified as USABLE and retained for the subsequent analysis.

The results indicate that fewer than one-third of the initial product records yielded OCR text that met the study's usability criteria. Therefore, the subsequent findings describe the products with usable extracted text rather than all 10,730 records in the initial dataset.

Table 1. OCR text usability classification

OCR usability category	Number of products	Percentage (%)
NO_TEXT	7,315	68.18
LOW_QUALITY	6	0.06
USABLE	3,409	31.76
Total	10,730	100.00

3.2. Distribution of Scientific-Claim Indicators

The eight rule-based indicator groups were examined among the 3,409 products retained for analysis. The indicators captured different forms of scientific or science-associated language, including scientific terminology, experimental or clinical references, biological mechanisms, skin-related terminology, efficacy claims, technical terminology, and numerical expressions.

As presented in Table 2, the NUM indicator was the most frequently detected group, appearing in 337 products (9.88%). It was followed by EFF, identified in 146 products (4.28%), and TECH, identified in 75 products (2.20%). The BIO indicator was detected in 60 products (1.76%), while SKIN appeared in 49 products (1.44%). The SCI and CLI indicators were identified in 36 (1.06%) and 31 products (0.91%), respectively. EXP was the least frequent indicator, appearing in 16 products (0.47%).

These findings show that the indicator groups differed considerably in frequency. Numerical expressions were the most common matches, whereas explicit experimental and clinical terminology was less frequently detected. Since a product could match more than one indicator group, the frequencies in Table 2 are not mutually exclusive and should not be summed to estimate the number of products containing scientific claims.

Table 2. Frequency of scientific-claim indicator groups

Indicator	Number of products	Percentage (%)
NUM	337	9.88
EFF	146	4.28
TECH	75	2.20
BIO	60	1.76
SKIN	49	1.44
SCI	36	1.06
CLI	31	0.91
EXP	16	0.47

3.3. Prevalence of Products with at Least One Scientific-Claim Indicator

At the product level, a record was classified as having a detected scientific-claim indicator when at least one of the eight indicator groups was matched. Among the 3,409 products analyzed, 591 (17.34%) had at least one detected indicator, whereas 2,818 (82.66%) had no matches across the eight groups.

Table 3. Product-level classification based on scientific-claim indicators

Classification	Number of products	Percentage (%)
At least one indicator detected	591	17.34
No indicator detected	2,818	82.66

Total	3,409	100.00

Thus, rule-based matching identified at least one predefined indicator in approximately one out of every six products with usable OCR text. However, this classification reflects the presence of expressions captured by the operational rules; it does not establish whether a claim is scientifically substantiated, misleading, or intentionally deceptive.

3.4. Number of Indicator Groups Detected per Product

To examine the extent to which multiple indicator groups occurred within individual products, the number of matched groups was calculated for each record. The resulting Science_Group_Count ranged from zero to five in the analyzed sample.

As shown in Table 4, 2,818 products (82.66%) had no detected indicator group, while 470 products (13.79%) matched exactly one group. A further 92 products (2.70%) matched two groups, 21 (0.62%) matched three groups, and seven (0.21%) matched four groups. Only one product (0.03%) matched five groups. No products matched six, seven, or all eight groups.

In total, 121 products (3.55% of the analytical sample) matched two or more indicator groups. Among the 591 products with at least one detected indicator, these 121 products represented approximately 20.47%. The results therefore show that most products with detected indicators matched a single group, while multiple-group matches were less common.

Table 4. Distribution of products by number of detected indicator groups

Indicator groups	Number of products	Percentage (%)
0	2,818	82.66
1	470	13.79
2	92	2.70
3	21	0.62
4	7	0.21
5	1	0.03
6	0	0.00
7	0	0.00
8	0	0.00
Total	3,409	100.00

Note: Percentages may not sum to exactly 100.00% because of rounding.

3.5. Co-occurrence Patterns of Scientific-Claim Indicators

The co-occurrence analysis examined the combinations of eight binary scientific-claim indicators (SCI, EXP, CLI, BIO, SKIN, EFF, TECH, and NUM) across 3,409 products. Each combination represents a distinct pattern of indicator presence and absence, with its frequency indicating the number of products exhibiting that pattern.

As shown in Table 5, **2,818 products (82.66%) had no detected indicators**, whereas **591 products (17.34%) matched at least one indicator**. Among the patterns in which only one indicator was present, NUM was the most frequent, occurring in 269 products (7.89% of the total sample). EFF followed with 88 products (2.58%), while TECH and BIO occurred alone in 40 (1.17%) and 28 (0.82%) products, respectively. SCI was detected alone in 14 products (0.41%), SKIN and CLI in 11 products each (0.32%), and EXP in 9 products (0.26%).

Several combinations of indicators were also observed. NUM and EFF co-occurred in 23 products (0.67%), while NUM and TECH co-occurred in 12 products (0.35%). The SKIN–NUM and EFF–TECH combinations each occurred in six products (0.18%). Other combinations, including patterns involving three or more indicators, were less frequent. These

findings show that although most products had no detected indicators, a subset contained text matching one or more scientific-claim indicator categories, sometimes simultaneously.

Overall, the co-occurrence patterns provide a more detailed view of the distribution of rule-matched indicators beyond their individual frequencies. However, these patterns represent textual co-occurrence rather than evidence that product claims are scientifically substantiated, inaccurate, or misleading. Their interpretation should also account for the operational definitions of the indicators and potential overlap among the dictionaries used for classification.

Table 5. Summary of Scientific-Claim Indicator Co-occurrence Patterns

Indicator or pattern	Number of products	Percentage (%)
No indicator detected	2,818	82.66
At least one indicator detected	591	17.34
NUM only	269	7.89
EFF only	88	2.58
TECH only	40	1.17
BIO only	28	0.82
SCI only	14	0.41
SKIN only	11	0.32
CLI only	11	0.32
EXP only	9	0.26
NUM + EFF	23	0.67
NUM + TECH	12	0.35
SKIN + NUM	6	0.18
EFF + TECH	6	0.18

Note: Percentages are calculated using the total sample of 3,409 products. “Only” indicates that the specified indicator was present and all other indicators were absent. Combination rows refer to the exact patterns in the supplied frequency table. The table presents selected patterns rather than an exhaustive list of all combinations.

4. DISCUSSION

4.1. The Initial Analytical Scope of the Workflow

The workflow developed in this study represents an initial analytical framework for identifying predefined scientific-claim indicators in OCR-derived text from e-commerce product images. By combining text preprocessing, OCR usability assessment, rule-based classification, and product-level data integration, the workflow establishes a structured procedure for examining the occurrence and co-occurrence of eight indicator groups.

The current implementation should be regarded as a first-stage analytical framework rather than a comprehensive system for detecting or evaluating science-washing. Its primary contribution lies in operationalizing selected textual indicators and demonstrating how they can be identified and analyzed through a modular workflow. The resulting classifications and descriptive statistics provide an initial basis for further methodological development, empirical validation, and more extensive analyses of online product presentations.

Importantly, the integration of classification outputs with product identifiers and available image URLs preserves the connection between the extracted textual indicators and the original product records. This structure creates opportunities to incorporate additional product attributes and image-related variables in subsequent studies without requiring the existing classification framework to be redesigned from the beginning.

4.2. Methodological Advantages and Contributions

A principal advantage of the proposed workflow is its transparency. The predefined lexical rules make the classification process interpretable, allowing researchers to examine which expressions trigger individual indicators and to revise the rules when necessary. The separation of the classification into eight indicator groups also facilitates the analysis of different dimensions of scientific-sounding product communication.

The modular structure provides an additional methodological advantage. Individual processing and classification components can be modified, expanded, or replaced as new data, lexical expressions, or validation findings become available. The product-level integration of the outputs further enables the examination of indicator frequencies, the number of matched groups, and their co-occurrence patterns.

Another contribution is the workflow's potential for extension. Retaining product identifiers and links to the original product images creates a basis for combining textual indicators with visual characteristics, prices, product categories, ratings, and other available product-level information. Thus, the workflow provides a starting point for developing more comprehensive approaches to the analysis of scientific-sounding communication in e-commerce environments.

4.3. Methodological Limitations and Validation

4.3. Methodological Limitations and Validation

Several methodological limitations should be considered when interpreting the findings of this study.

A first limitation concerns the accuracy of optical character recognition (OCR). OCR errors may alter, omit, or incorrectly recognize relevant expressions. Although the text-usability assessment helps exclude missing or minimally informative OCR outputs, it does not guarantee that all retained text has been recognized accurately. Consequently, scientific-claim indicators may remain undetected when relevant expressions are incorrectly recognized or omitted during text extraction.

A further limitation arises from the scope of image selection. The analysis was restricted to the primary product images designated as MAIN, whereas the additional images identified as PT01–PT17 were not included. Accordingly, the findings characterize the scientific-claim indicators identified in the analyzed primary images rather than the complete visual content of each product listing. Supplementary images may contain additional textual information or alternative representations of scientific-sounding communication that are not captured by the current workflow.

The rule-based classification also depends on the lexical expressions and operational definitions specified in advance. Synonyms, alternative spellings, abbreviations, incomplete OCR strings, and contextual constructions not covered by the rules may remain undetected, resulting in false negatives. Conversely, expressions that match a predefined rule but occur in a context unrelated to the intended indicator may produce false positives. These limitations indicate that the results should be interpreted as the output of a predefined indicator-detection framework rather than an exhaustive identification of all possible forms of scientific-sounding communication.

Another consideration is the potential conceptual overlap among the eight indicator groups. A single product may contain expressions corresponding to multiple groups because its advertising text incorporates several dimensions of scientific-sounding communication. Such overlap does not necessarily represent a classification error. However, individual group frequencies cannot be summed to estimate the number of unique products containing at least one indicator. The product-level variable *Science_Claim* and the aggregate variable

Science_Group_Count serve distinct analytical purposes: the former indicates whether at least one predefined indicator group is present, whereas the latter represents the number of indicator groups detected for a product.

Importantly, the classification identifies predefined textual indicators rather than independently verifying the scientific validity of the associated claims. The presence of a matching expression does not establish whether a claim is accurate, adequately supported by scientific evidence, compliant with applicable regulations, or potentially misleading to consumers. Such assessments require contextual interpretation and, where appropriate, independent examination of the evidence supporting individual claims.

The reliability and validity of the classification framework should be assessed in future research using a manually annotated sample of product records. Independent human annotations could be compared with the automated classifications to estimate precision, recall, and F1-score for individual indicator groups and the overall classification task. Inter-annotator agreement could also be assessed if multiple annotators are involved. The resulting evidence could guide revisions to the lexical rules and help identify indicator groups that require more context-sensitive classification. Future validation could also examine whether incorporating the supplementary images designated as PT01–PT17 changes the detection of scientific-claim indicators at the product level.

4.4. Future Research and Analytical Extensions

Future research could extend the proposed workflow through methodological refinement, multimodal data integration, comparative statistical analysis, and evidence-based claim assessment. These extensions would build on the current rule-based identification of scientific-claim indicators and support the development of a more comprehensive analytical framework for examining scientific-sounding communication in e-commerce product advertising.

The lexical dictionaries and rule-based matching procedures could be refined through systematic error analysis and expert-reviewed annotation. Examining false positives and false negatives would help identify limitations in the existing keyword groups, incorporate additional expressions, and improve the distinction between scientific-claim indicators and terms referring to ingredients, general product characteristics, or promotional language. Manually annotated datasets could also provide a reference standard for evaluating supervised machine-learning methods and contextual language models against the current rule-based approach. Such comparisons could employ precision, recall, and F1-score to determine whether alternative classification methods provide measurable improvements in performance. These developments would be consistent with established principles of text classification and information extraction (Jurafsky & Martin, 2025; Sokolova & Lapalme, 2009).

An important extension would involve incorporating the supplementary product images designated as PT01–PT17 into the existing workflow. Whereas the present analysis focuses on the primary images designated as MAIN, examining the additional images could reveal scientific-claim indicators that are absent from or expressed differently in the primary images. Comparisons between primary and supplementary images could help establish whether the distribution of indicators varies according to image position or function within a product listing. Such an extension would also provide a basis for investigating the contribution of multiple images to product-level scientific-claim profiles. Because several images may belong to the same product, the analytical design should account for within-product dependence a

5. CONCLUSION

This study developed a modular, rule-based workflow in KNIME for identifying and analyzing predefined scientific-claim indicators in OCR-derived text from e-commerce product images.

By integrating text preprocessing, OCR usability assessment, eight operationalized indicator groups, and product-level data integration, the study established an interpretable analytical framework for examining scientific-sounding language in online product presentations.

The descriptive findings illustrate how the proposed workflow can be used to characterize the occurrence and co-occurrence of predefined textual indicators within the analyzed dataset. The product-level variables *Science_Claim* and *Science_Group_Count* provide complementary measures of whether at least one indicator group is detected and how many distinct groups are identified for each product. Together, these measures facilitate the systematic examination of scientific-claim indicator patterns and provide a structured basis for further descriptive and comparative analyses.

The main contribution of this study is the development of a transparent, modular, and adaptable workflow for the systematic identification of scientific-claim indicators in e-commerce product advertising. By operationalizing eight indicator groups within a reproducible rule-based procedure, the study provides an initial methodological foundation for investigating how scientific-sounding language is represented in online product listings. The workflow is designed to support the identification of predefined textual indicators rather than to determine the scientific validity of individual claims or establish whether an advertisement is misleading.

The findings should be interpreted in light of the study's methodological scope. The analysis was restricted to the primary product images designated as MAIN; supplementary images designated as PT01–PT17 were not examined. Consequently, the results characterize the indicators detected in the analyzed primary images rather than the complete visual content of the product listings. In addition, the identification results depend on OCR quality, the lexical expressions incorporated into the predefined rules, and the characteristics of the analyzed dataset. These considerations limit the extent to which the findings can be generalized to other product categories, datasets, or forms of advertising communication without further evaluation.

Future research could strengthen the proposed framework through manual annotation and independent validation, the inclusion of supplementary product images, and the integration of OCR-derived text with visual features and other product-level variables. Comparisons across product categories and the use of

DECLARATION OF AI USE

ChatGPT (OpenAI) was used to assist with language editing, grammatical corrections, and improvements to the clarity and academic style of the manuscript.

REFERENCES

Baltrušaitis, T., Ahuja, C., & Morency, L.-P. (2019). Multimodal machine learning: A survey and taxonomy. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 41(2), 423–443. https://doi.org/10.1109/TPAMI.2018.2798607

Delmas, M. A., & Burbano, V. C. (2011). The drivers of greenwashing. *California Management Review, 54*(1), 64–87. https://doi.org/10.1525/cmr.2011.54.1.64

Dodds, R. E., Tseëlon, E., & Weitkamp, E. L. C. (2008). Making sense of scientific claims in advertising: A study of scientifically aware consumers. Public Understanding of Science, 17(2), 211–230. https://doi.org/10.1177/0963662506065559

Federal Trade Commission. (2022). Health products compliance guidance. https://www.ftc.gov/business-guidance/resources/health-products-compliance-guidance

Fowler, J. G., Carlson, L., & Roy Chaudhuri, H. (2019). Assessing scientific claims in print ads that promote cosmetics: How consumers perceive cosmeceutical claims. Journal of Advertising Research, 59(4), 466–482. https://doi.org/10.2501/JAR-2018-048

Hou, Y., Li, J., He, Z., Yan, A., Chen, X., & McAuley, J. (2024). *Bridging language and items for retrieval and recommendation*. arXiv. https://arxiv.org/abs/2403.03952

KNIME. (n.d.). KNIME Analytics Platform documentation. https://docs.knime.com/ap/latest/

Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2025). Speech and language processing (3rd ed. draft). https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/

Lin, R., He, X., Feng, J., Zalmout, N., Liang, Y., Xiong, L., & Dong, X. L. (2021). PAM: Understanding product images in cross product category attribute extraction. In *Proceedings of the 27th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*. https://doi.org/10.1145/3447548.3467164

McKnight, D. H., Choudhury, V., & Kacmar, C. (2002). The impact of initial consumer trust on intentions to transact with a web site: A trust building model. *The Journal of Strategic Information Systems, 11*(3–4), 297–323. https://doi.org/10.1016/S0963-8687(02)00020-3

Pettersson, T., Riveiro, M., & Löfström, T. (2024). Multimodal fine-grained grocery product recognition using image and OCR text. *Machine Vision and Applications, 35*, Article 79. https://doi.org/10.1007/s00138-024-01549-9

Sebastiani, F. (2002). Machine learning in automated text categorization. *ACM Computing Surveys, 34*(1), 1–47. https://doi.org/10.1145/505282.505283

Smith, R. (2007). An overview of the Tesseract OCR engine. In Proceedings of the Ninth International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2007) (Vol. 2, pp. 629–633). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICDAR.2007.4376991

Sokolova, M., & Lapalme, G. (2009). A systematic analysis of performance measures for classification tasks. Information Processing & Management, 45(4), 427–437. https://doi.org/10.1016/j.ipm.2009.03.002

Vendruscolo, C. W., Bagatin, E., & Leonardi, G. R. (2025). The science behind the label: Evaluating claims in dermatologist-recommended cosmetics. Dermatological Reviews, 6(4), Article e70045. https://doi.org/10.1002/der2.70045

APPENDIX A: KNIME Rule Engine Rules for Scientific-Claim Indicator Groups

SCI:

science, scientific, scientifically, scientist, scientists, research, researcher, researchers, investigation, investigations, investigative, experiment, experimental, experimentally, experimentation, study, studies, studied, studying, clinical, clinically, clinician, evidence, evidenced, proven, proof, prove, proves, validated, validates, validation, validate, verified, verifies, verification, verify, confirmed, confirms, confirmation, demonstrated, demonstrates, demonstration, established, establishes, substantiated, substantiates, documented, documenting, findings, finding, results, result, outcome, outcomes, efficacy, effective, effectiveness, effectively, efficacious, tested, testing, test, tests, retested, retesting, laboratory, laboratories, lab-tested, assessment, assessed, evaluation, evaluated, evaluates, analysis, analyses, analyzed, analysed, analytical, statistical, statistically, significant, significantly, significance, reproducible, reproducibility, replicated, replication, reliable, reliability, robust, robustness, objective, objectively, measured, measurement, measurable, quantified,

quantification, quantitative, quantitatively, empirical, empirically, systematic, systematically, methodology, methodological, protocol, protocols, benchmark, benchmarked, comparison, comparative, compared, correlation, correlated, predictive, prediction, statistic, statistics, hypothesis, hypotheses, peer-reviewed, publication, published, journal

EXP:

dermatologist, dermatologists, dermatological, dermatologically, dermatology, dermatologic, dermatoscopy, physician, physicians, doctor, doctors, medical, medically, medicine, medicinal, clinician, clinicians, clinical, clinically, pharmacist, pharmacists, pharmacy, pharmaceutical, pharmacological, pharmacology, scientist, scientists, scientific, scientifically, expert, experts, expertise, professional, professionals, professionally, specialist, specialists, specialized, specialised, specialization, specialisation, certified, certification, certify, credential, credentials, qualified, qualification, qualifications, accredited, accreditation, approved, approval, endorsed, endorsement, recommended, recommendation, recommends, advised, advisor, adviser, consultant, consultation, consultative, researcher, researchers, academic, academically, professor, professors, institutional, institute, association, society, board-certified, medically-tested, expert-tested, doctor-tested, dermatologist-tested, dermatologist-recommended, dermatologist-approved, physician-recommended, clinician-tested

CLI:

clinical, clinically, clinician, dermatological, dermatologically, dermatologist, dermatology, tested, testing, test, tests, retested, retesting, trial, trials, evaluation, evaluated, evaluates, assessment, assessed, assesses, examination, examined, screening, screened, validated, validation, verified, verification, instrumental, measurement, measured, measurable, quantified, quantification, objective, objectively, tolerance, tolerability, tolerated, sensitivity, sensitive, sensitization, sensitisation, irritation, irritancy, irritant, irritating, hypoallergenic, allergy-tested, allergy, allergic, noncomedogenic, comedogenic, ophthalmologically, ophthalmologist, ophthalmic, ocular, patch-tested, patch, epicutaneous, in-vivo, invivo, in-vitro, invitro, ex-vivo, exvivo, controlled, control, randomized, randomised, blinded, placebo, comparative, comparison, baseline, follow-up, followup, participant, participants, volunteer, volunteers, subject, subjects, panelist, panelists, consumer, consumers, self-assessment, questionnaire, survey, surveys, clinical-grade, safety-tested, efficacy, effectiveness, reproducibility, repeatability, reliability, statistically, significant, significantly

BIO:

biology, biological, biologically, biochemistry, biochemical, biochemically, biophysics, biophysical, biotechnology, biotechnological, biomolecular, biomolecule, biomolecules, bioactive, bioactivity, biosynthesis, biomarker, biomarkers, cell, cells, cellular, intracellular, extracellular, intercellular, subcellular, cytology, cytological, cytoplasm, cytoplasmic, organelle, organelles, mitochondria, mitochondrial, nucleus, nuclear, membrane, membranes, receptor, receptors, enzyme, enzymes, enzymatic, enzymatically, protein, proteins, peptide, peptides, polypeptide, polypeptides, amino-acid, aminoacid, molecular, molecule, molecules, molecularly, mechanism, mechanisms, pathway, pathways, signaling, signalling, signal-transduction, transduction, metabolism, metabolic, metabolite, metabolites, metabolomics, synthesis, synthesize, synthesizes, synthesized, synthesised, expression, expresses, expressed, regulation, regulatory, regulates, regulated, activation, activates, activated, inhibition, inhibits, inhibited, modulation, modulates, modulated, interaction, interactions, binding, binds, bound, affinity, receptor-mediated, gene, genes, genetic, genetics, genomic, genomics, genome, genomes, epigenetic, epigenetics, transcription, transcriptional, translation, replication, mutation, mutations, dna, rna, ribonucleic, deoxyribonucleic, genomic, stem-cell, stemcell, stem-cells, stemcells, differentiation, proliferation, apoptosis, autophagy, inflammation,

inflammatory, immunology, immunological, immunomodulation, immunomodulatory, microbiome, microbiomes, microbiota, microbial, bacterial, bacteria, probiotic, probiotics, prebiotic, prebiotics, postbiotic, postbiotics, fermentation, fermented, epidermis, epidermal, dermis, dermal, keratinocyte, keratinocytes, fibroblast, fibroblasts, melanocyte, melanocytes, melanin, collagen, elastin, hyaluronic, glycosaminoglycan, glycosaminoglycans, ceramide, ceramides, lipid, lipids, lipidomic, lipidomics, barrier-function, barrier, homeostasis, physiology, physiological, pathophysiology, oxidation, oxidative, antioxidant, antioxidants, radical, radicals, glycation, glycosylation, crosslinking, cross-linked, bioavailability, bioabsorption, biodegradation, biocompatibility, biocompatible, biodegradable

SKIN:

skin, cutaneous, dermal, dermis, epidermal, epidermis, epidermidis, stratum, corneum, keratin, keratinocyte, keratinocytes, fibroblast, fibroblasts, melanin, melanocyte, melanocytes, collagen, elastin, fibrillin, hyaluronic, hyaluronan, glycosaminoglycan, glycosaminoglycans, proteoglycan, proteoglycans, ceramide, ceramides, lipid, lipids, sebum, sebaceous, barrier, barrier-function, barrier-repair, transepidermal, permeability, permeation, penetration, absorption, hydration, hydratation, moisturization, moisturisation, moisture, dehydration, water-loss, waterloss, elasticity, elastic, firmness, firming, density, thickness, texture, smoothness, roughness, wrinkle, wrinkles, fine-line, fineline, antiaging, anti-aging, photoaging, photodamage, pigmentation, hyperpigmentation, hypopigmentation, melasma, discoloration, discolouration, brightening, whitening, dark-spot, darkspot, blemish, blemishes, redness, erythema, inflammation, inflammatory, irritation, sensitivity, sensitized, sensitised, soothing, calming, repair, repairing, restoration, restorative, regeneration, regenerative, renewal, renewing, rejuvenation, rejuvenating, exfoliation, exfoliating, desquamation, cell-turnover, turnover, antioxidant, antioxidants, oxidative, oxidation, radical, radicals, photoprotection, photoprotective, ultraviolet, uva, uvb, spf, sebum-regulation, oil-control, comedone, comedones, comedogenic, noncomedogenic, pore, pores, microcirculation, circulation, homeostasis, physiology, physiological, thermoregulation, microbiome, microbiota, microbial, dysbiosis, acid-mantle, ph-balance, ph-balanced

EFF:

effect, effects, effective, effectively, effectiveness, efficacy, efficacious, benefit, benefits, beneficial, improve, improves, improved, improving, improvement, enhance, enhances, enhanced, enhancement, increase, increases, increased, increasing, decrease, decreases, decreased, decreasing, reduce, reduces, reduced, reducing, reduction, minimize, minimizes, minimized, minimizing, maximize, maximizes, maximized, maximizing, boost, boosts, boosted, boosting, stimulate, stimulates, stimulated, stimulating, strengthen, strengthens, strengthened, strengthening, repair, repairs, repaired, repairing, restore, restores, restored, restoring, restoration, protect, protects, protected, protecting, protection, prevent, prevents, prevented, preventing, prevention, reverse, reverses, reversed, reversing, eliminate, eliminates, eliminated, eliminating, remove, removes, removed, removing, combat, combats, combating, fight, fights, fighting, target, targets, targeted, targeting, regulate, regulates, regulated, regulation, modulate, modulates, modulated, modulation, activate, activates, activated, activation, inhibit, inhibits, inhibited, inhibition, suppress, suppresses, suppressed, suppression, accelerate, accelerates, accelerated, acceleration, optimize, optimizes, optimized, optimization, regenerate, regenerates, regenerated, regeneration, renew, renews, renewed, renewal, rejuvenate, rejuvenates, rejuvenated, rejuvenation, revitalize, revitalizes, revitalized, revitalization, replenish, replenishes, replenished, replenishment, nourish, nourishes, nourished, nourishing, soften, softens, softened, smoothing, smooths, smooth, firming, firms, tighten, tightens, tightened, lifting, lifts, plump, plumps, plumping, brighten, brightens, brightened, brightening, lighten, lightens, lightening, whiten, whitening, fade, fades, faded,

fading, diminish, diminishes, diminished, minimize, clarify, clarifies, clarifying, purify, purifies, purifying, detoxify, detoxifies, detoxification, balance, balances, balanced, balancing, hydrate, hydrates, hydrated, hydrating, moisturize, moisturizes, moisturized, moisturizing, moisturising, decongest, decongests, soothe, soothes, soothed, soothing, calm, calms, calming, relieve, relieves, relieved, relief, combat, fights, resist, resists, resistance, shield, shields, shielding, defend, defends, defense, defence, fortify, fortifies, fortifying, performance, perform, performs, performing, results, resulting, visible, visibly, noticeable, noticeably, dramatic, dramatically, instant, instantly, immediate, immediately, lasting, long-lasting, longlasting, durable, durability, sustained, sustains, prolonged, rapid, rapidly, fast-acting, fastacting, clinically, scientifically, measurable, quantified, quantitative, statistically, significantly, percent, percentage, bioavailability, absorption, penetration, delivery, release, releases, released, technology, technologies, patented, patent

TECH:

1. Technology and Innovation

technology, technologies, technological, innovation, innovative, patent, patented, proprietary, platform, system, engineered, engineering, design, designed, advanced, next-generation, next generation, high-tech, high tech, nanotechnology, nano, microtechnology, microencapsulation, encapsulation

2. Formulation and Composition Design

formulation, formulated, formula, composition, compositional, complex, blend, synergy, synergistic, combination, optimized formula, optimized formulation, stabilized, stabilized formula, stability, compatibility, biocompatibility, concentration, concentrated, active complex, active ingredient, active ingredients, delivery system

3. Controlled Release, Carrier Systems, and Targeted Delivery

delivery, release, released, controlled-release, controlled release, slow-release, slow release, sustained-release, sustained release, time-release, time release, encapsulated, liposomal, liposome, nanoparticle, nanoparticles, micelle, micellar, carrier, targeted-delivery, targeted delivery, deep-delivery, penetration-enhancing, transdermal, permeation-enhancing, bioencapsulation

4. Molecular and Advanced Materials Technologies

molecular, biomolecular, nanostructure, nanostructured, microsphere, microspheres, polymer, polymeric, biopolymer, hydrogel, matrix, scaffold, biomimetic, bioinspired, encapsulation technology, molecular weight, low-molecular-weight, high-molecular-weight, cross-linked, crosslinked

5. Scientific Development and Optimization

development, developed, research-based, research based, science-based, science based, evidence-based, evidence based, precision, precise, optimized, optimised, optimization, optimisation, custom-designed, custom designed, specially formulated, clinically formulated, scientifically formulated, dermatologically formulated, tested technology, proprietary technology, patented technology

NUM:

1. Percentage and Ratio Expressions

percent, percentage, percentages, %, increase of, decrease of, reduction of, up to, by up to, more than, less than, over, under, approximately, average, median, ratio, proportion, rate

2. Quantitative Results and Measurement Expressions

measurable, measured, measurement, measurements, quantifiable, quantified, quantitative, quantitatively, numerical, statistical, statistically, significant, significantly, objective measurement, instrumental measurement, clinical measurement, objective assessment, efficacy rate, response rate, success rate, accuracy, precision, reduction, improvement

3. Numerical Results and Expressions Indicating Change

doubled, tripled, halved, fold increase, times more, times less, higher than, lower than, compared to, compared with, versus, difference, improvement of, reduction in, increase in, decrease in, up to 2x, up to 3x, 2-fold, 3-fold

4. Duration and Time-Based Measurements

after 1 day, after 7 days, after 14 days, after 28 days, after 4 weeks, after 8 weeks, in 24 hours, in 48 hours, within 24 hours, within 7 days, within 2 weeks, within 4 weeks, hours, weeks, months, days, minutes, seconds, long-lasting, lasting effect, duration, time-dependent, time dependent

5. Skin Analysis-Specific Measurements

skin elasticity, elasticity improvement, skin firmness, wrinkle depth, wrinkle reduction, pore size, pore reduction, skin hydration, hydration level, moisture level, transepidermal water loss, water loss, sebum level, skin thickness, skin density, pigmentation level, melanin level, skin redness, skin tone evenness, instrumental test, instrumentally tested, corneometer, cutometer, tewameter, profilometry, image analysis

6. Numerical Content and Concentration Expressions

concentration, concentrations, dose, dosage, ppm, mg/ml, mg/ml, mg/l, mcg, µg, iu, spf, broad spectrum, molecular weight, ph level, ph-balanced, ph balanced

AKTİF YAŞAMIN DAVRANIŞSAL YANSIMALARI: SPOR BİLİMLERİ FAKÜLTESİ ÖĞRENCİLERİNDE FİZİKSEL AKTİVİTE VE ÖZ KONTROL İLİŞKİSİ

Doç. Dr. Serhat TURAN
Doç. Dr. Öğr. Üyesi, Balıkesir Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Spor Yöneticiliği Bölümü
Ahmet SÖNMEZ
Yüksek Lisans Öğrencisi, Balıkesir Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Spor Yöneticiliği Anabilim Dalı

ÖZET
Bu çalışmanın amacı Spor Bilimleri Fakültesinde öğrenim gören öğrencilerin bilişsel davranışçı fiziksel aktivite düzeylerinin öz kontrole etkisinin incelenmesidir. Araştırmanın örneklem grubu, Balıkesir Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi'nde lisans eğitimi alan 18–25 yaş arasındaki toplam 200 öğrenciden meydana gelmektedir. Araştırma kapsamında katılımcılara üç bölümden oluşan bir anket formu uygulanmıştır. Veri toplama formu üç ayrı bölümden oluşmaktadır. Formun birinci bölümünde katılımcıların demografik özelliklerinin belirlenmesine yönelik sorulara yer verilmiştir. İkinci bölümde, katılımcıların bilişsel davranışçı fiziksel aktivite düzeylerini değerlendirmeye yönelik bir ölçek kullanılmıştır. Formun üçüncü bölümünde ise bireylerin öz kontrol düzeylerini belirlemek amacıyla kullanılan ölçme aracı bulunmaktadır. Çalışma kapsamında öğrencilerden toplanan veriler SPSS programına aktarılmış ve verilerin değerlendirilmesinde betimsel istatistiklerin sonrasında Pearson korelasyon ve regresyon analizlerinden yararlanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, bilişsel davranışçı fiziksel aktivite ile öz kontrol arasındaki ilişki incelendiğinde, söz konusu değişkenler arasında pozitif yönde, orta düzeyde ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, bilişsel davranışçı fiziksel aktivite düzeyi arttıkça bireylerin öz kontrol düzeylerinde de artış görüldüğüne işaret etmektedir.Bu sonuç, bilişsel davranışçı fiziksel aktivite düzeyi arttıkça bireylerin öz kontrol düzeylerinin de arttığını göstermektedir. Ayrıca bilişsel davranışçı fiziksel aktivite düzeyi öz kontrol değişkenindeki varyansın yaklaşık %31.3'ünü açıklamaktadır.
Anahtar kelimeler: bilişsel davranışçı fiziksel aktivite, öz kontrol, spor.

BEHAVIORAL IMPLICATIONS OF AN ACTIVE LIFESTYLE: THE RELATIONSHIP BETWEEN PHYSICAL ACTIVITY AND SELF-CONTROL AMONG SPORTS SCIENCE FACULTY STUDENTS

ABSTRACT
The aim of this study is to examine the effect of cognitive behavioral physical activity levels on self-control among students enrolled in the Faculty of Sport Sciences. The study sample consisted of 200 undergraduate students aged between 18 and 25 years who were enrolled at the Faculty of Sport Sciences at Balıkesir University.
Within the scope of the study, a three-section questionnaire was administered to the participants. The data collection form consisted of three sections. The first section included questions designed to determine the participants' demographic characteristics. The second section included a scale assessing the participants' cognitive behavioral physical activity levels. The third section comprised a measurement instrument used to assess the participants' self-control levels.

The data collected from the students were entered into the SPSS software, and descriptive statistics, followed by Pearson correlation and regression analyses, were used to analyze the data. The analysis revealed a positive, moderate, and statistically significant relationship between cognitive behavioral physical activity and self-control. This finding indicates that an increase in cognitive behavioral physical activity levels is associated with higher levels of self-control among individuals. Furthermore, cognitive behavioral physical activity level explained approximately 31.3% of the variance in the self-control variable.
Keywords: cognitive behavioral physical activity, self-control, sport.

.

GİRİŞ

Dünya Sağlık Örgütü, iskelet kaslarını çalıştırarak enerji açığı ortaya çıkaran bütün bedensel hareketleri fiziksel aktivite olarak tanımlamaktadır (WHO, 2020). Fiziksel aktivitenin en akılda kalıcı tanımı; yürümek, ip atlamak, bisiklete binmek, koşmak, merdiven çıkmak, temizlik, tamir ve bahçe işlerini içine alan kas iskelet sistemini çalıştıran hareketlerdir (Cavill, ve ark., 2006). Orta ve yüksek düzeyde fiziksel aktivite koroner kalp hastalığı, diyabet, obezite ve hipertansiyon riskini azaltır, hipertansiyonu olan hastalarda kan basıncını düşürür, kemik yoğunluğunu artırarak osteoporozu önler, özgüveni artırır ve ayrıca zihinsel sağlığı iyileştirir, stresi ve buna bağlı hastalıkları azaltabilir, yorgunluk ve ağrı semptomlarını azaltabilir ve bağışıklık sistemini güçlendirebilir (Vaizoğlu ve ark., 2004). Fiziksel aktivitenin fiziksel sağlığa olan etkilerinin yanı sıra kendini ifade etme ve özgüveni arttırdığı, başarı oranlarını, sosyal iletişimi, dayanışmayı ve sportmenliği geliştirdiği, zihinsel yorgunluk ve gerginliğin azaltılmasına katkı sağladığı da bilinmektedir (Dönmez, 2007). Bundan ayrı olarak fiziksel aktivite bireyin zihinsel dayanıklılığını artırır, öz denetim becerilerini geliştirir ve disiplinli bir yaşam tarzı oluşturmasına katkı sağlar. Düzenli olarak egzersiz yapan kişiler, hedef belirleme ve bu hedeflere ulaşmak için planlı hareket etme konusunda daha istikrarlı bir yaklaşım sergiler. Bununla birlikte, egzersiz sürecinde kazanılan süreklilik ve kararlılık, bireyin irade gücünü korumasına ve günlük yaşamında daha kontrollü davranmasına yardımcı olur (Baumeister & Vohs, 2007; Oaten & Cheng, 2006).

Öz kontrol, hedeflere ulaşmak ve beklenen standartları korumak için kişinin iradesini kullanma yeteneğidir (Baumeister, Vohs & Dianne, 2007; Duckworth, 2009). Uzun vadeli hedeflere ulaşmak için güçlü dürtüleri ertelemeye ve anlık tatminlerden vazgeçmeye yönelik bilinçli çabalarla da karakterize edilen (Budak, 2009; Duckworth ve Seligman, 2006) öz kontrol, duygu ve düşüncelerinizi nasıl yöneteceğinizi bilmek, kendi davranışlarınızı nasıl planlayacağınızı bilmek, başkalarının emirlerine uymak yerine kendi yapmak istediklerinizi yapabilme becerisi olarakta ifade edilmektedir (Duckworth, 2009).

Spor ve öz kontrol ilişkisi üzerine yapılan çalışmalar, düzenli fiziksel aktivitenin yalnızca fiziksel performansı değil; dürtü denetimi, öz düzenleme ve bilişsel dayanıklılığı da geliştirdiğini göstermektedir. Englert (2016) tarafından yürütülen çalışmalar ise öz kontrolün sportif performansla doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Özellikle dayanıklılık sporlarında, baskı altında karar verme süreçlerinde ve antrenman disiplininde öz kontrol temel belirleyicilerden biri olarak değerlendirilmektedir. Araştırmalar, düzenli fiziksel aktivitenin uzun vadeli hedeflere uygun şekilde bireylerin dürtülerini yönetebildiğini göstermektedir. Özellikle egzersiz programlarına düzenli katılım sayesinde planlı davranma, hedef belirleme, öz disiplin ve davranışların izlenmesi gibi öz düzenleme süreçlerini desteklediği vurgulanmaktadır (Baumeister ve ark., 2007). Yapılan bazı deneysel çalışmalarda ise egzersizin yalnızca fiziksel kapasitenin gelişiminde değil öz kontrol becerilerinin de gelişiminde önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Oaten ve Cheng (2006) düzenli egzersize başlayan bireylerin öz düzenleme becerilerinin zaman içinde arttığını ve bu durumun günlük yaşamdaki diğer davranışlara da olumlu bir şekilde yansıdığını belirtmişlerdir. Başka bir çalışmada ise fiziksel aktivitenin dikkat, bilişsel esneklik ve dürtü kontrolünden sorumlu olan prefrontal

korteks işlevlerini desteklediği belirlenmiştir. Dolayısıyla düzenli egzersiz yapanların davranışlarını kontrol etme, hedef odaklı hareket etme ve dikkatlerini sürdürebilme becerilerinin yüksek olabileceği vurgulanmıştır (Hilman, Erickson & Kramer, 2008).

Bilişsel davranışçı fiziksel aktivitenin öz kontrole etkisinin araştırılması bireylerin sağlıklı yaşam davranışlarını sürdürmesi, sportif performans seviyelerini geliştirmeleri ve hedef odaklı hareket edebilmeleri açısından önem taşımaktadır. Spor bilimleri öğrencilerinin akademik ve sportif sorumlulukları birlikte yürütme durumu sebebiyle disiplinli hareket etme, planlı olma ve davranışlarını düzenleme becerilerine sahip olmaları gerekmektedir. Çalışma bu perspektiften ele alınarak spor bilimleri fakültesi öğrencilerinin bilişsel davranışçı fiziksel aktivite düzeylerinin öz kontrollerine olan etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda spor bilimleri örnekleminde yapılan çalışmaların sınırlı olması araştırmayı önemli kılmakla birlikte bilişsel davranışçı fiziksel aktiviteyle öz kontrol arasındaki ilişkisinin tespit edilmesi literatüre yeni bir soluk kazandırması açısından da önemli görülmektedir.

YÖNTEM

Araştırma Modeli

Bu araştırmada model olarak "İlişkisel Tarama Modeli" tercih edilmiştir. İlişkisel tarama modeli, iki ya da daha fazla değişken arasındaki ortak değişim düzeyini ya da bu değişimin var olup olmadığını incelemek amacıyla kullanılan bir araştırma desenidir (Karasar, 2005). Bu araştırmada, Spor Bilimleri Fakültesi öğrencilerinin bilişsel davranışçı fiziksel aktivite düzeylerinin öz kontrole etkisini incelemek amacıyla ilişkisel tarama modeli kullanılmıştır.

Araştırma Grubu

Araştırma, 2025-2026 akademik yılında Spor Bilimleri Fakültesi'nde öğrenim gören toplam 200 öğrencinin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların 88'i (%44) kadın, 112'si (%56) erkek olup, yaş ortalamaları 21,74±3,32 yıl, sporla ilgilenme sürelerinin ortalaması ise 10,90±5,70 yıl olarak belirlenmiştir. Araştırmaya dahil edilecek katılımcıların belirlenmesinde kolayda örnekleme yöntemi kullanılmış ve çalışmaya katılım gönüllülük esasına dayandırılmıştır. Araştırmanın verileri, sınıf ortamında katılımcılara Google Forms aracılığıyla uygulanan veri toplama formu kullanılarak elde edilmiştir.

Veri Toplama Araçları

Veri toplama formu üç ayrı bölümden oluşmaktadır. Formun birinci bölümünde katılımcıların demografik özelliklerinin belirlenmesine yönelik sorulara yer verilmiştir. İkinci bölümde, katılımcıların bilişsel davranışçı fiziksel aktivite düzeylerini değerlendirmeye yönelik bir ölçek kullanılmıştır. Formun üçüncü bölümünde ise bireylerin öz kontrol düzeylerini belirlemek amacıyla kullanılan ölçme aracı bulunmaktadır.

Kişisel Bilgi Formu

Veri toplama aracının ilk bölümünde, araştırmacı tarafından oluşturulan ve katılımcıların yaş, cinsiyet, sporculuk yaşı, öğrenim gördükleri bölüm ve sınıf düzeyi gibi demografik özelliklerini belirlemeye yönelik sorular yer almaktadır.

Bilişsel Davranışçı Fiziksel Aktivite Ölçeği

Araştırmada veri toplama aracı olarak Schembre ve arkadaşları (2015) tarafından geliştirilen ve Türkçe geçerlik-güvenirlik çalışması Eskiler ve arkadaşları (2016) tarafından yapılan Bilişsel Davranışçı Fiziksel Aktivite Ölçeği (BDFAÖ) kullanılmıştır. Ölçek, bireylerin fiziksel aktiviteye ilişkin bilişsel değerlendirmelerini ve davranışsal eğilimlerini belirlemek amacıyla geliştirilmiştir. Orijinal ölçek; sonuç beklentisi, öz düzenleme ve kişisel engeller olmak üzere üç alt boyuttan oluşmakta ve toplam 15 madde içermektedir. Maddeler, 1 "Kesinlikle katılmıyorum" ile 5 "Kesinlikle katılıyorum" arasında değişen beşli Likert tipi derecelendirme üzerinden yanıtlanmaktadır. Ölçeğin alt boyutlarına ilişkin Cronbach alfa katsayıları sonuç beklentisi için α=0,85, öz düzenleme için α=0,79 ve kişisel engeller için α=0,64 olarak rapor

edilmiştir. Bu araştırma kapsamında ise ölçeğin toplamına ilişkin Cronbach alfa iç tutarlılık katsayısı α=0,84 olarak hesaplanmış ve ölçeğin araştırma grubu açısından yeterli düzeyde güvenilirlik gösterdiği belirlenmiştir.

Öz Kontrol Ölçeği

Tangney ve arkadaşları (2004) tarafından geliştirilen bu ölçek, bireylerin öz kontrol ve dürtüsellik düzeylerini değerlendirmek amacıyla oluşturulmuştur. Ölçek, Türkçe'ye Nebioğlu ve çalışma arkadaşları (2012) tarafından uyarlanmış ve kültürel geçerlik ile güvenilirlik analizleri gerçekleştirilmiştir. Toplam 13 maddeden oluşan bu ölçme aracı, 5 dereceli Likert tipi bir yapıdadır. Katılımcılardan her bir maddeye 1 (tamamen aykırı) ile 5 (tamamen uygun) arasında değişen bir puanlama yapmaları istenmektedir. Ölçek, iki alt boyuttan oluşmaktadır: öz kontrol ve dürtüsellik. Nebioğlu ve arkadaşlarının (2012) yaptığı psikometrik değerlendirme sonuçlarına göre, ölçeğin genel iç tutarlılık katsayısı .83 olarak bulunmuştur. Alt ölçeklere ilişkin Cronbach alfa değerleri ise öz kontrol için .81, dürtüsellik boyutu için ise .87 olarak rapor edilmiştir. Bu sonuçlar, ölçeğin hem genel yapısı hem de alt boyutları açısından güvenilir bir ölçme aracı olduğunu göstermektedir. Yapılan bu çalışmada ise Cronbach alpha iç tutarlık katsayısı (α=.79) olarak bulunmuştur.

Verilerin Analizi

Araştırmada elde edilen verilerin analizi için SPSS 25 paket programı kullanılmıştır. Analizlere başlamadan önce veri setinde eksik veri ve aykırı değerler incelenmiş, veri dağılımının normalliği çarpıklık (skewness) ve basıklık (kurtosis) değerleri üzerinden değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında hesaplanan çarpıklık ve basıklık katsayılarının ±2 aralığında bulunması, veri setinin normal dağılım varsayımını karşıladığını göstermektedir. Bu doğrultuda, elde edilen verilerin parametrik analizlerin uygulanması açısından uygun olduğu değerlendirilmiştir (George & Mallery, 2019).

Araştırmada kullanılan ölçeklerin güvenirliği iç tutarlılık katsayısı (Cronbach Alpha) ile değerlendirilmiştir. Araştırmada ele alınan değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü ve düzeyini ortaya koymak amacıyla Pearson korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, bilişsel davranışçı fiziksel aktivitenin bireylerin öz kontrol düzeylerini ne ölçüde açıkladığını belirlemek amacıyla basit doğrusal regresyon analizinden yararlanılmıştır. Analiz sonuçları anlamlılık düzeyi p<.05 kabul edilerek değerlendirilmiştir.

BULGULAR

Bu bölümde, çalışma sürecinde toplanan verilerin istatistiksel değerlendirmelerine ilişkin çıkan sonuçlara yer verilmiştir. Çalışmanın amacı doğrultusunda, araştırmada ele alınan değişkenler arasındaki ilişkiler ile değişkenlerin birbirleri üzerindeki yordayıcı etkileri uygun istatistiksel metodlar kullanılarak analiz edilmiştir. Analizler sonucunda elde edilen bulgular, tablolar aracılığıyla sunulmuş ve araştırmanın amacı çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Tablo 1. Korelasyon Analizi Sonuçları

		Öz kontrol
Bilişsel Davranışçı Fiziksel Aktivite	r	,560**

**p<.001

Öz kontrol düzeyi ile bilişsel davranışçı fiziksel aktivite arasındaki ilişkinin incelenmesi amacıyla gerçekleştirilen Pearson korelasyon analizi sonucunda, iki değişken arasında pozitif yönlü, orta düzeyde ve istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, bilişsel davranışçı fiziksel aktivite düzeyi yükseldikçe bireylerin öz kontrol düzeylerinin de artış gösterme eğiliminde olduğunu ortaya koymaktadır (r=.560; p=.000). Bu sonuç, bilişsel davranışçı fiziksel aktivite düzeyi arttıkça bireylerin öz kontrol düzeylerinin de arttığını göstermektedir.

Tablo 2. Bilişsel Davranışçı Fiziksel Aktivite Düzeylerinin Öz kontrol Üzerindeki Yordayıcı Gücü

Değişkenler	B	Std. Error	Beta	t	p
Sabit	.572	.298		1.920	0,056
Bilişsel Davranışçı Fiziksel Aktivite	.760	.080	.560	9.506	0,000*
R=.560 R^2_{adj}=.313					
$F_{(1,198)}$=90.363 p=.000					

Tablo 2'teki basit doğrusal regresyon analizi sonucunda, oluşturulan regresyon modelinin istatistiksel açıdan anlamlı olduğu belirlenmiştir. ($F_{(1,198)}$=90.363;p=.000). Modelde yer alan bilişsel davranışçı fiziksel aktivite düzeyinin öz kontrol üzerinde anlamlı bir yordayıcı olduğu belirlenmiştir. Standardize edilmiş regresyon katsayısına (β) göre bilişsel davranışçı fiziksel aktivite düzeyi öz kontrolü pozitif yönde ve anlamlı biçimde yordamaktadır (β=.560; t=9.506; p=.000).

Regresyon katsayısına ilişkin t-testi sonuçları incelendiğinde bilişsel davranışçı fiziksel aktivite düzeyinin öz kontrol üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu görülmektedir. Modelde yer alan değişken öz kontrol değişkenindeki varyansın yaklaşık %31.3'ünü açıklamaktadır (R=.560; R^2_{adj}=.313).

Elde edilen bulgular, bilişsel davranışçı fiziksel aktivite düzeyi arttıkça bireylerin öz kontrol düzeylerinin de arttığını göstermektedir. Sabit katsayının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı (p=.056) görülmekle birlikte, sosyal bilimlerde regresyon analizlerinde sabit katsayının anlamlı olmaması modelin yorumlanmasını etkilememektedir. Modelde esas olarak bağımsız değişkenin regresyon katsayısı ve modelin açıklayıcılık düzeyi dikkate alınmaktadır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Araştırmada tespit edilen bulgulara bakıldığında; bilişsel davranışçı fiziksel aktivite düzeyi ile öz kontrol arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı incelenmiş ve bilişsel davranışçı fiziksel aktivite düzeyinin öz kontrolü ne kadar açıkladığı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Korelasyon analizi bulguları değerlendirildiğinde, bilişsel davranışçı fiziksel aktivite ile öz kontrol arasında pozitif yönlü ve orta düzeyde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu bulgu, bireylerin bilişsel davranışçı fiziksel aktivite düzeylerindeki artışın, öz kontrol düzeylerindeki artışla birlikte görüldüğünü ortaya koymaktadır. Başka bir ifadeyle, fiziksel aktiviteye ilişkin bilişsel ve davranışsal eğilimleri daha yüksek olan bireylerin öz kontrol düzeylerinin de daha yüksek olduğu söylenebilir.

Elde edilen sonuçlar, fiziksel aktivitenin bireylerin öz kontrol, psikolojik iyi oluş, özgüven ve yaşam kalitesi üzerindeki olumlu etkilerini ortaya koyan önceki araştırmalarla paralellik göstermektedir. Nitekim fiziksel aktivite ile öz denetim arasındaki ilişkiyi inceleyen Boat ve Cooper (2019), düzenli egzersizin öz kontrol becerilerini geliştirdiğini ve bireylerin davranışlarını daha etkili bir şekilde düzenlemelerine katkı sağladığını belirtmiştir. Benzer şekilde, Elmas ve arkadaşları (2021) tarafından üniversite öğrencileri üzerinde gerçekleştirilen araştırmada, fiziksel aktivite düzeyi ile psikolojik iyi oluş arasında pozitif yönlü ve anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiş, fiziksel aktiviteye katılımın öğrencilerin psikolojik iyi oluş düzeylerini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca Durukan ve Aydın (2025), fiziksel aktivite düzeyi ile özgüven arasında pozitif yönlü anlamlı bir ilişki tespit etmiş ve fiziksel olarak daha aktif bireylerin daha yüksek özgüven düzeylerine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bununla birlikte Bozdağ (2019), üniversite öğrencilerinin fiziksel aktivite düzeyleri ile yaşam kaliteleri arasındaki ilişkiyi incelemiş ve fiziksel aktivite düzeyindeki artışın yaşam kalitesinin çeşitli boyutlarıyla anlamlı biçimde ilişkili olduğunu belirlemiştir. Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, fiziksel aktivitenin yalnızca fiziksel sağlık üzerinde değil, aynı zamanda

bireylerin öz düzenleme, psikolojik iyi oluş, özgüven ve yaşam kalitesi gibi psikososyal özellikleri üzerinde de önemli katkılar sağladığı söylenebilir.
Düzenli egzersizin bireylerin bilişsel süreçlerini desteklediği, stres düzeyini azalttığı ve psikolojik dayanıklılığı artırdığı bilinmektedir (Best, 2010; Diamond & Ling, 2016). Fiziksel aktivitenin yürütücü işlevler, dikkat kontrolü ve öz düzenleme becerileri üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu, bunun da öz kontrol mekanizmalarının gelişimine katkı sağladığı belirtilmektedir (Diamond & Ling, 2016). Nitekim fiziksel aktivite düzeyi yüksek bireylerin, düşük fiziksel aktivite düzeyine sahip bireylere göre daha yüksek öz kontrol puanları sergiledikleri ve davranışlarını daha etkili biçimde düzenleyebildikleri rapor edilmiştir (Hu et al., 2025). Orta ve yüksek düzeyde fiziksel aktivite gösteren bireylerin, düşük düzeyde fiziksel aktivite gösteren bireylere göre daha yüksek öz kontrol puanlarına sahip olması, fiziksel aktivitenin bireylerin davranışlarını düzenleme ve kontrol etme süreçlerine olumlu katkı sağlayabileceğine işaret etmektedir. (Hu et al., 2025).
Çalışmanın sonuçları doğrultusunda bireylerin düzenli fiziksel aktivite alışkanlığı kazanmalarının yalnızca fiziksel sağlık açısından değil, psikolojik ve davranışsal gelişim açısından da önemli olduğu söylenebilir. Eğitim kurumlarında, iş yaşamında ve toplum temelli sağlık politikalarında fiziksel aktiviteyi teşvik eden uygulamaların artırılması, bireylerin öz kontrol becerilerinin gelişimine katkı sağlayabilir.
Bununla birlikte araştırmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Verilerin öz bildirim ölçekleri aracılığıyla toplanmış olması katılımcı yanlılığına neden olabilir. Ayrıca çalışmanın belirli bir örneklem grubu ile sınırlı olması, sonuçların genellenebilirliğini kısıtlamaktadır. Gelecekte gerçekleştirilecek araştırmalarda, farklı yaş gruplarını ve çeşitli kültürel örneklemleri kapsayan boylamsal araştırma desenlerinin kullanılması önerilmektedir.. Bunun yanı sıra fiziksel aktivitenin süresi, türü ve yoğunluğunun öz kontrol üzerindeki etkilerinin daha ayrıntılı biçimde incelenmesi literatüre katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Alternatif olarak spor bilimleri alanında daha güçlü ve çok atıf alan kaynaklar kullanmak isterseniz şu kaynakları da ekleyebilirsiniz:

Baumeister, R. F., & Vohs, K. D. (2007). Self-regulation, ego depletion, and motivation. *Social and Personality Psychology Compass, 1*(1), 115–128.
Baumeister, R. F., Vohs, K. D., & Tice, D. M. (2007). The strength model of self-control. *Current Directions in Psychological Science, 16*(6), 351–355.
Best, J. R. (2010). The effects of physical activity on children's executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. Developmental Review, 30(4), 331–351. https://doi.org/10.1016/j.dr.2010.08.001
Boat R, Cooper SB. Öz Kontrol ve Egzersiz: Çift Yönlü İlişkinin Gözden Geçirilmesi. *Beyin Plastisitesi* . 2019;5(1):97-104. doi: 10.3233/BPL-190082
Bozdağ, B. (2019). Üniversite öğrencilerinin fiziksel aktivite düzeyleri ile yaşam kaliteleri arasındaki ilişkinin incelenmesi.
Budak, S. (2009). Psikoloji sözlüğü. Ankara: Bilim ve Sanat Yayınları.
Cavill, N., Kahlmeier, S., ve Racioppi, F. (2006). Physical activity and health in Europe: evidence for action. WHO Europe, Copenhagen, Denmark,
Diamond, A., & Ling, D. S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. Developmental Cognitive Neuroscience, 18, 34–48. https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.11.005
Dönmez, S. (2007). Çocuklar ve fiziksel aktivite, İnternet adresi: http://www.sdonmez.com/sf-index-of-cocuklar_ve_fiziksel_aktivite-cp-2_59.htm, Erişim tarihi: 19.07.2007.
Duckworth, A. L. (2009). Self-discipline is empowering. Phi Delta Kappan, 90(7), 536- 536.

Duckworth, A. L. ve Seligman, M. E. P. (2006). Self-discipline gives girls the edge: Gender in self-discipline, grades, and achievement test scores. Journal of Educational Psychology, 98(1), 198-208. https://doi.org/10.1037/0022- 0663.98.1.198
Durukan, E. ve Aydın, G. (2025). Ekonomik Aktivitenin Sosyal Görünüş Kaygısı ve Özgüven Düzeylerine Etkisi. CBÜ Beden Eğitimi Ve Spor Bilimleri Dergisi , 20 (1), 13-24. https://doi.org/10.33459/cbubesbd.1481301

Elmas, L., Yüceant, M., Ünlü, H., & Bahadır, Z. (2021). Üniversite öğrencilerinin fiziksel aktivite düzeyleri ile psikolojik iyi oluş durumları arasındaki ilişkinin incelenmesi. Sportive, 4(1), 1-17.
Englert (2016) — The Strength Model of Self-Control in Sport and Exercise Psychology
George, D., & Mallery, P. (2019). IBM SPSS statistics 26 step by step: A simple guide and reference (16th ed.). Routledge.
Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. Nature Reviews Neuroscience, 9(1), 58–65. https://doi.org/10.1038/nrn2298
Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. Nature Reviews Neuroscience, 9(1), 58–65. https://doi.org/10.1038/nrn2298
Hu, Y., Zhang, X., Li, J., Wang, Y., & Chen, L. (2025). The impact of physical exercise on college students' mental health: The mediating role of self-control and resilience. Scientific Reports, 15, Article 12874. https://doi.org/10.1038/s41598-025-12874-x
Karasar, N. (2005). Bilimsel araştırma ve yöntemi (15. baskı). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
Oaten, M., & Cheng, K. (2006). Longitudinal gains in self-regulation from regular physical exercise. British Journal of Health Psychology, 11(4), 717–733. https://doi.org/10.1348/135910706X96481
Ratey, J. J., & Loehr, J. E. (2011). The positive impact of physical activity on cognition during adulthood: A review of underlying mechanisms, evidence and recommendations. Reviews in the Neurosciences, 22(2), 171–185. https://doi.org/10.1515/RNS.2011.017
Vaizoğlu, S.A., Akça, O., Akdağ, A., Akpınar, A., Omar, A.H., Coşkun, D., Güler, Ç. (2004). Genç erişkinlerde fiziksel aktivite düzeyinin belirlenmesi. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 3(4) 63-71.
World Health Organization. (2020). WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. World Health Organization. https://www.who.int/publications/i/item/9789240015128

PEDİATRİK β-TALASEMİ MAJOR TANILI HASTALARDA ÜRİNER SİSTEM TAŞ HASTALIĞI
URINARY STONE DISEASE IN PEDIATRIC PATIENTS WITH β-THALASSEMIA MAJOR

Serkan Yenigürbüz, MD[1]
[1] Department of Urology, Sultan Abdülhamid Han Training and Research Hospital, University of Health Sciences, Istanbul, Türkiye

ÖZET
Amaç: Pediatrik β-talasemi major hastalarında üriner sistem taş hastalığına ilişkin veriler sınırlıdır. Bu çalışmada β-talasemi major tanılı çocuklarda üriner sistem taşlarının klinik özellikleri ve tedavi yaklaşımlarının değerlendirilmesi amaçlandı.
Gereç ve Yöntem: Ağustos 2016–Nisan 2018 tarihleri arasında Şanlıurfa Mehmet Akif İnan Eğitim ve Araştırma Hastanesi Üroloji Kliniğine üriner sistem taşı nedeniyle yönlendirilen β-talasemi major tanılı 24 çocuk hastanın kayıtları retrospektif olarak incelendi. Demografik özellikler, taş lokalizasyonu, sayısı ve boyutu, bilateralite, hidronefroz ve uygulanan tedaviler değerlendirildi.
Bulgular: Hastaların ortanca yaşı 13,2 yıl olup 14'ü (%58,3) erkekti. Taşların 15'i (%62,5) renal, 9'u (%37,5) üreteral yerleşimliydi. Ortanca taş çapı 8 mm (5–14 mm) idi. Beş hastada (%20,8) multipl, 3 hastada (%12,5) bilateral taş ve 7 hastada (%29,2) hidronefroz saptandı. Hastaların 13'üne (%54,2) ESWL uygulandı ve nihai taşsızlık oranı %84,6 (11/13) idi. Ciddi işlem ilişkili komplikasyon gözlenmedi.
Sonuç: β-talasemi major tanılı çocuklarda üriner sistem taşları çoğunlukla renal yerleşimli olmakla birlikte multipl ve bilateral taşlar ile hidronefroz görülebilmektedir. Tedavi taş özellikleri ve klinik bulgulara göre bireyselleştirilmelidir. Uygun seçilmiş olgularda ESWL ile yüksek taşsızlık oranları elde edilebilir.
Anahtar Kelimeler: β-talasemi major, pediatrik ürolitiazis, nefrolitiazis, ESWL

ABSTRACT
Objective: Data on urinary stone disease in pediatric patients with β-thalassemia major are limited. This study aimed to evaluate the clinical characteristics of urinary stones and treatment approaches in children with β-thalassemia major.
Materials and Methods: The medical records of 24 pediatric patients with β-thalassemia major who were referred to the Department of Urology at Şanlıurfa Mehmet Akif İnan Training and Research Hospital for urinary stone disease between August 2016 and April 2018 were retrospectively reviewed. Demographic characteristics, stone location, number and size, bilaterality, hydronephrosis, and treatment modalities were evaluated.
Results: The median age was 13.2 years, and 14 patients (58.3%) were male. Stones were renal in 15 patients (62.5%) and ureteral in 9 (37.5%). The median stone diameter was 8 mm (range, 5–14 mm). Multiple stones were detected in 5 patients (20.8%), bilateral stones in 3 (12.5%), and hydronephrosis in 7 (29.2%). Extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL) was performed in 13 patients (54.2%), with a final stone-free rate of 84.6% (11/13). No serious procedure-related complications were observed.
Conclusion: Urinary stones in children with β-thalassemia major were predominantly renal; however, multiple and bilateral stones and hydronephrosis were also observed. Treatment should be individualized according to stone characteristics and clinical findings. In appropriately selected patients, high stone-free rates may be achieved with ESWL.
Keywords: β-thalassemia major, pediatric urolithiasis, nephrolithiasis, ESWL

INTRODUCTION

Pediatric urolithiasis is an important clinical problem because metabolic abnormalities and underlying systemic disorders are relatively common in affected children, and recurrence may occur over a long lifetime. Contemporary pediatric stone guidelines therefore emphasize etiologic evaluation, prevention of recurrence, and treatment strategies tailored to stone burden, location, urinary tract anatomy, obstruction, and infection [1].

β-Thalassemia major is a chronic transfusion-dependent hemoglobinopathy in which improved transfusion and iron-chelation strategies have substantially prolonged survival. As a consequence, long-term complications involving organs other than the hematopoietic system have become increasingly relevant. Renal injury in transfusion-dependent β-thalassemia is considered multifactorial and has been associated with chronic anemia and hypoxia, iron overload, oxidative stress, and potential nephrotoxicity of iron-chelation therapy [2]. Tubular abnormalities may be present even when conventional measures of glomerular filtration remain within the normal range.

Hypercalciuria is particularly relevant from a urological perspective. In a recent cohort of patients with β-thalassemia major, hypercalciuria was frequent and kidney stones were more common among hypercalciuric than normocalciuric patients [3]. Although those data were obtained predominantly from adults and should not be directly extrapolated to children, they support a biologically plausible association between β-thalassemia-related renal tubular/metabolic alterations and urinary stone formation.

Management has likewise evolved toward minimally invasive strategies. Observation may be appropriate for selected small, nonobstructing stones, whereas intervention is considered according to symptoms, obstruction, infection, stone growth, location, and likelihood of spontaneous passage. ESWL, ureteroscopy/flexible ureteroscopy, and percutaneous techniques all have established roles in children. The choice of modality should aim to achieve stone clearance with the lowest reasonable procedural burden while accounting for the child's anatomy and the potential need for anesthesia or repeated treatment [1,4].

The clinical approach to pediatric urolithiasis differs in several respects from that in adults. Radiation exposure is a major concern, and ultrasonography is generally favored as the initial imaging modality whenever it can provide adequate diagnostic information. Beyond detecting the stone itself, imaging should assess stone location and burden, collecting-system dilatation, possible obstruction, and relevant urinary tract anatomy. Because a first stone event in childhood may be the initial manifestation of a metabolic or anatomical disorder, diagnostic evaluation should also be directed toward identifying modifiable causes and estimating recurrence risk [1].

Evidence specifically describing the urological characteristics and treatment outcomes of urinary stones in pediatric patients with β-thalassemia major remains limited. The present study therefore aimed to evaluate stone location, burden, associated hydronephrosis, and treatment approaches in children with β-thalassemia major referred to a urology clinic for urinary stone disease.

MATERIALS AND METHODS

The medical records of 24 pediatric patients with β-thalassemia major who were referred to the Department of Urology at Şanlıurfa Mehmet Akif İnan Training and Research Hospital for urinary stone disease between August 2016 and April 2018 were retrospectively reviewed.

Age and sex were recorded together with stone location, number, and maximum diameter. The presence of bilateral stones and hydronephrosis was also evaluated. Urological treatment modalities were reviewed. Treatment decisions were individualized according to stone size and location, stone burden, the presence of urinary obstruction, and the clinical characteristics of each patient.

For patients treated with extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL), the final stone-free status and serious procedure-related complications were recorded. Because the study was based on patients referred to the urology clinic with established urinary stone disease, the study design was not intended to determine the prevalence of urolithiasis among all children with β-thalassemia major.

The analysis was primarily descriptive and was intended to characterize the urological presentation and treatment profile of this selected clinical series. Accordingly, the findings are presented as patient counts, proportions, and measures of central tendency as available in the clinical dataset; no prevalence estimate for the underlying β-thalassemia major population was calculated.

RESULTS

The study included 24 pediatric patients. The median age was 13.2 years, and 14 patients (58.3%) were male. Stones were located in the kidney in 15 patients (62.5%) and in the ureter in 9 patients (37.5%). The median maximum stone diameter was 8 mm (range, 5–14 mm).

Multiple stones were present in 5 patients (20.8%), bilateral stones in 3 (12.5%), and hydronephrosis in 7 (29.2%). ESWL was performed in 13 patients (54.2%). A final stone-free status was achieved in 11 of these 13 patients, corresponding to a stone-free rate of 84.6%. No serious procedure-related complications were observed.

DISCUSSION

The present study provides a urological perspective on urinary stone disease in pediatric patients with β-thalassemia major. In our cohort, renal stones were more common than ureteral stones, accounting for 62.5% and 37.5% of cases, respectively. In addition, 20.8% of the patients had multiple stones, 12.5% had bilateral stone disease, and hydronephrosis was detected in 29.2%. These findings indicate that urolithiasis in children with β-thalassemia major may not be limited to isolated uncomplicated renal calculi and may present with a clinically relevant stone burden and upper urinary tract obstruction.

Renal involvement in β-thalassemia major is considered multifactorial. Chronic anemia and tissue hypoxia, iron overload due to repeated transfusions, oxidative stress, and the potential renal effects of iron-chelation therapy may contribute to both glomerular and tubular dysfunction [2]. From a urological perspective, tubular dysfunction is particularly important because alterations in urinary calcium, phosphate, uric acid, and other solutes may create a metabolic environment favorable for stone formation. Previous studies have demonstrated tubular abnormalities even in patients with apparently preserved conventional renal function [2]. Therefore, urinary stone disease in β-thalassemia major should not necessarily be regarded as an isolated mechanical condition.

Hypercalciuria may represent one of the most relevant metabolic links between β-thalassemia major and urolithiasis. Aliberti et al. reported a high prevalence of hypercalciuria in patients with β-thalassemia major and found nephrolithiasis more frequently in hypercalciuric than in normocalciuric patients [3]. Although these observations were derived mainly from an adult population and cannot be directly extrapolated to children, they provide a plausible pathophysiological background for stone formation in β-thalassemia. In our series, the presence of multiple stones in 20.8% and bilateral stones in 12.5% of patients may further support the importance of considering an underlying metabolic predisposition. However, because detailed urinary metabolic parameters and stone composition were not systematically available in our cohort, a direct association between these findings and specific metabolic abnormalities cannot be established.

Another clinically important finding of our study was the presence of hydronephrosis in 7 of 24 patients (29.2%). Furthermore, 37.5% of the stones were located in the ureter. These findings emphasize the importance of evaluating obstruction and its potential consequences in addition to documenting stone size and location. This may be particularly relevant in children

with β-thalassemia major, in whom pre-existing renal tubular or functional abnormalities may coexist. Therefore, imaging follow-up should not focus solely on residual stone burden but should also assess urinary tract dilatation and possible obstruction.

The median stone diameter in our cohort was 8 mm, with a range of 5–14 mm. Stone size, location, anatomy, obstruction, infection, and the likelihood of spontaneous passage are major determinants of treatment selection in pediatric urolithiasis [1]. ESWL, ureteroscopy/flexible ureteroscopy, and percutaneous techniques all have established roles in children. The choice of modality should aim to achieve stone clearance with the lowest reasonable procedural burden while accounting for the child's anatomy and the potential need for anesthesia or repeated treatment.

In the present study, ESWL was performed in 13 of 24 patients (54.2%). Final stone-free status was achieved in 11 of these 13 patients, corresponding to a stone-free rate of 84.6%. This represents one of the clinically relevant findings of our series. Contemporary pediatric literature supports ESWL as an effective minimally invasive treatment in appropriately selected patients, although success is influenced by stone size, location, composition, and treatment-related factors [1,4]. Our stone-free rate of 84.6% is consistent with the generally favorable outcomes reported for pediatric ESWL. In addition, no serious procedure-related complications were observed in our cohort, supporting the feasibility of ESWL in selected children with β-thalassemia major.

Nevertheless, the ESWL results should be interpreted cautiously. Only 13 patients underwent ESWL, and our study did not include a comparator group treated with ureteroscopy or other surgical modalities. Therefore, the present findings cannot demonstrate superiority of ESWL over alternative interventions. Rather, they suggest that ESWL can achieve a high final stone-free rate with an acceptable safety profile when patients are appropriately selected. This is particularly relevant in children, in whom minimizing invasiveness and procedural morbidity is an important component of treatment planning.

Taken together, the distribution of stones and the rates of multiple stones, bilateral involvement, and hydronephrosis observed in our cohort suggest that pediatric patients with β-thalassemia major and urolithiasis warrant a comprehensive urological assessment. Beyond treatment of the index stone, evaluation of potential metabolic abnormalities and strategies for recurrence prevention may be particularly important in this population. The coexistence of a chronic systemic disease with potential renal tubular involvement further supports a multidisciplinary approach involving pediatric hematology, pediatric nephrology, and urology when indicated.

The present study has several limitations. Its retrospective, single-center design and relatively small sample size limit the generalizability of the findings. Detailed metabolic urine analyses, iron-chelation regimens, duration of chelation therapy, and stone composition were not available as standardized variables for all patients. Moreover, because our cohort consisted specifically of children referred to the urology clinic with established urinary stone disease, the study cannot provide an estimate of the prevalence of urolithiasis among all pediatric patients with β-thalassemia major. Despite these limitations, the study provides clinically relevant urological data from a relatively uncommon patient population and demonstrates that stone disease in these children may include ureteral involvement, multiple or bilateral stones, hydronephrosis, and a need for active intervention. Our findings also suggest that ESWL may provide satisfactory stone clearance in appropriately selected patients.

Larger prospective studies incorporating systematic metabolic evaluation, urinary calcium excretion, stone composition, iron burden, and detailed chelation exposure are required to better define the mechanisms of stone formation and optimize prevention and treatment strategies in children with β-thalassemia major.

CONCLUSION

Urinary stone disease in children with β-thalassemia major may present with renal or ureteral stones and may be accompanied by multiple stones, bilateral disease, and hydronephrosis. Urological management should be individualized according to stone size, location, burden, and the presence of obstruction. In appropriately selected patients, ESWL may achieve a high stone-free rate with a favorable safety profile. Because β-thalassemia major may also be associated with renal tubular and metabolic abnormalities, metabolic evaluation and recurrence prevention should be considered as part of long-term urological follow-up. Larger prospective pediatric studies incorporating metabolic evaluation, chelation exposure, and stone composition are warranted.

REFERENCES

1. Zeng G, Zhu W, Somani B, et al. International Alliance of Urolithiasis (IAU) guidelines on the management of pediatric urolithiasis. Urolithiasis. 2024;52(1):124. doi:10.1007/s00240-024-01621-z.
2. Tanous O, Azulay Y, Halevy R, et al. Renal function in β-thalassemia major patients treated with two different iron-chelation regimes. BMC Nephrol. 2021;22:418. doi:10.1186/s12882-021-02630-5.
3. Aliberti L, Gagliardi I, Gamberini MR, et al. Beta-thalassaemia major: prevalence, risk factors and clinical consequences of hypercalciuria. Br J Haematol. 2022;198(5):903-911. doi:10.1111/bjh.18345.
4. Xiao K, Zhou L, Zhu S, Lin L, Di X, Li H. Which frequency is better for pediatric shock wave lithotripsy? Low intermediate or high: a systematic review and meta-analysis. Front Surg. 2023;10:1063159. doi:10.3389/fsurg.2023.1063159.
5. Geraghty R, Lombardo R, Yuan C, et al. Outcomes of flexible ureteroscopy vs extracorporeal shock wave lithotripsy for renal stones in pediatric patients: a European Association of Urology Urolithiasis Guidelines systematic review and meta-analysis. J Urol. 2023;210(6):876-887. doi:10.1097/JU.0000000000003696.
6. Chatzikrachtis N, Tzelves L, Geraghty R, et al. Complication rate after pediatric shock wave lithotripsy according to Clavien-Dindo grading system: results from a systematic review and meta-analysis of the existing literature. World J Urol. 2023;41(3):829-835. doi:10.1007/s00345-022-04267-x.
7. Skolarikos A, Somani B, Neisius A, et al. Metabolic evaluation and recurrence prevention for urinary stone patients: an EAU Guidelines update. Eur Urol. 2024;86(4):343-363. doi:10.1016/j.eururo.2024.05.029.

HARÇSIZ YAPI TEKTONİĞİ: KURU DUVAR SİSTEMLERİNİN YAPISAL ANALİZİ

Arş. Gör. Sinan Çelik,
Gebze Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
Prof. Dr. Nilay Coşgun
Gebze Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

ÖZET
Mimari bir eleman olan duvar, tarihsel süreç içerisinde yalnızca masif-taşıyıcı bir kütle olmaktan çıkmıştır. Günümüzde hafif, çok katmanlı ve performansa dayalı bir yapı elemanına dönüşmüştür. Geleneksel ıslak-harçlı yapım teknikleri yüksek karbon salımına, malzeme israfına ve uzun şantiye sürelerine neden olabilmektedir. Buna karşılık yapıştırıcı harç veya kimyasal gerektirmeyen kuru duvar sistemleri, mekanik birleşim mantığıyla daha sürdürülebilir bir alternatif sunmaktadır. Çalışmanın amacı, duvarın bu tektonik evrimini ıslak ve kuru yapım sistemleri arasındaki imalat farklılıkları üzerinden incelemektir. Ayrıca güncel kuru duvar sistemlerinin yapısal özelliklerini ve endüstrileşme potansiyellerini değerlendirmek hedeflenmiştir. Araştırmanın kapsamını taşıyıcı olmayan güncel kuru duvar sistemleri oluşturmaktadır. Geleneksel yığma duvarlar ve geçiş sistemi olarak kabul edilebilecek latalı-bağdadi duvarlar analizin dışında bırakılmıştır. Çalışmada yöntem olarak literatür taraması ve örnek vaka incelemeleri kullanılmıştır. Çağdaş kuru imalat sistemleri üzerinden eleman bazında yapım süreci analizleri yapılmıştır. Elde edilen bulgular; kuru duvarların, hafif yapıları sayesinde binanın zati yükünü azalttığını, üretim hızını ve hassasiyetini artırdığını, malzeme israfını önlediğini ve deprem dayanımına katkı sağladığını göstermektedir. İncelenen sistemlerin sökülebilirlik, atık azaltımı, mekânsal uyarlanabilirlik ve döngüsel ekonomi açısından uyumlu olduğu görülmüştür. Bunlara ek olarak geleneksel inşaat üretim alışkanlıkları ile endüstriyel kuru üretim yapısının uyuşmaması, kuru duvarların ıslak imalatın yerini tamamen almasını engellemektedir. Ancak enerji krizleri ve hızlı yapılaşma ihtiyacı, sökülebilir duvar üretimini giderek daha önemli hale getirmektedir. Yapı sektörünün yerinde inşa etme pratiğinden endüstriyel montaj pratiğine geçmesi önem arz etmektedir. Bu dönüşümün sağlanabilmesi için tasarım süreçlerinin başından itibaren modülarite, sökülebilirlik ve döngüsel ekonomi ilkeleriyle kurgulanması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kuru Duvar, Mekanik Birleşim, Modülarite, Sökülebilirlik, Döngüsellik.

MORTARLESS BUILDING TECTONICS: STRUCTURAL ANALYSIS OF DRYWALL SYSTEMS

ABSTRACT
Throughout history, the wall as an architectural element has evolved beyond being merely a massive, load-bearing entity. Today, it has transformed into a lightweight, multi-layered, and performance-based building component. Traditional wet-mortar construction techniques can lead to high carbon emissions, material waste, and prolonged on-site construction times. In contrast, dry construction systems, which do not require adhesive mortar or chemicals, offer a

more sustainable alternative through the logic of mechanical joints. The aim of this study is to examine this tectonic evolution of the wall through the manufacturing differences between wet and dry construction systems. Furthermore, it aims to evaluate the structural characteristics and industrialization potentials of contemporary dry wall systems. The scope of the research consists of non-load-bearing contemporary dry wall systems. Traditional masonry walls and lath and plaster walls, which can be considered transitional systems, have been excluded from the analysis. The study employs a literature review and case studies as its methodology. Component-based construction process analyses have been conducted on contemporary dry manufacturing systems. The findings indicate that dry walls, due to their lightweight nature, reduce the dead load of the building, increase production speed and precision, prevent material waste, and contribute to seismic resistance. The examined systems are found to be compatible with demountability, waste reduction, spatial adaptability, and the circular economy. In addition, the mismatch between traditional construction production habits and industrial dry production structures prevents dry walls from completely replacing wet construction. However, energy crises and the need for rapid urbanization make demountable wall production increasingly important. It is crucial for the construction sector to transition from on-site construction practices to industrial assembly practices. To achieve this transformation, it is recommended that design processes be structured around the principles of modularity, demountability, and the circular economy from the very beginning.

Keywords: Dry Construction, Mechanical Joint, Modularity, Demountability, Circularity.

GİRİŞ

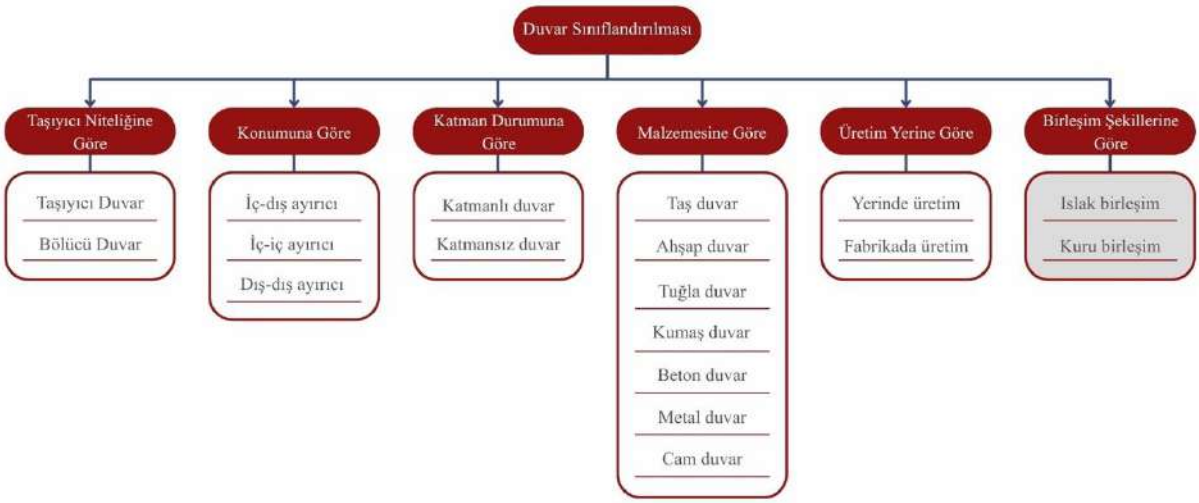
İnsanlık yerleşik hayata geçişinden bu yana barınmaya ihtiyaç duymuştur. Bu ihtiyacını iç-dış olarak ayırıcı bir eleman olan duvar ile oluşturduğu barınak mekânı ile gidermiştir. Barınma ihtiyacını giderirken kurulan mekânlar, malzeme ve yapım bilgisini geliştirmiştir. Tarihsel süreçte kümülatif olarak gelişen yapma biçimi yaşanan teknolojik gelişmelerden de etkilenmiştir. Sanayi Devrimi'yle gelen endüstrileşme, yapı sektörünü de dönüştürmüştür. Yapı sektöründe endüstrileşme arayışları giderek hız kazanırken, su bazlı bağlayıcılarla inşa edilen geleneksel "ıslak yapım" sistemlerinin yüksek karbon salımına neden olması ve şantiyede üretimi yavaşlatması önemli bir problem olarak öne çıkmaktadır.

Harç gerektirmeyen, mekanik bağlantılarla kurulan ve katmanlı yapısı sayesinde endüstriyel üretime uygunluk gösteren "kuru yapım" sistemlerinin incelenmesi bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Yapı elemanlarından duvar, bu sistemlerin en belirgin uygulama alanlarından birini oluşturmaktadır. Kuru duvarların sağladığı avantajlarla birlikte günümüzde ıslak duvarların yerini alamaması araştırmanın temel problemini ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda araştırmanın temel amacı, duvar sistemlerinin tarihsel gelişimini ve birleşim şekillerine (ıslak/kimyasal ve kuru/mekanik) göre tektonik ayrımlarını inceleyerek kuru duvar sistemlerinin yapısal özelliklerini, uygulama pratiklerini ve endüstrileşme potansiyelini ortaya koymaktır. Çalışma kapsamında, taşıyıcı olmayan duvar elemanları malzeme ve montaj bağlamında incelenmiştir. Bu bağlamda, terminolojik bütünlüğü sağlamak amacıyla geniş kapsamlı bir inşa kavramını ifade eden kuru yapım ile bu kavramın mimari eleman ölçeğindeki pratik karşılığı olan kuru sistemler ve kuru duvar kavramları birbirinin yerine ve birbirini destekleyecek şekilde çalışmada kullanılmıştır. Geleneksel harçsız yığma duvarlar ve ıslak/geleneksel latalı geçiş sistemleri analizin dışında bırakılarak, güncel kuru duvar sistemlerine odaklanılması ise araştırmanın sınırlarını çizmektedir. Yöntem olarak literatür taramasının yanı sıra, kuru duvar sistemlerinin eleman bazında yapım süreci analizleri ve örnek binalar üzerinden vaka incelemeleri kullanılmıştır. Bu araştırmanın, kuru duvarın potansiyelini

inceleme ve inşaat pratikleri için teorik bir altyapı sunması bakımından literatüre katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

DUVAR TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI/ TARİHSEL VE TEKTONİK EVRİMİ

Duvar mekânı tanımlayan, sınırlandıran mimari bir elemandır. Mimarlık ve yapı teknolojilerinde duvar, yapıları oluşturan temel düşey taşıyıcı veya bölücü elemandır. Temel işlevlerinden biri olan mekânsal ayırıcılık sayesinde bu elemanlar, yapının çevresiyle olan ilişkisini iç-dış sınırı çizerek belirlerken, yapı içindeki mahâllerin kendi aralarındaki organizasyonunu da iç-iç durumu ile kurgular. Yapısal bütünlük açısından incelendiğinde duvarlar, binalardaki yükleri temele aktarıp aktarmamalarına yani taşıyıcı-taşıyıcı olmama durumuna göre sınıflandırılırken, mimari tasarımdaki konumuna göre ise dış cephede veya iç bölmelerde yer alarak farklı görevler üstlenirler. Bir yapının konfor şartlarını sağlamak için duvarlardan beklenen en önemli performans kriterleri arasında çevresel faktörlere karşı etkili bir ısı, su, nem ve ses yalıtımı sunmaları bulunmaktadır. Bu çok yönlü gereksinimleri karşılamak amacıyla duvarlar, tek tip malzemeden oluşan katmansız sistemler olarak veya farklı fonksiyonlara sahip bileşenlerle oluşturulan katmanlı sistemler şeklinde tasarlanabilir. Taşıdıkları yüke ve estetik ihtiyaçlara bağlı olarak duvarlar; taş, ahşap, tuğla, kumaş, beton, metal veya cam vs. kullanıldıkları malzemesine göre geniş bir yapısal çeşitlilik göstermektedir. Duvarlar, üretim ve imalat-montaj aşamasındaki birleşim şekillerine göre incelendiğinde ise harç gibi su bazlı bağlayıcılarla örülen ıslak duvarlar veya mekanik bağlantı elemanlarıyla ıslak birleşim kullanılmadan monte edilen kuru duvarlar olarak sınıflandırılmaktadır. Güncel inşaat yöntemleriyle birlikte duvarlar, doğrudan şantiyede yerinde inşa edilebileceği gibi fabrikada hazırlanmış ön üretimli duvarlar şeklinde üretim yerlerine göre de farklılaşır. Tüm bu özellikleriyle duvarlar, bir yapının hem fiziksel olarak ayakta kalmasını hem de mekânsal organizasyonunu sağlayan temel mimari bileşenlerdir. Duvar sınıflandırılması Şekil 1'de yer almaktadır. Bu çalışmada birleşim şekillerine göre ıslak-kuru duvar sistemlerini ele alarak kuru duvar çalışmalarına odaklanılmaktadır.



Şekil 1. Duvar sınıflandırması (Celik, 2026)

Duvarın Tarihsel Gelişimi

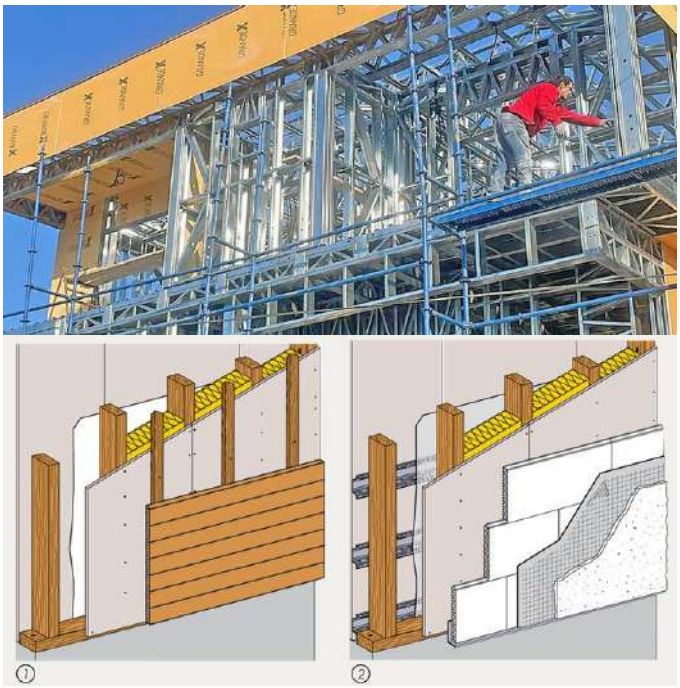
Mimarlık perspektifinden duvar, tarihsel süreç içerisinde binaların inşasında ve mekânları sınırlandırmada kullanılan temel mimari elemandır. Duvarın tarihsel süreçteki gelişimi malzeme bilgisindeki gelişmeler, strüktürel tasarım anlayışındaki değişimler ve yapım süreçlerinin endüstrileşmesi ile doğrudan bağlantılı olduğu söylenebilir. İnsanlık tarihi boyunca

duvar, yerçekimi ile ayakta duran ve yanal yüklere karşı dirençli masif, tekil ve taşıyıcı bir öğe olmaktan çıkmıştır. Çağdaş dönemde farklı yapı fiziği gereksinimlerini (ısı, ses, nem yalıtımı) karşılayan, hafif, çok katmanlı ve ön üretimli bir kabuk elemanına dönüşmüştür (Frampton, 1995).
İlk duvarların inşası, çevrede bulunan taş ve kerpiç gibi doğal malzemelerin işlenmeden veya kısmen işlenerek üst üste yığılması prensibine dayanmaktadır. Yığma sistemlerde duvarın fiziksel özelliği, basınca çalışması ve yapının kendi ağırlığı ile yanal yükleri zemine aktaran doğrudan taşıyıcı sistem olmasıdır (Heyman, 1995).
Taş, kerpiç gibi malzemelerin statik açıdan çekme mukavemetinin zayıf olması, duvarın dayanımını artırmak için daha kalın ve masif inşa edildiği söylenebilir. Fitchen (1986), geleneksel yığma duvar inşasının kas gücüne ve yavaş ilerleyen bir yapım sürecine dayandığını, malzemenin ağır olmasının ise yapının boyutlarını ve cephedeki açıklıkların büyüklüklerini ve mesafelerini sınırlandırdığını belirtmektedir. Bu dönemde duvar, hem yapının taşıyıcılığını hem de çevre koşullarına karşı koruyucu kabuk olma görevini tek bir kütle üzerinden yerine getirmektedir. Sıva dışında bu yapım tekniğinde herhangi bir katmanlaşmadan söz edilemez.

Duvar yapımında ilk kapsamlı dönüşüm, bağlayıcı malzemelerin yapıma dahil edilmesiyle gerçekleştiği söylenebilir. Özellikle Roma mimarisinde puzolanik kül kullanılarak elde edilen hidrolik bağlayıcılar (Roma Betonu), duvarın strüktürel kapasitesini artırmıştır (Jackson, 2014). Lancaster (2005), ıslak yapım tekniğinin, tuğla veya taş örgünün arasına dökülen yapıştırıcı harç sayesinde duvarı homojen ve monolitik bir kütleye dönüştürdüğünü vurgulamaktadır.
Islak yapım sistemleri, duvarın taşıma kapasitesini artırarak daha yüksek yapıların, ince duvarların ve tonoz/kubbe gibi üst örtülerin inşa edilmesine olanak tanımıştır. Ancak geleneksel tuğla/taş ve harç birleşiminden oluşan duvarlar, yapıya fazladan ölü yük eklemektedir. Bu durum, sismik hareketlerin yoğun olduğu yerlerde, yapının deprem kuvvetlerini artırarak göçme riskini de beraberinde getirmektedir (Cowan, 1977).
Duvarın taşıyıcılık görevini kısmen devrettiği bir diğer yapısal değişim ahşap iskelet sistemlerin gelişimiyle yaşanmıştır. Roma'nın Opus Craticium (sazlık üzerine sıva) tekniğinden (Anadolu'da bağdadi) köken alan ve Orta Çağ'dan itibaren Avrupa'da ahşap iskelet (Fachwerk), Anadolu ve Orta Doğu'da ise Hımış gibi isimlerle yaygınlaşan bu sistem duvar yapım tekniğinde bir yenilik olarak kabul edilebilir (Langenbach, 2007). Bu sistemde yapısal yükler, ahşap dikmeler, kirişler ve çapraz payandalar aracılığıyla zemine aktarılır. Duvar ise artık taşıyıcı bir kütle değil ahşap çatkının arasına kerpiç, tuğla, taş veya bağdadi teknikleriyle oluşturulan bir dolgu elemanı konumuna geçmiştir. Langenbach (2007), bu ayrışmanın özellikle sismik bölgelerde dayanımı artırma konusunda önemli olduğunu belirtmektedir. Esnek ahşap iskelet, deprem enerjisini sönümlerken nispeten hafif olan dolgu duvarlar yıkılsa dahi ana genel strüktür ayakta kalabilmektedir. Ahşap karkas yapılar, duvarın strüktür olma görevinden hariç çevresel denetim (ısı korunumu, mahremiyet vs.) sağlayan bir kabuk vasfı görmesini sağlamıştır.
Endüstrileşme ve Kuru Sistemlere Geçiş
Duvarın bir yapı elemanı olarak gelişimi, 19. yüzyıldaki Sanayi Devrimi ile ortaya çıkan çelik ve sonrasında betonarme teknolojileriyle gelişmeye devam etmiştir. İskelet yapım sistemlerinin ortaya çıkması, binanın yükünü kolonlar ve kirişlere aktararak duvarın taşıyıcılık görevini azaltmıştır. Condit (1968), bu yapısal devrimin duvarı tek taşıyıcı olmaktan çıkarıp, mekânları birbirinden ayıran bir bölücü elemana dönüştürdüğünü ifade etmektedir.
Duvarın taşıyıcı olmaması, cephelerde kesintisiz cam kullanımına, yapı planlarında ise iç mekânın serbestçe bölümlenmesine olanak tanımıştır. Bu gelişmeyle duvar tekil bir malzemeden ziyade tuğla, ısı yalıtımı, buhar kesici ve sıva gibi katmanlardan oluşan kompozit bir mimari bileşen halini almıştır. Duvarın gelişimi katmanlaşmayı da beraberinde getirmiştir.

20. yüzyılda yapı sektöründeki önemli teknolojik gelişmelerden bir diğeri de, iç mekân bölme duvarlarında geleneksel harçlı, tuğlalı ıslak sistemlerden endüstriyel kuru sistemlere geçiştir. 1900'lerin başında ABD'de lifli alçı levhaların geliştirilmesiyle başlayan bu süreç, yapım teknolojilerinde hız, standardizasyon ve hafiflik arayışının bir sonucu olarak kabul edilmektedir (Jester, 2014).

Kuru duvar sistemleri hafif çelik veya ahşap karkas üzerine alçı levhaların vidalanması, derzlerin sıvanması ve oluşan duvarın iç boşluğuna yalıtım malzemelerinin yerleştirilmesi prensibiyle oluşturulmaktadır (Şekil 2). Bu sistem, geleneksel ıslak duvarlara kıyasla birçok avantajı beraberinde getirmektedir. Binanın ölü yükünü azaltarak deprem dayanımı artırmaktır. Hafifleyen yapının deprem sırasında maruz kaldığı yanal ivme kuvvetlerinin etkilerini azalmaktadır (Pandian, 2024). Ayrıca içerdiği boşluklu yapı sayesinde akustik performans artışı ve yangın dayanımı sağlar. Islak imalat süreçlerin (harç karma, sıva kurumasını bekleme) ortadan kalkması, şantiyenin kontrol edilebilirliğini ve standardizasyonu artırarak inşaat süresini ve işçilik maliyetlerini optimize etmektedir (Jester, 2014).



Şekil 2. a) Hafif çelik strüktürlü kuru duvar **b)** kuru duvar katmanlaşması (URL1-2)

21.yüzyılda duvarın geldiği yapısal aşama ön üretim-prefabrik teknolojileri olduğu görülmektedir. Çağdaş yapım sistemlerinde duvar, şantiyede üst üste örülen bir mimari eleman olmaktan çıkmış, fabrikada elektrik tesisatı, yalıtımı ve hatta ince bitiş malzemeleriyle entegre biçimde üretilen kompleks bir yapı modülüne dönüşmüştür (Gibb, 1999). Bu dönüşüm duvarın bağımsız bir eleman olarak kabul edilebileceği dolayısıyla döngüsel ekonomiye-tasarıma geçişi kolaylaştıracağı öngörülebilir.

Modüler ve endüstriyel duvar panelleri (örneğin SIP-Yapısal Yalıtımlı Paneller veya prefabrike betonarme sandviç paneller), kalite kontrolün fabrika ortamında milimetrik hassasiyetle yapılabilmesine olanak tanımaktadır. Malzeme firesini azaltan, döngüsel ekonomiye ve sökülebilir yapı tasarımına imkân veren bu sistemler, özellikle afet sonrası hızlı konut üretiminde ve sürdürülebilir mimaride kritik bir rol oynamaktadır (Smith, 2010). Çağdaş duvarın bu bağlamda yapının enerji verimliliğini, akustik konforunu ve yapısal güvenliğini sağlayan nitelikli mimari bir bileşen olduğu söylenebilir. Duvar tek tek şantiye alanına

ulaştırılabileceği gibi hacimsel olarak birleştirilmiş vaziyette mekânsal modüllerin oluşturulmasına da gelişen teknoloji olanak sağlamaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Ön üretimli modüler kuru duvar hacimsel-mekânsal birleşim (URL3)

KURU DUVAR SİSTEMLERİ

Kuru duvar sistemleri, duvar elemanının tarihsel süreçte geçirdiği taşıyıcı, masif ve monolitik yapıdan hafif, katmanlı, sökülebilir ve mekanik birleşimlere dayalı çağdaş bir yapı bileşenine dönüşümünü temsil etmektedir. Bu sistemler, geleneksel ıslak yapım tekniklerinden farklı olarak harç, su veya yerinde kimyasal bağlayıcı kullanımına ihtiyaç duymadan, profiller, levhalar, paneller, bağlantı elemanları ve yalıtım katmanlarının bir araya getirilmesiyle oluşturulmaktadır. Bu nedenle kuru duvar sistemleri, çağdaş yapı üretiminde hem endüstrileşme hem de sürdürülebilirlik kavramlarını ortak paydada buluşturmaktadır.

En temel tanımıyla kuru duvar, inşası sırasında herhangi bir harç, su veya kimyasal bağlayıcı gerektirmeyen, bileşenlerin tamamen mekanik birleşimlerle bir araya getirildiği duvar sistemleri olarak tanımlanabilir. Yapı endüstrisinde geleneksel ıslak inşaat yöntemlerinin yerini giderek daha fazla alan kuru inşaat teknikleri, çağdaş mimarinin temel bileşenlerinden biri haline gelmiştir. Günümüzde kuru duvar sistemlerinin tercih edilmesinin temelinde küresel enerji ve sürdürülebilirlik krizleri yattığı söylenebilir. Dünya genelinde birincil enerji tüketiminin sürekli artması ve binaların küresel yıllık enerji tüketiminin yaklaşık %42'sinden sorumlu olması (Arab vd., 2021), yapı kabuğu ve iç mekân bölücü sistemlerinde yenilikçi arayışları zorunlu kılmaktadır. Elde edilen veriler, güncel binalarda dolgu veya bölücü olarak kullanılan kuru duvar sistemlerinin, geleneksel taşıyıcı yığma duvarlara kıyasla daha düşük ısı geçirgenlik katsayısına sahip olduğunu, dolayısıyla yüksek bir yalıtım performansı sunduğunu göstermektedir (Kyriakidis vd., 2018). Fakat bununla birlikte ısı depolama kapasitesi de cidarları taşıyıcı duvarlara oranla daha az olduğu için kendi ısı depolama kabiliyeti düşüktür. Mekânların ısıl değerleri stabiletisini korumakta zorlanmaktadır.

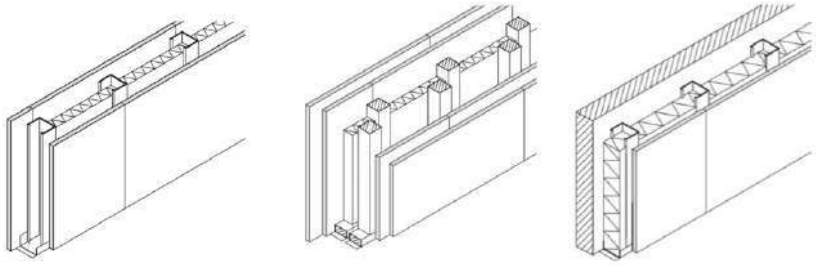
Kuru Duvar Sistemlerinin Sınıflandırılması

Kuru duvar sistemleri, yapım tektoniğine, kullanım amaçlarına, malzemelerine ve üretim süreçlerine göre geniş bir yelpazede sınıflandırılabilir. Tektonik ve işlevsel yaklaşıma göre genel sınıflandırma şu şekilde yapılabilir:

- Taşıyıcı dikmeli sistemler (hafif çelik duvar, kutu profil alçı levha duvar vs.)
- Blok panel yekpare sistemler (Sandviç panel duvar)
- Endüstriyel modüler paneller (cam cama sistem de buna dahil edilebilir)
- İç mekân doğrama sistemleri
- Giydirme cephe sistemleri

- Geçmeli-kenetli duvar sistemleri
- Taşınabilir ve kinetik duvarlar

Bu sınıflandırmalar içerisinde günümüz iç mekân kurgusunda yaygın kullanılan tip, taşıyıcı dikmeli sistemlerdir. Tichelmann ve Pfau'ya (2008) göre dikmeli duvar sistemleri, kutu-UC profillerden veya ahşap dikmelerden oluşan bir taşıyıcı karkas ve bu iskeletin üzerine vidalarla mekanik olarak sabitlenen kaplama malzemelerinden oluşmaktadır. Sistemin gereksinimlerine göre karkas boşlukları; yangın, ısı, su-nem veya ses yalıtımı amacıyla çeşitli yalıtım malzemeleriyle doldurulabilmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. a) Metal iskeletli, tek kat kaplama bulunan tek dikmeli duvar **b)** Ahşap iskeletli, çift taraflı iki kat kaplama bulunan çift dikmeli duvar **c)** Metal iskeletli bağımsız duvar kaplaması (Tichelmann ve Pfau, 2008).

Kuru Duvarların İşlevsel Özellikleri, Avantajları ve Dezavantajları

Kuru duvar sistemleri, fiziksel bir sınır oluşturmaya ek olarak yapı fiziği gereksinimlerini karşılayan modüler birer mimari eleman olarak çalışır. Tichelmann ve Pfau (2008), bu sistemlerin temel işlevlerini, mekânı bölme, tesisatların ve ankastre elemanların kurgusu, mimari estetik (kavisli formlar, aydınlatma entegrasyonu, negatif hacim), yüksek yangın ve ses yalıtımı, radyasyon koruması (kurşunlu levhalar ile) ve temiz oda koşullarının sağlanması olarak sıralamaktadır. Geleneksel ıslak yapım teknikleri ile karşılaştırıldığında, kuru yapım tekniklerinin malzeme optimizasyonu, statik-sismik performansı, akustik ve esneklik açısından potansiyel iyileştirmeler sunduğu bilinmektedir (Arab vd., 2021).

Saha dışı üretilen prefabrik ve modüler yapı elemanlarına dayanan kuru inşaat yöntemi, özellikle çevresel sürdürülebilirlik parametreleri doğrultusunda geleneksel sistemlere kıyasla bazı avantajlar sunmaktadır (Jaillon vd., 2009; Fiorino vd., 2018). Kuru duvar sistemlerinin imalat sürecindeki temel avantajları şu şekilde özetlenebilir:

Taşıyıcılık Rolü ve Sismik Performans: Sistem kendi başına taşıyıcı bir rol üstlenmemekle birlikte, beton ve çelik gibi ölü yükü artıran malzemelerin kullanımını azaltarak binaya etkiyen zati yükü düşürmektedir. Bu durum yapının hafiflemesini sağlayarak depreme karşı direnci artırmaktadır.

Sökülebilirlik ve Yeniden Kullanım: Harç veya kimyasal bağlayıcı kullanılmaması, birleşim mekanizmalarının çoğunlukla mekanik birleşimlerle oluşmasını sağlar. Bu sayede sistem bileşenleri yıkıma uğramadan sökülebilir. Mevcut veriler, kuru duvar sistemlerinde tüketilen malzemelerin %70'inden fazlasının geri dönüştürülebilir veya yeniden kullanılabilir olduğunu göstermektedir (Arab vd., 2021).

Modülarite ve Atık Yönetimi: Çimento ve su gerektirmemesi, şantiyede oluşacak inşaat ve yıkım atıklarını minimize etmektedir (Lu vd., 2021). Parçaların endüstriyel standartlarda modüler üretilmesi, paketleme, nakliye ve montaj hızını optimize ederken, çevre kirleticilerin üretimini ve fosil yakıt tüketimini azaltmaktadır (Lu vd., 2021).

Mekânsal Esneklik: Mekanların kullanım amacının değişmesi durumunda yıkım gerektirmeden onarım, değiştirme ve yer değiştirme imkânı sunmaktadır.

Kuru duvar sistemleri, sunduğu döngüsel ve yapısal avantajlarına ek olarak malzeme doğası ile montaj tekniklerinden kaynaklanan bazı yapısal sınırlılıklara da sahiptir. Tasarım ve kullanım aşamalarında dikkate alınması gereken temel engeller şu şekilde özetlenebilir:

Düşük Taşıyıcılık ve Noktasal Yük Kapasitesi: Strüktürel bir taşıyıcılıkları yoktur. Duvara ağır nesnelerin asılabilmesi için karkas arkasına önceden planlanmış destek profilleri veya takviye levhaları eklenmesi gerekebilmektedir. Bu durum da işçilik sürecinin hassas yürütülmesini gerektirmekte ve kalifiye eleman ihtiyacını gerekli kılmaktadır.

Darbe Direnci ve Yüzey Hassasiyeti: Kuru duvarların yüzey sertliği geleneksel ıslak duvarlara göre daha düşüktür. Darbelere karşı hassas olmaları, yoğun sirkülasyonlu mekânlarda hasar riski barındırmaktadır bu sebeple kaplamada güçlendirilmiş eleman kullanımını gerektirmektedir. Bakım sıklığı geleneksel duvara göre daha fazla olabilmektedir.

Nem Hassasiyeti: Kuru duvarlar su emici yapıları nedeniyle neme veya doğrudan suya maruz kaldıklarında deforme olmakta ve küflenme riski taşımaktadır. Islak hacimler veya dış cephe uygulamaları için özel su itici yüzeyler tasarlanması gerekebilmektedir.

Düşük Termal Kütle: Hafif yapıları sebebiyle ısı depolama kapasiteleri daha düşüktür. Geleneksel ıslak imalat duvarlar gibi ısıyı bünyesinde tutup ortamı doğal yollarla dengeleme özellikleri bulunmadığından, iklimlendirme performansının kullanılan yalıtım malzemelerine bağımlılığı daha yüksektir.

Düşük Hata Toleransı ve Nitelikli İşçilik Gereksinimi: Geleneksel ıslak sistemlerin aksine, uygulama sırasındaki ölçü, hizalama ve birleşim hatalarını tolere etme esnekliği daha azdır. Tüm bileşenlerin montajı ve dayanıklılığını koruması için kalifiye eleman gerektirmektedir.

ÇAĞDAŞ KURU DUVAR ÖRNEKLERİ ÜZERİNDEN İNCELEME

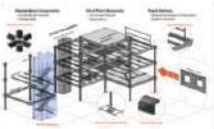
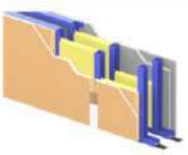
Tablo 1'de incelenen kuru duvar örnekleri, bu sistemlerin farklı malzeme kullanımları ve mekanik birleşim detayları üzerinden geniş bir uygulama seçeneğine sahip olduğunu göstermektedir. Masif ahşap bloklardan (Triqbriq) çelik/alüminyum taşıyıcılı sistemlere (ARUP ADPT, Maars) kadar uzanan bu çeşitlilik, kuru yapım pratiğinin tek bir malzemeye bağlı kalınmaksızın, birleşim tektoniği (mekanik kenetlenme, geçme, vidalama vs.) üzerinden tanımlandığını göstermektedir. Özellikle ahşap ve çeliğin, kimyasal bağlayıcılara ihtiyaç duyulmaksızın kendi yapısal özelliklerine uygun kuru birleşim detaylarıyla (kavelalar, yaylı klipsler, CNC kesim geçme dişler vs.) kurgulanması, malzemenin saf-masif formunda da kullanımına olanak tanımaktadır.

Sistemlerin, sökülebilirlik ve yeniden kullanım performansları incelendiğinde, söküm için tasarım (Design for Disassembly - DfD) prensibinin kuru duvar sisteminde önemli bir nokta olduğu görülmektedir. Geleneksel Dalsan/Knauf alçı levha sistemlerinde levhalar söküm sırasında hasar görebilirken, Sembla, ARUP ADPT ve Maars gibi çağdaş sistemler bileşenlerin sıfır veya minimum fireyle tamamen geri kazanılmasına olanak sağlamaktadır. Bu durum, duvarı tek kullanımlık bir yapı bileşeni olmaktan çıkarıp, yapısal ömrünü tamamladıktan sonra başka projelerde veya mekânsal kurgularda yeniden değerlendirilebilen döngüsel bir mimari elemana dönüştürmektedir.

Modülarite ve mekânsal esneklik açısından sistemler arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Gablok ve Triqbriq gibi taşıyıcı kabuk inşasına odaklanan sistemler kurulum aşamasında standartlaşmış lego mantığıyla yüksek imalat hızı sağlarken, yapı tamamlandıktan sonra anlık mekânsal değişimlere yanıt verme konusunda daha hantal kalabilmektedir. Buna

karşın U-build, Maars ve ARUP ADPT gibi iç mekân bölücü sistemler, mekânın sınırlarının kullanıcı ihtiyaçlarına göre dinamik olarak değiştirilmesine imkân tanıyarak mekânsal uyarlanabilirlik kabiliyetini artırmaktadır.

Tablo 1. Kuru duvar örnekleri

Sistem Örneği	Görsel	Temel Malzeme Bilgisi	Birleşim Mekanizması	Sökülebilirlik ve Yeniden Kullanım	Modülarite ve Esneklik	Kurulu hali
Triqbriq		Masif ahşap bloklar ve kayın kavelalar	Harçsız, çivisiz ve tutkalsız; ahşap blokların birbirine kilitlendiği ve ahşap kavelalarla sabitlendiği geçme sistemi.	Kimyasal veya metal bağlayıcı içermediği için tahribatsız sökülebilir ve bloklar döngüsel olarak kullanılabilir.	Standart boyutlu bloklar ile "lego" mantığında örülür. Duvar formu esnek bir şekilde tasarlanabilir ancak sistemin kütlesi ağır olduğundan anlık mekansal değişikliklere yanıt verme hızı düşüktür.	
Sembla		Sürdürülebilir ahşap karkas, geri dönüştürülmüş akustik ve kaplama panelleri	Gizli mekanik klipsler ve taşıyıcı karkasa bağlanan kuru geçmeli vida sistemleri.	Söküm için tasarım (DfD) odaklıdır. Paneller hasar görmeden karkastan ayrılır ve başka projelerde minimum onarımla doğrudan yeniden	İç mekan bölücü sistem olarak yüksek esneklik sunar. Kaplama panellerinin yeri değiştirilebilir, mekan içi bölümlenme hızlıca revize edilebilir.	
U-build		CNC kesim kontrplak levhalar	Yapboz (puzzle) mantığıyla iç içe geçen ahşap dişler ve basit cıvatalı birleşimler.	Modüller sadece cıvataları sökülerek yassı paket (flat-pack) levhalar haline getirilebilir ve başka projelerde tekrar kutu modül olarak birleştirilebilir.	Hücresel makro-kutu mantığıyla "Kendin Yap (DIY)" odaklıdır. İhtiyaca göre kutular eklenip çıkarılarak mekanın sınırları anlık olarak değiştirilebilir.	
ARUP ADPT		Geri dönüştürülmüş çelik/alüminyum taşıyıcı iskelet ve çoklu kaplama panelleri	Standartlaştırılmış kuru mekanik bağlantı elemanları ve sökülebilir çerçeve birleşimi.	Döngüsel tasarım prensiplerine göre tasarlandığı için parçalar hasarsız ayrıştırılır, bileşen pasaportları sayesinde malzeme yaşam döngüsü devam eder.	Ticari alanlar ve açık ofisler için maksimum esneklik sağlar. Bölücü panellerin ve iskeletin yerleşimi mekanın yeni işlevine göre hızla adapte edilebilir.	
Gablok		OSB ve EPS yalıtım dolgusu	Birbirine lego gibi kenetlenen yalıtımlı bloklar ve sisteme bütünlük sağlayan dikey ahşap lata sabitlemeleri.	Kilit sistemi söküme uygundur ancak yalıtım ve OSB'nin birleşik yapısı gereği yapısal sabitleyici latalar söküm sırasında fireler verebilir. Bloklar tekrar kullanılabilir.	Taşıyıcı dış kabuk inşasında standart bloklarıyla modüler bir hız sağlar. Ancak yapı tamamlandıktan sonra hareketli ve uyarlanabilir bir mekansal esneklik sunmaz.	
Maars (Lalinea)		Çelik/alüminyum taşıyıcı iskelet, çift cam veya masif/ahşap paneller	Patentli görünmez yaylı klips sistemi ve ince çerçeveli mekanik geçme profilleri.	Yapıştırıcı kullanılmadığı için paneller ve profiller hasarsız sökülüp takılabilir. Başka bir ofis planında veya farklı ölçülerdeki bir karkasta tekrar değerlendirilebilir.	Estetik ve fonksiyonel ofis bölümlenmesinde maksimum adaptasyon sağlar. Cam modüller akustik dolgu panelleriyle hızlıca yer değiştirebilir, mekanik tesisat kolayca gizlenebilir.	
ConXtech		Yüksek dayanımlı yapısal çelik	Patentli ConX® bağlantıları ile kaynaksız, doğrudan cıvatalı ve geçmeli çelik kilit mekanizması.	Şantiyede kaynak kullanılmadığı için tüm çelik karkas cıvatalarından sökülerek yapı tahribatsız olarak başka bir lokasyona taşınabilir ve yeniden kurulabilir.	Duvar kaplamasından ziyade ana taşıyıcı modülaritesi sunar. Kolonsuz geniş iç mekan açıklıkları yaratarak, iç mekanda kullanılacak olan kuru duvar sistemlerinin esnek yerleşimine güçlü bir zemin hazırlar.	
Dalsan, kNAUF (Açıpanel duvar)		Taşıyıcı çelik dikme üzerine alçı levha	Alçı, beton veya ahşap levha ile kaplı taşıyıcı dikmeli katmanlı kuru duvar.	Levhalar hasarlı biçimde sökülür. İmalat hızlı yapılır. Bozulan levhalar yenileriyle tamamlanır.	Farklı formda duvar imalatına olanak tanır. Revizyon kolaydır. Üst döşemeden taşınan veya zeminle bağlantısız duvar yapımına olanaklı.	

BULGULAR VE SONUÇ

Çalışmada, mimari eleman olarak duvarın tarihsel süreçteki tektonik evrimi ve birleşim şekillerine göre ıslak sistemlerden kuru sistemlere geçişi incelenmiştir. Elde edilen bulgular, duvarın zaman içerisinde tekil, ağır ve yük taşıyan bir kütle olmaktan çıkarak, yapının sismik ve fiziksel performansını optimize eden çok katmanlı, hafif bir kabuk elemanına dönüştüğünü

göstermektedir. Özellikle taşıyıcı olmayan kuru duvar sistemlerinin harç ve kimyasal bağlayıcılardan arındırılmış mekanik birleşim detayları, şantiyedeki ıslak imalat süreçlerini ortadan kaldırarak yapım hızını, standardizasyonu ve mekânsal esnekliği optimize etmektedir.

Kuru duvar sistemlerinin potansiyellerinden biri çevresel sürdürülebilirlik bağlamında ortaya çıkmaktadır. Çimento tabanlı su bazlı bağlayıcılarla inşa edilen geleneksel ıslak duvarlar, malzeme üretimi, nakliyesi ve inşası aşamalarında kuru duvarlara oranla daha fazla karbon salımına sebep olmaktadır. Buna karşılık kuru sistemlerin, modüler parçalarının fabrika ortamında üretilmesi, şantiye atıklarını minimize etmesi ve parçalarının hasarsız sökülerek yeniden kullanıma imkân tanıması, yapı sektörünün çevresel etkisini azaltmak için önemli bir potansiyel barındırdığını desteklemektedir.

Tüm bu yapısal ve çevresel avantajlarına rağmen, "kuru duvar sistemleri neden ıslak duvarların yerini tamamen alamıyor ve duvar üretimi neden istenilen düzeyde endüstrileşemiyor?" sorusu yapı sektörünün temel bir sorun olmaya devam etmektedir. Bu durumun başlıca nedeni, geleneksel ıslak yapım tekniklerinin inşai hataları tolere edebilen esnek doğasına karşın, kuru ve modüler sistemlerin yüksek hassasiyet ve kalifiye işçilik gerektirmesidir. İnşaat sektörünün geleneksel tedarik zincirleri, alışılagelmiş ucuz işgücü pratikleri ve parçalı projelendirme anlayışı, fabrika hassasiyetinde üretilen bir bileşenin şantiyede aynı kusursuzlukla birleştirilmesini zorlaştırmaktadır. Duvar üretiminin endüstrileşememesinin önündeki birincil engelin teknoloji yetersizliği olmadığı çıkarılabilir. Yapı sektörünün geleneksel yapım kültürüne olan bağımlılığı ve süreç yönetimindeki entegrasyon eksikliği olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, artan küresel enerji krizleri, hızlı yapılaşma/barınma ihtiyaçları ve çevresel duyarlılıklar göz önüne alındığında, yapı sektörünün inşa etme pratiğinden modüler, monte etme pratiğine geçişinin kaçınılmaz olduğu söylenebilir. Kuru duvar sistemleri duvarı sınırlayıcı ve mekân bölücüsü olmanın dışında yeniden yapılandırılabilir, dönüştürülebilir ve uyarlanabilir mimari kurguları şekillendirecek temel bir yapım aracı olarak kabul edilebilir. Sektörel bazda endüstrileşmenin hız kazanabilmesi ve döngüsel ekonomiye uyum için mimari tasarım süreçlerinin en başından itibaren sökülebilirlik ve modülarite ilkeleriyle birlikte düşünülmesini gerekli kılmaktadır.

REFERANSLAR

Arab, M., Farrokhzad, M., & Habert, G. (2021). Evaluation of dry wall system and its features in environmental sustainability. Journal of Cleaner Production, 278, Article 123290. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123290

Condit, C. W. (1968). American building: Materials and techniques from the first colonial settlements to the present. University of Chicago Press.

Cowan, H. J. (1977). The master builders: A history of structural and environmental design from ancient Egypt to the nineteenth century. John Wiley & Sons.

Fitchen, J. (1986). Building construction before mechanization. MIT Press.

Fiorino, L., Pali, T., & Landolfo, R. (2018). Out-of-plane seismic design by testing of non-structural lightweight steel drywall partition walls. Thin-Walled Structures, 130, 213-230.

Frampton, K. (1995). Studies in tectonic culture: The poetics of construction in nineteenth and twentieth century architecture. MIT Press.

Gibb, A. G. F. (1999). Off-site fabrication: Prefabrication, pre-assembly and modularisation. Whittles Publishing.

Heyman, J. (1995). The stone skeleton: Structural engineering of masonry architecture. Cambridge University Press.

Jackson, M. D., Landis, E. N., Brune, P. F., Vitti, M., Chen, H., Li, Q., Kunz, M., Wenk, H. R., Monteiro, P. J. M., & Ingraffea, A. R. (2014). Mechanical resilience and cementitious processes

in Imperial Roman architectural mortar. Proceedings of the National Academy of Sciences, 111(52), 18484–18489. https://doi.org/10.1073/pnas.1417456111
Jaillon, L., Poon, C. S., & Chiang, Y. H. (2009). Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong. Waste management, 29(1), 309-320.
Jester, T. C. (Ed.). (2014). Twentieth-century building materials: History and conservation. Getty Publications.
Kyriakidis, A., Michael, A., Illampas, R., Charmpis, D. C., & Ioannou, I. (2018). Thermal performance and embodied energy of standard and retrofitted wall systems encountered in Southern Europe. Energy, 161, 1016-1027.
Lancaster, L. C. (2005). Concrete vaulted construction in Imperial Rome: Innovations in context. Cambridge University Press.
Langenbach, R. (2007). From "Opus craticium" to the "Chicago frame": Earthquake-resistant traditional construction. International Journal of Architectural Heritage, 1(1), 29–59. https://doi.org/10.1080/15583050601125998
Lu, W., Lee, W. M. W., Xue, F., & Xu, J. (2021). Revisiting the effects of prefabrication on construction waste minimization: A quantitative study using bigger data. Resources, Conservation and Recycling, 170, Article 105579. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105579
Smith, R. E. (2010). Prefab architecture: A guide to modular design and construction. John Wiley & Sons.
Pandian, A. V. P., Arunachalam, K. P., Bahrami, A., Romero, L. M. B., Avudaiappan, S., & Awoyera, P. O. (2024). Unsymmetricity effects on seismic performance of multi-story buildings. Discover Applied Sciences, 6(9), 476.
Tichelmann, K., & Pfau, J. (2008). Dry construction: Principles, details, examples. DETAIL-Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG.
Toydemir, N., Gürdal, E., & Tanaçan, L. (2000). Yapı elemanları tasarımında malzeme. Literatür Yayınları.
URL1: https://unbakmachinery.com/celik-konstruksiyon-yapi-insaati-makinalari/ Erişim Tarihi: 1 Haziran 2026.
URL2:https://knauf-gipsfaser.com/en/systems/buildings-with-wooden-construction/knauf-systems-with-gypsum-fiber-and-wooden-construction/ Erişim Tarihi: 1 Haziran 2026.
URL3:https://www.epack.in/modular-prefabricated-buildings-the-future-of-construction?srsltid=AfmBOopnjvB3azTy3UuqyEn7wBsf7UBAiuDkH43Six2iCob-w6XSz73w Erişim Tarihi: 1 Haziran 2026.

INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS OF DIFFERENT EDUCATIONAL METHODS USED IN NURSING STUDENTS

PhD. Student Şevval KALELİ
Selcuk University, Institute of Health Sciences, Department of Public Health Nursing,
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-3742-7975
Assoc. Prof. Dr. Alime SELÇUK TOSUN
Selcuk University, Faculty of Nursing, Department of Public Health Nursing,
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-4851-0910
Prof. Dr. Neslihan LÖK
Selcuk University, Faculty of Nursing, Department of Psychiatric Nursing,
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-1568-9659

ABSTRACT
The primary goal of nursing education is not only to equip students with theoretical knowledge but also to ensure they develop into individuals who can make the best clinical decisions in practice, provide safe, high-quality care, and think critically. In this regard, the selection of teaching methods and techniques to be used in nursing education is crucial for achieving learning objectives. This selection must be based on a variety of factors, such as the content and nature of the subject matter, the number of students, and the targeted area of learning.
Therefore, rather than relying on a single educational method in nursing education, it is crucial to integrate traditional teaching methods with contemporary, student-centered approaches. Accordingly, the purpose of this review is to investigate the effects of different educational methods used in nursing students on learning outcomes (Rastgoo & Karimi Moonghi 2024, Ergin Doğan &Aslan 2024). A literature search was conducted in PubMed/MEDLINE, Web of Science, ScienceDirect, Google Scholar, and DergiPark using the keywords "nursing education", "nursing students", "teaching methods", "active learning", "simulation training", “artificial intelligence” and "learning outcomes". Research articles published between 2020 and 2026, written in Turkish or English, and with accessible full texts were included in the review. The studies reviewed indicate that different educational methods have positive effects on various learning outcomes among nursing students. It has been determined that active learning-based methods contribute to the development of learning outcomes such as knowledge, clinical skills, problem-solving, higher-order thinking, academic motivation, communication, and professional competence. Simulation-based education, in particular, was found to have positive effects on knowledge, clinical skills, self-efficacy, self-confidence, communication skills, and learning satisfaction; virtual reality applications were found to support theoretical knowledge, practical skills, and the retention of learning. It has been reported that artificial intelligence-based educational applications facilitate development in various learning outcomes, such as problem-solving, competencies related to the nursing process, higher-order thinking, artificial intelligence literacy, research competence, and research self-efficacy. Overall, it appears that various educational methods that support students’ active participation and hands-on experience in the learning process are effective in developing various learning outcomes among nursing students, compared to traditional teaching approaches.
Keywords: Nursing Education, Nursing Students, Teaching Methods, Active Learning, Simulation Training, Artificial Intelligence, Learning Outcomes

INTRODUCTION
Nursing education is a multifaceted process aimed at developing students’ professional knowledge and skills, as well as their clinical decision-making, problem-solving, critical

thinking, and professional competence. The complex nature of clinical practice requires students not only to acquire knowledge but also to apply that knowledge in various situations. Therefore, it is important for nursing education to encourage students' active participation in the learning process and to employ diverse teaching methods tailored to their varying learning needs. Examining the effects of different teaching methods on nursing students' learning, motivation, and skill development contributes to the identification of appropriate educational approaches (Yun et al., 2020; Rastgoo & Karimi Moonghi, 2024). Active learning encompasses teaching approaches that enable students to actively and directly participate in the learning process, in contrast to the lecture method—which is traditionally the most widely used, teacher-centered, and passive learning process. Methods such as problem-based learning, team-based learning, learning by teaching, and interactive learning are among the various active learning practices aimed at developing students' knowledge and skills (Ghezzi et al. 2021, Seo & Park, 2025, Şahbaz et al. 2025). It has been reported that these methods support students' active participation in the learning process and their development across various learning outcomes (Ordu et al. 2024). A systematic review of teaching methods has shown that teaching methods such as simulation, case-based learning, and collaborative learning support the academic motivation of nursing students (Saeedi et al. 2021).

Simulation-based education is an important teaching approach that enables students to apply their knowledge and skills in scenarios resembling real clinical situations. Important features of simulation include the ability for students to practice without compromising patient safety, assess clinical situations, and receive feedback after the simulation (Mishra et al. 2023, Oanh et al. 2024). The results of systematic reviews and meta-analyses on simulation-based learning show that this method positively influences various learning outcomes among nursing students, such as knowledge, skills, and self-confidence (Mishra et al. 2023).

Technological advancements have made it possible to diversify the teaching methods used in nursing education. In addition to technology-based applications such as e-learning, distance education, and virtual reality, artificial intelligence is also among the current approaches being adopted in nursing education (Rastgoo & Karimi Moonghi, 2024). Artificial intelligence-based applications enable students to engage in the learning process, assess clinical situations, and generate solutions to various problems. A systematic review examining the use of artificial intelligence in nursing education reported that AI applications have positive effects on various outcomes, including learning effectiveness, attitudes toward learning, and clinical nursing competencies (Ma et al., 2025). Experimental studies on artificial intelligence support developments in this field. Therefore, the use of artificial intelligence in nursing education must be considered not only in terms of academic achievement but also in terms of professional competencies. Studies on teaching methods used in nursing education generally highlight the importance of approaches that encourage greater student participation in the learning process and reinforce theoretical knowledge with practical application (Ghezzi et al., 2021; Rastgoo & Karimi Moonghi, 2024). In this regard, evaluating the effects of these teaching methods on nursing students' learning outcomes will contribute to determining effective teaching approaches that are aligned with students' educational needs. The purpose of this review is to investigate the effects of different educational methods used with nursing students on their learning outcomes.

MATERIALS AND METHODS

A literature search was conducted in PubMed/MEDLINE, Web of Science, ScienceDirect, Google Scholar, and DergiPark using the keywords "nursing education", "nursing students", "teaching methods", "active learning", "simulation training", "artificial intelligence" and "learning outcomes". Research articles published between 2020 and 2026, written in Turkish or English, and with accessible full texts were included in the review.

RESULTS

Active Learning-Based Studies

A randomized controlled study conducted by Ordu et al. (2024) was designed to determine the effect of interactive learning methods—one of the active learning methods—on nursing students' physical activity needs in the context of learning. The study was conducted with 192 first-year nursing students studying at the nursing faculty of a state university in Turkey. According to the research findings, it was concluded that interactive learning contributed to the development of clinical skills among students in the experimental group and facilitated their ability to identify problems within case studies. Furthermore, it was found that interactive learning can significantly improve comprehension, synthesis, and complex problem-solving skills, and may promote the development of higher-order thinking skills such as analysis and synthesis (Ordu et al. 2024).

A systematic review conducted by Alberti et al. (2021) included 12 experimental and semi-experimental studies that examined the effectiveness of team-based learning in nursing education. According to the findings, team-based learning was generally found to be effective in helping nursing students achieve learning outcomes, thereby supporting its implementation in nursing education. Additionally, seven of the studies reviewed demonstrated the effectiveness of team-based learning in the areas of communication skills development, interprofessional learning, and self-directed learning (Alberti et al., 2021). In recent systematic reviews and meta-analyses examining the effectiveness of team-based learning in nursing education, it has been reported that this instructional approach makes a positive contribution to the development of students' learning and professional competencies. Studies have found that team-based learning is effective in developing nursing students' learning competencies and core competencies; furthermore, it has been shown to have a more positive impact on educational outcomes, particularly when compared to education based on traditional methods. Based on these findings, team-based learning can be considered an effective teaching method in nursing education that supports students' academic learning and professional competencies (Gao et al., 2024; Seo & Park, 2025).

In a study by Saeedi et al. (2021), the effectiveness of instructional interventions in enhancing academic motivation among students was systematically examined. The study included 18 articles published on the subject from 2000 through February 2020. In most of the reviewed articles, it was reported that educational interventions increased academic motivation among nursing students, and it was determined that effective teaching methods used in these interventions included simulation, case-based learning, collaborative learning, learning contracts, peer assessment, and video modeling (Saeedi et al., 2021).

In a randomized controlled trial conducted by Jamshidi et al. (2021), the aim was to determine the effect of patient safety education delivered using the problem-based learning method on nursing students' knowledge, attitudes, and perceptions regarding patient safety. The study included 78 fourth-year nursing students. According to the study's findings, patient safety education provided through the problem-based learning method had a positive effect on nursing students' knowledge, attitudes, and perceptions regarding patient safety compared to traditional lecture-based instruction, and a significant difference was found between the experimental and control groups (Jamshidi et al. 2021).

A recent network meta-analysis comparing different pedagogical strategies in the teaching of the nursing process shows that teaching approaches that support active learning are more effective than traditional teaching in improving learning outcomes in nursing students. Furthermore, these approaches were found to have positive effects on students' knowledge levels, clinical reasoning, and attitudinal characteristics. A comparison of different teaching methods suggests that approaches supporting students' active participation in the learning process and practice-based learning can make significant contributions to the learning of the

nursing process. These results demonstrate that active learning-based teaching methods are an effective approach for enhancing cognitive and practical learning outcomes in nursing students (Silva et al. 2026). Furthermore, active learning-based, blended, and online teaching approaches have been shown to enhance knowledge, skills, and satisfaction (Du et al. 2022, Li et al. 2024), game-based learning supports cognitive, affective, and psychomotor outcomes (AlMekkawi et al. 2026), flipped classroom practices improve academic achievement and student satisfaction (Yousefi et al. 2026, Ghafouri and Karbaschi, 2026), findings indicating that the "learning by teaching" approach based on peer teaching raises levels of knowledge and clinical skills (Şahbaz et al. 2025) and that the concept mapping method significantly improves learning performance (Faraji et al. 2025) have also been reported in the existing literature.

Simulation-Based Studies

Various studies have demonstrated that simulation-based teaching methods have positive effects on nursing students' learning outcomes. The study conducted by Koivisto et al. (2024) was designed to examine the effectiveness of a virtual simulation game on surgical nursing knowledge among nursing students. It was found that the increase in knowledge levels was higher in the intervention group compared to the control group. Similarly, in a mixed-methods randomized controlled trial conducted by Chang et al. (2021), it was determined that a nursing process education program consisting of online interactive animations and standard patient simulations improved students' confidence in their communication skills and their fundamental understanding of the nursing process. In addition, the study by Chang et al. (2021) found that the experimental group's assignment performance was significantly higher than that of the control group. It was also determined that students had positive experiences in terms of problem-solving, self-confidence, and feeling prepared to apply what they had learned.

Azizi et al. (2022) conducted a semi-experimental study examining the effects of simulation-based instruction on nursing students' self-efficacy and clinical performance, which included 122 nursing students from a nursing school in Iran. According to the findings, simulation-based instruction was found to significantly affect nursing students' self-efficacy and clinical performance (Azizi et al., 2022). A randomized controlled trial conducted by Choi et al. (2020) aimed to examine the effectiveness of a computer simulation-based interactive communication training program in nursing students. The study was conducted with the participation of 131 nursing students from four nursing schools located in four different cities in South Korea. The findings showed that the computer simulation-based interactive communication training significantly improved nursing students' communication-related knowledge and skills, as well as their learning and communication self-efficacy. Furthermore, it was determined that cognitive, affective, and behavioral changes occurred among the students, and that their levels of participation and satisfaction with the program were high (Choi et al. 2020). Similarly, simulation-based instruction has been found to have positive effects on knowledge, skills, self-confidence, and learning satisfaction (Mishra et al., 2023).

In a meta-analysis conducted by Liu et al. (2023) that systematically evaluated the impact of virtual reality technology on nursing students' learning, 12 randomized controlled trials involving 1,167 students were examined. The meta-analysis results of the study concluded that, compared to traditional teaching methods, virtual reality technology is effective in nursing students in enhancing theoretical knowledge, practical skills, the retention of these skills, and satisfaction levels; however, it was found to have no significant effect on the development of critical thinking skills (Liu et al., 2023). Furthermore, the literature indicates that virtual reality applications have positive effects, particularly on skill performance and self-efficacy (Huai et al. 2024).

Artificial Intelligence-Based Studies

In a single-blind controlled study conducted by Arkan et al. (2025), the aim was to evaluate the impact of training provided to undergraduate nursing students on the use of ChatGPT in the nursing process on their problem-solving skills, attitudes toward artificial intelligence, competencies related to the nursing process, and satisfaction levels. The study included 96 nursing students, and the intervention group received training on the "Artificial Intelligence-Integrated Nursing Process." According to the research data, compared to the control group, the intervention group showed improvements in problem-solving skills, nursing process competence, and satisfaction levels; furthermore, there was an increase in positive attitudes toward artificial intelligence and a decrease in negative attitudes (Arkan et al. 2025). Song et al. (2025) examined the effects of an interactive teaching method based on generative artificial intelligence, guided by outcome-focused training, on higher-order thinking skills and artificial intelligence literacy among nursing students. In this quasi-experimental study involving 132 nursing students, it was reported that there was a significant difference in the higher-order thinking skills and AI literacy of students in the experimental group compared to the control group (Song et al., 2025). It has been determined that generative AI-supported teaching applications have positive effects on nursing students' academic and research skills. In a quasi-experimental study conducted by Shi et al. (2025), a training program integrating generative AI chatbots with project-based instruction was implemented for nursing students; following the training, it was found that the students' nursing research competencies and research self-efficacy increased significantly. Student course evaluations also indicated that this AI-based teaching method was generally well-received. Accordingly, this demonstrates that integrating generative AI chatbots with task- and project-based instruction is an effective approach that contributes to the development of nursing students' research skills and research self-efficacy(Shi et al., 2025).

CONCLUSION

In the studies reviewed, it was determined that the various teaching methods and techniques used in nursing education have positive effects on a range of learning outcomes, such as students' knowledge, skills, self-efficacy, academic achievement, communication, problem-solving, attitudes toward learning, and satisfaction. That said, it has been observed that the effectiveness of teaching methods may vary depending on the subject matter, the manner of implementation, student characteristics, and the learning outcome being assessed. The current literature provides significant evidence regarding the effectiveness of different teaching methods in nursing education and indicates that research in this field is steadily increasing. However, it is evident that studies directly comparing different teaching methods are limited, and most studies focus on a single method or a limited number of comparisons. The limited number of studies that evaluate the effects of different teaching methods collectively and using a contemporary approach may make it difficult for educators to determine appropriate teaching methods based on evidence. Accordingly, in future studies, it is important to evaluate not only short-term learning outcomes but also long-term and enduring learning outcomes, as well as the transfer of these outcomes to clinical practice.

In conclusion, it is evident that there is no single teaching method capable of meeting all learning needs in nursing education on its own; rather, it is important to appropriately integrate different teaching methods in line with the educational content and learning objectives to support students' cognitive, affective, and psychomotor development. Future research should examine not only the effects of different teaching methods on academic achievement but also their impact on broader learning outcomes—such as clinical skills, critical thinking, clinical decision-making, self-efficacy, and the retention of learning—which will contribute to the development of effective, evidence-based practices in nursing education.

REFERENCES

Alberti, S., Motta, P., Ferri, P., & Bonetti, L. (2021). The effectiveness of team-based learning in nursing education: A systematic review. *Nurse Education Today, 97*, 104721. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2020.104721

AlMekkawi, M., Pandarakutty, S., Nalubega, S., ElKhalil, R., Maalouf, I., Aldawsari, A., Bashayreh, I., & Al Maqbali, M. (2026). Game-based learning in undergraduate nursing education: A systematic review and meta-analysis. *Nurse Education Today*, *164*, 107124. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2026.107124

Arkan, B., Erbay Dallı, Ö., & Varol, B. (2025). The impact of ChatGPT training in the nursing process on nursing students' problem-solving skills, attitudes towards artificial intelligence, competency, and satisfaction levels: Single-blind randomized controlled study. Nurse Education Today, 152, 106765. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2025.106765

Azizi, M., Ramezani, G., Karimi, E., Hayat, A. A., Faghihi, S. A., & Keshavarzi, M. H. (2022). A comparison of the effects of teaching through simulation and the traditional method on nursing students' self-efficacy skills and clinical performance: A quasi-experimental study. *BMC Nursing*, *21*(1), 283. https://doi.org/10.1186/s12912-022-01065-z

Chang, Y.-Y., Chao, L.-F., Xiao, X., & Chien, N.-H. (2021). Effects of a simulation-based nursing process educational program: A mixed-methods study. Nurse Education in Practice, 56, 103188. https://doi.org/10.1016/j.nepr.2021.103188

Choi, H., Lee, U., Jeon, Y. S., & Kim, C. (2020). Efficacy of the computer simulation-based, interactive communication education program for nursing students. Nurse Education Today, 91, 104467. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2020.104467

Du, L., Zhao, L., Xu, T., Wang, Y., Zu, W., Huang, X., Nie, W., & Wang, L. (2022). Blended learning vs traditional teaching: The potential of a novel teaching strategy in nursing education—A systematic review and meta-analysis. *Nurse Education in Practice*, *63*, 103354. https://doi.org/10.1016/j.nepr.2022.103354

Ergin Doğan, S., & Aslan, H. (2024). Hemşirelik eğitiminde kullanılan güncel öğretim yöntem ve teknikleri. *Bingöl Üniversitesi Sağlık Dergisi, 5*(1), 224–235. https://doi.org/10.58605/bingolsaglik.1448021

Faraji, A., Banafshi, Z., Jalali, R., & Jalali, A. (2025). Concept mapping teaching method and nursing education: A systematic review and meta-analysis. *BMC Medical Education*, *25*(1), 792. https://doi.org/10.1186/s12909-025-07392-4

Gao, X., Yan, D., Zhang, Y., Ruan, X., Kang, T., Wang, R., Zheng, Q., Chen, S., & Zhai, J. (2024). Comparison of the impact of team-based learning and lecture-based learning on nursing students' core competencies: A systematic review and meta-analysis. *Nurse Education in Practice*, *76*, 103945. https://doi.org/10.1016/j.nepr.2024.103945

Ghafouri, R., & Karbaschi, R. (2026). Effectiveness of flipped classroom on learning and satisfaction of nursing students in physiology laboratory education: A quasi-experimental study. *BMC Nursing*, *25*(1), 520. https://doi.org/10.1186/s12912-026-04670-4

Ghezzi, J. F. S. A., Higa, E. F. R., Lemes, M. A., & Marin, M. J. S. (2021). Strategies of active learning methodologies in nursing education: An integrative literature review. Revista Brasileira de Enfermagem, 74(1), e20200130. https://doi.org/10.1590/0034-7167-2020-0130

Huai, P., Li, Y., Wang, X., Zhang, L., Liu, N., & Yang, H. (2024). The effectiveness of virtual reality technology in student nurse education: A systematic review and meta-analysis. *Nurse Education Today*, *138*, 106189. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2024.106189

Jamshidi, H., Hemmati Maslakpak, M., & Parizad, N. (2021). Does problem-based learning education improve knowledge, attitude, and perception toward patient safety among nursing students? A randomized controlled trial. *BMC Nursing*, *20*(1), 70. https://doi.org/10.1186/s12912-021-00588-1

Koivisto, J.-M., Buure, T., Engblom, J., Rosqvist, K., & Haavisto, E. (2024). The effectiveness of simulation game on nursing students' surgical nursing knowledge—A quasi-experimental study. *Teaching and Learning in Nursing*, *19*(1), e22–e29. https://doi.org/10.1016/j.teln.2023.08.006

Li, A., Mohd Zain, N., Yusuf, A., Deng, H., & He, Q. (2024). Development and effectiveness of online teaching on practical skills among nursing students: A systematic review and meta-analysis. *Nurse Education in Practice*, *78*, 103988. https://doi.org/10.1016/j.nepr.2024.103988

Liu, K., Zhang, W., Li, W., Wang, T., & Zheng, Y. (2023). Effectiveness of virtual reality in nursing education: A systematic review and meta-analysis. BMC Medical Education, 23, Article 710. https://doi.org/10.1186/s12909-023-04662-x

Ma, J., et al. (2025). The role of artificial intelligence in shaping nursing education: A comprehensive systematic review. Nurse Education in Practice, 84, 104345. https://doi.org/10.1016/j.nepr.2025.104345

Mishra, R., Hemlata, & Trivedi, D. (2023). Simulation-based learning in nursing curriculum—time to prepare quality nurses: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon*, *9*(5), e16014. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16014

Oanh, T. T. H., Thuy, L. T., & Huyen, N. T. T. (2024). The effect of simulation-based training on problem-solving skills, critical thinking skills, and self-efficacy among nursing students in Vietnam: A before-and-after study. Journal of Educational Evaluation for Health Professions,21, 24. https://doi.org/10.3352/jeehp.2024.21.24

Ordu, Y., Aydoğan, S., & Çalışkan, N. (2024). The effect of interactive learning method on nursing students' learning of movement requirement: A randomized controlled study. Nurse Education Today, 137, 106163. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2024.106163

Rastgoo, F., & Karimi Moonghi, H. (2024). Teaching and learning methods in nursing: A narrative review. *Navid No*, *27*(90), 74–84. https://doi.org/10.22038/nnj.2024.78677.1438

Saeedi, M., Ghafouri, R., Javaheri Tehrani, F., & Abedini, Z. (2021). The effects of teaching methods on academic motivation in nursing students: A systematic review. Journal of Education and Health Promotion, 10, 271. https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_1070_20

Şahbaz, M., Denat, Y., & Tuğrul, E. (2025). The effect of learning by teaching in nursing skills education on the learner's knowledge and skill levels: A quasi-experimental study. *BMC Nursing*, *24*(1), 1305. https://doi.org/10.1186/s12912-025-03971-4

Seo, K., & Park, S. (2025). Effect of team-based learning interventions on the learning competency of Korean nursing students: A systematic review and meta-analysis. *Behavioral Sciences*, *15*(3), 390. https://doi.org/10.3390/bs15030390

Shi, J., Li, X., Ning, Y., Kong, W., Guo, W., Ma, T., Yang, N., Lu, J., Guo, Y., Liu, L., & Yang, C. (2025). Application of generative artificial intelligence chatbots + project task driven teaching in undergraduate nursing students: A quasi-experimental study. BMC Medical Education, 25, 1754. https://doi.org/10.1186/s12909-025-08324-y

Song, D., Zhang, P., Zhu, Y., Qi, S., Yang, Y., Gong, L., & Zhou, L. (2025). Effects of generative artificial intelligence on higher-order thinking skills and artificial intelligence literacy in nursing undergraduates: A quasi-experimental study. Nurse Education in Practice, 88, 104549. https://doi.org/10.1016/j.nepr.2025.104549

Silva, G. O., Aredes, N. D., Ues, L. V., Oliveira, F. S., Cavalcante, A. M. R. Z., & Campbell, S. H. (2026). Comparative effects of pedagogical strategies for teaching the nursing process: Systematic review and network meta-analysis. *Nurse Education Today*, *162*, 107048. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2026.107048

Yousefi, M. S., Fooladzadeh Dehghan, M., Ilkhani, M., Khajoei, R., Heidari, S., & Jokar, M. (2026). The effects of flipped classroom versus lecture-based learning on academic performance and perceptions of classroom environment among nursing students: A randomized controlled trial. *BMC Medical Education*, *26*(1), 1396. https://doi.org/10.1186/s12909-026-09746-y

Yun, B., Su, Q., Cai, Y. T., Chen, L., Qu, C. R., & Han, L. (2020). The effectiveness of different teaching methods on medical or nursing students: Protocol for a systematic review and network meta-analysis. *Medicine*, *99*(40), e21668. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000021668

16. YÜZYIL OSMANLI MUSHAFLARINDA YER ALAN ZAHRİYE TEZHİPLERİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

AN EVALUATION OF ZAHRİYA ILLUMINATIONS IN 16TH-CENTURY OTTOMAN MANUSCRIPTS OF THE QUR'AN

Şeyma OKUR
Bağımsız Araştırmacı
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0007-1904-9129

ÖZET

Osmanlı Devleti, 16. yüzyılda siyasi ve askerî gücünün yanı sıra kültür ve sanat alanlarında da en ihtişamlı devrini yaşamıştır. Sanat ve ilim erbabı sultanlar tarafından himaye ve taltif edilmiş, bunun sonucunda saray nakışhânesindeki sanatkâr nüfusu ve eser üretimi azami seviyeye ulaşmıştır. Kitap sanatlarında eşsiz örneklerin ortaya konulduğu bu dönemde, Osmanlı tezhip sanatında "İstanbul Üslubu" olarak anılan klasik ekol olgunluk devrine erişmiştir. Sarayın teşvikiyle bu dönemde sayısız kitap yazılıp bezenmiştir. Bunlar içerisinde en çok istinsah ve tezyin edilenler Kur'an-ı Kerimler olmuştur. İslam medeniyetinde Kur'an-ı Kerim'i en güzel şekilde yazma ve süsleme iştiyakı, tezhip sanatının gelişiminde önemli bir rol oynamıştır. Sanatkârlar Mushafların hattına ve bezemelerine ayrı bir önem vermiş, tüm hünerlerini bu eserlerde ortaya koymuşlardır.

Osmanlı tezhip sanatının en görkemli devri olarak değerlendirilen 16. yüzyılda hazırlanan Mushaf-ı Şerifler, zengin tezyinat özellikleriyle öne çıkmaktadır. Bu eserlerde zahriye, serlevha, sure başı, hatime sayfası, duraklar, aşere, hizip ve cüz gülleri gibi birçok bölümün tezyin edildiği görülmektedir. Bu bölümler arasından zahriyeler, tezyinatın en yoğun tutulduğu sayfalardandır. Esas metnin başladığı sayfanın arkasına yapılan zahriye tezhipleri tek veya karşılıklı çift sayfa olarak bezenmiştir. Özellikle saray için hazırlanan tezhipli Kur'an-ı Kerimlerde devrin sanat zevki zahriye sayfaları üzerinde sergilenir. Bu yönü ile zahriyeler dönemin tezhip üslubunun gelişimini incelemek ve yüzyıl boyunca tezhip sanatında değişen motif, kompozisyon ve form çeşitliliğinin tespit etmek açısından önemli veriler sağlamaktadır. Bu bildiride 16. yüzyılda tezhip sanatının tekâmül sürecinin müzehhep zahriye sayfalarındaki yansımaları irdelenmiştir. Bunun için 16. yüzyılda hazırlanmış Mushaflar araştırılmış; dönemin başından son yıllarına kadar farklı tarihlerden, zahriye tezhibi ile öne çıkan 13 Kur'an-ı Kerim seçilmiştir. Eserler kronolojik olarak sıralanmış; zahriye sayfalarının sayfa düzenleri, tasarım ve kompozisyon özellikleri üzerinden tezyinat üslubundaki gelişmeler belirlenerek değerlendirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Tezhip, El Yazması, Mushaf-ı Şerif, Zahriye, Osmanlı Dönemi, Geleneksel Türk El Sanatları

ABSTRACT

The Ottoman Empire experienced its most resplendent era during the 16th century, not only in terms of political and military power, but also in the realm of culture and the arts. Patrons of science and art, the sultans sheltered and rewarded artisans and scholars; consequently, the artisan population and artistic output within the imperial atelier (nakkaşhâne) reached their zenith. During this period, in which matchless examples of book arts were produced, the classic school known as the "Istanbul Style" in Ottoman illumination achieved its full maturity. Countless books were transcribed and embellished under royal patronage during this period, among which copies of the Holy Qur'an were the most frequently copied and illuminated. In

Islamic civilization, the fervor to copy and decorate the Qur'an in the most exquisite manner played a vital role in the evolution of the art of illumination. Calligraphers and illuminators attached special importance to the script and ornamentation of Qur'anic manuscripts, manifesting their utmost craftsmanship in these works.
Qur'anic manuscripts prepared in the 16th century—regarded as the most magnificent era of Ottoman illumination—stand out for their rich decorative features. In these works, numerous components such as the frontispiece (zahriya), opening bifolium (serlevha), chapter headings (sure başı), colophon page (hatime), verse stops (durak), as well as ashara, hizb, and juz rosettes (gül) are observed to be illuminated. Among these sections, the zahriya pages are among those where ornamentation is most intensely concentrated. The zahriya illuminations, executed on the reverse of the page where the main text commences, were designed either as single pages or facing double-page compositions. Particularly in Qur'anic manuscripts produced for the court, the artistic taste of the era is showcased on these pages. In this respect, zahriya pages provide critical data for investigating the progression of the illumination style of the period and for identifying the evolving diversity of motifs, compositions, and forms throughout the century. This paper examines the reflections of the evolutionary process of 16th-century illumination on illuminated zahriya pages. To this end, Qur'anic manuscripts produced in the 16th century are investigated, and 13 copies of the Qur'an, distinguished by their zahriya illuminations from various dates spanning from the beginning to the closing years of the century, are selected. Arranged in chronological order, the works are evaluated in terms of the developments in decorative style through the page layouts, design, and compositional characteristics of their zahriya pages.
KEYWORDS: Illumination, Manuscript, Holy Quran, Zahriya, Ottoman Period, Triditonal Turkish Handcrafts

GİRİŞ

Orta Asya'dan Anadolu'ya göç eden Türkler, kendi kültürlerini, geleneklerini ve estetik anlayışlarını temas ettikleri coğrafyalarda edindikleri tecrübelerle harmanlayarak yerleştikleri topraklarda zengin bir medeniyet oluşturmuşlardır. Uygur dönemine ait yazma ve fresklerde ilk örnekleriyle karşılan tezhip sanatı, bu yolculukta Türklerin kurduğu ve etkileşimde olduğu birçok devletin birikimlerinden beslenerek Selçuklularla Anadolu'ya taşınmıştır. Selçuklular, Anadolu Selçuklular ve Beylikler döneminde Sultanların ilime ve sanata verdikleri destek kitap sanatlarının gelişiminde önemli rol oynamıştır (Özcan, 2002). Osmanlı Devleti'nde de bu gelenek devam etmiş padişahlar ilim ve sanat erbabını saraylarında ağırlamış, taltif ve ihsanlarda bulunmuşlardır. Osmanlı Devleti'nin askerî ve siyasi açıdan en parlak devrine ulaştığı 16. yüzyılda, kültür sanat faaliyetleri zirveye ulaşır. Bu dönemde Osmanlı sarayında sanatın himaye gördüğü kültürel ortam, tezhip sanatının en olgun örneklerinin ortaya çıkmasına yol açmış, bu süreç 'İstanbul üslubu' olarak anılan klâsik tezhip üslubunu doğurmuştur (Derman, 2009).
El yazması kitaplar içerisinde en çok yazılan ve bezenen şüphesiz Kur'an-ı Kerimler olmuştur. Sanatkârların Kur'an-ı Kerim'i en güzel şekilde yazma ve bezeme motivasyonu, hat ve tezhip sanatlarının gelişiminde önemli rol oynamıştır. Tezhip sanatında estetik zevkin zirveye ulaştığı 16. yüzyılda Mushaf-ı Şerif bezemelerinin üstün örnekleri ortaya koyulmuştur. Özellikle saray için hazırlanan Kur'an-ı Kerimlerde birçok tezyinat bölümünün özenle bezendiği görülmektedir. Bu bölümler arasında zahriye ve serlevhalar öne çıkmaktadır. Özellikle Mushafların zahriye sayfaları zengin tezyinat alanlarıyla dönemin tezhip anlayışı hakkında önemli ipuçları sunmaktadır. Bu araştırmada müze ve kütüphanelerdeki 16. yüzyılda bezenen Kur'an-ı Kerimler tespit edilmiş, aralarında zahriye tezhibi yönüyle öne çıkan 13 eser seçilmiş

ve bunlara ait dijital veriler toplanmıştır. Bu eserler yüzyılın farklı dönemlerine göre kronolojik olarak sıralanmış ve gruplandırılmıştır.

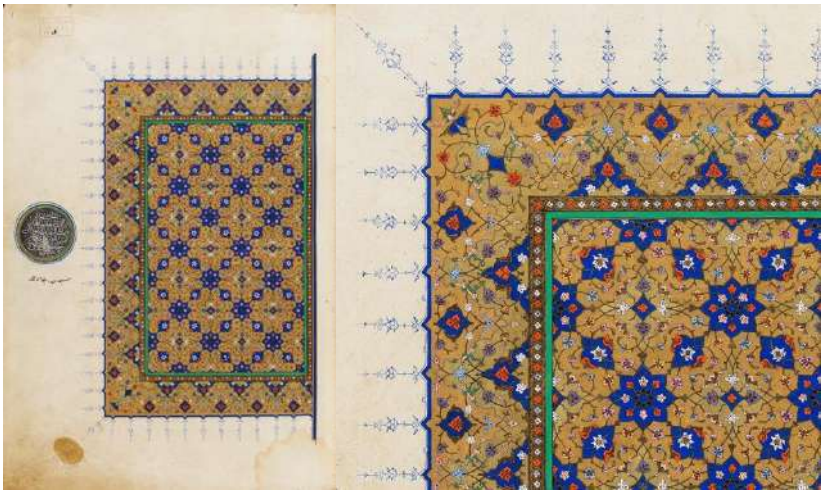
Mushaf-Şeriflerin Bezenmesi

Allah kelamına olan sevgi ve hürmet, sanatkarların Kur'an-ı Kerimleri en güzel şekilde istinsah ve tezyin etmesine yol açmıştır. Mushaf tezyinatında sanatçılar çoğunlukla yeni tasarımlar ve arayışlara yönelmemiş dönemin zevkine uygun klasik üslupta zengin bezemeler yapmışlardır. Kur'an-ı Kerim'in okunmasını zorlaştıracak, dikkati dağıtacak süslemelerden kaçınmışlardır. Döneme ait tezhipli Mushaflarda zahriye, serlevha, sure başı, cüz, hizip, nısıf, hamse ve aşere gülleri, hatime sayfası, duraklar ve koltuk alanlarının bezendiği görülmektedir (Derman, 2012).

Zahriye Tezhibi

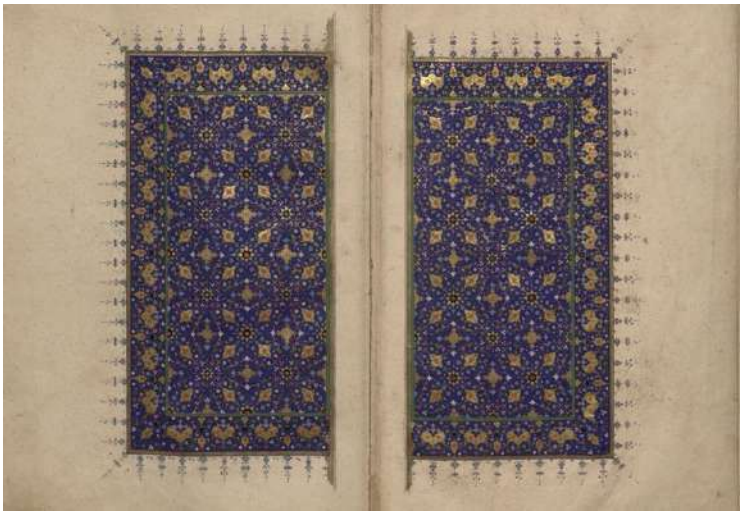
Arapça sırt, arka anlamları taşıyan 'zahr' kelimesinden türeyen zahriye terimi, kitap sanatlarında bir sayfanın arka yüzüne yazılan yazı, şerh anlamlarını ifade etmektedir (Devellioğlu,1998). Yazma eserlerde asıl metnin başladığı sayfanın arka yüzüne yapılan tezyinata zahriye tezhibi denilmektedir. Zahriye sayfaları, yazma eserlerde, kitabın tezhiplendiği dönemin süsleme anlayışının en zengin örneklerinin sergilendiği bölümlerdir. Bu bölümler tamamen tezyin edilebildiği gibi, kimi eserlerde bu sayfalara eserin sahibi veya müellifi ile ilgili bilgiler yazılmış, kimilerinde ise boş bırakılmıştır (Taşkale, 1994). Zahriye tezhiplerinin ilk örnekleri XX. yüzyılda görülmeye başlamış, XVII. yüzyılla birlikte seyrekleşerek azalmıştır. Kur'an- Kerimlerde zahriye tezhibi devirlere göre farklı üsluplarda ve kitapların boyutuna uygun olarak farklı şekillerde uygulanmıştır. Osmanlı sanatının önemli örneklerini gördüğümüz 16. yüzyılda, zahriye tezhiplerinin de en güzel örnekleri verilmiştir. Bu dönemde zahriye tezhipleri madalyon, mekik, beyzî, kare ve dikdörtgen gibi farklı formlarda yapılmışlardır. Zahriye bezemeleri dikdörtgen formunda tasarlandığında tezhip sahasının metin sahasının ölçülerini aşmamasına özen gösterilmiştir. Mushaflarda ve kıymetli yazma eserlerde zahriye sayfasının karşılıklı iki sayfa olarak bezendiği örnekler de bulunmaktadır. Karşılıklı olarak bezendiğinde iki sayfada da aynı kompozisyon ve renklendirmenin yapıldığı görülmektedir (Duran, 2012). Yoğun tezyinatın bulunduğu zahriyelerde tezhibin etrafına zengin tığlar yapılmış, bazı örneklerde ise dış bordür halkârla çevrelenmiştir.

16. Yüzyıla ait Kur'an-ı Kerimlerden Seçilmiş Zahriye Örnekleri



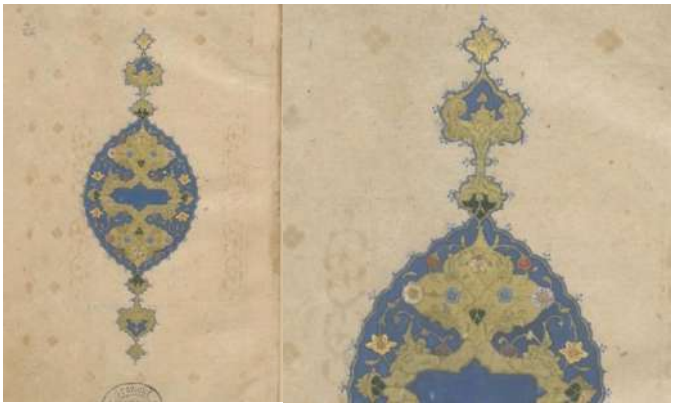
Resim 1. Kur'an-ı Kerim zahriye tezhibi ve tezhipten detay, TSMK A.5, h.909/m.1503-1504

Topkapı Sarayı Müzesi kütüphanesi III.Ahmed kitaplığında 5 numaralı envantere kayıtlı olan Kuran'ı Kerim, Şeyh Hamdullah tarafından h.909 / m.1503-1504 senesine II. Bayezid'e sunulmak üzere istinsah edilmiştir. Eserin tezhibi dönemin müzehhiplerinden Hasan bin Abdullah tarafından yapılmıştır. Mushaf-ı Şerif 31,8 x 22 cm'dir ve 377 varaktan oluşur (Karatay, 1962). Mushaf'ın 1a sayfasında yer alan zahriye bezemesi tasarım düzeni ve ince fırça işçiliğiyle dikkati çekmektedir. Zahriyenin tezhibi dikdörtgen formunda ve tek sayfa olarak hazırlanmıştır. Tezyinatta simetrinin hâkim olduğu raport (ulama) kompozisyon, yalın rumî, sarılma rumî ve hatâyî grubu motiflerle tasarlanmıştır. Altının ağırlıklı olduğu zeminlerde rumî paftalarının içerisinde lacivert renk kullanılmıştır. Tezyinat dış bordüre yapılan tığlarla bitirilmiştir.



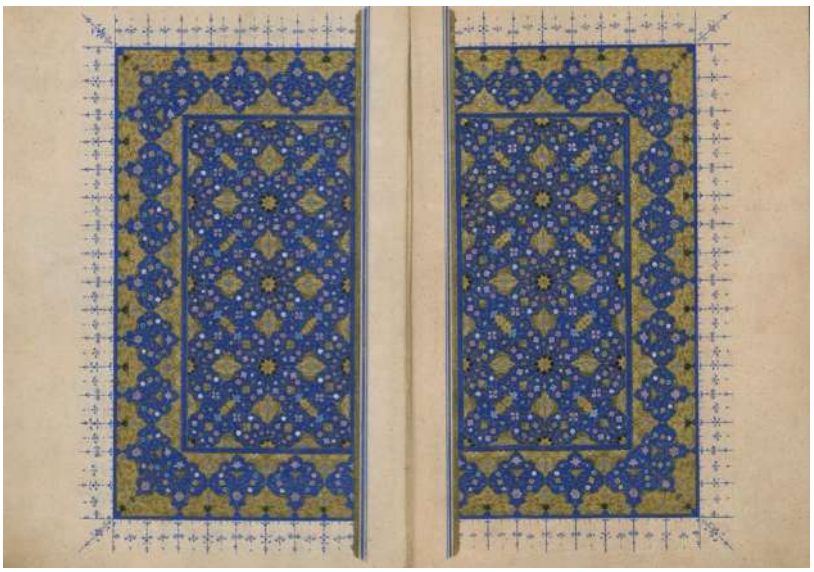
Resim 2. Kur'an-ı Kerim zahriye tezhibi, İÜK A6662, h.914/m.1508

İstanbul Üniversitesi Nadir Eserler Kütüphanesi Arapça yazmalar bölümünde 6662 numarada kayıtlı bulunan Kur'an-ı Kerim, Şeyh Hamdullah tarafından istinsah edilmiştir. II. Bayezid'e temellük kaydı bulunan Mushaf Rebiyülahir 914 Ağustos 1508 tarihlidir. 32 x 20,5 cm ölçülerindeki 451 varaktan oluşan eser, Hasan bin Abdullah tarafından tezhiplenmiştir (Karatay, 1951). Eserin 1b-2a sayfalarında karşılıklı iki sayfa şeklinde zahriye tezhibi bulunmaktadır. Tezyinatın ölçüleri 22,3 x 11,7 cm'dir (Küpeli, 2007). Zahriye tezhibi Müzehhibin diğer Kur'an-ı Kerim bezemesinde olduğu gibi raport (ulama) kompozisyon düzeninde tasarlanmıştır. Sarılma rumî, yalın rumî ve hatâyî grubu motiflerin kullanıldığı tezyinatta, diğer Mushaf'tan farklı olarak zeminlerde altın yerine lacivert rengin hâkim olduğu görülmektedir.



Resim 3. Kur'an-ı Kerim zahriye tezhibi ve tezhipten detay, İÜK A6551,16. yüzyılın ilk çeyreği

İstanbul Üniversitesi Nadir Eserler Kütüphanesi Arapça yazmalar bölümünde 6551 envanter numarası ile kayıtlı olan Kur'an- Kerim Hattat Şeyh Hamdullah'ın (ö.1520) talebelerinden olan Hayreddin tarafından istinsah edilmiştir. 14x7 cm ölçülerinde, 488 varaktır. Hatimesinde II. Bayezid'den merhum olarak bahsetmemesi nedeniyle 1512 tarihinden önce istinsah edildiği düşünülmektedir (Derman, M.U., 2010). Eserin1b sayfasında şemse formunda zahriye tezhibi yer almaktadır. Şemsenin alt ve üst uçlarında rumî ile oluşturulmuş salbekler bulunur. Döneme ait Mushaf zahriyelerinden farklılık gösteren bu bezeme, daha sade bir şekilde tasarlanmış ve işlenmiştir. Sarılma rumî ve hatâyî grubu motiflerin yer aldığı şemsede zeminlerde altın ve lacivert denge içerisinde kullanılmıştır.



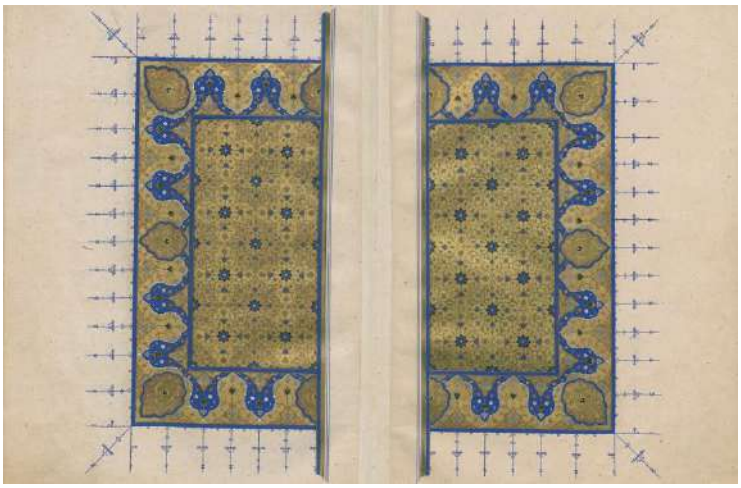
Resim 4. Kur'an-ı Kerim zahriye tezhibi, İÜK A6552, h.930/m.1514

Şeyh Hamdullah tarafından h.920 / m.1514 tarihinde istinsah edilen Kur'an-ı Kerim, günümüzde İstanbul Üniversitesi Kütüphanesi A 6552 numaralı envanterde bulunmaktadır. 20,5x13,7 cm ölçülerindeki eser, 451 varaktır. Hatimesinde II. Bayezid için yazıldığı ibaresi vardır (Karatay, 1951). 1b-2a sayfalarında karşılıklı iki sayfada oldukça ince tezyin edilmiş zahriye bezemeleri bulunmaktadır. Hattatın saray için yazdığı diğer Mushafların tezhibinde görüldüğü gibi bu eserde de raport düzenlenmiş zahriye tezhibiyle karşılaşılır. Sarılma rumî ve hatâyî grubu motiflerin yer aldığı kompozisyonda iç kısımda paftalar lacivert ağırlıklı boyanmışken, dış bordürde altın ve lacivert dengeli bir surette uygulanmıştır. İşçilik oldukça ince ve özenlidir.



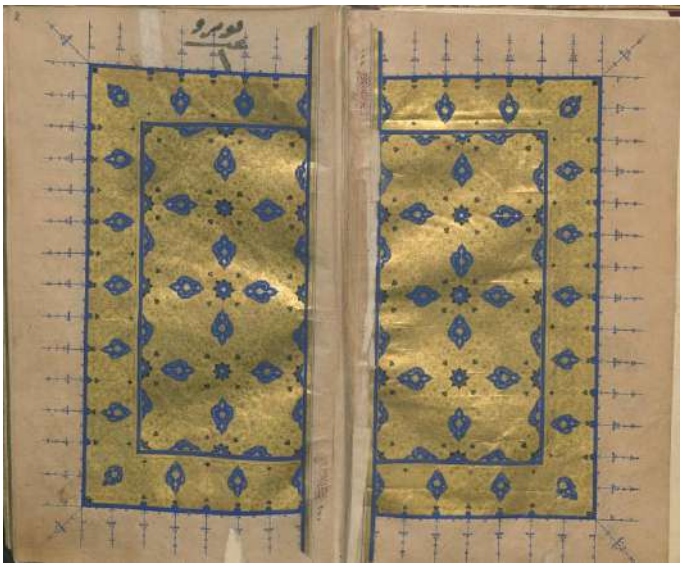
Resim 5. Kur'an-ı Kerim zahriye tezhibi, İÜK A6566, h.930/m.1523-24

Şeyh Hamdullah'ın oğlu olan Mustafa Dede bin Hamdullah tarafından H 930/ M 1523-24 tarihlerinde istinsah edilen Mushaf-ı Şerif İstanbul Üniversitesi Nadir Eserler kütüphanesine A 6566 numara ile kayıtlıdır. Eserin 15,2 x 11 cm ölçülerinde, 479 varaktan oluşmaktadır (Karatay, 1951). 1b-2a sayfalarında yer alan zahriye tezhibi karşılıklı çift sayfa olarak tezyin edilmiş ve dikdörtgen formdadır. Raport (ulama) tarzda tasarlanan tezyinatta altın ve lacivert rengin zemin paftalarında dengeli bir şekilde dağıldığı görülür. Sarılma rumî ve hatâyî grubu motiflerle oluşturulan desende, ortabağların içerisindeki küçük paftalarda siyah renge yer verilmiştir.



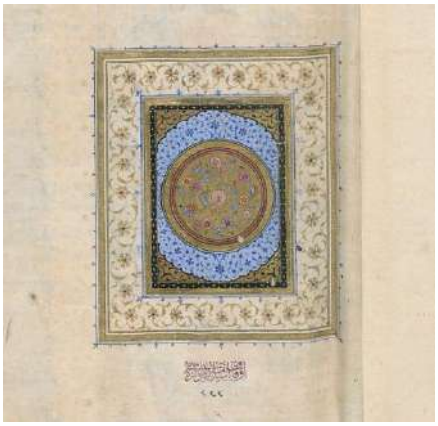
Resim 6. Kur'an-ı Kerim zahriye tezhibi, TSMK EH. 58, h.930/m.1523-24

Topkapı Sarayı Kütüphanesi Emanet Hazinesi Kitaplığına 58 numara ile kayıtlı olan Mushaf-ı Şerif Kanunî Sultan Süleyman için Abdullah bin İlyas hattıyla h.930 / m.1523-24 yıllarında yazılmış, Bayram bin Derviş Şîr tarafından tezyin edilmiştir. 477 varak olan Mushaf, 25x16,5 cm ölçülerindedir. Müzehhip Bayram bin Derviş Şîr'in 1554 yılındaki vefatına dek saray nakışhânesinde çalıştığı Ehl-i Hiref defteri ve in'am kaydı defterlerinden anlaşılmaktadır (Meriç, 1963, Yağmurlu 1973). Eserin zahriye tezhibi oldukça incelikli ve detaylıdır. Raport kompozisyon düzenindeki tezyinat 1b-2a sayfalarına karşılıklı çift olarak yapılmıştır. Yalın rumî ve hatâyî grubu motiflerle tasarlanan desen iç kısımda zer-ender-zer (altın içerisinde altın) tekniği ile işlenmiştir. Altın zeminin ağırlıkta olduğu zahriye tezyinatında tığlar oldukça sadedir.



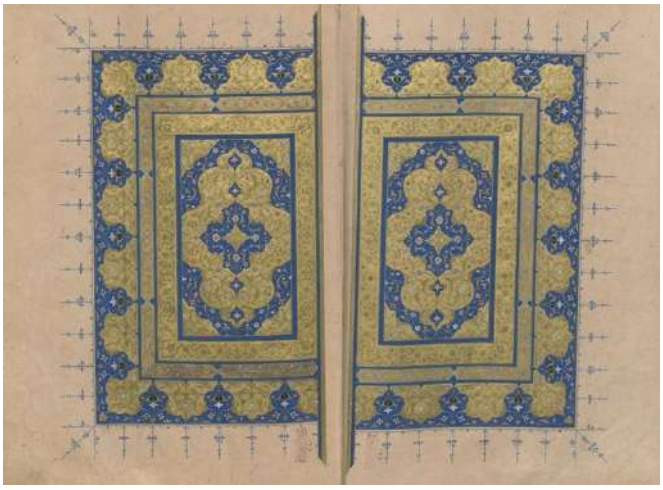
Resim 7. Kur'an-ı Kerim zahriye tezhibi, TİEM 397, 16. yüzyılın ilk yarısı

Hattatı ve müzehhibi belli olmayan, Kur'an-Kerim yazı ve tezhip özellikleriyle 16. yüzyılın ilk yarısına tarihlenmektedir. Türk İslam Eserleri Müzesi'nde 397 numara ile kayıtlı olan 27,5 x 18,4 cm ölçülerindeki Mushaf, 318 varaktır (Unustası, 2010). 1b-2a sayfalarında karşılıklı iki sayfa olmak üzere zahriye tezyinatı bulunur. Raport tasarımdaki bezemelerde, yalın rumî ve hatâyî grubu motiflerle hazırlanan desen, zer-ender-zer tekniği ile işlenmiştir. Altının hâkim olduğu tezhipte, motif hatları oldukça ince tahrir ile belirlenmiştir. Müzehhibi belli olmayan bu eser uygulama tekniği ve renkleriyle Bayram bin Derviş'in izlerini taşımaktadır.



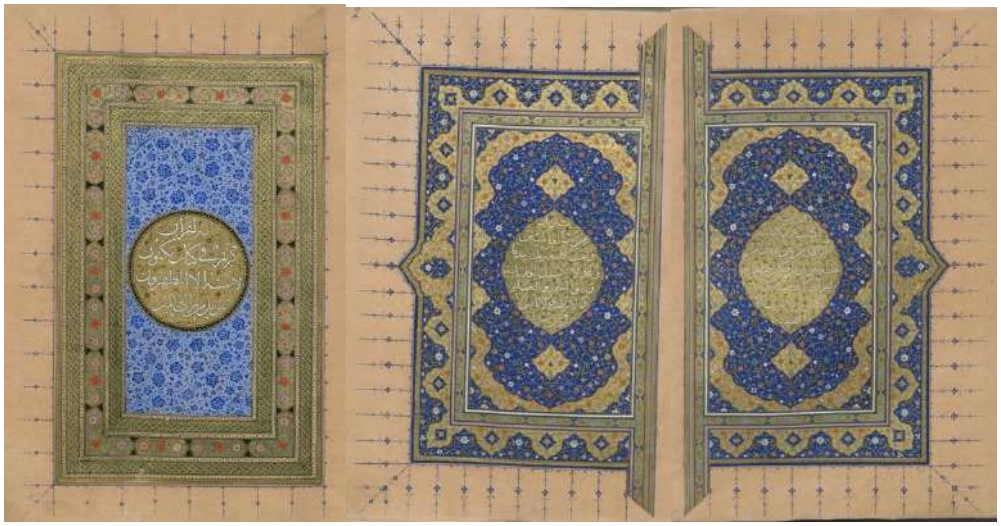
Resim 8. Kur'an-ı Kerim zahriye tezhibi, TİEM 400, h.933 / m.1526-27

Hattat Ahmed Karahisârî (ö.1556) tarafından h.933 / m.1526-27 tarihinde istinsah edilen Mushaf- Şerif, Türk İslam Eserleri Müzesi'nde 397 envanter numarası ile kayıtlıdır. 26,8 x 18,6 cm ve 455 varaktır. 1a sayfasında dikdörtgen formunda küçük bir zahriye tezhibi yer alır. İç kısımdaki daire formunda, hatâyî grubu motifler klasik tezhip tarzında işlenmiş, etrafı mavi üzerine lacivert renkteki negatif motiflerle bezenmiştir. Köşelerde negatif rumî motifleri bulunur. Dış bordür ise altınla işlenmiş negatif penç ve yaprak motifleriyle süslenmiştir.



Resim 9. Kur'an-ı Kerim zahriye tezhibi, TİEM 395, 16. yüzyılın ilk yarısı

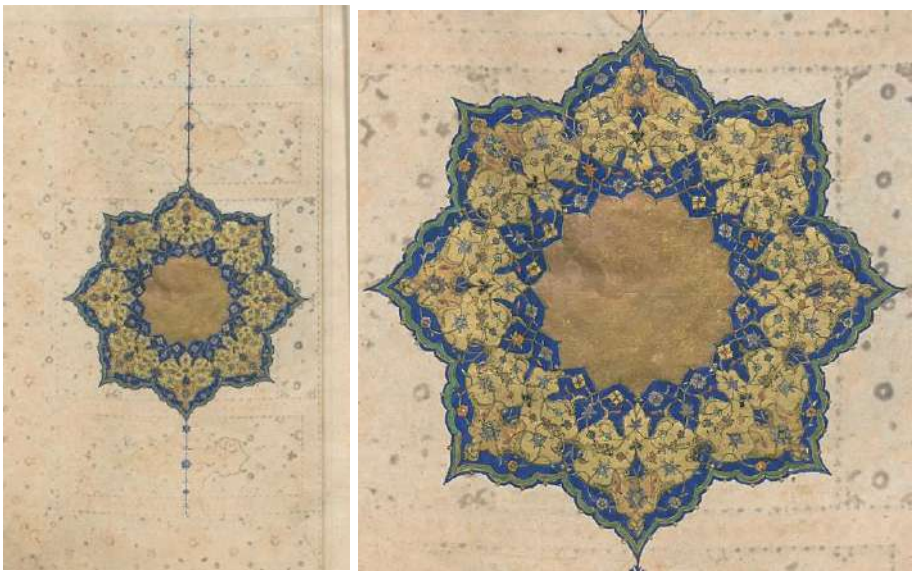
Türk İslam Eserleri Müzesi'nde 397 numaralı envanterde bulunan Mushaf-ı Şerif'in müzehhibi ve hattatı kayıtlı değildir. Yazı ve bezeme özellikleriyle 16. yüzyılın ilk yarısına tarihlenen eser, 31,1 x 22,4 cm ölçülerinde 527 varaktır (Unustası, 2010). Mushaf'ın zahriye tezhibi çift sayfa karşılıklı olarak 1b-2a'da yer alır. Dikdörtgen formundaki zahriye tezyinatının, iç kısmı şemseli köşebentli şekilde tasarlanmıştır. İç kısımda ve dış bordürde yalın rumî, sarılma rumî ve hatâyî grubu motifler kullanılmıştır. İç bordürde ise bulut motifine yer verildiği görülür. Fırça işçiliğinin ince ve özenli olduğu tezyinatta, zemin paftalarında altın ve lacivert renk dengeli uygulanmıştır.



Resim 10. Kur'an-ı Kerim zahriye tezhibi, TSMK E.H 49, h.962 / m.1554-55, 1a, 1b-2a

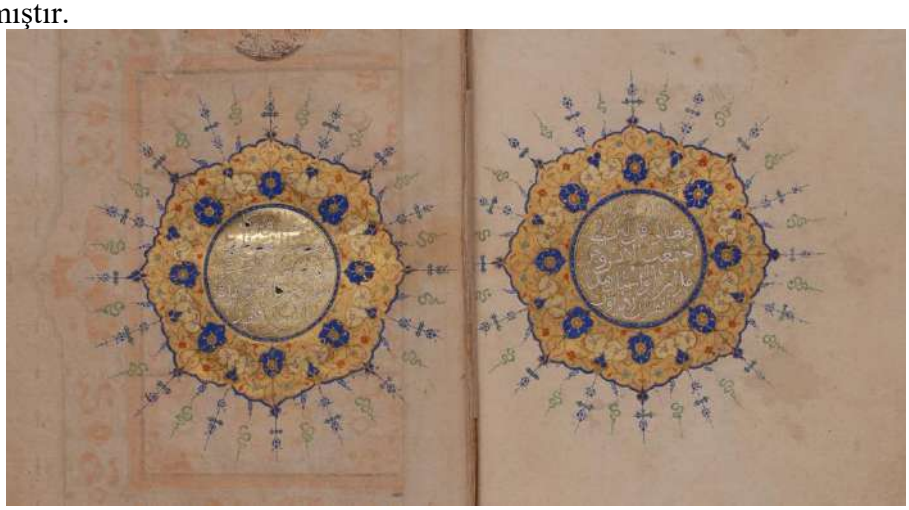
Topkapı Sarayı Kütüphanesi Emanet Hazinesi Kitaplığına 49 numara ile kayıtlı olan Kur'an-ı Kerim, h.745 / m.1344-45 yıllarında Abdullah Sayrafî hattı ile istinsah edilmiştir. Mushaf 22,5x15,7 ölçülerindedir. Eserin cildi ve tezhibi 16. yüzyılda saray nakışhânesinde yenilenmiştir. Bu durum, eserin başında yan kâğıdı üzerine eklenen bir yazıdan anlaşılmaktadır. Bu notta Mushaf'ın tezhibinin h.962 / m.1554-55 yıllarında sernakkaş Kara Mehmed Çelebi (Karamemi) tarafından yapıldığı ifade edilmiştir (Tanındı, 1986). Tezyinatı dönemin sanat zevkinin zirvesini yansıtan bu Kuran-ı Kerim'in sayfasında dikdörtgen formunda bir zahriye, 1b- 2a sayfalarında ise karşılıklı iki olmak üzere üç sayfada zahriye tezhibi bulunmaktadır. 1a

sayfasındaki tezhibin içerisindeki dairede üstübeç mürekkebi ile ayet yazmaktadır. Etrafındaki açık mavi zeminli alana hatâyî grubu motiflerle negatif bezemeler yapılmıştır. Dış bordür kitabeli klasik tezhip ile bezenmiştir. 1a ve 2b sayfalarındaki tezhip ise oldukça ince işçilikli, kompozisyon açısından ise detaylı ve dengelidir. Dikdörtgen formundaki tezyinatta sayfanın yan kenarlarına gelen kısma haşiye tezhibi yapılmıştır. Kompozisyonda hatâyî grubu motifler ve hurde rumî motifi kullanılmıştır. Tezhibi yönüyle dönemin en incelikli eserlerinden birisidir.



Resim 11. Kur'an-ı Kerim zahriye tezhibi, TSMK E.H 70, h.968 / m.1560-61

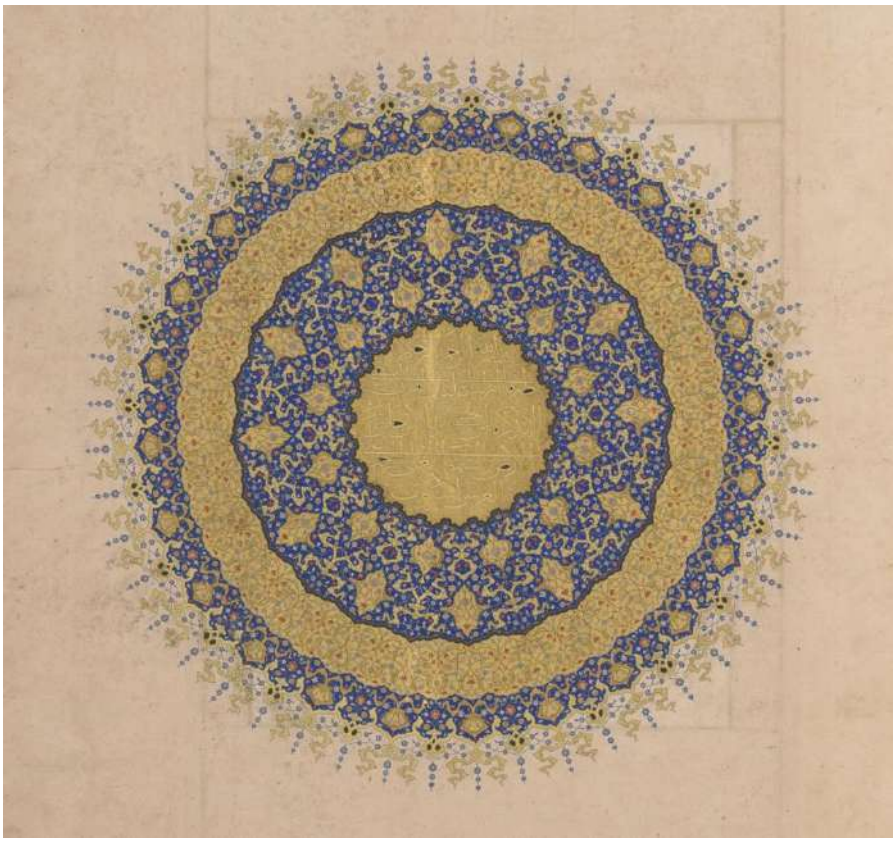
Hattı Derviş Muhammed b. Mustafa Dede b. Hamdullah bin eş-Şeyh tarafından h.968/ m.1560-61 yıllarında yazılmış olan Mushaf- Şerif, Topkapı Sarayı Kütüphanesi Emanet Hazinesi Kitaplığı 70 numaralı envanterde yer almaktadır. 27,8 x18,5 ölçülerinde olan eser, 288 varaktır (Karatay,1962). 1a sayfasında 1/16 simetrili madalyon formunda zahriye tezhibi bulunmaktadır. Hatâyî grubu ve rumî motifleri ile tasarlanan desenin iç kısmı altın sürülerek boş bırakılmıştır.



Resim 12. Kur'an-ı Kerim zahriye tezhibi, SK Laleli 16, h.990/ m.1582

Süleymaniye Kütüphanesi Laleli Koleksiyonu 16 numarada yer alan Kur'an-ı Kerim, Ahmed bin Pîr Muhammed bin Şükrullah tarafından H 14 Safer 990/ M 10 Mart 1582'de istinsah

edilmiştir. 17x10 cm ölçülerinde, 314 varaktır. 1b-2a sayfalarına karşılıklı çift sayfa olarak madalyon formunda tezhip yapılmıştır. Madalyonun iç kısmındaki daireye üstübeç mürekkebi ile ayet yazılmış, siyah mürekkeple tahrirlenmiştir. Altın zeminlerin ağırlıkta olduğu madalyon 1/16 simetrilidir. Zeminde ayrılan paftalarda farklı karatlardaki yeşil ve sarı altınlarla ton farkı oluşturulmuştur. Hatâyî grubu ve rumî motiflerinin kullanıldığı zahriye tezhibinde, tığlarda negatif motifler ve bulut motifine yer verildiği görülmektedir.



Resim 13. Kur'an-ı Kerim zahriye tezhibi, TSMK H.S 5, m.1584-1596

Topkapı Sarayı Kütüphanesi'nde Hırka-i Saadet Kitaplığına 5 numara ile kayıtlı bulunan hattatına ithafen 'Karahisârî Mushafı' olarak anılan Kur'an-ı Kerim, Ahmed Karahisârî ve evlatlığı, aynı zamanda da talebesi olan Hasan Çelebi tarafından m.1540-1555 ile m.1584-1587 yılları arasında istinsah edilmiştir. 61,5 x 42,5 cm'lik boyutları ile devrindeki Osmanlı el yazmaları arasında en büyük ebatlı Kur'an-ı Kerim olma hususiyetini taşımaktadır. Bu görkemli eser, hattıyla olduğu kadar tezhibi ve cildiyle de şaheser niteliği taşımaktadır (Serin, 2010). Eserin cildi ve tezhibi III. Murad döneminde başlamış m.1584-1596 yılları arasında 12 yıl sürmüş, Ramazan 1596'da Sultan III. Mehmed'e sunulmuştur. Eserin tezyinatına dair masraf defteri tutulmuştur, bu defterdeki bilgilere dayanarak tezhibinde Nakkaş Hasan ve Mustafa Nakkaş'ın görev aldığı bilgisine ulaşılmaktadır (Çağman, 1995).

Eserin 2a sayfasında dönemin sanat zevkinin en üstün örneği olarak sayılabilecek güzellikte, madalyon formunda zahriye tezhibi bulunur. Zahriye tezhibinin orta kısmına sarı altın sürülmüş üzerine beyaz altınla ayet-i kerime yazılarak siyah mürekkeple tahrirlenmiştir. 31 cm genişliğindeki bu görkemli tezyinatta 16. yüzyılda en olgun halini alan hatâyî grubu motifler, bulut, yalın ve hurde rumîler oldukça detaylı ve ince bir şekilde işlenmiştir. Zahriye tezhibinin kenarlarına negatif motifler ve bulut motifiyle bezeli tığlar yapılmıştır.

Değerlendirme ve Sonuç

- Araştırma kapsamında örneklerini incelediğimiz eserler içerisinde 16. yüzyılın ilk yarısına tarihlenen TSMK A.5, İÜK A6662, İÜK A6551, İÜK A6552, İÜK A6566, TSMK E.H.58, TİEM 397, TİEM 400 envanter numaralı eserlerin zahriyeleri II. Bayezid dönemi tezhip özelliklerini göstermektedir. İstanbul Üslubunun ilk yansımalarının görüldüğü II. Bayezid döneminde saray nakışhânesinde hazırlanan eserlerde, motif boyutlarının küçüldüğü daha sade ve zarif bir forma ulaştığı görülür. Bu eserlerde motif çeşitliliği de artmıştır. Paftalarda altın kullanımı fazlalaşmış, lacivert renk ve altınla kullanımı zeminlerde dengeli bir hal almıştır. Bu dönem tezhibinde, kompozisyonlarda geometrik tasarımlar ve ulama desenler hakimdir. Bu sanat zevkinin etkileri yüzyılın ilk yarısı boyunca devam etmiştir.
- Döneme ait Mushaf zahriyelerinin çoğunluğunda, karşılıklı çift sayfaya dikdörtgen formunda tezhip yapıldığı görülmüştür.
- Yüzyılın ikinci yarısının başlangıcında hazırlanan TİEM 395, TSMK E.H.49, envanter numaralı Mushafların zahriye tezhiplerinde ulama kompozisyon anlayışının terkedilip, şemseli köşebentli kompozisyon düzeninin tercih edildiği görülmektedir.
- Bu eserlerden sonraki tarihlerde hazırlanan TSMK E.H. 70, SK Laleli 16, TSMK H.S.5 envanter numaralı Kur'an-ı Kerimlerin zahriye tezhibinde tam sayfa bezemeler yerine sayfanın merkezinde yer alan madalyon formunda tasarımların tercih edildiği görülmektedir.
- İncelediğimiz tezyinat örnekleri ışığında, döneme ait Mushaf zahriyelerinde tezyinat formlarının yüzyıl boyunca değişim gösterdiği, dikdörtgen, şemse ve madalyon gibi farklı formların tercih edildiği görülmüştür.
- Yüzyılın son çeyreğine doğru karşılıklı çift sayfa olarak yapılan zahriye tezhibi uygulamalarının azaldığı gözlemlenmektedir.
- Süreç içerisinde tezhip sanatında çeşitliliği artan motiflerin çoğuna (sarılma rumî ve bulut motifleri gibi) bu zahriyelerde de rastlanmıştır.
- Devrin tezhip üslubu zahriyelerde de sürdürülmüş ancak sanatçılar Kur'an-ı Kerim bezemelerine yeni denemelerden kaçınarak sade ve klasik bir tarz benimsemişlerdir.

Kaynaklar

Çağman, F. (1995). Ahmed Karahisari'ye Atfedilen Ünlü Kur'an-ı Kerim. 9. Milletlerarası Türk Sanatları Kongresi, Kültür Bakanlığı Yayınları, c.1, s. 521-527.

Derman, F.Ç. (2012). Tarihimizde Mushafların Bezenmesi. Diyanet İlmî Dergi Kur'an Özel Sayısı, DİB Yayınları.

Derman, M.U. (2010). Doksan Dokuz İstanbul Mushafı. Türk Petrol Vakfı. 2010.

Devellioğlu, F. (1998). Osmanlıca-Türkçe Ansiklopedik Lugat. Aydın Kitabevi Yay.

Karatay F.E. (1962). Topkapı Sarayı Müzesi Kütüphanesi Arapça Yazmalar Kataloğu. Topkapı Sarayı Müzesi Yayınları, Cilt 1.

Karatay F.E. (1951). İstanbul Üniversitesi Kütüphanesi Arapça Yazmalar Kataloğu. İstanbul Üniversitesi Yayınları, Cilt 1.

Küpeli G. (2007). II. Bayezid Dönemi Tezhip Sanatı. Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Geleneksel Türk El Sanatları Anasanat Dalı (yayınlanmamış Sanatta Yeterlilik Tezi).

Meriç R. M. (1963). Bayramlarda padişahlara hediye edilen san'at eserleri ve karşılıkları. Türk San'atı Tarihi Araştırma ve İncelemeleri I, İstanbul Güzel Sanatlar Akademisi Türk Sanatı Tarihi Enstitüsü Yayınları (1), 765-786.

Özcan Y. (2002). Türk tezhip sanatı. Türkler, Yeni Türkiye Yay., Cilt 12.

Serin M. (2010). Hat Sanatı ve Meşhur Hattatlar. Kubbealtı Yayınları.

Tanındı Z. (1986). 13-14. yüzyılda yazılmış Kur'an'ların Kanunî döneminde yenilenmesi. Topkapı Sarayı Müzesi Yıllık (1),140-152.

Taşkale, F. (1994). Tezhip sanatının kullanım alanları. (Sanatta yeterlik tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Unustası M. (2010). (Ed.). 1400. yılında Kur'an-ı Kerim. Antik Aş. Kültür Yayınları.

Yağmurlu H. (1973). Tezhip sanatı hakkında genel açıklamalar ve Topkapı Sarayı Kütüphanesinde imzalı eserleri bulunan tezhip ustaları, Türk Etnografya Dergisi, 8, 79-114.

CURCUMIN ATTENUATES MONOSODIUM GLUTAMATE-INDUCED INFLAMMATORY, METABOLIC, AND APOPTOSIS-RELATED MOLECULAR ALTERATIONS IN RAT OCULAR TISSUE

Asst. Prof. Şule Acar Duyan
Department of Ophthalmology, Faculty of Medicine, Selçuk University, Konya, Türkiye
Prof. Süleyman Okudan
Department of Ophthalmology, Faculty of Medicine, Selçuk University, Konya, Türkiye
Res. Asst. Tuğba Sezer
Division of Sports Physiology, Department of Physiology, Faculty of Medicine, Selçuk University, Konya, Türkiye
Prof. Muaz Belviranlı
Division of Sports Physiology, Department of Physiology, Faculty of Medicine, Selçuk University, Konya, Türkiye

ABSTRACT
Repeated monosodium glutamate (MSG) exposure can produce molecular alterations in experimental ocular models. Curcumin has attracted interest because of its anti-inflammatory and cytoprotective properties, but its effects across interconnected ocular pathways remain incompletely characterized. This study investigated whether curcumin co-administration could attenuate MSG-associated inflammatory, metabolic-regulatory, neurotrophic and apoptosis-related changes in rat ocular tissue. Twenty-four newly weaned male Wistar rats were randomly allocated to control, MSG, curcumin and MSG plus curcumin groups, with six animals per group. Treatments were administered orally for eight weeks. Ocular tissue analyses combined enzyme-linked immunosorbent assays with relative gene-expression measurements. MSG exposure increased tumor necrosis factor-alpha (TNF-α) and was associated with higher nuclear factor kappa B (NF-κB) relative expression. It also reduced peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator-1 alpha (PGC-1α)-related measures and sirtuin 1 (SIRT1) expression, while increasing Bax and decreasing Bcl-2 expression. Curcumin co-administration attenuated these changes. Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) showed partial recovery with combined treatment, although curcumin alone also produced unexpectedly low BDNF concentrations. These findings support attenuation of the measured molecular responses during MSG exposure. They do not establish preservation of retinal structure, visual function or cell survival. Further studies incorporating histological, functional and pathway-specific assessments are required to determine the biological significance of these responses.
Keywords: monosodium glutamate, curcumin, ocular tissue, inflammation, SIRT1, PGC-1α, apoptosis-related signaling

INTRODUCTION
Monosodium glutamate (MSG) is the sodium salt of glutamic acid and is widely used as a flavor enhancer. Experimental studies have examined whether repeated MSG exposure can influence inflammatory and cellular stress responses in different organs. Such models provide a framework for investigating biological responses under defined conditions, but their findings require careful interpretation in relation to exposure, tissue type and developmental stage [1]. The present study addresses an experimental ocular tissue response in rats and does not directly evaluate the consequences of ordinary dietary MSG intake in humans.
Glutamate has a central physiological role in retinal neurotransmission. Retinal glial systems contribute to extracellular glutamate regulation through uptake and metabolic conversion,

helping maintain an environment compatible with normal neuronal signaling [2]. Disruption of this regulation can increase cellular susceptibility to excitotoxic stress. Previous experimental work linked prolonged dietary sodium glutamate exposure with retinal morphological and functional changes in rats [3]. That exposure paradigm differs from the current study, so it provides biological context rather than a directly equivalent model.

Several molecular processes may accompany ocular responses to glutamatergic stress. NF-κB participates in inflammatory regulation, while TNF-α reflects an important component of the inflammatory response. SIRT1 and PGC-1α contribute to metabolic regulation and cellular adaptation. Experimental work in glutamate-exposed cortical neurons has connected curcumin responses with SIRT1-dependent PGC-1α regulation [4]. Neurotrophic support is also relevant to ocular neural tissue. In a distinct optic nerve injury model, BDNF application influenced retinal ganglion cell survival and function [5]. Bax and Bcl-2 provide complementary information about apoptosis-related gene-expression patterns.

Curcumin is a polyphenolic constituent of Curcuma longa. Its reported biological properties include modulation of inflammatory responses and antioxidant activity across experimental systems [6]. Ocular studies have also investigated curcumin in models of retinal injury. For example, Mandal and colleagues examined its effects during light- and oxidant-associated retinal stress [7]. These observations justify studying curcumin in additional ocular exposure models, while recognizing that differences in treatment conditions and outcome measures may produce different responses.

The aim of this study was to determine whether curcumin co-administration attenuates MSG-associated alterations in rat ocular tissue. We assessed TNF-α, PGC-1α and BDNF concentrations together with relative expression of NF-κB, PGC-1α, SIRT1, Bax and Bcl-2. This combination allowed inflammatory responses to be considered alongside metabolic-regulatory and apoptosis-related measures within the same experiment. We hypothesized that curcumin would modify the molecular profile associated with repeated MSG exposure, without assuming that molecular changes alone demonstrate structural or functional ocular protection.

RESEARCH AND FINDINGS

Experimental framework

The experiment included twenty-four newly weaned, three-week-old male Wistar rats. Animals were randomly allocated to four groups: control, MSG, curcumin, and MSG plus curcumin. Each group contained six animals. Control animals received the corresponding vehicles. MSG was administered at 80 mg/kg and a curcumin formulation at 100 mg/kg, according to body weight. Animals in the combined group received both treatments. Administration continued by oral gavage for eight weeks, five days per week. Standard housing conditions, laboratory chow and water were maintained throughout the study.

The protocol received institutional animal ethics approval before the experiment, and procedures followed applicable animal-care and welfare principles. Ocular tissues were collected twenty-four hours after the final treatment under the study's anesthesia and euthanasia procedures. Samples were processed for biochemical and molecular analyses. The investigator performing the assays was blinded to group allocation. All twenty-four animals contributed complete outcome data. The findings below provide a narrative summary of treatment-associated patterns rather than a complete numerical presentation of individual outcomes or group estimates.

Molecular assessment and statistical approach

Enzyme-linked immunosorbent assays measured ocular TNF-α, PGC-1α and BDNF concentrations, normalized to tissue protein content. Real-time quantitative polymerase chain reaction assessed NF-κB, PGC-1α, SIRT1, Bax and Bcl-2 relative expression. GAPDH served as the reference gene, and relative expression followed the comparative cycle-threshold

approach [8]. The control group served as the normalized expression calibrator. Measuring PGC-1α at both protein and transcript levels provided complementary information, although correspondence between these levels cannot be assumed for every treatment condition.

Protein outcomes were analyzed within a factorial framework that considered MSG exposure, curcumin administration and their interaction. TNF-α and PGC-1α analyses used two-way analysis of variance, with adjusted simple-effects comparisons when appropriate. Because BDNF did not meet the equal-variance assumption, its analysis used heteroscedasticity-robust inference. Relative-expression outcomes underwent nonparametric comparisons among the three treatment groups, followed by exact pairwise tests with Holm adjustment. The fixed control calibrator was retained as a descriptive reference and excluded from inferential gene-expression comparisons. Consequently, descriptions of expression moving toward the control reference should not be read as statistical tests of equivalence or normalization.

Inflammatory findings

MSG exposure increased ocular TNF-α concentrations compared with control. The MSG group also showed higher NF-κB relative expression than the normalized control reference. Curcumin co-administration attenuated both findings when compared with MSG alone, and the adjusted treatment-group comparisons supported these differences. TNF-α concentrations in the combined group approached the control level numerically. The concurrent responses in an inflammatory mediator and an inflammation-related transcript suggest a coherent molecular response, although the measurements do not establish every step of the underlying signaling process.

This pattern is consistent with prior experimental evidence connecting curcumin with modulation of inflammatory responses in retinal stress models [7]. However, the current study measured NF-κB relative gene expression rather than nuclear translocation, DNA binding or direct pathway activation. Lower expression therefore supports an association with reduced inflammatory signaling but does not demonstrate direct inhibition of NF-κB activity. The results should also be interpreted within ocular tissue as sampled, because the experiment did not identify which retinal or nonretinal cell populations contributed to the measured changes.

Metabolic-regulatory findings

MSG exposure reduced ocular PGC-1α protein concentrations compared with control and was associated with lower PGC-1α and SIRT1 relative expression. Curcumin co-administration increased PGC-1α protein concentrations compared with MSG alone. PGC-1α and SIRT1 relative expression also increased in the combined group, moving toward the descriptive control reference. Adjusted comparisons supported these differences between the MSG and combined-treatment groups. The parallel direction of the PGC-1α protein and transcript findings strengthens the observation that this regulatory system responded to the experimental conditions.

SIRT1 and PGC-1α have attracted attention in studies of cellular adaptation to glutamatergic stress. Jia and colleagues reported curcumin-associated changes involving this regulatory relationship in cultured cortical neurons [4]. That work offers mechanistic plausibility, but cortical neurons and whole ocular tissue are different experimental systems. The present data do not establish SIRT1 enzyme activity, PGC-1α deacetylation, mitochondrial biogenesis or restoration of mitochondrial function. They indicate changes in selected metabolic-regulatory measures that merit more direct investigation.

The curcumin-alone group also illustrates the need to distinguish transcript expression from protein abundance. Its relatively high SIRT1 and PGC-1α expression did not imply a corresponding increase in PGC-1α protein above the control level. Regulation after transcription, protein turnover and the timing of sampling may contribute to differences between measurements, but these explanations were not tested here. A single terminal tissue

assessment cannot resolve the sequence of molecular events or determine whether one response preceded another.

Apoptosis-related findings

The MSG group showed higher Bax and lower Bcl-2 relative expression than the descriptive control reference, indicating an expression pattern associated with greater pro-apoptotic signaling. Curcumin co-administration reduced Bax and increased Bcl-2 expression compared with MSG alone. Both adjusted comparisons supported the treatment-related shifts. These opposing responses are consistent with a change in apoptosis-related regulation. A comparable pattern has been described in an experimental diabetic retinopathy model treated with curcumin, although the initiating injury and experimental conditions differed [9].

Bax and Bcl-2 expression alone cannot demonstrate that apoptotic cell death occurred or that treatment prevented it. This study did not include TUNEL staining, caspase activation, direct cell-death measurements or cell-specific localization of the expression changes. Accordingly, the findings support modulation of apoptosis-related molecular signaling. Demonstrating improved cell survival would require direct measurements alongside the expression data, ideally with histological assessment and identification of the affected ocular cell populations.

BDNF and variation in the treatment response

BDNF concentrations decreased after MSG exposure and increased when curcumin was administered together with MSG. The combined group nevertheless remained numerically below the control level, indicating partial recovery of this measure. An unexpectedly low BDNF concentration was also present in the curcumin-alone group. This observation is important because it prevents the findings from being summarized as a uniform increase in neurotrophic support across all curcumin-treated animals.

Reports of curcumin-associated BDNF improvement in other neural models provide context but do not explain the present result. Afzal and colleagues investigated hippocampal BDNF in a different rat model involving stress-associated behavioral changes [10]. Differences in tissue, exposure and sampling conditions limit comparison with ocular tissue. The low BDNF concentration with curcumin alone remains an unexpected finding without an established mechanism in this experiment. Independent replication and simultaneous assessment of BDNF transcript and protein measures would help clarify whether the response is reproducible.

Interpretation and study limitations

The four-group design allowed MSG exposure, curcumin administration and their combination to be considered within one experiment. Random allocation and blinded laboratory assessment supported the design, while the combined marker panel offered a broader view than a single inflammatory measurement. The principal treatment-associated changes were directionally consistent across TNF-α, NF-κB, SIRT1, PGC-1α, Bax and Bcl-2. However, concurrent marker changes do not establish a causal chain connecting these processes, and the BDNF response shows that different molecular measures need not respond uniformly.

Several limitations restrict interpretation. The small number of animals per group limits precision, and the inclusion of only young males prevents assessment of sex- or age-dependent responses. Whole ocular tissue measurements cannot identify specific retinal layers or cell types. Retinal histopathology and visual function testing were not performed, so the molecular findings cannot establish preservation of retinal structure or vision. Direct oxidative-stress indices were not measured, despite their relevance to the biological rationale. NF-κB, SIRT1, Bax and Bcl-2 lacked corresponding protein-level validation.

Gene-expression normalization relied on one reference gene, and the absence of raw cycle-threshold values for re-analysis limited inference to the available normalized expression dataset. In addition, the narrative presentation does not provide effect estimates or their uncertainty for independent assessment. These constraints favor a measured conclusion focused on the observed molecular pattern. Further experiments should connect the molecular outcomes with

histology and functional testing, examine oxidative responses directly, and use pathway-specific interventions to distinguish causal mechanisms from associated changes.

CONCLUSION

Repeated MSG administration was associated with inflammatory, metabolic-regulatory and apoptosis-related molecular alterations in rat ocular tissue. Curcumin co-administration attenuated the measured changes in TNF-α and NF-κB, improved PGC-1α- and SIRT1-related measures, and shifted Bax and Bcl-2 expression away from the MSG-associated pattern. BDNF showed partial recovery during combined treatment, but its unexpectedly low concentration with curcumin alone requires further investigation.

The findings support a potential effect of curcumin on the ocular molecular response to repeated MSG exposure under the conditions examined. They do not demonstrate retinal structural protection, improved vision or prevention of apoptotic cell death. Replication with broader animal populations, cell-specific assessment and direct structural, functional and mechanistic endpoints is needed before the biological significance of these changes can be established. The study provides an experimental basis for further investigation rather than evidence for clinical treatment recommendations.

REFERENCES

1. Hajihasani MM, Soheili V, Zirak MR, Sahebkar A, Shakeri A. Natural products as safeguards against monosodium glutamate-induced toxicity. Iran J Basic Med Sci. 2020;23(4):416-430. doi:10.22038/IJBMS.2020.43060.10123.

2. Derouiche A, Rauen T. Coincidence of L-glutamate/L-aspartate transporter (GLAST) and glutamine synthetase (GS) immunoreactions in retinal glia: evidence for coupling of GLAST and GS in transmitter clearance. J Neurosci Res. 1995;42(1):131-143. doi:10.1002/jnr.490420115.

3. Ohguro H, Katsushima H, Maruyama I, Maeda T, Yanagihashi S, Metoki T, et al. A high dietary intake of sodium glutamate as flavoring (Ajinomoto) causes gross changes in retinal morphology and function. Exp Eye Res. 2002;75(3):307-315. doi:10.1006/exer.2002.2017.

4. Jia N, Sun Q, Su Q, Chen G. SIRT1-mediated deacetylation of PGC1α attributes to the protection of curcumin against glutamate excitotoxicity in cortical neurons. Biochem Biophys Res Commun. 2016;478(3):1376-1381. doi:10.1016/j.bbrc.2016.08.132.

5. Weber AJ, Viswanáthan S, Ramanathan C, Harman CD. Combined application of BDNF to the eye and brain enhances ganglion cell survival and function in the cat after optic nerve injury. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2010;51(1):327-334. doi:10.1167/iovs.09-3740.

6. Memarzia A, Khazdair MR, Behrouz S, Gholamnezhad Z, Jafarnezhad M, Saadat S, et al. Experimental and clinical reports on anti-inflammatory, antioxidant, and immunomodulatory effects of Curcuma longa and curcumin, an updated and comprehensive review. BioFactors. 2021;47(3):311-350. doi:10.1002/biof.1716.

7. Mandal MNA, Patlolla JMR, Zheng L, Agbaga MP, Tran JTA, Wicker L, et al. Curcumin protects retinal cells from light- and oxidant stress-induced cell death. Free Radic Biol Med. 2009;46(5):672-679. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2008.12.006.

8. Schmittgen TD, Livak KJ. Analyzing real-time PCR data by the comparative C(T) method. Nat Protoc. 2008;3(6):1101-1108. doi:10.1038/nprot.2008.73.

9. Yang F, Yu J, Ke F, Lan M, Li D, Tan K, et al. Curcumin alleviates diabetic retinopathy in experimental diabetic rats. Ophthalmic Res. 2018;60(1):43-54. doi:10.1159/000486574.

10. Afzal A, Batool Z, Sadir S, Liaquat L, Shahzad S, Tabassum S, et al. Therapeutic potential of curcumin in reversing the depression and associated pseudodementia via modulating stress hormone, hippocampal neurotransmitters, and BDNF levels in rats. Neurochem Res. 2021;46(12):3273-3285. doi:10.1007/s11064-021-03430-x.

MUTFAK KÜLTÜRÜNDEKİ DEĞİŞİMİN TOPLUMSAL YANSIMALARI
THE SOCIAL REFLECTIONS OF CHANGES IN CULINARY CULTURE

Taha Gökmen ÜLGER
Dr. Öğr. Üyesi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü
Emre ADIGÜZEL
Doç. Dr., Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü
Şemsi Gül YILMAZ KOCAMAN
Dr. Öğr. Üyesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü

ÖZET
Mutfak kültürü, toplumların yalnızca beslenme biçimlerini değil; kültürel kimliklerini, aile ve sosyal yaşamlarını, ekonomik yapılarını, toplumsal rollerini ve çevreyle ilişkilerini de yansıtan dinamik bir yapıdır. Küreselleşme, kentleşme, teknolojik gelişmeler, değişen çalışma yaşamı ve sürdürülebilirlik kaygıları, geleneksel mutfak kültürünün dönüşümünü hızlandırmaktadır. Bu bildirinin amacı, mutfak kültüründe meydana gelen değişimlerin toplumsal yansımalarını kültür ve kimlik, aile ve sosyal yaşam, sağlık, ekonomi, teknoloji, toplumsal roller, küreselleşme ve sürdürülebilirlik boyutlarıyla değerlendirmektir. Mutfak kültüründeki değişim, bir taraftan farklı kültürler arasındaki etkileşimi artırarak yeni ve hibrit mutfak kimliklerinin ortaya çıkmasına olanak sağlarken diğer taraftan geleneksel yemeklerin, yerel ürünlerin ve kuşaklar arası aktarılan mutfak bilgisinin korunmasına ilişkin tartışmaları gündeme getirmektedir. Aile yaşamındaki dönüşüm, çalışma hayatının yoğunlaşması ve bireyselleşme; yemek hazırlama, birlikte yemek yeme ve ev içi beslenme pratiklerini değiştirmektedir. Bununla birlikte küresel gıda sistemlerinin genişlemesi ve ultra işlenmiş gıdaların erişilebilirliğinin artması, beslenme örüntülerinin dönüşümü ve kronik hastalıklar açısından önemli bir halk sağlığı konusu oluşturmaktadır. Teknolojik gelişmeler ise gıda üretimi, dağıtımı ve tüketiminin yanı sıra beslenme bilgisine erişim ve bireylerin yemek seçimlerini de yeniden şekillendirmektedir. Ekonomik açıdan yerel gastronomi, geleneksel ürünler ve gastronomi turizmi yeni istihdam ve girişimcilik olanakları yaratırken, küresel gıda ekonomisi yerel üretim ve tüketim biçimleri üzerinde dönüştürücü bir etki oluşturmaktadır. Ayrıca mutfak kültüründeki dönüşüm; yemek hazırlama, gıda temini ve bakım emeğine ilişkin toplumsal rollerin yeniden değerlendirilmesini beraberinde getirmektedir. Günümüzde bu dönüşümün önemli bir diğer boyutu sürdürülebilirliktir. Yerel ve mevsimsel beslenme, gıda israfının azaltılması, biyolojik çeşitliliğin korunması ve döngüsel gıda sistemleri, mutfak kültürünün geleceğine ilişkin temel tartışma alanları hâline gelmiştir. Sonuç olarak mutfak kültüründeki değişim yalnızca neyin ve nasıl tüketildiğinin değişmesi olarak değil; kültür, sağlık, ekonomi, teknoloji, toplumsal ilişkiler ve çevre arasındaki etkileşimi yeniden biçimlendiren çok boyutlu bir toplumsal dönüşüm süreci olarak değerlendirilmelidir. Geleneksel mutfak mirasının korunması ile değişen toplumsal gereksinimlerin dengelenmesi, daha sağlıklı, kültürel açıdan kapsayıcı ve sürdürülebilir gıda sistemlerinin geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mutfak kültürü, beslenme kültürü, toplumsal değişim, küreselleşme, sürdürülebilirlik.

ABSTRACT
Culinary culture is a dynamic construct that reflects not only the dietary practices of societies but also their cultural identities, family and social life, economic structures, social roles, and relationships with the environment. Globalization, urbanization, technological advances, changing working patterns, and growing concerns about sustainability are accelerating the transformation of traditional culinary cultures. The aim of this paper is to evaluate the societal implications of changes in culinary culture across the dimensions of culture and identity, family and social life, health, economy, technology, social roles, globalization, and sustainability. Changes in culinary culture, on the one hand, facilitate interaction among different cultures and contribute to the emergence of new and hybrid culinary identities; on the other hand, they raise concerns regarding the preservation of traditional dishes, local foods, and culinary knowledge transmitted across generations. Transformations in family life, increasingly demanding working conditions, and individualization are reshaping food preparation, shared meals, and household eating practices. At the same time, the expansion of global food systems and the increasing availability of ultra-processed foods constitute an important public health concern in terms of changing dietary patterns and chronic diseases. Technological advances are also reshaping not only food production, distribution, and consumption but also access to nutrition information and individuals' food choices. From an economic perspective, local gastronomy, traditional foods, and gastronomic tourism create new opportunities for employment and entrepreneurship, while the global food economy exerts a transformative influence on local patterns of food production and consumption. Moreover, changes in culinary culture have prompted a reconsideration of social roles associated with food preparation, food provisioning, and caregiving. Another important dimension of this transformation is sustainability. Local and seasonal eating, reducing food waste, conserving biodiversity, and developing circular food systems have become key areas of discussion concerning the future of culinary culture. In conclusion, changes in culinary culture should not be regarded merely as changes in what and how people eat, but rather as a multidimensional process of social transformation that reshapes the interactions among culture, health, economy, technology, social relations, and the environment. Balancing the preservation of traditional culinary heritage with changing societal needs is important for developing healthier, culturally inclusive, and more sustainable food systems.
Keywords: Culinary culture, food culture, social change, globalization, sustainability.

GİRİŞ

Mutfak kültürü, toplumların doğayla, ekonomiyle ve birbirleriyle kurduğu ilişkilerin gündelik hayatta somutlaştığı başlıca alanlardan biridir. Hangi besinlerin yenilebilir kabul edildiği, bunların hangi yöntemlerle hazırlandığı, yemek hazırlama sorumluluğunun kimlere yüklendiği ve belirli yiyeceklerin hangi sosyal bağlamlarda tüketildiği, biyolojik gereksinimlerin ötesinde tarihsel ve kültürel olarak biçimlenmektedir. Bu nedenle yemek, bir taraftan fizyolojik gereksinimi karşılayan maddi bir ürün, diğer taraftan aidiyet, statü, kimlik ve hatırlama pratiklerinin taşıyıcısıdır (Feldman ve Wunderlich, 2023; Haley, 2012).

Mutfak kültürünün değişimi yeni bir olgu değildir. Ticaret yolları, göç hareketleri, sömürgecilik, teknolojik yenilikler ve farklı topluluklar arasındaki temaslar tarih boyunca besinleri, tarifleri ve pişirme tekniklerini dolaşıma sokmuştur. Bununla birlikte günümüzün küresel tedarik zincirleri, kentleşme dinamikleri ve dijital platformları, kültürel etkileşimin ölçeğini ve hızını artırarak mutfağı yerel sınırların ötesinde yeniden tanımlamaktadır. Böylece bir yandan farklı mutfakların karşılaşması ve melezleşmesi mümkün olmakta, diğer yandan kültürel temsilde güç ilişkileri ve özgünlük tartışmaları belirginleşmektedir (Kelly, 2016; Passidomo, 2017; Feldman ve Wunderlich, 2023).

Bu dönüşümün toplumsal yansımaları yalnızca restoran menülerinin çeşitlenmesi veya yeni gıda ürünlerinin yaygınlaşmasıyla sınırlı değildir. Ev içindeki yemek emeğinin örgütlenmesi, aile bireylerinin birlikte yemek hazırlama ve tüketme olanakları, kuşaklar arası tarif aktarımı, gıda seçiminin toplumsal cinsiyetle ilişkisi ve sağlıklı besine erişim olanakları da değişmektedir. Özellikle dijital mecralarda yemek, tüketilen bir üründen aynı zamanda sergilenen, pazarlanan ve kimlik kurmak için kullanılan bir içeriğe dönüşmüştür (Tiusanen, 2021; Fielding-Singh ve Oleschuk, 2023).

Mutfak kültüründeki değişimi doğrusal bir 'gelenekten kopuş' anlatısına indirgemek analitik bakımdan yetersizdir. Geleneksel uygulamalar her zaman sağlıklı veya eşitlikçi olmayabileceği gibi, çağdaş uygulamalar da zorunlu olarak kültürel kayıp anlamına gelmemektedir. Önemli olan değişimin hangi koşullarda gerçekleştiği, farklı toplumsal grupları nasıl etkilediği ve sağlık ile sürdürülebilirlik açısından ne tür fırsat ve riskler ürettiğidir. Bu derlemenin amacı, mutfak kültüründeki dönüşümü toplumsal ilişkiler, kültürel kimlik, eşitsizlikler, beslenme ve sürdürülebilirlik boyutlarında bütüncül ve eleştirel bir yaklaşımla tartışmaktır.

AMAÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, mutfak kültüründeki dönüşümün toplumsal yansımalarını disiplinlerarası bir bakış açısıyla ele alan bir derlemedir. İlgili literatür; küreselleşme ve kentleşme, kültürel kimlik, toplumsal ilişkiler, kuşaklar arası bilgi aktarımı, dijitalleşme, toplumsal cinsiyet, sosyoekonomik eşitsizlikler, beslenme alışkanlıkları ve gıda sürdürülebilirliği bağlamında değerlendirilmiştir. Kavramsal yaklaşımlar ile farklı araştırma desenlerinden elde edilen bulgular tematik olarak karşılaştırılmış; değerlendirme, mutfak kültüründeki değişimin toplumsal ilişkiler ve kültürel süreklilik, teknoloji ve toplumsal eşitsizlikler ile sağlık ve sürdürülebilirlik üzerindeki etkileri ekseninde yapılandırılmıştır.

İnceleme şu sorulara odaklanmaktadır: (i) Mutfak kültüründeki dönüşüm aile içi yemek pratiklerini, toplumsal ilişkileri, kültürel kimliği ve geleneklerin kuşaklar arası aktarımını nasıl etkilemektedir? (ii) Dijitalleşme, sosyal medya, sosyoekonomik farklılıklar ve değişen toplumsal cinsiyet rolleri mutfak kültürünü ve beslenme pratiklerini nasıl şekillendirmektedir? (iii) Geleneksel mutfak kültüründeki dönüşüm beslenme alışkanlıkları, toplum sağlığı ve gıda sürdürülebilirliği açısından hangi sonuçları doğurmaktadır?

Bu doğrultuda farklı disiplinlerden kavramsal çalışmalar, nitel araştırmalar ve epidemiyolojik yayınlar birlikte ele alınmıştır. Bulgular yorumlanırken araştırmaların yöntemsel farklılıkları gözetilmiş; gözlemsel ilişkiler nedensel sonuçlar olarak değerlendirilmemiştir.

MUTFAK KÜLTÜRÜNÜN TARİHSEL VE YAPISAL DÖNÜŞÜMÜ

Mutfak kültürünün yerel ekoloji ve tarihsel deneyimle ilişkisi, besinlerin yalnızca bulunabilirliğini değil, aynı zamanda nasıl anlamlandırıldığını da belirlemektedir. İklim, tarımsal üretim, dinsel normlar, sınıfsal farklılaşma ve ticari ilişkiler, bölgesel mutfakların oluşumunda iç içe geçmiştir. Bu nedenle 'geleneksel mutfak' kavramı değişmeyen tarifler toplamından ziyade, toplulukların farklı tarihsel dönemlerde ürettiği ve yeniden yorumladığı pratikler bütünü olarak anlaşılmalıdır (Haley, 2012; Luckins, 2013).

Göç ve kültürlerarası temas, yemek repertuvarını çeşitlendiren başlıca süreçlerdir. Londra'daki Fransız gastronomisinin tarihsel gelişimi üzerine çalışmalar, göçmenlerin taşıdığı bilgi ve tekniklerin yalnızca yeni lezzetlerin dolaşımına değil, kentli tüketim alışkanlıklarının ve kültürel statü göstergelerinin dönüşümüne de katkıda bulunduğunu ortaya koymaktadır. Benzer biçimde diasporik topluluklar, geldikleri yerin mutfak hafızasını korurken yeni çevrenin malzemelerine, ekonomik koşullarına ve tüketim normlarına uyum sağlayabilmektedir. Bu bağlamda kültürel melezleşme, geleneksel kimliğin tamamen ortadan kalkması değil, farklı aidiyetlerin gündelik pratikte bir arada bulunması şeklinde yorumlanabilir (Kelly, 2016; Feldman ve Wunderlich, 2023).

Kentleşme, gıda tüketiminin mekânsal örgütlenmesini de değiştirmektedir. Marketler, restoranlar, sokak satıcıları, kurumsal yemekhaneler ve çevrim içi sipariş sistemleri farklı gelir gruplarına farklı olanaklar sunmaktadır. 'Gıda çevresi' yaklaşımı, bireysel tercihlerin yalnızca bilgi ve iradeye dayanmadığını; fiyat, ulaşım, fiziksel erişim, pazarlama ve kültürel kabul edilebilirlik gibi koşullardan etkilendiğini göstermektedir. Dolayısıyla mutfak kültürünün dönüşümü, tüketicinin tercihleri kadar gıda sisteminin kurumsal ve mekânsal yapısındaki değişimin de bir sonucudur (Downs ve ark., 2020; Vonthron ve ark., 2020).

Gastronomi turizmi ve yerel ürün markalaşması bu dönüşümün bir başka boyutudur. Bölgesel mutfaklar festivaller, gastronomi rotaları ve tanıtım stratejileri aracılığıyla ekonomik değere dönüştürülürken, kültürel mirasın görünürlüğü artabilmektedir. Ancak hangi tariflerin 'temsil edici' sayıldığına ve kimlerin kültürel miras adına konuşabildiğine ilişkin kararlar, yerel topluluklar arasındaki güç ilişkilerinden bağımsız değildir. Bu nedenle gastronomik görünürlük ile kültürel temsilde adaletin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir (Gündüz ve ark., 2024; Passidomo, 2017).

AİLE İÇİ YEMEK PRATİKLERİ, TOPLUMSAL İLİŞKİLER VE KÜLTÜREL KİMLİK

Yemek hazırlama ve paylaşma süreçleri aile yaşamının gündelik örgütlenmesinde önemli bir yer tutmaktadır. Ortak yemek hazırlığı, alışveriş planlaması, tariflerin uygulanması ve sofranın kurulması gibi faaliyetler, aile üyeleri arasında iş birliği ve sorumluluk paylaşımı gerektirmektedir. Bununla birlikte aile yemeği tek biçimli bir kurum değildir; hane büyüklüğü, kuşaklar arası ilişkiler, çalışma koşulları ve kültürel normlar bu deneyimin niteliğini belirler. Bu nedenle mutfak kültüründeki değişimin aile üzerindeki etkileri değerlendirilirken yalnızca birlikte geçirilen zamanın miktarı değil, etkileşimin niteliği ve yemek emeğinin dağılımı da dikkate alınmalıdır (Fielding-Singh ve Oleschuk, 2023).

Kentsel yaşamda çalışma saatlerinin farklılaşması, ulaşım süreleri ve hazır yemek seçeneklerinin artması, hanelerin yemek hazırlama biçimlerini çeşitlendirmektedir. Haneler, zaman ve kaynak kısıtları karşısında evde hazırlama ile hazır ürünlerden yararlanmayı farklı biçimlerde bir araya getirebilmektedir; mevcut kaynaklar bu pratiklerin nüfustaki sıklığını ölçmemektedir. Bu değişimlerin her biri, geleneksel aile bağlarının otomatik olarak zayıfladığı anlamına gelmez. Aksine haneler, zaman ve kaynak kısıtları içinde yeni ortaklık biçimleri geliştirebilmektedir (Fielding-Singh ve Oleschuk, 2023; Feldman ve Wunderlich, 2023).

Yemek, aile sınırlarının ötesinde toplumsal karşılaşmanın da aracıdır. Göçmen mutfakları, mahalle pazarları, ortak mutfak girişimleri ve gastronomi etkinlikleri farklı toplulukların birbirinin gündelik yaşamına temas etmesini sağlayabilmektedir. Ancak kültürlerarası yemek deneyiminin her durumda eşit ilişkiler doğurduğu varsayılmamalıdır. Bir mutfağın popülerleşmesi, o mutfağın taşıyıcısı olan göçmen topluluğun ekonomik ve sosyal olarak aynı ölçüde kabul gördüğünü göstermez. Gastronomik çeşitlilik ile toplumsal kapsayıcılık arasındaki bu fark, kültürel temsile ilişkin eleştirel değerlendirmeleri gerekli kılmaktadır (Kelly, 2016; Passidomo, 2017).

Kültürel kimlik bakımından mutfak, somut ve somut olmayan mirasın kesişiminde yer almaktadır. Tarifler, yemek adları, hazırlama teknikleri, sofra ritüelleri ve belirli günlerde tüketilen yiyecekler bireysel hatıraları kolektif bellekle ilişkilendirmektedir. Bu aktarım yalnızca yazılı tarifler yoluyla gerçekleşmez; tat, koku, el becerisi, gözlem ve birlikte uygulama gibi bedensel deneyimler de önem taşır. Kuşaklar arasında aktarılan mutfak bilgisinin değişen koşullara uyarlanması, kültürel sürekliliğin dinamik bir biçimi olarak değerlendirilebilir (Keramaris ve ark., 2022; Luckins, 2013).

Bununla birlikte geleneksel mutfağın 'otantik' olarak sunulması, kültürün tarihsel çeşitliliğini görünmez kılma riski taşımaktadır. Ulusal mutfak anlatıları kimi zaman farklı etnik, bölgesel ve sınıfsal deneyimleri tek bir temsil altında toplar. Mutfak tarihine ilişkin eleştirel çalışmalar,

bir yemeğin kökenini sabit ve tartışmasız biçimde belirlemekten çok, farklı toplulukların bu yemeği nasıl benimsediğini ve yeniden yorumladığını incelemenin daha açıklayıcı olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle kültürel mirasın korunması, yalnızca tariflerin standartlaştırılması değil, o tarifleri yaşatan toplulukların bilgi ve deneyimlerinin tanınması olarak düşünülmelidir (Haley, 2012; Passidomo, 2017).

DİJİTALLEŞME, SOSYOEKONOMİK EŞİTSİZLİKLER VE TOPLUMSAL CİNSİYET

Dijitalleşme, mutfak bilgisinin üretim ve dolaşım biçimlerini önemli ölçüde dönüştürmüştür. Çevrim içi tarif platformları, kısa video içerikleri, yemek blogları ve sosyal medya toplulukları, kullanıcıların farklı kültürlere ait hazırlama tekniklerine ve beslenme önerilerine erişimini kolaylaştırmaktadır. Bu durum, daha önce aile ve yakın çevreyle sınırlı olabilen mutfak bilgisinin daha geniş ağlarda paylaşılmasına olanak tanımaktadır. Öte yandan dijital ortamda görünürlük, içeriklerin bilimsel doğruluğundan bağımsız olarak platformların ticari ve görsel iletişim mantığıyla da ilişkili olabilmektedir; ancak incelenen kaynaklar algoritmik sıralamanın etkisini doğrudan ölçmemektedir (Tiusanen, 2021).

Yemek fotoğrafları, kısa videolar ve 'sağlıklı yaşam' içerikleri, beslenme tercihlerini yalnızca bilgi üzerinden değil, arzu edilen beden ve yaşam tarzı imgeleri üzerinden de etkileyebilmektedir. Dijital yemek anlatılarında bazı besinler statü, disiplin veya öz bakım göstergesi olarak sunulurken, diğerleri olumsuz ahlaki etiketlerle ilişkilendirilebilmektedir. Bu çerçeve, bireysel beslenme davranışlarının sosyal baskı ve öz sunum pratikleriyle bağlantısını görünür kılar. Ancak dijital içeriğe maruz kalma ile beslenme davranışı arasındaki ilişkiler değerlendirilirken nedensellik konusunda temkinli olunmalıdır (Tiusanen, 2021; Rambaree ve ark., 2020).

Dijital araçların sağladığı olanaklar toplumsal gruplar arasında eşit dağılmamaktadır. İnternet erişimi, dijital okuryazarlık, zaman, mutfak donanımı ve nitelikli besinleri satın alma gücü, çevrim içi önerilerin gündelik yaşama aktarılabilirliğini belirlemektedir. Örneğin ekonomik açıdan erişilemeyen malzemelerle hazırlanan bir tarifin dijital olarak görünür olması, düşük gelirli hanelerin bu tarifi uygulayabileceği anlamına gelmez. Dolayısıyla 'bilgiye erişim' ile 'sağlıklı seçim yapabilme kapasitesi' birbirinden ayrılmalıdır (Fielding-Singh ve Oleschuk, 2023; Downs ve ark., 2020).

Toplumsal cinsiyet rolleri, mutfak kültürünün dönüşümünde hem süreklilik hem de değişim gösteren bir başka boyuttur. Birçok bağlamda yemek planlama, alışveriş, hazırlık ve temizlik gibi işler kadınlarla özdeşleştirilmekte; bu sorumluluklar ücretli çalışma hayatına katılımla birlikte yeniden düzenlenmektedir. Gıda emeği yalnızca fiziksel pişirme faaliyetinden ibaret değildir; beslenme ihtiyaçlarını düşünme, aile üyelerinin tercihlerini uzlaştırma ve bütçe planlama gibi görünmeyen bilişsel yükleri de içerir. Bu nedenle mutfakta kullanılan teknolojilerin zaman tasarrufu sağlaması, tek başına hane içi emeğin eşit dağıldığını göstermemektedir (Fielding-Singh ve Oleschuk, 2023; Kopczyńska ve Zielińska, 2016).

Dijital mecralar bir taraftan tarif paylaşımı ve mesleki görünürlük açısından yeni olanaklar sağlayabileceği öne sürülürken, diğer taraftan 'ideal ev içi yemek hazırlığı'na ilişkin beklentileri yeniden üretebilir. Erkeklerin yemek hazırlama süreçlerine katılımının artması da kimi bağlamlarda gündelik sorumluluk paylaşımından çok performatif veya profesyonel gastronomi faaliyetleri üzerinden görünürleşebilir. Bu nedenle toplumsal cinsiyet açısından dönüşümün değerlendirilmesi, görünür temsilden ziyade iş bölümünün, karar verme gücünün ve emeğin değerinin incelenmesini gerektirir (Fielding-Singh ve Oleschuk, 2023; Kitch ve ark., 2021).

Dijitalleşmenin kültürel miras açısından etkileri de çift yönlüdür. Aile tariflerinin video arşivleriyle kayıt altına alınması, göçmen toplulukların mutfak hikâyelerini paylaşması ve yerel üreticilerin dijital kanallarda görünürlük kazanması kültürel sürekliliğe katkıda bulunabilir. Buna karşılık hızla tüketilen içerik formatları, karmaşık hazırlama süreçlerini

basitleştirebilir ve yemeklerin tarihsel bağlamını ikinci plana itebilir. Bu gerilim, dijitalleşmenin kültürel kayıp ya da kültürel koruma olarak tek yönlü tanımlanamayacağını göstermektedir (Keramaris ve ark., 2022; Tiusanen, 2021).

BESLENME ALIŞKANLIKLARI, TOPLUM SAĞLIĞI VE GIDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ

Mutfak kültüründeki dönüşümün beslenme üzerindeki etkileri, tüketilen besinlerin çeşitliliği, işlenme düzeyi, porsiyon özellikleri, hazırlama teknikleri ve öğün düzeni üzerinden değerlendirilmelidir. Küresel gıda piyasalarının gelişmesi farklı mevsim ve coğrafyalardan ürünlere erişimi kolaylaştırırken, ultra işlenmiş ürünlerin gıda ortamındaki görünürlüğünü de artırabilmektedir. NOVA sınıflandırması, bu ürünleri endüstriyel işlemenin niteliği ve amacı temelinde tanımlar (Monteiro ve ark., 2019). Epidemiyolojik meta-analizleri birleştiren bir şemsiye derlemede, ultra işlenmiş besinlere daha yüksek maruziyetin çeşitli olumsuz sağlık sonuçlarıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir; ancak bu kanıtlar tek başına nedensellik göstermemektedir (Lane ve ark., 2024). Bununla birlikte geleneksel beslenme biçimlerinin tamamının sağlıklı, modern seçeneklerin tamamının sağlıksız olduğu yönündeki ikili yaklaşım bilimsel açıdan savunulabilir değildir. Belirleyici olan toplam beslenme örüntüsü ve gıda çevresinin özellikleridir (Monteiro ve ark., 2019; Lane ve ark., 2024).

Geleneksel yemekler, bölgesel tarımsal üretimle bağlantıları ve kültürel kabul edilebilirlikleri nedeniyle sağlıklı beslenme müdahaleleri açısından önemli bir başlangıç noktası oluşturabilir. Ancak bir yemeğin 'geleneksel' niteliği, otomatik olarak düşük enerji, tuz veya doymuş yağ içeriği anlamına gelmez. Aynı tarif, kullanılan yağ miktarı, pişirme tekniği ve servis edilen porsiyona göre farklı beslenme özellikleri gösterebilir. Bu nedenle kültürel açıdan kabul gören yemeklerin besin ögesi bileşimini iyileştirmeye yönelik küçük değişiklikler, tamamen yabancı beslenme modellerinin doğrudan aktarılmasından daha uygulanabilir olabilir (Monteiro ve ark., 2019).

Akdeniz tipi beslenme gibi örüntüler, bitkisel kaynaklı besin çeşitliliği, yemek hazırlama pratikleri ve sosyal yemek bağlamı nedeniyle sağlık ve sürdürülebilirlik tartışmalarında sıklıkla ele alınmaktadır. Ancak belirli bir bölgeye ait beslenme modelinin başka toplumlara aktarılmasında yerel tarım ürünleri, gelir düzeyi, kültürel kabul ve pişirme alışkanlıkları dikkate alınmalıdır. Bu yaklaşım, beslenme önerilerini tek tip menülerin yaygınlaştırılması yerine kültürel olarak uyarlanabilir ilkeler çerçevesinde ele almayı gerektirir (Koliaki ve ark., 2024; Willett ve ark., 2019).

Toplum sağlığı bakımından önemli bir diğer mesele, sağlıklı besinlere erişimdeki eşitsizliklerdir. Gelir düzeyi, yaşanılan çevredeki satış noktaları, ulaşım olanakları, çalışma süresi ve hane içi bakım yükü, bireylerin yemek hazırlama kapasitesini etkilemektedir. Bu koşullar göz ardı edildiğinde sağlıklı beslenme yalnızca bireysel irade ve bilgi meselesi olarak sunulmakta; yapısal engeller görünmez hâle gelmektedir. Gıda çevresi çalışmalarının sunduğu çerçeve, beslenme davranışını desteklemek için bireysel eğitim kadar erişilebilir ve karşılanabilir gıda ortamlarının da gerekli olduğunu göstermektedir (Downs ve ark., 2020; Vonthron ve ark., 2020).

Gıda sürdürülebilirliği ise mutfak kültürünün dönüşümünü üretimden atık yönetimine uzanan daha geniş bir çerçevede ele almayı gerektirir. Yerel ve mevsimsel ürün kullanımı, bitkisel kaynaklı besinlerin dengeli biçimde değerlendirilmesi, geleneksel saklama yöntemleri ve artıkların yaratıcı biçimde kullanılması bazı bağlamlarda kaynak verimliliğini destekleyebilir. Bununla birlikte yerel olmanın her koşulda daha düşük çevresel etki yarattığı veya geleneksel üretimin her zaman sürdürülebilir olduğu varsayılamaz. Çevresel değerlendirmelerde üretim yöntemi, taşıma, depolama, enerji kullanımı, ürün kaybı ve tüketim aşamaları birlikte dikkate alınmalıdır (Willett ve ark., 2019; Koliaki ve ark., 2024).

Gastronomik mirasın korunması ile sürdürülebilirliğin birlikte ele alınması, yerel üreticilerin ekonomik olarak desteklenmesini ve geleneksel bilgiye sahip toplulukların karar süreçlerine

katılımını da gerektirir. Sadece turistik tüketim için standartlaştırılan yemeklerin kültürel bağlamından kopması veya yerel halk açısından pahalı hâle gelmesi, sürdürülebilirlik iddiasının toplumsal boyutunu zayıflatabilir. Bu nedenle sürdürülebilir mutfak yaklaşımı çevresel etkilerin azaltılmasını, ekonomik erişilebilirliği ve kültürel adaleti birlikte gözetmelidir (Gündüz ve ark., 2024; Passidomo, 2017).

TARTIŞMA

İncelenen literatür, mutfak kültüründeki değişimin üç temel gerilim hattında anlaşılabileceğini düşündürmektedir. İlk gerilim kültürel süreklilik ile yenilik arasındadır. Küreselleşme ve göç, mutfak repertuvarını genişletirken geleneksel uygulamaların yeniden yorumlanmasını teşvik etmektedir. Bu nedenle kültürel koruma, mutfak pratiklerini tarihsel bir anda dondurmak değil; toplulukların kendi yemek bilgilerini değişen koşullarda sürdürme kapasitesini güçlendirmek olarak tanımlanmalıdır (Kelly, 2016; Feldman ve Wunderlich, 2023).

İkinci gerilim görünürlük ve erişim olanakları ile eşitsizlik arasındadır. Dijital platformlar ve küresel pazarlar farklı besin ve tarifleri görünür kılmakta; ancak bu olanaklardan yararlanma düzeyi ekonomik sermaye, dijital okuryazarlık ve gündelik yaşamın zaman kısıtlarıyla şekillenmektedir. Özellikle kadınların üstlendiği görünmeyen gıda emeği, mutfak dönüşümünün yalnızca tüketim boyutuna odaklanan analizlerde ihmal edilebilmektedir. Dolayısıyla mutfak kültürünün demokratikleşmesi, yalnızca seçeneklerin artmasıyla değil, bu seçeneklere erişim ve karar verme gücünün daha adil dağılmasıyla değerlendirilmelidir (Fielding-Singh ve Oleschuk, 2023; Vonthron ve ark., 2020).

Üçüncü gerilim sağlık ve çevresel sürdürülebilirlik hedefleri ile kültürel kabul edilebilirlik arasındadır. Beslenme politikaları yalnızca besin ögesi hedeflerine odaklandığında kültürel bağlamı ihmal edebilir; yalnızca mirasın korunmasına odaklandığında ise beslenme kalitesi ve çevresel etki konularını geri planda bırakabilir. Bu nedenle gıda okuryazarlığı, kültürel duyarlılık ve yapısal erişim koşullarını bir araya getiren yaklaşımlara ihtiyaç vardır (Koliaki ve ark., 2024; Willett ve ark., 2019).

Türkiye gibi farklı bölgesel mutfak geleneklerine sahip toplumlarda bu tartışma ayrıca önemlidir. Yerel yemeklerin tarif, malzeme ve hazırlama teknikleri bakımından belgelenmesi; aile içi aktarımın ve genç kuşakların mutfak bilgisi edinme yollarının incelenmesi; dijital yemek içeriklerinin sağlıklı beslenme algısıyla ilişkisinin değerlendirilmesi ve bölgesel gıda çevrelerindeki eşitsizliklerin ortaya konması gelecek araştırmalar için anlamlı alanlardır. Bununla birlikte mevcut kaynak havuzu farklı coğrafyalara ve araştırma tasarımlarına dayandığından, burada tartışılan ilişkilerin Türkiye geneline doğrudan genellenmesi uygun değildir.

Bu değerlendirmede ele alınan yayınlar; kavramsal tartışmalar, nitel araştırmalar, kapsam derlemeleri ve epidemiyolojik kanıtlar bakımından heterojen bir yapı göstermektedir. Bu nedenle farklı bağlamlarda ortaya konan sonuçların tüm toplumlara doğrudan genellenmesi ve gözlemsel ilişkilerin nedensellik şeklinde yorumlanması uygun değildir. Gelecekte yapılacak karşılaştırmalı ve boylamsal araştırmaların, mutfak kültüründeki dönüşümün farklı yaş, gelir, cinsiyet ve hane gruplarındaki etkilerini daha ayrıntılı biçimde değerlendirmesi önem taşımaktadır.

SONUÇ

Mutfak kültüründeki dönüşüm, besinlerin hazırlanması ve tüketilmesindeki teknik değişikliklerin ötesinde, toplumsal ilişkilerin örgütlenmesini, kültürel kimliğin ifade edilmesini, hane içi emeğin dağılımını ve sağlıklı beslenme olanaklarını etkileyen çok katmanlı bir süreçtir. Küreselleşme, kentleşme ve dijitalleşme kültürel karşılaşmaları ve mutfak bilgisinin dolaşımını artırırken, bu süreçlerin kazanımları toplumsal gruplar arasında eşit biçimde dağılmamaktadır.

Geleneksel mutfak mirasının korunması, yeni beslenme pratiklerine karşı değişmez bir sınır oluşturmak anlamına gelmemelidir. Daha işlevsel yaklaşım, kültürel bilgi ve becerilerin

kuşaklar arasında aktarılmasını desteklerken beslenme kalitesini, toplumsal cinsiyet eşitliğini, gıdaya adil erişimi ve çevresel sürdürülebilirliği birlikte geliştirmektir. Bu doğrultuda kültürel açıdan duyarlı beslenme eğitimi, yerel gıda bilgisinin belgelenmesi, kapsayıcı gastronomi politikaları ve erişilebilir sağlıklı gıda çevreleri birbirini tamamlayan müdahale alanları olarak değerlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Bryngelsson, S., et al. (2025). Gastronomy in public meals—A scoping review. Gastronomy, 3(3), 10. https://doi.org/10.3390/gastronomy3030010
2. Downs, S. M., Ahmed, S., Fanzo, J., & Herforth, A. (2020). Food environment typology: Advancing an expanded definition, framework, and methodological approach for improved characterization of wild, cultivated, and built food environments toward sustainable diets. Foods, 9(4), 532. https://doi.org/10.3390/foods9040532
3. Feldman, C. H., & Wunderlich, S. (2023 [çevrim içi 2022]). Cultural food distancing: A conceptual discourse on the evolution of seminal to present and future models of traditional food practices. British Food Journal, 125(5). https://doi.org/10.1108/BFJ-12-2021-1337
4. Fielding-Singh, P., & Oleschuk, M. (2023). Unequal foodwork: Situating the sociology of feeding within diet and nutrition disparities. Sociology Compass, 17(4), e13067. https://doi.org/10.1111/soc4.13067
5. Gündüz, C., Rezaei, M., Quaglia, R., & Pironti, M. (2024). Culinary tourism: Exploring cultural diplomacy through gastronomy festivals in Turkey and Italy. British Food Journal, 126(7), 2621–2645. https://doi.org/10.1108/BFJ-11-2023-0965
6. Haley, A. P. (2012). The nation before taste: The challenges of American culinary history. The Public Historian, 34(2), 53–78. https://doi.org/10.1525/tph.2012.34.2.53
7. Kelly, D. J. (2016). A migrant culture on display: The French migrant and French gastronomy in London (19th to 21st centuries). Modern Languages Open. https://doi.org/10.3828/mlo.v0i0.148
8. Keramaris, A., Kasapidou, E., & Mitlianga, P. (2022). Pontic Greek cuisine: The most common foods, ingredients, and dishes presented in cookbooks and folklore literature. Journal of Ethnic Foods, 9, 3. https://doi.org/10.1186/s42779-022-00117-8
9. Kitch, S., McGregor, J., Mejía, G. M., El-Sayed, S., Spackman, C., & Vitullo, J. (2021). Gendered and racial injustices in American food systems and cultures. Humanities, 10(2), 66. https://doi.org/10.3390/h10020066
10. Koliaki, C. C., Katsilambros, N. L., & Dimosthenopoulos, C. (2024). The Mediterranean diet in the era of climate change: A reference diet for human and planetary health. Climate, 12(9), 136. https://doi.org/10.3390/cli12090136
11. Kopczyńska, E., & Zielińska, K. (2016 [çevrim içi 2015]). Feeding the body, feeding the gender: Dietary choices of men and women in Poland. East European Politics and Societies, 30(1). https://doi.org/10.1177/0888325415570964
12. Luckins, T. (2013). Historiographic foodways: A survey of food and drink histories in Australia. History Compass, 11(8), 551–560. https://doi.org/10.1111/hic3.12071
13. Passidomo, C. (2017). “Our” culinary heritage: Obscuring inequality by celebrating diversity in Peru and the U.S. South. Humanity & Society, 41(4), 427–445. https://doi.org/10.1177/0160597617733601
14. Rambaree, K., Mousavi, F., Magnusson, P., & Willmer, M. (2020). Youth health, gender, and social media: Mauritius as a glocal place. Cogent Social Sciences, 6(1), 1774140. https://doi.org/10.1080/23311886.2020.1774140
15. Tiusanen, K. (2021). Fulfilling the self through food in wellness blogs: Governing the healthy subject. European Journal of Cultural Studies, 24(6), 1382–1400. https://doi.org/10.1177/13675494211055734

16. Vonthron, S., Perrin, C., & Soulard, C.-T. (2020). Foodscape: A scoping review and a research agenda for food security-related studies. PLOS ONE, 15(5), e0233218. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233218
17. Monteiro, C. A., Cannon, G., Levy, R. B., et al. (2019). Ultra-processed foods: What they are and how to identify them. Public Health Nutrition, 22(5), 936–941. https://doi.org/10.1017/S1368980018003762
18. Lane, M. M., Gamage, E., Du, S., et al. (2024). Ultra-processed food exposure and adverse health outcomes: Umbrella review of epidemiological meta-analyses. BMJ, 384, e077310. https://doi.org/10.1136/bmj-2023-077310
19. Willett, W., Rockström, J., Loken, B., et al. (2019). Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. The Lancet, 393(10170), 447–492. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4

POPULATION AGEING AND HEALTHCARE EXPENDITURE: COMPARATIVE EVIDENCE FROM TÜRKIYE AND INDIA

Thasneem K. A. | Gowhar Ahmad Wani | Shifanath A. S.

Department of Social Sciences and Humanities
B.S. Abdur Rahman Crescent Institute of Science and Technology, Chennai, Tamil Nadu, India 2026

Abstract—Population ageing, driven by declining fertility and expanding life expectancy, is increasingly important for health-system planning, public expenditure, and fiscal sustainability. A larger share of older adults can raise demand for healthcare services, chronic disease management, pharmaceuticals, rehabilitation, and long-term care, although the size of the expenditure effect depends on morbidity, proximity to death, income, technology, institutional arrangements, and the organization of healthcare. This seminar paper examines the relationship between population ageing and healthcare expenditure in Türkiye and India over 2000–2023. Current health expenditure per capita is treated as the dependent variable and the population aged 65 years and above as the principal demographic explanatory variable. GDP per capita, life expectancy, and urbanisation are included as control variables, with constant-price/PPP adjustments applied to eliminate inflation and exchange-rate noise. Annual secondary data are drawn primarily from the World Health Organization Global Health Expenditure Database and the World Bank World Development Indicators. The methodology combines descriptive comparison with time-series econometrics, utilizing an Autoregressive Distributed Lag (ARDL) Bounds Testing approach to accommodate the small sample size (N = 24) alongside standard unit-root testing, cointegration analysis, and error-correction modeling with structural break controls (e.g., COVID-19). Available descriptive evidence shows that the share of people aged 65 and above increased substantially in both countries between 2000 and 2023, while current health expenditure per capita also increased over the period. Türkiye entered the period with a higher elderly share and remained considerably older by 2023, whereas India experienced a lower but steadily rising elderly share. The paper presents a complete, replicable empirical framework and interprets the descriptive and literature-supported evidence. The comparison highlights the need for early investment in healthy ageing, primary and preventive care, financial protection, geriatric services, and long-term care preparedness in emerging economies.

Keywords: population ageing, healthcare expenditure, demographic transition, public policy, ARDL bounds testing, time-series econometrics, Türkiye, India, fiscal sustainability.

1. Introduction

Population ageing is one of the most important demographic transformations affecting contemporary economies. It results mainly from sustained declines in fertility and improvements in survival and life expectancy, which alter the age composition of the population. The issue is not simply that there are more older people; it is that the relative size of older cohorts changes the demand for public services, the composition of household consumption, labour-market participation, intergenerational transfers, pension obligations,

and healthcare needs. Population ageing represents a macroeconomic and public-policy challenge because the growing number and share of older adults can increase demand for healthcare services, chronic disease management, pharmaceuticals, and long-term care (Thasneem et al., 2026).

Healthcare is particularly sensitive to demographic structure because the probability of chronic illness, functional limitation, disability, and the need for repeated medical contact generally rises with age. However, the relationship between ageing and expenditure is theoretically and empirically complex. Older people may consume more healthcare than younger people, but aggregate expenditure is also shaped by income, medical technology, prices, institutional arrangements, insurance coverage, urbanisation, health behaviour, and whether additional years of life are spent in good health. Research therefore cautions against interpreting population ageing as an automatic or one-for-one cause of health-spending growth (Morgan & Mueller, 2023; Zweifel et al., 1999).

The economic significance of this issue is especially strong in emerging economies. India is experiencing a large absolute increase in the number of older adults while simultaneously managing a substantial burden of communicable diseases and a rapidly increasing burden of non-communicable diseases. A review of India's ageing and health-financing literature emphasizes that the country faces the combined challenge of population ageing, rising chronic disease, and the need to expand financial protection and health-system capacity (Lee et al., 2018; Rajan et al., 2023). Türkiye, by contrast, has moved further along the ageing transition. The share of its population aged 65 and above was approximately 5.81% in 2000 and 10.00% in 2023, compared with approximately 4.41% and 6.92%, respectively, in India, using World Bank series. These figures illustrate the different stages of demographic transition faced by the two countries.

The comparison of Türkiye and India is therefore analytically useful. Both are large emerging economies, but they differ in demographic timing, income levels, healthcare-system development, urbanisation, and the maturity of the ageing transition. Türkiye's older demographic structure provides evidence from an economy already facing a relatively larger elderly population, while India's trajectory provides evidence from a country entering a more pronounced ageing phase. A comparative approach can therefore help identify whether the association between ageing and health expenditure appears stronger in a relatively older emerging economy or whether economic growth and health-system expansion dominate the relationship.

This seminar paper uses annual data for 2000–2023, with current health expenditure per capita as the dependent variable and the population aged 65 and above as the main demographic variable. GDP per capita, life expectancy, and urbanisation are incorporated as controls. The empirical strategy consists of descriptive analysis, unit-root testing, ARDL cointegration analysis, and an error-correction model with structural dummy variables. The paper has six main objectives: (a) to examine the evolution of population ageing in Türkiye and India; (b) to compare trends in healthcare expenditure; (c) to assess theoretically and empirically how ageing may affect healthcare expenditure; (d) to identify short-run and long-run relationships using time-series methods suitable for small samples; (e) to evaluate

structural shock sensitivities; and (f) to derive policy implications for health financing, healthy ageing, and long-term care preparedness.

2. Conceptual and Theoretical Background

2.1 Population ageing and demographic transition

Population ageing is commonly measured by the proportion of the population aged 65 years and above. It is the outcome of demographic transition in which mortality declines first, followed by fertility decline, eventually producing an older age structure. Longer life expectancy also increases the number of people surviving to older ages. The demographic transition matters for healthcare because changes in age composition alter the incidence and prevalence of diseases and the demand for different categories of care.

2.2 Why ageing can increase healthcare expenditure

The simplest mechanism is the age-gradient in healthcare use. Older adults tend to have greater healthcare needs because chronic conditions, disability, multimorbidity, and functional limitations become more common with age. These needs may increase spending on outpatient visits, hospital treatment, medicines, rehabilitation, home-based care, and long-term care. OECD evidence emphasizes that ageing changes both the level and composition of health spending and that older age is associated with higher healthcare needs (Morgan & Mueller, 2023).

2.3 The healthy-ageing and proximity-to-death perspectives

Age alone is not a complete explanation of healthcare costs. The healthy-ageing hypothesis suggests that if people live longer in better health, the additional lifetime years need not generate expenditure proportional to the increase in life expectancy. The proximity-to-death hypothesis further argues that a substantial part of healthcare expenditure occurs near the end of life rather than simply because a person has crossed an age threshold. These perspectives help explain why empirical studies sometimes find a strong short-run relationship between ageing and health expenditure but a weaker long-run age effect.

2.4 Income, urbanisation and healthcare demand

Economic development affects healthcare expenditure through several channels. Higher GDP per capita raises household purchasing power and the fiscal capacity of governments, while also increasing expectations regarding healthcare quality. Urbanisation can improve access to healthcare facilities and specialists, increase exposure to formal healthcare markets, and change disease patterns. Life expectancy captures both demographic conditions and improvements in survival, although it is also correlated with health-system development. These factors justify including GDP per capita, life expectancy, and urbanisation as controls in the empirical model.

3. Review of Literature

The literature on ageing and healthcare expenditure has developed from simple cross-sectional comparisons toward dynamic time-series, panel-data, and micro-level approaches.

The central debate concerns whether demographic ageing is itself a major independent driver of health-spending growth or whether ageing mainly changes the composition of spending while income, technology, medical prices, and end-of-life costs explain much of the growth.

3.1 International evidence

Zweifel et al. (1999) challenged the conventional view that population ageing necessarily causes very large increases in healthcare expenditure. Their proximity-to-death argument suggests that expenditure is strongly related to how close individuals are to death, and that chronological age can proxy for this factor. This work became influential because it shifted attention from age itself to health status and end-of-life resource use.

Seshamani and Gray (2004) examined the relationship between age, time to death, and healthcare expenditure and showed that both age and proximity to death can matter. Dormont et al. (2006) similarly argued that health expenditure growth cannot be attributed to ageing alone and highlighted changes in health, technology, and healthcare practices. These studies collectively imply that the effect of ageing depends on the institutional and epidemiological context.

Recent OECD work provides a broader synthesis. Morgan and Mueller (2023) show that population age structure is important when comparing health expenditure across countries because populations differ substantially in their age composition. The OECD also emphasizes that the demand for long-term care is especially sensitive to ageing because care needs can increase at advanced ages and because long-term care is labour-intensive (OECD, 2024, 2025). Thus, even where ageing does not explain all growth in healthcare spending, it can materially change the composition of expenditure and increase fiscal pressure on health and care systems.

3.2 Evidence from India

India's ageing transition has been relatively gradual in percentage terms but large in absolute numbers. Rajan et al. (2023) review the implications of population ageing for healthcare financing and provision and identify the simultaneous growth of non-communicable diseases alongside persistent communicable-disease burdens. This creates a dual challenge: the health system must continue addressing existing population-wide health needs while expanding services appropriate for older adults.

Lee et al. (2018) provide household-level evidence that ageing is associated with greater financial hardship from health expenditures in India. They find that older age is associated with higher health problems and higher out-of-pocket spending, while households containing older members face greater risks of catastrophic expenditure and impoverishment. The findings are important for the present study because higher healthcare expenditure at the aggregate level can have very different welfare consequences depending on the financing structure and the degree of financial protection.

3.3 Evidence from Türkiye

Türkiye provides a particularly relevant case because its ageing process has accelerated. Boz and Özsarı (2020) used Toda–Yamamoto causality analysis for Türkiye and reported a one-

way causal relationship between population ageing and health expenditure, while fertility was found to contribute to population ageing. Their results suggest that demographic change and health expenditure are dynamically connected rather than simply correlated. More recent econometric work on older adults' out-of-pocket spending finds that social and socioeconomic conditions shape both the probability and amount of health expenditure among older people.

3.4 Comparative research gap

Although many studies examine ageing and healthcare expenditure within individual countries or groups of developed economies, comparatively few studies place India and Türkiye within the same empirical framework over a common time period. The two countries are especially useful to compare because they are both emerging economies but occupy different stages of demographic ageing. A common model with identical variables and years can therefore help separate demographic effects from differences in income, life expectancy, and urbanisation.

Table 1: Selected Literature on Population Ageing and Healthcare Expenditure

Study	Context / Method	Main Finding or Contribution
Zweifel et al. (1999)	International / proximity-to-death perspective	Ageing alone may overstate the demographic contribution to health expenditure because costs are concentrated near death.
Seshamani & Gray (2004)	Age, time-to-death and health expenditure	Both age and proximity to death help explain healthcare expenditure.
Dormont et al. (2006)	Health expenditure growth	Ageing is important but interacts with health status, technology and healthcare practices.
Breyer & Felder (2006)	Germany / longevity and health expenditure	The expenditure effect of longer life depends on whether additional years are healthy and on end-of-life costs.
OECD / Morgan & Mueller (2023)	Cross-country evidence	Age structure must be considered when comparing health spending; older populations generally have greater healthcare needs.
Lee et al. (2018)	India / household survey	Older age is associated with higher health expenditure and greater financial hardship.

Study	Context / Method	Main Finding or Contribution
Rajan et al. (2023)	India / literature review	Ageing, NCDs and health-financing pressures create a major policy challenge.
Boz & Özsarı (2020)	Türkiye / Toda–Yamamoto causality	Evidence of a dynamic causal relationship between population ageing and health expenditure.

4. Objectives of the Study

- To examine the trend in the share of the population aged 65 years and above in Türkiye and India during 2000–2023.
- To compare current health expenditure per capita in the two countries over the same period.
- To estimate the relationship between population ageing and healthcare expenditure after controlling for real GDP per capita, life expectancy, and urbanisation.
- To determine whether the variables exhibit a long-run equilibrium relationship using the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) Bounds Testing approach.
- To examine short-run adjustment toward long-run equilibrium using an error-correction framework while controlling for structural breaks (e.g., COVID-19).
- To derive policy implications for healthcare financing, healthy ageing, and long-term care preparedness.

5. Research Hypotheses

Hypothesis	Statement	Expected Relationship
H1	A larger population share aged 65 and above is associated with higher current health expenditure per capita.	Positive
H2	Higher GDP per capita is associated with higher current health expenditure per capita.	Positive
H3	Higher life expectancy is associated with healthcare expenditure through increased survival and healthcare needs, conditional on other variables.	Positive / Ambiguous

Hypothesis	Statement	Expected Relationship
H4	Higher urbanisation is associated with higher reported healthcare expenditure per capita because of improved access and formal service use.	Positive
H5	If the variables are cointegrated, deviations from the long-run relationship are corrected over time.	Negative and statistically significant error-correction coefficient (ECT_{t-1})

6. Methodology

6.1 Research design

This study adopts a comparative quantitative research design based on annual secondary data for Türkiye and India from 2000 to 2023 (N = 24). Due to sample size constraints, separate country-specific time-series estimations are executed using the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) bounds testing procedure developed by Pesaran, Shin, and Smith (2001). ARDL is preferred over standard Johansen cointegration as it provides superior statistical power in small samples (N < 30) and accommodates variables of mixed integration orders—I(0) and I(1)—without requiring all series to be integrated of order one.

6.2 Data sources

Current health expenditure per capita is obtained from the WHO Global Health Expenditure Database (GHED). The World Bank World Development Indicators provide the demographic and macroeconomic indicators, including the share of population aged 65 and above, constant GDP per capita (or PPP constant international dollars to control for exchange rate volatility and inflation), life expectancy, and urbanisation.

6.3 Variables and operational definitions

Variable	Symbol	Measurement	Role	Expected Sign
Current health expenditure per capita	CHEPC	Constant PPP US$ per person (or constant domestic currency)	Dependent	—
Population aged 65+	AGE65	Percent of total population	Main explanatory	+
GDP per capita	GDPPC	Real GDP per capita (Constant 2015 US$ or PPP)	Control	+

Variable	Symbol	Measurement	Role	Expected Sign
Life expectancy	LEX	Life expectancy at birth, years	Control	+ / ambiguous
Urbanisation	URB	Urban population as % of total population	Control	+

6.4 Model specification

The baseline long-run relationship is specified in log-log form to evaluate elasticities:

$$\ln(CHEPC_t) = \alpha + \beta_1 \ln(AGE65_t) + \beta_2 \ln(GDPPC_t) + \beta_3 \ln(LEX_t) + \beta_4 \ln(URB_t) + \varepsilon_t$$

6.5 ARDL Bounds Cointegration and Error-Correction Model

The conditional unrestricted ARDL error-correction representation is written as:

$$\Delta \ln(CHEPC_t) = \theta_0 + \sum \gamma_i \Delta \ln(CHEPC_{t-i}) + \sum \delta_{1i} \Delta \ln(AGE65_{t-i}) + \sum \delta_{2i} \Delta \ln(GDPPC_{t-i}) + \sum \delta_{3i} \Delta \ln(LEX_{t-i}) + \sum \delta_{4i} \Delta \ln(URB_{t-i}) + \lambda_1 \ln(CHEPC_{t-1}) + \lambda_2 \ln(AGE65_{t-1}) + \lambda_3 \ln(GDPPC_{t-1}) + \lambda_4 \ln(LEX_{t-1}) + \lambda_5 \ln(URB_{t-1}) + \omega D_COVID + u_t$$

Where D_COVID is a structural break dummy (D = 1 for 2020–2021) added to control for unprecedented spending spikes during the pandemic. The null hypothesis of no cointegration ($H_0: \lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_4 = \lambda_5 = 0$) is tested via an F-test against upper and lower critical value bounds.

If cointegration is established, the short-run dynamics are estimated via:

$$\Delta \ln(CHEPC_t) = \phi_0 + \sum \alpha_i \Delta \ln(CHEPC_{t-i}) + \sum \beta_{1i} \Delta \ln(AGE65_{t-i}) + \ldots + \psi ECT_{t-1} + \omega D_COVID + \varepsilon_t$$

Where ECT_{t-1} is the error-correction term. A statistically significant negative coefficient ($\psi < 0$) confirms speed of adjustment back to long-run equilibrium.

6.6 Diagnostic and robustness tests

- Unit Root: ADF and Phillips–Perron tests to ensure no variable is I(2).
- Serial Correlation: Breusch–Godfrey LM test.
- Heteroskedasticity: Breusch–Pagan / Cook–Weisberg test.
- Stability: CUSUM and CUSUMSQ tests.

Table 2: Econometric Testing Sequence

Stage	Procedure	Purpose	Decision / Interpretation
1	Descriptive statistics and plots	Identify trends, scale and possible breaks	Compare countries and inspect unusual observations
2	ADF and PP unit-root tests	Determine integration order	Ensure no variable is I(2)
3	Lag-length selection	Avoid over-parameterisation	Minimize AIC/SIC/HQ under N = 24 constraints
4	ARDL Bounds Test	Identify long-run cointegration	Compare computed F-statistic against Pesaran critical values
5	Long-run Elasticity Estimation	Estimate equilibrium coefficients	Assess sign, magnitude and statistical significance
6	Short-run ECM Estimation	Estimate short-run dynamics & structural shocks	Confirm negative and significant ECT_{t-1} coefficient
7	Diagnostics & CUSUM/CUSUMSQ	Check reliability and parameter stability	Verify absence of residual autocorrelation and model stability

7. Descriptive Comparative Evidence, 2000–2023

World Bank population-ageing series show that the share of people aged 65 and above increased from about 4.41% in India in 2000 to 6.92% in 2023, while Türkiye increased from about 5.81% to 10.00%. Thus, the elderly share rose in both countries, but the level and pace of ageing were greater in Türkiye.

Current health expenditure per capita also increased substantially. WHO/GHED data indicate that India's current health expenditure per capita rose from approximately US$18.48 in 2000 to US$84.69 in 2023. Türkiye's corresponding figure increased from about US$192.80 in 2000 to US$548.00 in 2023.

Indicator	India 2000	India 2023	Türkiye 2000	Türkiye 2023
Population aged 65+ (% of population)	4.41%	6.92%	5.81%	10.00%

Indicator	India 2000	India 2023	Türkiye 2000	Türkiye 2023
Current health expenditure per capita (US$)	$18.48	$84.69	$192.80	$548.00

7.1 Interpretation of demographic and spending trends

India remained younger than Türkiye throughout the period, although its elderly share increased steadily. Türkiye reached the 10% threshold for the 65+ share by 2023, indicating an advanced ageing profile. This implies Türkiye faces immediate pressure on geriatric and long-term care, while India has a critical policy window to establish preventive systems.

8. Empirical Analysis and Results: Analytical Framework

The study outlines the theoretical expectations for the econometric results pending full data estimation:

- Expected Long-Run Dynamics (H1): A positive, statistically significant coefficient for ln(AGE65) confirms that demographic ageing drives long-run expenditure growth. A larger elasticity in Türkiye would reflect its higher structural burden.
- Short-Run Dynamics vs. Long-Run Adjustments: A larger short-run elasticity relative to long-run coefficients supports the healthy ageing or end-of-life spending hypothesis.
- Error-Correction Mechanism: A statistically significant negative coefficient for ECT_{t-1} (e.g., -0.40) indicates that 40% of the previous year's deviation from long-run equilibrium is corrected annually.

9. Discussion

Ageing acts as a structural driver of health demand rather than a sole deterministic explanation for spending growth. Türkiye's rapid growth in its 65+ share (doubling to 10.00% by 2023) necessitates a pivot from acute episodic care to integrated chronic disease management. India's challenge centers on addressing a dual disease burden—managing communicable conditions alongside rising non-communicable diseases among an expanding elderly population. Controlling for economic growth (GDPPC) and urbanisation (URB) ensures that income expansion and service accessibility are not mistaken for pure demographic cost drivers.

10. Policy Implications

- 1. Strengthen Healthy Ageing & Prevention: Prioritize early screening and management for hypertension, diabetes, and cardiovascular health to extend healthspan.
- 2. Expand Geriatric Primary Care: Integrate specialized geriatric screening and medication management into primary care networks.
- 3. Formalize Long-Term Care (LTC): Develop home- and community-based care frameworks to support functional dependence outside expensive inpatient settings.

- 4. Enhance Financial Protection: Address high out-of-pocket health expenditure in India by expanding coverage for diagnostics, rehabilitation, and long-term pharmaceuticals.
- 5. Fiscal & Workforce Planning: Align long-term healthcare budget projections and human resource training with population demographic forecasts.

11. Limitations

- The small sample size (N = 24) restricts lag lengths and statistical power, necessitating the use of ARDL bounds testing.
- Broad demographic measures (AGE65) do not differentiate between healthy older adults and those with functional disability.
- Exogenous macroeconomic shocks (COVID-19 pandemic) introduce volatility requiring explicit dummy controls.

12. Conclusion

Population ageing is an increasingly important determinant of healthcare demand in emerging economies. Türkiye's advanced transition requires immediate resource realignment toward geriatric care and long-term support, whereas India's younger profile offers a crucial timeframe to establish robust financial protection and preventive infrastructure before demographic pressures peak. Applying an ARDL bounds testing approach provides a robust methodological pathway for analyzing these dynamic long-run and short-run health expenditure relationships in small sample time-series data.

References

Boz, C., & Özsarı, S. (2020). The causes of aging and relationship between aging and health expenditure: An econometric causality analysis for Turkey. International Journal of Health Planning and Management, 35, 162–170. https://doi.org/10.1002/hpm.2845

Breyer, F., & Felder, S. (2006). Life expectancy and health care expenditures: A new calculation for Germany using the costs of dying. Health Policy, 75(2), 178–186. https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2005.03.011

de Biase, P., Dougherty, S., & Lorenzoni, L. (2022). Ageing and the long-run fiscal sustainability of health care across levels of government. OECD Working Papers on Fiscal Federalism, No. 38. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/7c184406-en

Dormont, B., Grignon, M., & Huber, H. (2006). Health expenditure growth: Reassessing the threat of ageing. Health Economics, 15(9), 947–963. https://doi.org/10.1002/hec.1169

Lee, T.-H. J., Saran, I., & Rao, K. D. (2018). Ageing in India: Financial hardship from health expenditures. International Journal of Health Planning and Management, 33(2), 414–425. https://doi.org/10.1002/hpm.2478

Morgan, D., & Mueller, M. (2023). Understanding international measures of health spending: Age-adjusting expenditure on health. OECD Health Working Papers, No. 162. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/043ed664-en

OECD. (2024). Is care affordable for older people? OECD Health Policy Studies. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/450ea778-en

OECD. (2025). Health at a glance 2025: OECD indicators. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/8f9e3f98-en

Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. Journal of Applied Econometrics, 16(3), 289–326. https://doi.org/10.1002/jae.616

Rajan, S. I., et al. (2023). Consequences of India's population aging to its healthcare financing and provision. Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes Research, 23(3), 308–315. https://doi.org/10.1080/13696998.2023.2178164

Seshamani, M., & Gray, A. M. (2004). A longitudinal study of the effects of age and time to death on hospital costs. Journal of Health Economics, 23(2), 217–235. https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2003.08.004

World Bank. (2026). World Development Indicators. World Bank. https://data.worldbank.org/

World Health Organization. (2025). Global Health Expenditure Database. World Health Organization. https://apps.who.int/nha/database/

Zweifel, P., Felder, S., & Meiers, M. (1999). Ageing of population and health care expenditure: A red herring? Health Economics, 8(6), 485–496. https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1050(199909)8:6<485::AID-HEC461>3.0.CO;2-B

Appendix A: Recommended Data Dictionary for Replication

Concept	Recommended Source	Indicator / Series	Frequency	Period
Current health expenditure per capita	WHO GHED / World Bank WDI	SH.XPD.CHEX.PC.CD (or PPP/Constant)	Annual	2000–2023
Population aged 65+	World Bank WDI / UN WPP	SP.POP.65UP.TO.ZS	Annual	2000–2023
GDP per capita	World Bank WDI	NY.GDP.PCAP.KD (Constant 2015 US$)	Annual	2000–2023
Life expectancy at birth	World Bank WDI	SP.DYN.LE00.IN	Annual	2000–2023
Urban population	World Bank WDI	SP.URB.TOTL.IN.ZS	Annual	2000–2023

Appendix B: Structure for Final ARDL Cointegration / ECM Results Table

Variable	India: Long Run Coefficients	India: Short Run Dynamics & ECM	Türkiye: Long Run Coefficients	Türkiye: Short Run Dynamics & ECM
ln(AGE65)	Elasticity / SE / p	Coefficient / SE / p	Elasticity / SE / p	Coefficient / SE / p
ln(GDPPC)	Elasticity / SE / p	Coefficient / SE / p	Elasticity / SE / p	Coefficient / SE / p
ln(LEX)	Elasticity / SE / p	Coefficient / SE / p	Elasticity / SE / p	Coefficient / SE / p
ln(URB)	Elasticity / SE / p	Coefficient / SE / p	Elasticity / SE / p	Coefficient / SE / p
D_COVID (2020–21)	—	Dummy Coeff / SE / p	—	Dummy Coeff / SE / p
ECT_{t-1}	—	Adjustment Coeff / SE / p	—	Adjustment Coeff / SE / p
F-Bounds Stat	Value vs Critical Bounds	—	Value vs Critical Bounds	—
Diagnostics	R-squared / Adj R-sq	LM / White / CUSUM	R-squared / Adj R-sq	LM / White / CUSUM

SPORTİF FAALİYETLERİN GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLER VE GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ İLE İZLENMESİ

Öğr. Gör Tolga TUNÇEL,
Ankara Üniversitesi, Bilişim Teknolojileri Meslek Yüksekokulu
Orcid: 0000-0002-7427-2071
Dr. Öğr. Üyesi Emre KILINÇ
Çukurova Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi,
Orcid: 0000-0002-5250-9322
Arş. Gör. Süleyman TUNÇEL
İstanbul Nişantaşı Üniversitesi, Beden Eğitim ve Spor Yüksekokulu,
Orcid: 0000-0001-5693-7677

ÖZET

Geçmişten günümüze teknolojinin ivmeli bir şekilde artması sportif faaliyetlerinin takibini kolaylaştırarak özellikle sporculara yardımcı olmuştur. Sportif faaliyetlerinin takibi, performans ölçümleri, yaralanmaları önleme gibi sportif faaliyetleri doğrudan ilgilendiren konularda fayda sağlamaktadır. Sporcu faaliyetlerinin takibi için giyilebilir teknolojiler, görüntü işleme ve yapay zeka destekli sistemler başlıca yöntemlerdendir. Bu faaliyetlerin takibinde önemli unsurlardan bir tanesi de gerçek zamanlı verilerdir. Bu verilerin toplanması için ivmeölçerler, jiroskoplar ve kalp atış hızı sensörleri gibi gerçek veri toplamaya yardımcı olan donanımlarla bütünleştirilmiş cihazlar kullanılır. Toplanılan veriler üzerinden, sporcu bazında özel çalışma tablosu veya erken yaralanma risklerinin hesaplanması gibi durumların tespiti yapılabilir. Benzer şekilde bilgisayar görüşü ve yapay zekanın gücünden yararlanan görüntü işleme yöntemleri, toparlanan gerçek zamanlı veriler üzerinden performans değerlendirmesi, yaralanma riski gibi sportif faaliyetlerin izlenmesinde iyi bir alternatif sunmaktadır. Spor türüne bağlı olarak izlenmesi gereken faaliyetlerle uygun çalışabilecek algoritmalarla birlikte kaliteli kameralar birleşerek biyomekanik değerlendirmeler, sporcu dinamikleri, sahadaki etkileşimler gibi bir çok durum takip edilebilir, denetlenebilir ve olası durumlara karşın çözüm üretilebilir. Bu çalışmada, sportif faaliyetlerin giyilebilir teknolojiler ve görüntü işleme yöntemleri ile izlenmesi üzerine literatür çalışması yapılarak, alan özelinde literatür boşlukları, fırsatlar ve zorluklar değerlendirilmiştir. Giyilebilir sistemler, giyilebilir sensör teknolojileri, biyobelirteç izleme sistemleri ve optik kamera algoritmaları sporda veri odaklı yaklaşımın temel taşlarını oluşturmaktadır. Bu teknolojilerin sunduğu geniş imkanlar sayesinde sporcuların anlık fizyolojik tepkileri izlenebilmekte, antrenman yükleri optimize edilebilmekte ve sakatlık riski minimuma indirilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler— Sportif Faaliyetler, Giyilebilir Teknoloji, Görüntü İşleme Yöntemleri, Yapay Zekâ, Spor Bilimleri

ABSTRACT

The rapid advancement of technology has facilitated the tracking of athletic activities, proving particularly beneficial for athletes. Such tracking provides advantages in areas directly related to sports, including performance measurement and injury prevention. Wearable technologies, image processing, and artificial intelligence-driven systems are the primary methods used to monitor athletic activities. A key element in this process is the use of real-time data, collected via devices integrated with hardware such as accelerometers, gyroscopes, and heart rate sensors.

The data gathered can be used to develop personalized training regimens for individual athletes or to identify early risks of injury. Similarly, image processing techniques—leveraging the power of computer vision and artificial intelligence—offer an effective alternative for monitoring athletic activities, enabling performance assessment and the identification of injury risks based on real-time data. By combining high-quality cameras with algorithms tailored to specific sports, it is possible to monitor and analyze various factors—such as biomechanics, athlete dynamics, and on-field interactions—thereby facilitating the development of solutions for potential issues. This study presents a literature review on the monitoring of athletic activities through wearable technologies and image processing, while evaluating existing research gaps, opportunities, and challenges within the field. Wearable systems, wearable sensor technologies, biomarker monitoring systems, and optical camera algorithms constitute the cornerstones of a data-driven approach in sports. Thanks to the extensive capabilities offered by these technologies, athletes' real-time physiological responses can be monitored, training loads can be optimized, and the risk of injury can be minimized.
Keywords — Sports Activities, Wearable Technology, Image Processing Methods, Artificial Intelligence, Sports Sciences

GİRİŞ

Tarihsel süreç içerisinde sporda performansı artırmak için; fiziksel yeterlilikler geliştirilmeye çalışılmış ve bununla birlikte kişisel becerilerin başarıya yönelik önemi ön plana çıkarak, bu becerilerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Günümüzde bu faktörlerin yanına teknolojik gelişmeler de eklenerek sportif başarıya ulaşılmaya çalışılmaktadır. Sporcularının performansını değerlendirmek ve geliştirebilmek spor adamlarının, antrenörlerin ve spor yöneticilerinin en temel hedefi olarak karşımıza çıkmaktadır. Performans değerlendirmesi ele alındığında ise geliştirilen teknolojik ürünler, yazılımlar ve cihazlar spor alanına katkıda bulunarak sporcuların performansını değerlendirmede aktif rol alabilmektedir. Bu ürünler üzerinden toplanan veriler ile bilgisayar görüşü ve makine öğrenimindeki gelişmiş algoritmaları kullanarak, eklem hareketlerini, duruşu ve genel biyomekaniği değerlendirilebilmektedir. Hareket analiz yazılımlarıyla birleştirilmiş yüksek hızlı kameralar, etkin spor hareketlerini incelemek için kullanılabilir ve sporcunun tekniği hakkında ayrıntılı bilgi sağlayabilmektedir (Ahmed vd., 2024).

Spor alanındaki teknolojik gelişmeler, sporcuların performansını artırmanın yanında sakatlanma ve iyileşme süreçlerine de fayda sağlayan tedbirlerin alınmasında yardımcı olabilmektedir. Dahası spor alanında giyilebilir teknolojik cihazlar ve görüntü işleme yöntemleri, ayrıntılı analizler yöntemleri ile sporcu aktivitelerini daha hassas bir şekilde ele alınmasını ve değerlendirilmesini daha fazla mümkün kılmaktadır.

Ek olarak, görüntü izleme cihazları, ayrıntılı hareket analizi ve biyomekanik değerlendirmelerin daha güvenli olmasını sağlamıştır. Sporcuların fizyolojik ve biyomekanik parametrelerini ölçmek ve değerlendirmek için gerçek zamanlı veri sağlamak üzere tasarlanmış; giyilebilir teknolojiler, ivme ölçerler ve biyosensörler gibi cihazlar, kalp atım hızı, hareket dinamikleri ve kas aktivitesi gibi kritik ölçümleri gerçekleştirmektedir (Ahmed vd., 2024; Tang vd., 2024). Yine bu cihazlar sayesinde kişiye yönelik eğitim programları hazırlanırken, yanlış hareket formlarının ve aşırı zorlamaların belirlenip sakatlıkların önlenmesi veya zamanında müdahale ile rehabilitasyon sürecinde destek olunmaktadır (Ahmed vd., 2024; Tang vd., 2024; Cai vd., 2024). Giyilebilir sensörler, sporda fazla yüklenmenin erken uyarı sinyallerini tespit edebilirken, görüntüleme sistemleri eklem açılarını ve hareket kalıplarını ölçerek, rehabilitasyon ilerlemesini analiz edebilmektedir (Cai vd., 2024).

Geleneksel spor antrenman metotları gözlemcinin veya antrenörün öznel değerlendirmelerine dayanmaktaydı. Bu durum, insan gözünün kaçırabileceği milisaniyelik açısal sapmaların veya mikro düzeydeki kassal yorgunluk işaretlerinin tespit edilmesini imkansız kılmaktaydı. Teknolojik entegrasyon sayesinde spor bilimi objektif, ölçülebilir ve tekrarlanabilir bir yapıya kavuşmuştur. Sensörlerin küçülmesi, veri iletim hızlarının yükselmesi ve yapay zeka algoritmalarının olgunlaşması sporda dijital dönüşümü hızlandırmıştır. Günümüzde spor organizasyonları ve kulüpler, sporcu sağlığını korumak ve yatırım yapılan sporcuların saha içi performansını en üst düzeye çıkarmak için devasa veri analitiği altyapıları kurmaktadır.

SPORTİF FAALİYETLERDE GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİ

Giyilebilir teknolojiler, hayatın farklı alanlarında farklı durumlar için yaygın olarak kullanılabilmektedir. Spor alanında da özellikle sporcuların, egzersiz, duruş, tutuş gibi performans değerlendirmeleri ve sakatlık takibi gibi sportif faaliyetlerini takip etmek için de önemli bir yenilik olarak hayatımıza girmiştir. Mevcut akıllı cihazların yanı sıra yeni akıllı cihazlar veya var olan akıllı cihazları daha fazla geliştirmek adına çalışmalar devam etmektedir.

SPORTIF FAALIYETLERIN TAKIBINDE KULLANILAN BAZI GIYILEBILIR TEKNOLOJI CIHAZLARI

1) Akıllı Saatler: Akıllı saatler, GPS, kalp atış hızı, adım sayma ve çeşitli spor aktivitelerini takip etmeyi sağlayabilen giyilebilir cihazlardır. Maksimum oksijen tüketimi ve iyileşme süresi gibi ayrıntılı ölçümleri destekledikleri için hem profesyonel sporcular hem de sıradan kullanıcılar için uygundur. Birçok işlevin tek bir cihazda toplanması ve bunun giyilebilir bir teknoloji olması nedeniyle günümüzde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things, IoT) veya akıllı cihazlar ile bluetooth veya farklı bağlantı araçları aracılığı ile bağlantı kurularak, elde edilen canlı veriler üzerinden performans verilerini analiz etme ve depolama yetenekleri sayesinde sporcu faaliyetlerinin takibi yapılabilmektedir.

2) Fitness Trackers: Fitness trackerlar, günlük spor takibi ve genel aktivite takibini yapabilen cihazlardır. Özellikle fitness sporu ile uğraşan kişiler için adım sayacı, uyku düzeni, kalori takibi gibi özelliklere sahip olduğu ve hafif bir yapısı olduğu için kullanımı kolaydır. Genel olarak zindeliği korumak ve günlük aktivitelerini takip etmek için oldukça uygun cihazlar olduğu söylenebilmektedir.

3) Kalp Atış Hızı Monitörleri: Doğrudan kalp atış hızlarının takibi için yapılan bu cihazlar, bu alandaki hassasiyeti ile ön plana çıkmaktadır. Gerçek zamanlı verileri izleme veya veri analizi yapmak için bu alandaki farklı cihazlar ile bağlantı kurabilmektedir.

4) Giyilebilir Hareket Sensörleri: Giyilebilir hareket sensörleri, koşu, yürüyüş, bisiklet, kuvvet antrenmanı gibi bir çok sportif faaliyette hareket ve form analizi yapabilmektedir. Sporculara, adım uzunluğu ve güç uygulama üzerine veriler sağlayarak sporcuların performansını artırabilmektedir. Ek olarak toparlanma, zorlanma gibi performans değerlendirmelerini de inceleyebilmektedir. Bu sayede sporcunun optimum bir antrenman yapmasına olanak tanımaktadır.

5) AR/VR Cihazlar: AR ve VR cihazları, sportif aktiviteleri, çok daha etkileşimli ve ilgi çekici bir antrenmana dönüştürerek sürükleyici bir aktivite sunmaktadır. Bisiklet, kürek, uzun atlama gibi bir çok farklı faaliyeti sanal ortama çevirerek o ortamda tecrübe etmeye olanak tanımaktadır. Bu cihazlar, gerçek zamanlı performans takibi yaparak sportif faaliyetleri ilgi çekici hale getirmektedir.

6) Akıllı Giysiler: Akıllı giysiler, kalp atış hızı, solunum, kas aktivitesi, duruşlar gibi sporcuların bir çok faaliyetini takip etmek için kullanılacak alana özel sensörler ile donatılan giysilerdir. Bu giysiler, gerçek zamanlı veri iletimi sağlayarak, sporcuların teknikleri ve eforlarını takip etmesini sağlamaktadır. Bu sayede bir çok sportif faaliyete doğrudan katkı

sağlamaktadır. Sportif faaliyetlerde kullanılan bazı giyilebilir teknolojiler Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Sportif Faaliyetlerde Kullanılan Bazı Giyilebilir Teknolojiler (Akkaya, 2023)

SPORTIF FAALIYETLERDE GIYILEBILIR TEKNOLOJININ AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Giyilebilir teknoloji aracılığı ile performans, sağlık ve günlük rutinlerin takibi gibi sportif faaliyetlerin izlenmesi giyilebilir teknolojiyi sportif faaliyetlerin bir parçası haline getirmiştir. Bu cihazlar sayesinde sporcular kalp atış hızı, mesafe ölçümü, hız, harcanan kalori miktarı, iyileşme süreleri gibi önemli ölçümler hakkında gerçek zamanlı veri sağlamaktadır. Bu veriler aracılığıyla maksimum verimlilikte antrenman programları oluşturulabilmektedir. Elde edilen veriler, görüntü işleme ve makine öğrenmesi algoritmaları sayesinde sporculara özel geri bildirim ve antrenman planı yapmasına olanak tanımaktadır. Bu sayede akıllı saatler ve fitness trackers gibi giyilebilir cihazlar, yalnızca kişinin fiziksel aktivitelerini izlemekle kalmayıp onları motive edebilen bir yapıya dönüşebilmektedir. Giyilebilir teknolojilerin bir diğer avantajı ise günlük hayat senaryolarına uygun olması ve rahat kullanımı olmasıdır. Genellikle hafif ve taşınabilir olarak tasarlandıkları için yalnızca normal kişiler için değil profesyonel sporcular için de popüler bir kullanıma sahiptir. Bir çok akıllı cihazla entegre olabildiği nedeniyle kullanıcıların verilerini takip edebilmeleri için farklı olasılıklara sahip olduğu söylenebilmektedir. Dahası birçok giyilebilir teknolojide özellikle bisiklet, yürüyüş ve koşma gibi açık hava etkinliklerinde karşılaşılabilecek sorunlar için çarpışma algılama, yardım çağırımı ve gerçek zamanlı navigasyon gibi güvenlik önlemleri de sunmaktadır.

Giyilebilir teknolojilerin avantajlarının yanında dezavantajları da bulunmaktadır. İlk olarak, giyilebilir teknoloji tarafından gönderilen veriler her zaman doğru olmayabilir. Fazla sayıda hareket gerektiren antrenmanlarda veya farklı çevresel koşullarda bazı sensörlerden alınan veriler yanlış bilgi verebilmektedir. Bu sonuçlar ele alındığında, sporcu faaliyetlerinin analizinde hatalarla karşılaşılabilmektedir. Giyilebilir teknolojide kullanılan özelliklerin artması maliyet artışını da beraberinde getirmektedir. Yüksek maliyetli ürünler ise daha dar bir kitleye hitap etmektedir. Bu kapsamda en büyük dezavantajlardan biri de gizlilik ve veri güvenliğidir. Giyilebilir teknolojiler tarafından toplanan sağlık, hareket ve aktivitelerin türlerine göre verilerin, nasıl yönetildiği, paylaşıldığı veya potansiyelinin kötüye kullanılması

gibi sorunları beraberinde getirmektedir. Bazı kullanıcıların, giyilebilir teknolojilere çok fazla bağlı kalması da bir sorundur. Kullanıcı, cihazdan aldığı sonuçlara göre, gereksiz stres ve tükenmişlik sendromuna kapılabilmektedir. Cihazların pil ömrü ve dayanıklılık da dezavantajlardan sayılabilmektedir. Özellikle kalp atış hızının ölçümü gibi sürekli çalışan sensörler nedeniyle enerjinin çabuk tüketilmesi, cihazların sık sık şarj edilmesi gereksinimi doğurmaktadır. Ayrıca tüm cihazlar, su geçirmezlik, aşırı sıcaklık veya darbelere dayanacak şekilde tasarlanmamaktadır. Bu da, özellikle ekstrem sporlar için işlevselliği olumsuz etkilemektedir.

SPORTİF FAALİYETLERDE GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ

Günümüzde, teknolojinin gelişmesiyle birlikte yapay zeka kavramı hayatımıza girmiştir. Yapay zeka ile birlikte bir çok yapay zeka temelli alt kategori ortaya çıkmıştır. Bunlardan bir tanesi olan görüntü işleme, resim, video gibi görüntüler üzerinden faydalı bilgiler çıkartarak aynı veya başka bir görüntü üzerinde bu bilgileri kullanılabilmesidir. Görüntüler üzerinden işlem yapabilmesi nedeniyle bir çok alanda gerçek zamanlı olarak kullanılabilmektedir. Bu alanlardan biri olan sportif faaliyetlerin takibinde, sporcu performanslarının izlenmesi ve değerlendirilmesinde, güçlü sonuçlar elde edebilme yeteneği sayesinde oldukça sık kullanılmaktadır. Sporcuların, hareket takibi, duruş tahmini, doğru konumlandırma gibi faaliyetlerin görsel verilerini işlemek için farklı algoritmalar kullanılmaktadır. Futbol, basketbol, hentbol gibi takım sporlarında tüm oyuncuların pozisyonlarını ve stratejilerini inceleyerek antrenörlere gerçek zamanlı sonuçlar sağlayabilmektedir. Bu sayede antrenörler takımlarını bu doğrultuda yönlendirebilmektedirler. Ayrıca görüntü işleme yöntemleriyle biyomekanik olarak sporcular analiz edilebilir ve potansiyel sakatlık veya yaralanma risklerinin önlenmesinde yardımcı olunabilmektedir. Görüntü işleme yöntemleri ve giyilebilir cihazların entegrasyonu, sportif faaliyet esnasında gerçek zamanlı veri alınabileceği için daha doğru ve verimli çözümlerin oluşmasına olanak tanımaktadır.

SPORTIF FAALIYETLERIN TAKIBINDE KULLANILAN BAZI GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERI

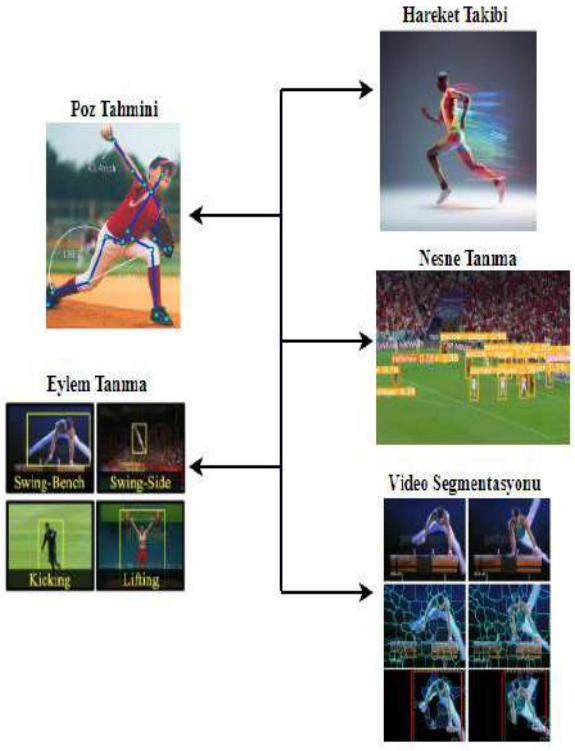
1) Hareket Takibi: Hareket takibi, yüksek hızlı kameralar ve görüntü işleme yöntemlerini birleştirerek, spor faaliyeti esnasında sporcuların hareketlerini yakalayarak analiz eden bir yöntemdir. Gerçek zamanlı, sportif faaliyetin türüne bağlı olarak, sporcunun eklemlerini, ekipmanlarını veya farklı nesneleri izlemeyi temel almaktadır. Optik akış veya Kalman filtreleri kullanılarak, teknik, hareket yollarının tahmini gibi faaliyetlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sayede sporcunun, hareketleri incelenerek genel performansının artışı sağlanabilmektedir. Takım sporlarında ise hareket takibi, takım konumları, oyuncular arası etkileşimleri inceleyerek faaliyet bazında strateji analizi yapabilmektedir.

2) Poz Tahmini: Poz tahmini, özellikle atletik hareketlerin yoğun olduğu sportif faaliyetlerde daha çok kullanılmaktadır. Atletik hareketleri analiz etmek için, vücut eklemlerinin pozisyonlarının belirlenmesi ve izlenmesinde kullanılmaktadır. OpenPose veya MediaPipe gibi farklı kütüphaneler kullanılarak, hızlı tempoda yürüyüş, koşma, zıplama gibi faaliyetler sırasında poz açılarından faydalanarak özellikle duruş bozuklukları, yaralanmalar gibi biyomekanik analiz için oldukça faydalı olmaktadır.

3) Nesne Tanıma: Nesne tanıma, temel olarak görüntü içerisindeki nesnelerin konumunu ve sınıfını tanımlamaktadır. Gerçek zamanlı çalışan YOLO (You Only Look Once) ve Hızlandırılmış Evrişimli Sinir Ağı (Convolutional Neural Network, R-CNN) gibi popüler yöntemler ile sportif faaliyetlerin takibinde kullanılabilmektedir. Sportif faaliyetlerin türüne göre farklı alanlarda kullanılabilmektedir. Topun içerisinde bulunduğu sportif faaliyetlerde, topun hızını, dönüşünü veya yörüngesini izleyebilir. Futbolda, topun pozisyonunu inceleyerek, gol çizgisi veya ofsayt çizgisi teknolojilerinde kullanılmaktadır.

4) Eylem Tanıma: Eylem tanıma, sportif faaliyetlerde sporcular tarafından gerçekleştirilen eylemleri tanımlama ve sınıflandırma işlemini yapmaktadır. Sportif faaliyetlerin görüntülerini içeren veri kümeleri üzerinden eğitim yapılarak, top içeren sporlarda şut atma, pas verme, top sürme, faul yapma gibi eylemlerin tanınmasına olanak sağlamaktadır. Faaliyet içerisinde önemli anları ve performans özetlerini analiz etmede yardımcı olmaktadır. Bu sayede yardımcı hakem kararlarını oluşturmak için kullanılabilmektedir. Ek olarak, oyuncu davranışlarındaki kalıpları tespit ederek koçlar için oyun içi stratejiler oluşturmasında yardımcı olabilir.

5) Video Segmentasyonu: Video segmentasyonu, video içerisinden görselleri analiz etmek ve ilgili alanlarına ayırmak için kullanılır. Sportif faaliyetlerde ise oyuncu bölgeleri, oyun alanları gibi alanlara bölümleme sürecidir. Semantik segmentasyon gibi teknikler kullanılarak, oyuncuları arka plandan ayırmak veya farklı takım üniformalarından yararlanarak takımları ayırmak için kullanılabilir. Kriket gibi atış temelli sportif faaliyetlerde, sporcuların atış sırasında el hareketlerini izlemeye yardımcı olmaktadır. Sportif faaliyetlerde kullanılan bazı görüntü işleme yöntemleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Sportif Faaliyetlerde Kullanılan Bazı Görüntü İşleme Yöntemleri

SPORTIF FAALIYETLERIN TAKIBINDE KULLANILAN GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERININ AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Görüntü işleme yöntemleri; antrenör, kondisyoner ve sporcu gibi sportif faaliyetlerin içinde bulunan kişilere gerçek zamanlı geri bildirim sağladığı için bir çok fayda sağlamaktadır. Hareket takibi, poz tahmini, nesne tanıma gibi görüntü işleme yöntemleri, yüksek doğruluk derecesinde analizler yaparak, sportif faaliyette bulunan kişilerin performansını iyileştirmesine ve verimsiz durumları tespit etmesine olanak tanımaktadır. Takım sporlarında, takım

oluşumları ve takım içerisinde ki bireylerin katkıları analiz edilerek, farklı stratejilerin oluşturulmasını sağlayabilmektedir. Doğru yapılmayan hareket kalıplarını veya sportif faaliyet içerisinde aşırıya gidilmesi durumunu tespit ederek, yaralanmaları erken teşhis edebilir. Görüntü işleme yöntemlerinin uzun süreli kullanılması maliyeti düşürmektedir. Bu sayede, kaynakların başka yerlerde kullanılmasına olanak tanımaktadır. Görüntü işleme yöntemleri, nesnel veriler sağlarken, geleneksel yöntemler daha çok öznel veriler sağlamaktadır. Bu nedenle geleneksel yöntemler ile hata olasılığı daha fazladır. Görüntü işleme yöntemlerinin yapısı gereği bir çok farklı destek sistemiyle entegrasyon sağlayabildiği için farklı sportif faaliyetlerde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır.

Görüntü işleme yöntemlerinin avantajlarının yanında dezavantajları da bulunmaktadır. Özellikle küçük kuruluşların, kısa vadede kullanmak için bu sistemleri oluşturması, yüksek maliyet gerektirir. Spor faaliyetine bağlı olarak bazı faaliyetlerde, yüksek çözünürlük verileri elde etmek ve gerçek zamanlı işlemek ciddi hesaplama yükünü beraberinde getirmektedir. Özellikle nesne tanımada, aydınlatma ve hava durumu gibi çevresel faktörler sonuçları olumsuz etkileyebilmektedir. Ayrıca sportif faaliyetlerde verilerin toplanması ve depolanması, gizlilik endişesini doğurmaktadır. Oluşturulan sistemlerin sürekli olarak güncellenmesi ve ihtiyaç halinde kalibrasyon yapılması da sistem yöneticileri tarafından bir zorluk olarak söylenebilmektedir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu çalışmanın temel amacı spor alanında yer alan giyilebilir teknoloji ve görüntü işleme uygulamalarını sentezleyerek kullanımının avantajlarını, dezavantajlarını ve gelecekteki araştırma fırsatlarını ortaya koymaktır. Yöntemlerin güncelliğini sağlamak amacıyla özellikle son 5 yıl içerisinde yayınlanan uluslararası çalışmalar kapsama alınmıştır. Literatür taraması 'Performance analysis for athletes using wearable technologies', 'injury analysis for athletes using wearable technologies', 'sports computer vision', 'pose estimation in sports' anahtar kelimeleri kullanılarak Web of Science (WoS), Scopus ve Elsevier ScienceDirect veri tabanları üzerinden gerçekleştirilmiştir.

SPORTIF FAALIYETLERDE GIYILEBILIR TEKNOLOJI ILE İLGILI ÇALIŞMALAR

Kizdarbekov ve arkadaşları (2024) 80 öğrenci ve 20 hafta süren, giyilebilir cihazların spor sakatlıklarını önlemedeki etkinliğini ölçtüğü çalışmada, giyilebilir cihazlar ile fizyolojik ve biyomekaniksel veriler toplayarak özel Python tabanlı araçlarla analiz etmişlerdir. Sonuçlar incelendiğinde giyilebilir cihaz kullanan deney grubunda mikro yaralanmaların azaldığı gözlemlenirken, majör yaralanmalara etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Slopecki ve arkadaşları (2026) elit paralimpik yüzücüler üzerinde gerçekleştirdikleri araştırmada, sakrum bölgesine yerleştirilen giyilebilir sensör yardımıyla yüzücülerin kurbağalama ve serbest yüzme teknikleri incelenmiştir. İnceleme sonucu yüzücüler arasında kulaç atma frekansı ve nefes alma yönündeki farklılıkların yüzme performansını etkilediği belirtilmiş, giyilebilir sensörlerin hareket analizi ve teknik iyileştirmesinde önemli olduğu vurgulanmıştır.

Liu ve Wang (2023) hareket verilerini, Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machines, SVM) algoritmasıyla analiz ederek, bireysel eğitim programlarını optimize etmeyi ve yaralanma risklerini azaltmak amacıyla, spor kombinasyonlu antrenmanlarda hareket tanıma için giyilebilir sensör teknolojisine dayalı bir sistem tasarlamışlardır. Uygulamada, basketbol ve yürüyüş örnekleri üzerinden hareket tanıma performansı değerlendirilmiştir. Çalışmada,

hareket verilerinin doğruluğunu artırmak için ön işleme ve özellik seçimi süreçleri uygulanmıştır. Basketbol eylemlerinde, SVM kullanılarak hareket tanıma doğruluğu ortalama %95.6 olarak rapor edilmiştir. Özellikle CNN algoritmaları ile bu oran %99.3'e ulaşmıştır. Sistem, kullanıcıların hareketlerini gerçek zamanlı olarak algılayıp analiz ederek, daha güvenli ve verimli antrenman programları sunmaktadır.

Cui ve arkadaşları (2023) giyilebilir cihazlar yardımıyla, spor çalışmaları sırasında oluşacak fiziksel gelişim ve ortaya çıkabilecek olan sakatlıkları önlemeye yönelik analizler gerçekleştirmişlerdir. Veriler, IoT teknolojisi kullanılarak bulut sunuculara aktarılmakta ve makine öğrenimi algoritmaları ve zaman serisi analizi ile işlenmektedir. Sistem, spor çalışmaları sırasında veri toplama, işleme, analiz ve kişiselleştirilmiş öneriler üretme gibi görevleri yerine getiren yedi katmanlı bir yapıya sahiptir. Deney grubunda 'aşırı iyileşme' (excessive recovery) yöntemi uygulanmış, FMS (Functional Movement Screen/Fonksiyonel Hareket Taraması) testlerinde puanlar 13.95'ten 16.41'e yükselmiştir.

Gao ve arkadaşları (2022), badminton sporcularında el-ayak bilekleri ve dirsek bölgelerine yerleştirilen sensörlerle ilgili bölgelerdeki aşırı zorlanmaya neden olabilecek hareketleri tespit ederek bunların yaralanmaların önüne geçebilecek bir eş zamanlı uyarı sistemi geliştirmişlerdir.

Wu ve Li (2024), kendi enerjisini üretebilen sensör geliştirilmiş ve bu sensör ile sporcuların vücutlarının bazı bölgelerinin bükülme açılarında oluşan elektriksel analizleri analiz etmişlerdir. Sonuç olarak giyilebilen bu sensörlerin badmintoncuların teknik hareketlerinin izlenmesi ve performans değerlendirme süreçlerinde kullanılabileceği belirtilmiştir.

Gestri (2023) giyilebilir teknolojilerin jokeylerin koruma yeleklerinin sakatlıkları önlemedeki potansiyelini araştırmıştır. Kullanıcı deneyimine ve kullanıcı merkezli tasarıma odaklanarak, bu konuda jokeylerin ve sağlıkla ilgili bilim adamlarının görüşlerini analiz etmiş ve ürün inovasyonu için önerilerde bulunmuştur. Araştırma, mevcut yeleklerin yetersiz olduğunu ve jokeylerin ihtiyaçlarını karşılamak için daha esnek ve hafif malzemelerle tasarlanmış ergonomik yeleklere ihtiyaç olduğunu ortaya koymuştur.

Alghamdi (2023) sporcuların sağlık durumlarının izlenmesi ve oluşabilecek sağlık sorunlarını öngörebilmeyi sağlamak amaçlı yeni bir derin öğrenme yöntemi geliştirmiştir. Giyilebilir sensörler ve yinelemeli sinir ağları (RNN) kullanılarak sporcuların sağlık durumları gerçek zamanlı olarak izlenmiş ve değerlendirilmiştir. Fotopletismografi (PPG) ve elektrokardiyografi (EKG) verileri analiz edilmiş, RNN modelinin doğruluk oranı %92'ye kadar ulaşmıştır.

Deng (2025) koşu ve yürüme hareketlerinde adım frekanslarının izlenebilmesi için polyester-kumaş tabanlıklı bir sensör geliştirmişlerdir. Bu sensörle birlikte sporcuların koşu mekanizmlarının gerçek zamanlı izlenmesi ve değerlendirmesinin gösterilmiştir.

Patalas-Maliszewska ve arkadaşları (2023) spor aktivitelerinin hareket formlarına uygun bir şekilde gerçekleştirilmesini desteklemek amacıyla aktivite tanıma sensörleri ve yapay zeka yöntemlerini kullanarak bir fiziksel aktivite danışmanlık sistemi geliştirmişlerdir. Squat, barfiks ve dips hareketlerine odaklanılmıştır. ARM (Aktivite Tanıma Modülü) ve RCM (Tekrar Sayma Modülü) içeren sistem %92'ye varan doğruluk elde etmiştir.

Berg ve arkadaşları (2023) paralimpik kayak sporcularının hareketlerini ve ekipman üzerindeki kuvvet dağılımını eş zamanlı izleyebilmek için bir sensör sistemi geliştirilmiştir. Böylelikle antrenmanlarda sportif hareketlerin gerçek zamanlı izlenmesi, özellikle paralimpik sporcuların bireysel özelliklerine uygun ekipman ayarlarının değerlendirilmesi ve uygun antrenman planlamasına katkıda bulunduğundan bahsedilmiştir.

Mekruksavanich ve Jitpattanakul (2022) insanların sporla ilgili aktivitelerinin tanınması için çok modlu giyilebilir sensörlere dayalı bir insan aktivitesi tanıma (HAR) çerçevesi

geliştirmişlerdir. Gövde, kollar ve bacaklara yerleştirilen ivmeölçer, jiroskop ve manyetometre verileri incelenmiştir. Çift yönlü GRU (BiGRU/Gated Recurrent Unit) modeli %99.62 doğruluk oranı sağlamıştır.

SPORTIF FAALIYETLERIN TAKIBINDE KULLANILAN GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERI ILE İLGILI ÇALIŞMALAR

Yang ve Zhao (2026), basketbolcuların hareket kalitesindeki bozulmayı ve yorgunlukla ilgili değişimleri takip edebilmek amacıyla, video tabanlı sanal algılama ve Uyarlanabilir Grafik Evrişim Ağı (AGCN)-Mamba ağına dayalı bir model sunmuştur. Önerilen model, BAR veri kümesinde gerçekleştirilen deneylerde hareket tanıma açısından %94,82 doğruluk elde etmiş ve uzman görüşleri ile kinematik ölçütler temel alınarak oluşturulan referans hareket kalitesi puanlarıyla 0,91 korelasyon katsayısına ulaşmıştır.

Liu ve arkadaşları (2025), basketbolcuların hareket ve vücut duruşlarını analiz etmek amacıyla, yerel özelliklerin iyileştirilmesiyle çoklu kamera tabanlı uzamsal-zamansal özellik birleştirmeyi (LFEMSFF) bütünleştiren çok görevli bir öğrenme modeli önermiştir. Önerilen model, her bir bakış açısından gelen uzamsal bilgileri dikkate almaktadır. Verilerin uzamsal-zamansal sürekliliğini ve çözünürlüğünü artırmak için zamansal dizi ilişkilerinden de yararlanarak oyuncu hareketlerindeki dinamik değişimlerin daha etkili bir şekilde yakalanmasını sağlamaktadır.

Chen ve arkadaşları (2025), sportif antrenmanlarda insan poz tahmini ve hareket antrenmanı geri bildirimi sağlamaya yönelik hibrit bir yöntem önermiştir. Önerilen yöntem, nesnelerin interneti (IoT) ve görüntü tabanlı derin öğrenmeyi birleştirmektedir. Önerilen yöntemin etkinliğini incelemek için yapılan deneylerde modelin LSP ve MPII veri setlerinde sırasıyla 0,946 ve 0,949 ortalama doğruluk değerlerine ulaştığı görülmüştür. Önerilen model, spor antrenmanları, rehabilitasyon gibi karmaşık senaryolarda, gerçek zamanlı performans ve dayanıklılık açısından önemli iyileştirmeler ortaya koymaktadır.

Li ve arkadaşları (2026), hareket bulanıklığını giderme, hedef izleme ve GSANet adı verilen hafif, yüksek çözünürlüklü bir poz tahmincisini entegre eden spor odaklı bir çerçeve önermiştir. Önerilen yöntem, sportif antrenmanlarda ve beden eğitimi uygulamalarında sporcuların vücut duruşlarını görüntüler üzerinden belirlemektedir.

Cai ve Zhang (2025), sporcuların hareket kalitesinin değerlendirilmesinde poz tahmininin doğruluğunu artırmak amacıyla, Swin-UNet ile insan poz tahminine dayalı bir sistem önermiştir. Çalışma kapsamında geliştirilen SwinUNetPose modeli, çok ölçekli bilgi yakalama yeteneğini artırmak için Swin Transformer mimarisini U-Net ile bütünleştirir. Önerilen yöntemin etkinliğini incelemek için mevcut yöntemler ile karşılaştırma yapılmıştır. COCO veri setinde hem ortalama kesinlik (AP) hem de ortalama duyarlılık (AR) açısından başarılı sonuçlar elde edilmiş ve çıkarım hızında diğer yöntemler ile rekabet edebildiği ortaya konulmuştur.

Zhang ve arkadaşları (2023) sporcu yaralanmalarını daha doğru ve hızlı bir şekilde tespit etmek amacıyla CNN ve sensör verilerinin birlikte kullanıldığı mobil cihazlar için akıllı tıbbi sistem önermişlerdir. CNN modeli, ligament yırtılması gibi yaralanmalarda %95.38 gibi oldukça iyi doğruluk değerine ulaşmıştır.

Li (2024) aerobik sporlarla ilgilenen sporcuların üst ekstremite hareketlerini analiz etmek için federated öğrenme tabanlı bir görüntü tanıma algoritması kullanılmıştır. %98.4 doğruluk oranı ve 6.1 saniyeden kısa tanıma süresi elde edilmiştir.

Kong ve Wang (2024) sporcuların diz eklemi yaralanmalarını tespit etmek için CAD (Computer-Aided Diagnosis) sistemi ile MRI (Magnetic Resonance Imaging) ve MSCT (Multislice Computed Tomography) karşılaştırmıştır. MRI destekli CAD sisteminde %94.75 duyarlılık ve %96.01 doğruluk elde edilirken, MSCT ile %89.86 doğruluk elde edilmiştir.

Zhang ve Hou (2023) video görüntü işleme teknolojisi ve Parçacık Sürü Optimizasyon algoritmasından faydalanılarak hareket tanıma sistemi oluşturulmuştur. Yüksek hızlı kameralar ve renk işaretleriyle analiz yapılarak antrenman etkinliğinin artırıldığı görülmüştür.

SONUÇ

İncelenen çalışmalar doğrultusunda giyilebilir teknoloji ve görüntü işleme uygulamaları hakkında literatür boşlukları, fırsatlar ve zorluklar üzerine temel bulgulara ulaşılmıştır. Sportif faaliyetlerin giyilebilir teknoloji ve görüntü işleme yöntemleri ile izlenmesi, özellikle sporcuların antrenman düzeni, performans takibi ve yaralanma tehlikelerinin erken tespiti gibi bir çok farklı konuda kritik bir destek görevi görebilmektedir. Giyilebilir teknolojiler ve görüntü işleme yöntemleri başlığı altında incelenen çalışmalarda, giyilebilir teknolojiler ile hassas hareketler dahi bir çok hareketin ve fizyolojik durumun verileri toplanıldıktan sonra görüntü işleme yöntemleri ile duruş, teknik, sakatlık tespiti gibi konularda yüksek doğruluk elde edildiği görülmüştür. İncelenen çalışmaların bir çoğu, sportif faaliyet özelinde bu iki teknolojik yaklaşımın birbirini tamamlayıcı nitelikte olduğunu göstermektedir. Bu yöntemlerin hibrit entegrasyonu, sadece performans artışı sağlamakla kalmayıp aynı zamanda sakatlık riskini minimize etmede stratejik katkılar sunmaktadır.

Bununla birlikte, veri toplama standartlarının henüz tam anlamıyla olgunlaşmamış olması, gelişmiş cihazların ve yüksek çözünürlüklü kamera sistemlerinin yüksek maliyeti ve kişisel verilerin gizliliği gibi zorluklar geçerliliğini korumaktadır. Bu engellere rağmen, giyilebilir teknolojiler ve görüntü işleme çözümleri ile kişiselleştirilmiş antrenman programlarının hazırlanması, iyileşme süreçlerinin otomatik olarak optimize edilmesi ve sakatlık risk haritalarının çıkarılması sporda yeni bir dönemi başlatmıştır. Gelecek çalışmalarda, farklı sensör tiplerinin ve yapay zeka modellerinin ortak veri formatlarında çalışmasını sağlayacak standardizasyon protokollerinin geliştirilmesi ve sistem maliyetlerinin düşürülerek geniş kitlelere yaygınlaştırılması öncelikli araştırma konuları olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Ahmed, N., Numan, M. O. A., Kabir, R., Islam, M. R., & Watanobe, Y. (2024). A robust deep feature extraction method for human activity recognition using a wavelet-based spectral visualization technique. Sensors, 24(13), 4343.

Akkaya, S. (2023). Sporda Giyilebilir Teknolojilerin Kullanımı. *Spor İnovasyonu ve Dijital Teknoloji*, 81-92.

Alghamdi, W. Y. (2023). A novel deep learning method for predicting athletes' health using wearable sensors and recurrent neural networks. Decision Analytics Journal, 7, 100213.

Berg, M. F., Døsvik, H., Skjølsvik, K. Ø., Pedersen, T. S., Aasan, V., Steinert, M., & Eikevåg, S. W. (2023). Wireless sensor system for real-time performance monitoring in sports. Frontiers in Sports and Active Living, 5, 1305117.

Cai, W., Zhu, J., & Zhuang, X. (2024). Combining medical images and biomechanical data in sports injury prediction models. Research Square, Preprint.

Cai, G., & Zhang, G. (2025). Application of Swin-UNet and pose estimation-based athlete motion quality detection device in IoT systems. Alexandria Engineering Journal, 128, 100–116.

Chen, J., Yang, J., & Wang, Z. (2025). IoT-enhanced multi-attention and lightweight feature integration for human pose estimation in motion training systems. Alexandria Engineering Journal, 127, 284–295.

Cui, J., Du, H., & Wu, X. (2023). Data analysis of physical recovery and injury prevention in sports teaching based on wearable devices. Preventive Medicine, 173, 107589.

Deng, X. (2025). A Wearable Triboelectric Nanogenerator Based on Polyester‐Paper Cloth for Mechanical Energy Harvesting and Running Motion Sensing. ChemistryOpen, 14(6), e202400373.

Gao, X., Zheng, M., Lv, H., Zhang, Y., Zhu, M., & Hou, Y. (2022). Ultrahigh sensitive flexible sensor based on textured piezoelectric composites for preventing sports injuries. Composites Science and Technology, 229, 109693.

Giusti Gestri, L. (2023). Wearable technology may assist in reducing jockeys' injuries if integrated into their safety vests: A qualitative study. Frontiers in Sports and Active Living, 5, 1167110.

Kizdarbekova, M., Kenjayeva, B., & Murzabekov, M. (2024). Forecasting sports-related injuries using wearable devices and data analysis methods. Retos, 58, 1125-1133.

Kong, M., & Wang, F. (2024). Comparative analysis of computer-aided imaging collaboration: MRI versus CT for detection of knee joint injuries in athletes. Journal of Radiation Research and Applied Sciences, 17(1), 100960.

Li, S. (2024). Image recognition algorithm of aerobics athletes' upper limb movements based on federated learning. Journal of Radiation Research and Applied Sciences, 17(1), 100835.

Li, P., Lu, L., Zheng, T., Xue, Z., & Lu, C. (2026). Vision-based human pose estimation for intelligent sports training and teaching assistance. Scientific Reports

Liu, Z., & Wang, X. (2023). Action recognition for sports combined training based on wearable sensor technology and SVM prediction. Preventive Medicine, 173, 107582.

Liu, W., Zhang, Z., & Qiu, J. (2025). Enhanced basketball pose estimation with spatio-temporal fusion and local feature learning. Discover Artificial Intelligence, 5, 344.

Mekruksavanich, S., & Jitpattanakul, A. (2022). Multimodal wearable sensing for sport-related activity recognition using deep learning networks. Journal of Advances in Information Technology, 13(2), 132-138.

Patalas-Maliszewska, J., Pajak, I., Krutz, P., Pajak, G., Rehm, M., Schlegel, H., & Dix, M. (2023). Inertial sensor-based sport activity advisory system using machine learning algorithms. Sensors, 23(3), 1137.

Slopecki, M., Charbonneau, M., Deguire, S., Côté, J. N., & Clément, J. (2026). Technical performance analyses in elite Paralympic swimming using wearable technology: Two case studies. Sports Biomechanics, 25(3), 440-453.

Tang, W., Suo, X., Wang, X., Shan, B., Li, L., & Liu, Y. (2024). SnowMotion: A wearable sensor-based mobile platform for alpine skiing technique assistance. Sensors, 24(12), 3975.

Yang, Z., & Zhao, Y. (2026). Assessment of basketball players' motion quality degradation by video-based virtual sensing and the AGCN-Mamba network. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation, 18, 180.

Zhang, Y., & Hou, X. (2023). Application of video image processing in sports action recognition based on particle swarm optimization algorithm. Preventive Medicine, 173, 107592.

Zhang, Y., Zhang, Q., & Liu, Y. (2023). Athlete injury detection and emergency treatment in mobile smart medical system. Frontiers in Physics, 11, Article 1191485.

ERGENLERİN MÜKEMMELİYETÇİ TUTUMLARI İLE SINAV KAYGILARI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ
AN EXAMINATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN PERFECTIONIST ATTITUDES AND TEST ANXIETY AMONG ADOLESCENTS

Tuba SAKALLI
Yüksek Lisans Öğrencisi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Çocuk Gelişimi Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye,
ORCID: 0009-0009-9785-1269
Gülden ÖZTÜRK SERTER
Dr. Öğr. Üyesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Çocuk Gelişimi Bölümü, Samsun, Türkiye,
ORCID: 0000-0001-7066-9197

ÖZET
Bu araştırmada, ergenlerin mükemmeliyetçilik düzeyleri ile sınav kaygıları arasındaki ilişkinin ve bu değişkenlerin çeşitli demografik özelliklere göre farklılaşıp farklılaşmadığının incelenmesi amaçlanmıştır. Nicel yöntemle yürütülen araştırmanın evrenini Samsun ilinde yaşayan 12–18 yaş aralığındaki ergenler, örneklemini ise tesadüfi örnekleme yöntemiyle seçilen ve araştırmaya gönüllü katılım sağlayan 321 ergen oluşturmuştur. Veri toplama sürecinde "Kişisel Bilgi Formu", "Çocuk-Ergen Mükemmeliyetçilik Ölçeği" ve "Çok Boyutlu Sınav Kaygısı Ölçeği" kullanılmıştır. Bulgular, kız öğrencilerin sınav kaygısı toplam puanlarının ve endişe, bilişsel müdahale, gerginlik ve fizyolojik göstergeler alt boyutlarına ilişkin puanlarının erkek öğrencilerden anlamlı düzeyde yüksek olduğunu göstermiştir. Yaş grupları karşılaştırıldığında, endişe puanlarının 12 yaş grubunda; sosyal kaynaklı mükemmeliyetçilik ve kendine özgü mükemmeliyetçilik puanlarının ise 13 yaş grubunda daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Annesi üniversite mezunu olan ergenlerin endişe puanları, annesinin tutumunu tutarsız ve babasının tutumunu ilgisiz olarak değerlendiren ergenlerin ise bilişsel müdahale puanları anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Sınav kaygısı ile mükemmeliyetçilik toplam puanları arasında ve toplam puanların diğer ölçeğin alt boyutlarıyla ilişkilerinde pozitif yönlü, düşük düzeyde istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler bulunmuştur. İki ölçeğin alt boyutları arasındaki ilişkiler pozitif yönlü, düşük veya çok düşük düzeydedir ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Her ölçeğin toplam puanı ile kendi alt boyutları arasında ise pozitif yönlü, yüksek veya çok yüksek düzeyde anlamlı ilişkiler saptanmıştır. Sonuçlar, daha yüksek mükemmeliyetçilik puanlarının daha yüksek sınav kaygısı puanlarıyla ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, ergenlerin sınav kaygısını anlamaya ve desteklemeye yönelik çalışmalarda mükemmeliyetçi beklentilerin de değerlendirilmesinin yararlı olabileceğine işaret etmektedir.
Anahtar Kelimeler: Ergenlik, Mükemmeliyetçilik, Sınav kaygısı

ABSTRACT
The purpose of this study was to examine the relationship between adolescents' levels of perfectionism and test anxiety and to determine whether these variables differed according to various demographic characteristics. The population of this quantitative study consisted of adolescents aged 12–18 living in Samsun Province, while the sample comprised 321 adolescents selected through random sampling who voluntarily participated in the study. During the data collection process, the "Personal Information Form," the "Child and Adolescent Perfectionism Scale," and the "Multidimensional Test Anxiety Scale" were administered. The findings showed that female students had significantly higher total test anxiety scores, as well

as significantly higher scores on the Anxiety, Cognitive Interference, Tension, and Physiological Indicators subscales, than male students. When comparing the age groups, it was found that the 12-year-old group had higher Anxiety scores, whereas the 13-year-old group had higher scores on the Socially Prescribed Perfectionism and Self-Oriented Perfectionism subscales. Adolescents whose mothers were college graduates had significantly higher Anxiety scores, while those who perceived their mothers' attitudes as inconsistent and their fathers' attitudes as indifferent had significantly higher Cognitive Interference scores. Positive, low-level, and statistically significant correlations were found between total test anxiety and total perfectionism scores, as well as between the total scores of the two scales and their respective subscale scores. The relationships between the subscales of the two measures were positive, low or very low in strength, and statistically significant. Strong or very strong, positive, and statistically significant relationships were found between the total score of each measure and its respective subscales. The results indicate that higher perfectionism scores are associated with higher test anxiety scores. These findings suggest that assessing perfectionistic expectations may be beneficial in studies aimed at understanding and supporting adolescents experiencing test anxiety.

Keywords: Adolescence, Perfectionism, Test Anxiety

GİRİŞ

Çocukluktan yetişkinliğe geçişi kapsayan ergenlik, bireyin kendisini tanıdığı, kimliğini geliştirdiği ve sosyal ilişkilerini yeniden biçimlendirdiği bir dönemdir. Akademik sorumlulukların da belirginleştiği bu süreç, gelişimin farklı alanlarında çok yönlü ve eş zamanlı değişimler yaşanması bakımından önem taşımaktadır (Binay vd., 2025). Adölesan dönem, kişilerin hem fiziksel hem de ruhsal sağlık açısından en önemli dönemlerinden biri olarak sayılmaktadır (Sezer vd., 2025). Çocukluk evresinde yaşam alanı, çoğunlukla ev ortamı ve bakım koşullarına yoğunlaşırken; ergenlik döneminde ise daha yoğun biçimde akran ve toplum ortamlarına odaklanılmaktadır (Pollmann vd., 2025). Bu süreçte ergenler, hem aile bireylerinin hem de sosyal çevrelerinin farklı beklentileriyle karşılaşmakta ve bununla birlikte mevcut kişisel potansiyellerini de idrak edebilmektedir.Ruhsal açıdan, ergenlik sürecindeki gençler kimlik inşası ve bağımsızlaşma çabası içindeyken, aile üyeleri, akran grubu ve toplumun diğer üyelerinin bireyden bekledikleri normlar arasında denge kurmaya çabalamaktadır (Karaduman vd., 2024).

Bireylerin iletişim kurma süreçleri ilk etapta aile içerisinde şekillenmekte daha ileriki süreçte akran etkileşimi ve sosyalleşmenin artmasıyla gelişmektedir (Seven vd., 2025). Ebeveyn tutumları, bireylerde iletişim yeterliliği ve problem çözme yeteneği üzerinde etkili olduğunu göstermektedir(Akan vd., 2021). Anne ve babaların ebeveynlik rollerini sergileme biçimleri, çocukların öz düzenlemeleri, öz yeterlilikleri ve akademik performansları üzerinde etkili olabileceği görülmektedir (Hassan vd., 2022).Anne ve babalar, evlatlarının eğitim alanlarında ve yaşamın çeşitli alanlarında daima başarılı ve güçlü bireyler olmalarını arzulamakta, bunun için de çeşitli yöntemlere başvurmaktadır. Ebeveynlerin kullanmış oldukları bu yöntemlerin bazıları, çocuklar üzerinde teşvik edici nitelikteyken; bazıları ise çocuklar üzerinde baskılayıcı bir tutum olarak değerlendirilmektedir (Zeytin vd., 2025). Aileler, çocuklarının başarı elde etmesi için yargılayıcı ve otoriter bir şekilde iletişim kurduklarında, çocuklar bunu psikolojik baskı ve stres olarak algılamakta; ailelerinin beklentilerini karşılayamadıklarında ise bu durum, onların kendilerine olan inançlarının sarsılmasına ve kaygı yaşamalarına yol açabilmektedir(Yang, 2025). Ebeveynlerin akademik hedefleri yüksek olduğunda, bireyde kendine yönelik yeterlik inancı azalmakta ve kaygı seviyesi yükselmektedir (Worku vd., 2020).

Ergenlerde sınav kaygısı; bireyin sınavdan alacağı sonuca yönelik beklentisi, kişisel yeterlik algısı, sınavlarla ilgili önceki yaşantısı ve karakter yapısı gibi içsel dinamiklerden kaynaklanabileceği gibi, ev ortamı ile ebeveyn tutum ve davranışlarından da kaynaklanabilmektedir.Sınav kaygısı, akademik başarıyı hem destekleyici hem de engelleyici etkisi olan yaşantısal, psikolojik ve davranışsal tepkiler bütünü olarak nitelendirilmektedir (Khizar vd., 2015).Destekleyici yönde olan kaygı talebelerin daha üretken ve gayretli olmalarını sağlayarak öğrenme becerilerini ve akademik performanslarını artırmaktadır.Bu durumun tam tersi yoğun sınav kaygısı, sınav sürecinde ergenlerin akademik performansını negatif yönde etkilemekte ve yaşanan yoğun stres akademik başarıda düşüşe neden olmaktadır. Buna ek olarak bireylerde yaşanan yoğun akademik stres uyku düzenini, dikkati ve bilişsel işlevleri bozmaktadır(Pérez-Jorge vd., 2025).Mevcut potansiyelini daha iyisine ulaştırma isteği, ergenlerin akademik yaşamlarında stres kaynağı hâline gelebilmekte; uygulanan sınav sistemleri ise bazen sınav kaygısını tetikleyebilmektedir (Akkaya vd., 2023).Sınav kaygısı, öğrencileri sınavlardan önce, sınavlar esnasında ve sınavlardan sonra hem zihinsel hem de fiziksel olarak etkileyebilmektedir(Alshareef vd., 2025).

Mükemmeliyetçilik, güçlü performans kriterlerine ulaşmayı amaçlayarak bireyin öz eleştiri yapması sonucu ortaya çıkan bir kişilik özelliği olarak kabul edilmektedir (Fang vd., 2022).Mükemmeliyet hedefleyen çabalar öncelikle, kararlılık ve titizlikle bireyin, kendisine dayattığı kuralları kesintisiz biçimde uygulama eğilimini barındırmaktadır (Núñez vd., 2024). İnsanoğlunun gelişim dönemlerinden biri olan buluğ çağı kendini keşfetme süreci olarak nitelendirilmekte ve bu dönemde bireyin kendisi için belirlediği yüksek standartlarla ailenin bireye biçtiği ideal evlat profili kişide standarları yüksek mükemmeliyetçi kişiliğe neden olmaktadır. İyi değil her zaman daha iyisini hedefleyen kişiler bazen imkansız ve kusursuz hedefler uğruna çalışmakta ve kendi değerlerini gerçekleştirdikleri başarı ve ürünle ölçmektedirler (Hamarta, 2009). Eğitim sisteminde seçme sınavları bireylerin kaliteli bir eğitim ve sonucunda parlak bir gelecek inşaa etmesi için vazgeçilmez bir değerlendirme aracı olarak kabul edilmektedir. Öte yandan kaliteli eğitim talebinin okulların kontenjan yetersizliği nedeniyle karşılanamaması bireylerin yoğun bir şekilde akademik stres yaşamasına ve başarma isteği ile oluşan rekabet ortamı bireylerde psikolojik sıkıntılara neden olmaktadır (Bayram, 2019).

Sonuç olarak eğitim sistemlerinin eleme odaklı rekabetçi yapısı bireylerin mükemmeliyetçi tutumlarını tetiklemekte ve sınav kaygısı yaşama olasılığını artırmaktadır. İstenmeyen bu iki durum bireylerin psikolojik çatışma yaşamasına ve yaşamdan zevk almamasına neden olmaktadır.

Araştırmanın Önemi

12–18 yaşları arasında kimlik gelişimi, sosyal ilişkiler ve akademik beklentiler ergenlerin yaşamında giderek daha fazla önem kazanır. Bu süreçte yüksek mükemmeliyetçi beklentiler ve sınav kaygısı, ergenlerin yaşadıkları baskıyı artırarak iyi oluşlarını olumsuz etkileyebilir. Yüksek beklentilerin hüküm sürdüğü dünyada ergenlerin hem mükemmeliyetçi tutum hem de sınav kaygısı gibi yıpratıcı deneyimler yaşaması kaçınılmaz bir hal almaktadır. Bu araştırma, 12–18 yaşlarındaki ergenlerde mükemmeliyetçilik ile sınav kaygısı arasındaki ilişkiyi inceleyerek ergenlerin akademik süreçlerde yaşadıkları güçlüklerin anlaşılmasına katkı sunmayı hedeflemektedir. Bulguların, sınav kaygısına yönelik destek çalışmalarında mükemmeliyetçi beklentilerin de dikkate alınmasına yardımcı olması beklenmektedir.

Araştırmanın Amacı

Araştırmada, 12–18 yaş grubundaki ergenlerin mükemmeliyetçilik düzeyleri ile sınav kaygıları arasındaki ilişkinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu çerçevede aşağıdaki araştırma soruları ele alınacaktır:

1. Ergenlerin mükemmeliyetçilik ve sınav kaygısı puanları, cinsiyet ve yaş gruplarına göre anlamlı biçimde farklılaşmakta mıdır?
2. Ergenlerin mükemmeliyetçilik ve sınav kaygısı puanları, anne ve babalarının eğitim düzeylerine göre anlamlı biçimde farklılaşmakta mıdır?
3. Ergenlerin mükemmeliyetçilik ve sınav kaygısı puanları, algıladıkları anne ve baba tutumlarına göre anlamlı biçimde farklılaşmakta mıdır?
4. Ergenlerin mükemmeliyetçilik toplam puanları ile sınav kaygısı toplam puanları arasında anlamlı bir ilişki var mıdır?
5. Ergenlerin mükemmeliyetçilik alt boyutları ile sınav kaygısı alt boyutları arasında anlamlı ilişkiler var mıdır?
6. Ergenlerin mükemmeliyetçilik toplam puanları ile sınav kaygısı alt boyutları ve sınav kaygısı toplam puanları ile mükemmeliyetçilik alt boyutları arasında anlamlı ilişkiler var mıdır?
7. Ergenlerin mükemmeliyetçilik düzeyleri, sınav kaygısı düzeylerini anlamlı biçimde yordamakta mıdır?

YÖNTEM

Bu araştırma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu'nun 28.03.2025 tarihli ve 2025-499 sayılı kararı doğrultusunda gerekli etik kurul onayı alınarak yürütülmüştür.

Araştırma Modeli

Araştırma, ergenlerde mükemmeliyetçilik ve sınav kaygısı arasındaki ilişkinin incelenmesine olanak sağlayan ilişkisel tarama deseninde yürütülecektir. Bu desen, iki veya daha fazla değişkenin birlikte değişip değişmediğini ve aralarındaki ilişkinin derecesini belirlemeye odaklanmaktadır (Karasar, 2011).

Araştırma Grubu

Araştırmanın evrenini, Samsun ilinde ikamet eden 12-18 yaş arasındaki ergen bireyler, örneklem grubunu ise bu bireyler arasından tesadüfi örnekleme yöntemiyle belirlenmiş, çalışmaya gönüllü olarak katılmayı kabul etmiş ve ebeveyni onam veren 321 katılımcı oluşturmaktadır.

Veri Toplama Araçları

Araştırmada veri toplama aracı olarak araştırmacılar tarafından hazırlanan kişisel bilgi formu, "Çocuk-Ergen Mükemmeliyetçilik Ölçeği" ve "Çok Boyutlu Sınav Kaygısı Ölçeği" kullanılmıştır.

Çocuk-Ergen Mükemmeliyetçilik Ölçeği:Flett ve arkadaşları (2007)tarafından geliştirilip Türk kültürüne uyarlanmasını Yıldırım vd.,(2022)tarafından yapılmıştır. Ölçeğin geçerlik ve güvenirliği, 9–18 yaş aralığındaki 756 katılımcıdan elde edilen verilerle incelenmiştir. Dokuz maddelik ölçekte yanıtlar, 1 (Tamamen yanlış) ile 5 (Tamamen doğru) arasında değişen beşli

Likert biçiminde derecelendirilmektedir. Ara seçenekler sırasıyla 'Çoğunlukla yanlış', 'Ne doğru ne yanlış' ve 'Çoğunlukla doğru' şeklindedir. Sosyal Kaynaklı Mükemmeliyetçilik boyutu ilk beş maddeyi, Kendine Özgü Mükemmeliyetçilik boyutu ise son dört maddeyi kapsamaktadır. Ters puanlama gerektiren madde bulunmayan ölçekte yüksek puanlar, daha yüksek mükemmeliyetçilik düzeyine karşılık gelmektedir. İç tutarlılık katsayıları ölçeğin bütünü için .80, Sosyal Kaynaklı Mükemmeliyetçilik için .81 ve Kendine Özgü Mükemmeliyetçilik için .80 olarak bildirilmiştir.

Çok Boyutlu Sınav Kaygısı Ölçeği: Putwain ve arkadaşları (2020) tarafından geliştirilen ölçek Türk kültürüne uyarlanmasını Ergin vd.,(2022)tarafından yapılmıştır.Ölçek 16 maddeden oluşmakta ve endişe, bilişsel müdahale, gerilim, fizyolojik göstergeler olmak üzere 4 alt boyuttan oluşmaktadır. 5'li likert tipi olan ölçekte maddeler 1(Kesinlikle Katılmıyorum),5(Kesinlikle Katılıyorum) şeklinde cevaplandırılmaktadır. Ölçeğin toplam Cronbach alfa değeri .86 olarak hesaplanmıştır.

Verilerin Toplanması

Veri toplama öncesinde, 12–18 yaş grubundaki katılımcılara araştırmanın amacı ve soruları yanıtlarken dikkat etmeleri gereken noktalar açıklanmıştır. Uygulamalar, 5 Nisan–20 Mayıs 2025 tarihleri arasında yüz yüze ve Google Formlar aracılığıyla çevrim içi olarak gerçekleştirilmiş; katılım gönüllülük esasına dayandırılmıştır.

Verilerin Analizi

Çalışmada elde edilen veriler, SPSS for Windows 22.0 istatistiksel yazılım paketi kullanılarak analiz edilmiştir. Uygulanacak istatistiksel analizlere karar vermek üzere puanların dağılım özellikleri incelenmiştir. Büyüköztürk'ün (2017), 50'den fazla katılımcı içeren gruplarda normalliğin değerlendirilmesine ilişkin önerisi doğrultusunda Kolmogorov–Smirnov testi kullanılmıştır (Büyüköztürk, 2017).

Tablo1. Ölçeklere Göre Normallik Dağılımını Gösteren KolmogorovSmirnov Değerleri

Ölçekler	KolmogorovSmirnov	Değerlendirme
Çok Boyutlu Sınav Kaygısı Ölçeği	0,049	Normal Olamadığı Belirlenmiştir
Endişe	0,000	Normal Olamadığı Belirlenmiştir
Bilişsel Müdahale	0,000	Normal Olamadığı Belirlenmiştir
Gerginlik	0,000	Normal Olamadığı Belirlenmiştir
Fizyolojik Göstergeler	0,000	Normal Olamadığı Belirlenmiştir
Çocuk-Ergen Mükemmeliyetçilik Ölçeği	0,000	Normal Olamadığı Belirlenmiştir
Sosyal Kaynaklı Mükemmeliyetçilik	0,000	Normal Olamadığı Belirlenmiştir
Kendine Özgü Mükemmeliyetçilik	0,000	Normal Olamadığı Belirlenmiştir

Uygulanan KolmogorovSmirnov testi sonucunda ergenlerin endişe alt boyutu, bilişsel müdahale alt boyut, gerilim alt boyut, fizyolojik göstergeler alt boyut, çok boyutlu sınav kaygısı ölçeği toplam puanı, sosyal kaynaklı mükemmeliyetçilik alt boyut, kendine özgü mükemmeliyetçilik alt boyut, çocuk ergen mükemmeliyetçilik ölçeği toplam puanı değerlerinin normal dağılımlarının normal olamadığı belirlenmiştir ($p<0,05$). Dağılım özellikleri değerlendirilirken ortalama ve medyan değerlerinin yakınlığı ile çarpıklık ve basıklık katsayıları da dikkate alınmıştır. Her iki ölçeğin toplam ve alt boyut puanlarında çarpıklık ve basıklık değerlerinin −1,5 ile +1,5 arasında kaldığı, ortalama ve medyanın ise birbirine yakın

olduğu görülmüştür. Bu göstergeler doğrultusunda puan dağılımları normal dağılıma yeterince yakın kabul edilmiştir. Ancak söz konusu ölçeklere ait Q-Q plot ve histogram grafiğinin normal dağılıma uymadığı belirlenmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda çok boyutlu sınav kaygısı ölçeği alt boyutları,çok boyutlu sınav kaygısı ölçeği toplam puanı, çocuk-ergen mükemmeliyetçilik ölçeği alt boyutları ve çocuk-ergen mükemmeliyetçilik ölçeği toplam puanı değişkenleri için parametrik olmayan analizlerin uygulanmasına karar verilmiştir.

BULGULAR

Bu bölümde, araştırmanın çalışma grubuna ilişkin demografik bulgulara; cinsiyet, yaş, gelir düzeyi, anne eğitim durumu, baba eğitim durumu, anne çalışma durumu, baba çalışma durumu, anne tutumu ve baba tutumuna yönelik bulgulara yer verilmiştir.

Araştırmada 12-18 yaş ergen bireylerin demografik özellikler temelinde dağılımları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2.Katılımcıların demografik özelliklerine ilişkin frekans ve yüzde dağılımları

Yaş	**N**	**%**		**Anne Eğitim Durumu**	**N**	**%**
12	41	12,8		İlköğretim	203	63,2
13	16	5,0		Lise	94	29,3
14	24	7,5		Üniversite	24	7,5
15	36	11,2		Toplam	321	100,0
16	98	30,5				
17	78	24,3		**Cinsiyet**	**N**	**%**
18	28	8,7		Kadın	202	62,9
Toplam	321	100,0		Erkek	119	37,1
				Toplam	321	100,0
Anne Tutumu	**N**	**%**		**Baba Tutumu**	**N**	**%**
Otoriter	100	31,2		Otoriter	86	26,8
İlgisiz/Gevşek	28	8,7		İlgisiz/Gevşek	51	15,8
Tutarsız	11	3,4		Tutarsız	14	4,4
Koruyucu	90	28,0		Koruyucu	69	21,5
Demokratik	51	15,9		Demokratik	58	18,1
Mükemmeliyetçi	41	12,8		Mükemmeliyetçi	43	13,4
Toplam	321	100,0		Toplam	321	100,0

Araştırma kapsamındaki öğrencilerin demografik özellikleri incelendiğinde%62,9'unun kadın; %30,5 16 yaş; %63,2'sinin annesinin eğitim durumu ilköğretim; %31,2'sinin anne tutumu otoriter; %26,8'inin baba tutumu otoriter olduğu tespit edilmiştir. (Tablo 2)

Tablo 3. Ergenlerin Cinsiyetlerine Göre Sınav Kaygısı ve Mükemmeliyetçilik Düzeylerinin Mann-Whitney U Testi Sonuçları

Ölçekler ve Alt Boyutlar	**Cinsiyet**	**N**	**MeanRank**	**Sum of Ranks**	**U**	**P**
Çok Boyutlu Sınav Kaygısı	Kadın	202	181,65	36693,00	7848,000	,000
	Erkek	119	125,95	14988,00		
Endişe	Kadın	202	176,30	35613,00	8928,000	,000**
	Erkek	119	135,03	16068,00		
Bilişsel Müdahale	Kadın	202	171,98	34739,00	9802,000	,006*
	Erkek	119	142,37	16942,00		
Gerginlik	Kadın	202	181,48	36658,50	7882,500	,000**
	Erkek	119	126,24	15022,50		
Fizyolojik Göstergeler	Kadın	202	182,84	36934,50	7606,500	,000**

	Erkek	119	123,92	14746,50		
Çocuk-Ergen Mükemmeliyetçilik	Kadın	202	164,25	33177,50	11363,500	,414
	Erkek	119	155,49	18503,50		
Sosyal Kaynaklı Mükemmeliyetçilik	Kadın	202	160,79	32479,50	11976,500	,958
	Erkek	119	161,36	19201,50		
Kendine Özgü Mükemmeliyetçilik	Kadın	202	168,22	33981,00	10560,000	,068
	Erkek	119	148,74	17700,00		

**P<0.01;*P<0.05;P>0.05

Ergenlerin sınav kaygı düzeylerinin cinsiyetlere göre farklılık gösterip göstermediği belirlemek için Mann-Whitney U testi yapılmıştır.Yapılan Mann-Whitney U testi sonucuna göre ile Çok Boyutlu Sınav Kaygısı Ölçeğinin toplam ve tüm alt boyutları cinsiyet değişkenine göre anlamlı derecede farklılaşmıştır (p<0,01). Mean Rank değerleri dikkate alındığında cinsiyeti kadın olanların erkek cinsiyetteki katılımcılara göre daha yüksek olduğu görülmektedir.Öğrencilerin Çocuk-Ergen Mükemmeliyetçilik Ölçeğinin toplam ve Sosyal Kaynaklı Mükemmeliyetçilik ile Kendine Özgü Mükemmeliyetçilik alt boyutları ile cinsiyete arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir(p>0,05)(Tablo 3).

Tablo 4. Ergenlerin Yaş Değişkenine Göre Sınav Kaygısı ve Mükemmeliyetçilik Düzeylerinin Kruskal-Wallis H Testi Sonuçları

Ölçekler ve Alt Boyutlar	Yaş	N	MeanRank	X^2	Sd	P
Çok Boyutlu Sınav Kaygısı Ölçeği	12 yaş	41	173,35	4,505	6	,609
	13 yaş	16	157,03			
	14 yaş	24	174,21			
	15 yaş	36	177,04			
	16 yaş	98	152,20			
	17 yaş	78	150,96			
	18 yaş	28	171,98			
Endişe	12 yaş	41	191,80	12,773	6	,047*
	13 yaş	16	165,69			
	14 yaş	24	182,63			
	15 yaş	36	177,94			
	16 yaş	98	143,08			
	17 yaş	78	147,85			
	18 yaş	28	172,27			
Bilişsel Müdahale	12 yaş	41	144,18	4,027	6	,673
	13 yaş	16	136,16			
	14 yaş	24	165,75			
	15 yaş	36	164,17			
	16 yaş	98	160,58			
	17 yaş	78	173,38			
	18 yaş	28	158,66			
Gerginlik	12 yaş	41	182,43	8,356	6	,213
	13 yaş	16	168,25			
	14 yaş	24	175,52			
	15 yaş	36	184,33			
	16 yaş	98	148,26			
	17 yaş	78	148,94			
	18 yaş	28	161,21			
Fizyolojik Göstergeler	12 yaş	41	170,30	7,567	6	,272
	13 yaş	16	168,03			
	14 yaş	24	170,88			
	15 yaş	36	177,24			

	16 yaş	98	157,51			
	17 yaş	78	140,40			
	18 yaş	28	183,63			
Sosyal Kaynaklı Mükemmeliyetçilik	12 yaş	41	188,52	13,402	6	,037*
	13 yaş	16	196,94			
	14 yaş	24	191,44			
	15 yaş	36	155,33			
	16 yaş	98	146,54			
	17 yaş	78	146,71			
	18 yaş	28	171,79			
Kendine Özgü Mükemmeliyetçilik	12 yaş	41	172,04	12,687	6	,048*
	13 yaş	16	213,53			
	14 yaş	24	148,65			
	15 yaş	36	137,15			
	16 yaş	98	147,72			
	17 yaş	78	176,10			
	18 yaş	28	160,48			

*P<0.05;P>0.05

Araştırmaya katılan ergenlerin sınav kaygısı ve mükemmeliyetcilik düzeylerinin yaş değişkenine göre farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için Kruskal Wallis H testi yapılmıştır. Araştırmaya katılan bireylerin yaş dağılımlarına göre Çok Boyutlu Sınav Kaygısı Ölçeğinin endişe altboyutu ile Çocuk-Ergen Mükemmeliyetçilik Ölçeğinin Sosyal Kaynaklı Mükemmeliyetçilik ve Kendine Özgü Mükemmeliyetçilik alt boyutu arasında istatistiki olarak anlamlı farklılık belirlenir (P<0,05) iken, diğer altboyut puanları arasında anlamlı farklılıklar belirlenmemiştir (P>0,05). Araştırmada MeanRank değerlerine bakıldığında 12 yaş grubunda endişe düzeyinin daha yüksek ve sosyal kaynaklı mükemmeliyetçilik ile kendi özgü mükemmeliyetçilik düzeylerinin 13 yaş gurubunda daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu bulgular ergenliğin ilk yıllarında sınav endişesinin ve mükemmeliyetçilik düzeylerinin daha yüksek olduğunu göstermektedir(Tablo 4).

Tablo 5. Ergenlerin Anne Eğitim Seviyesi Değişkenine Göre Sınav Kaygısı ve Mükemmeliyetçilik Düzeylerinin Kruskal-Wallis H Testi Sonuçları

Ölçekler ve Alt Boyutlar	**Anne Eğitim**	**N**	**MeanRank**	**Sd**	**X^2**	**P**
Çok Boyutlu Sınav Kaygısı Ölçeği	İlkokul	203	154,37	2	2,829	,243
	Lise	94	172,01			
	Üniversite	24	173,96			
Endişe	İlkokul	203	151,53	2	6,941	,031*
	Lise	94	172,68			
	Üniversite	24	195,40			
Bilişsel Müdahale	İlkokul	203	162,15	2	1,178	,555
	Lise	94	163,53			
	Üniversite	24	141,40			
Gerginlik	İlkokul	203	154,01	2	3,641	,162
	Lise	94	170,02			
	Üniversite	24	184,81			
Fizyolojik Göstergeler	İlkokul	203	154,71	2	2,618	,270
	Lise	94	170,74			
	Üniversite	24	176,06			
Sosyal Kaynaklı Mükemmeliyetçilik	İlkokul	203	159,19	2	,467	,792
	Lise	94	166,29			
	Üniversite	24	155,58			
	İlkokul	203	155,30		2,307	,315

Kendine Özgü Mükemmeliyetçilik	Lise	94	172,75	2		
	Üniversite	24	163,23			

*P<0.05;P>0.05

Araştırmaya katılan ergenlerin sınav kaygısı ve mükemmeliyetcilik düzeylerinin anne eğitim seviyelerine göre farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için Kruskal Wallis H testi yapılmıştır. Araştırmaya katılan ergenlerin Çok Boyutlu Sınav Kaygısı Ölçeğinin endişe alt boyutu ile anne eğitim düzeyi arasında anlamlı farklılık olduğu belirlenmiştir (P<0,05). Mean Rank değeri dikkate alındığında, en yüksek endişe düzeyine üniversite mezunu annelerin çocuklarında olduğu görülmektedir(Mean Rank=195,40). Diğer alt boyutlarda anlamlı bir faklılık bulunmamaktadır(p>0,05)(Tablo 5).

Tablo 6. Ergenlerin Anne Tutum Değişkenine Göre Sınav Kaygısı ve Mükemmeliyetçilik Düzeylerinin Kruskal-Wallis H Testi Sonuçları

Ölçekler ve Alt Boyutlar	Anne Tutumu	N	MeanRank	Sd	X^2	P
Çok Boyutlu Sınav Kaygısı Ölçeği	Otoriter	100	163,48	6	5,344	,500
	İlgisiz	7	157,86			
	Gevşek	21	163,33			
	Tutarsız	11	183,86			
	Koruyucu	90	167,09			
	Demokratik	51	134,97			
	Mükemmeliyetçi	41	167,18			
Endişe	Otoriter	100	166,91	6	2,286	,892
	İlgisiz	7	161,50			
	Gevşek	21	147,26			
	Tutarsız	11	185,77			
	Koruyucu	90	160,19			
	Demokratik	51	150,80			
	Mükemmeliyetçi	41	161,35			
Bilişsel Müdahale	Otoriter	100	160,64	6	15,139	,019*
	İlgisiz	7	180,29			
	Gevşek	21	188,02			
	Tutarsız	11	212,91			
	Koruyucu	90	167,21			
	Demokratik	51	121,97			
	Mükemmeliyetçi	41	165,73			
Gerginlik	Otoriter	100	162,82	6	2,034	,917
	İlgisiz	7	150,71			
	Gevşek	21	158,74			
	Tutarsız	11	165,95			
	Koruyucu	90	166,74			
	Demokratik	51	145,42			
	Mükemmeliyetçi	41	164,94			
Fizyolojik Göstergeler	Otoriter	100	157,88	6	5,727	,454
	İlgisiz	7	160,14			
	Gevşek	21	160,64			
	Tutarsız	11	185,77			
	Koruyucu	90	172,30			
	Demokratik	51	137,40			
	Mükemmeliyetçi	41	166,85			
Sosyal Kaynaklı Mükemmeliyetçilik	Otoriter	100	172,70		11,586	,072
	İlgisiz	7	203,14			

	Gevşek	21	138,98	6		
	Tutarsız	11	184,05			
	Koruyucu	90	152,26			
	Demokratik	51	135,46			
	Mükemmeliyetçi	41	181,33			
Kendine Özgü Mükemmeliyetçilik	Otoriter	100	154,79	6	3,175	,787
	İlgisiz	7	144,93			
	Gevşek	21	151,86			
	Tutarsız	11	157,95			
	Koruyucu	90	157,72			
	Demokratik	51	171,00			
	Mükemmeliyetçi	41	179,16			

*P<0.05;P>0.05

Araştırmaya katılan ergenlerin sınav kaygısı ve mükemmeliyetcilik düzeylerinin anne tutumlarına göre farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için Kruskal Wallis H testi yapılmıştır. Ergenlerin Çok Boyutlu Sınav Kaygısı Ölçeğinin alt boyutu olan Bilişsel Müdahale alt boyutunda anne tutumuna göre anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir (p<0,05). Mean Rank değeri dikkate alındığında, en yüksek Bilişsel Müdahale düzeyine annesi tuttarsız tutuma sahip çocuklarda olduğu görülmektedir(Mean Rank=212,91). Diğer alt boyutlarda anlamlı bir faklılık bulunmamaktadır(p>0,05)(Tablo 6).

Tablo 7. Ergenlerin Baba Tutum Değişkenine Göre Sınav Kaygısı ve Mükemmeliyetçilik Düzeylerinin Kruskal-Wallis H Testi Sonuçları

Ölçekler ve Alt Boyutlar	Baba Tutumu	N	MeanRank	Sd	X^2	P
Çok Boyutlu Sınav Kaygısı Ölçeği	Otoriter	86	159,85	6	11,506	,074
	İlgisiz	21	210,55			
	Gevşek	30	157,23			
	Tutarsız	14	208,29			
	Koruyucu	69	154,96			
	Demokratik	58	146,82			
	Mükemmeliyetçi	43	155,16			
Endişe	Otoriter	86	156,53	6	8,594	,198
	İlgisiz	21	207,19			
	Gevşek	30	149,77			
	Tutarsız	14	188,61			
	Koruyucu	69	148,22			
	Demokratik	58	161,12			
	Mükemmeliyetçi	43	166,57			
Bilişsel Müdahale	Otoriter	86	155,17	6	13,911	,031*
	İlgisiz	21	216,88			
	Gevşek	30	151,92			
	Tutarsız	14	207,96			
	Koruyucu	69	163,19			
	Demokratik	58	144,74			
	Mükemmeliyetçi	43	154,84			
Gerginlik	Otoriter	86	156,98	6	9,349	,155
	İlgisiz	21	206,29			
	Gevşek	30	163,62			
	Tutarsız	14	200,18			
	Koruyucu	69	157,44			
	Demokratik	58	146,22			

	Mükemmeliyetçi	43	157,98			
Fizyolojik Göstergeler	Otoriter	86	165,57	6	9,573	,144
	İlgisiz	21	184,67			
	Gevşek	30	167,57			
	Tutarsız	14	213,82			
	Koruyucu	69	157,20			
	Demokratik	58	150,06			
	Mükemmeliyetçi	43	139,37			
Sosyal Kaynaklı Mükemmeliyetçilik	Otoriter	86	163,94	6	14,362	,026*
	İlgisiz	21	215,40			
	Gevşek	30	160,77			
	Tutarsız	14	145,39			
	Koruyucu	69	146,55			
	Demokratik	58	141,73			
	Mükemmeliyetçi	43	182,98			
Kendine Özgü Mükemmeliyetçilik	Otoriter	86	161,16	6	8,509	,203
	İlgisiz	21	185,48			
	Gevşek	30	158,45			
	Tutarsız	14	166,32			
	Koruyucu	69	139,28			
	Demokratik	58	181,98			
	Mükemmeliyetçi	43	155,33			

*P<0.05;P>0.05

Araştırmaya katılan ergenlerin sınav kaygısı ve mükemmeliyetcilik düzeylerinin baba tutumlarına göre farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için Kruskal Wallis H testi yapılmıştır. Ergenlerin Çok Boyutlu Sınav Kaygısı Ölçeğinin alt boyutu olan Bilişsel Müdahale alt boyutunda baba tutumuna göre anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir (p<0,05). Mean Rank değeri dikkate alındığında, en yüksek Bilişsel Müdahale düzeyine babası ilgisiz tutuma sahip olanlarda olduğu görülmektedir(Mean Rank=216,88). Çocuk-Ergen Mükemmeliyetçilik Ölçeğinin alt boyutlar incelendiğinde, Sosyal Kaynaklı Mükemmeliyetçilik alt boyutunda baba tutumuna göre anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir (p<0,05). Mean Rank değeri dikkate alındığında, en yüksek Sosyal Kaynaklı Mükemmeliyetçilik düzeyine babası ilgisiz tutuma sahip olanlarda olduğu görülmektedir(Mean Rank=215,40). Diğer alt boyutlarda anlamlı bir faklılık bulunmamaktadır(p>0,05) (Tablo 7).

Tablo 8. Ergenlerin mükemmeliyetçilik ve sınav kaygısı düzeylerine ilişkin Spearman korelasyon testi sonuçları

Değişkenler		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Endişe Kaygı	**r**	—	,615**	,771**	,578**	,344**	,312**	,868**	,400**
	p	—	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Bilişsel Kaygı	**r**	—	—	,627**	,520**	,197**	,158**	,805**	,222**
	p	—	—	,000	,000	,000	,002	,000	,000
Gerilim Kaygı	**r**	—	—	—	,641**	,337**	,299**	,899**	,392**
	p	—	—	—	,000	,000	,000	,000	,000
Fizyolojik Kaygı	**r**	—	—	—	—	,255**	,217**	,804**	,292**
	p	—	—	—	—	,000	,000	,000	,000
SosyalKaynaklı Mükemmeliyetçilik	**r**	—	—	—	—	—	,314**	,334**	,839**
	p	—	—	—	—	—	,000	,000	,000
KendineÖzgü Mükemmeliyetçilik	**r**	—	—	—	—	—	—	,296**	,761**
	p	—	—	—	—	—	—	,000	,000
Sınav Kaygısı Toplam	**r**	—	—	—	—	—	—	—	,390**
	p	—	—	—	—	—	—	—	,000
	r	—	—	—	—	—	—	—	—

Çocuk-Ergen Mükemmeliyetçilik Toplam	**p**	—	—	—	—	—	—	—	—

1: Endişe/Kaygı; 2: Bilişsel Kaygı; 3: Gerilim Kaygı; 4: Fizyolojik Kaygı; 5: Sosyal Kaynaklı Mükemmeliyetçilik; 6: Kendine Özgü Mükemmeliyetçilik; 7: Sınav Kaygısı Toplam; 8: Çocuk-Ergen Mükemmeliyetçilik Toplam ; *$p < ,01$

Tablo 8 incelendiğinde**,** ergenlerin mükemmeliyetçilik ve sınav kaygısı düzeyleri arasındaki ilişkilerin Spearman korelasyon katsayısı kullanılarak incelendiği görülmektedir. Analiz sonuçlarına göre sınav kaygısı toplam puanı ile endişe kaygı ($r = .868$, $p < .01$), bilişsel kaygı ($r = .805$, $p < .01$), gerilim kaygı ($r = .899$, $p < .01$) ve fizyolojik kaygı ($r = .804$, $p < .01$) arasında pozitif yönde ve yüksek düzeyde anlamlı ilişkiler olduğu belirlenmiştir.Bununla birlikte, sosyal kaynaklı mükemmeliyetçilik ile sınav kaygısı toplam puanı arasında pozitif yönde ve düşük düzeyde anlamlı bir ilişki olduğu saptanmıştır ($r = .334$, $p < .01$). Benzer şekilde kendine özgü mükemmeliyetçilik ile sınav kaygısı toplam puanı arasında da pozitif yönde ve düşük düzeyde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($r = .296$, $p < .01$).Kaygı alt boyutları ile mükemmeliyetçilik alt boyutları arasındaki ilişkiler incelendiğinde, sosyal kaynaklı mükemmeliyetçilik ile endişe kaygı ($r = .344$, $p < .01$), gerilim kaygı ($r = .337$, $p < .01$) ve fizyolojik kaygı ($r = .255$, $p < .01$) arasında pozitif yönde ve düşük düzeyde anlamlı ilişkiler olduğu görülmektedir. Kendine özgü mükemmeliyetçilik ile endişe kaygı ($r = .312$, $p < .01$), gerilim kaygı ($r = .299$, $p < .01$) ve fizyolojik kaygı ($r = .217$, $p < .01$) arasında da pozitif yönde ve düşük düzeyde anlamlı ilişkiler saptanmıştır. Ayrıca, çocuk-ergen mükemmeliyetçilik toplam puanı ile sınav kaygısı toplam puanı arasında pozitif yönde ve orta düzeyde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($r = .390$, $p < .01$). Çocuk-ergen mükemmeliyetçilik toplam puanı ile endişe/kaygı ($r = .400$, $p < .01$) ve gerilim kaygı ($r = .392$, $p < .01$) arasında pozitif yönde ve orta düzeyde; bilişsel kaygı ($r = .222$, $p < .01$) ve fizyolojik kaygı ($r = .292$, $p < .01$) arasında ise pozitif yönde ve düşük düzeyde anlamlı ilişkiler olduğu görülmüştür.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırmada, 12–18 yaşlarındaki ergenlerin mükemmeliyetçilik düzeyleri ile sınav kaygıları arasındaki ilişkinin ve mükemmeliyetçiliğin sınav kaygısını yordama düzeyinin incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca her iki değişkenin cinsiyet, yaş, anne-baba eğitim düzeyi ve algılanan ebeveyn tutumlarına göre farklılaşıp farklılaşmadığı değerlendirilmiştir.

Araştırmada, 12–18 yaş aralığındaki ergenlerde cinsiyetini kız olarak beyan edenlerin cinsiyetini erkek olarak beyan edenlere kıyasla sınav kaygısı toplam puanları ile tüm alt boyutları punaları daha yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir.Literatür taraması neticesinde kız ve erkek katılımcıların yanıtlarına göre sınav kaygı düzeyi ile ilişkili mevcut araştırma bulguları ile örtüşen (Fibiyani vd., 2023; Yatkin vd., 2023; Xing vd., 2024; Liu vd., 2021) ve örtüşmeyen **(**Carey vd., 2017; Işıkay 2019**)** sonuçlara rastlanılmıştır. Fibiyani vd. (2023), üniversite öğrencilerinin sınav kaygısında cinsiyete bağlı farklılıklar belirlemiştir. Araştırmada kadın öğrencilerin sınav kaygısı puanları, erkek öğrencilerinkinden anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Yatkin vd. (2023), pandemi sırasında üniversite sınavına hazırlanan öğrenciler arasında sınav kaygısının kızlarda daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Yazarlar bu bulguyu, kız öğrencilerin mesleki hedeflerine ulaşma ve geleneksel toplumsal rollerin dışına çıkma beklentileri doğrultusunda sınava yükledikleri önemle açıklamıştır. Xing vd. (2024), Çin'in Yanji kentindeki lise birinci sınıf öğrencileri ile yaptığı çalışmada kızların sınav kaygısının erkeklerden daha yüksek olduğu bulgusuna ulaşmış ve bunun nedenini Çin' de erkeklerin kayırıldığı kültürel yapı ve yeni müfredatın matematik–fen ağırlığı, kız öğrencilerin sınav kaygı yaşama olasılığını artırdığına bağlamıştır. Liu vd. (2021), Çin'deki bir tıp üniversitesinde

yaptığı çalışmada kadın öğrencilerle erkek öğrencileri kıyasladığında kadın öğrencilerin daha fazla sınav kaygısı yaşadığı bulgusuna ulaşmıştır. Carey vd. (2017), İngiltere' de yaptığı çalışmada cinsiyetini erkek olarak beyan edenlerin cinsiyetini kadın olarak beyan edenlere oranla daha yüksek seviyede sınav kaygısına sahip olduğu sonucuna ulaşmıştır. Işıkay (2019), ergenlerle yaptığı çalışmada kadınların istatistiksel olarak erkeklerden daha düşük düzeyde sınav kaygısı yaşadığı sonucuna ulaşmıştır. Araştırmada kadınların erkekelerden daha fazla sınav kaygısı yaşamalarının nededeni, kadınların olumsuz duyguları içselleştirme eğilimi erkeklerden daha fazla olmasından ve kaygıyı bastırmak yerine daha fazla yaşama eğilimlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Araştırmaya katılan bireylerin yaş dağılımlarına göre Çok Boyutlu Sınav Kaygısı Ölçeğinin Endişe altboyutu ile Çocuk-Ergen Mükemmeliyetçilik Ölçeğinin Sosyal Kaynaklı Mükemmeliyetçilik ve Kendine Özgü Mükemmeliyetçilik alt boyutu arasında istatistiki olarak daha küçük yaşlarda anlamlı farklılık belirlenmiştir. Literatür taraması neticesinde yaş dağılımlarına göre mevcut araştırma bulguları ile örtüşen (Lindesay vd., 2006; Sula Ataş vd.,2020) ve örtüşmeyen (Demirci 2018; Dündar vd., 2008) sonuçlara rastlanılmıştır. Lindesay vd. (2006), Birleşik Krallık'ta 16-74 yaş arası bireylerle yaptığı çalışmada yaş ile birlikte endişe düzeyinin azaldığı sonucuna varmıştır. Ergenlerde akademik erteleme, akademik özyeterlik ve mükemmeliyetçilik arasındaki bağlantıları ele alan Sula Ataş vd. (2020), daha üst sınıflarda öğrenim gören öğrencilerin sosyal kaynaklı mükemmeliyetçilik puanlarının daha düşük olduğunu bildirmiştir. Demirci (2018), ergenlerle yürüttüğü tez çalışmasında 17 yaşındaki bireylerin 13 yaşandaki bireylere kıyasla sınav kaygısının daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmıştır. Dündar vd. (2008), üniversite öğrencileri ile yaptığı çalışmada sınav kaygısı puanları ve alt boyut puanları ile sınıf düzeyleri arasında anlamlı farklılık bulunmadığını tespit etmiştir. 12-13 yaşlar ergenliğe yeni giriş dönemleri olduğu için kimlik oluşumu yeni oluşmaya başlar ve bu dönemde ergenler daha mükemmeliyetçi ve daha fazla sınav kaygısı yaşama eğiliminde olabilirler.

Araştırmaya katılan ergenlerin Çok Boyutlu Sınav Kaygısı Ölçeğinin Endişe alt boyutu ile anne eğitim düzeyi arasında anlamlı farklılık olduğu belirlenmiş ve üniversite mezunu annesi olan ergenlerin endişe düzeylerinin daha yürksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Literatür taraması neticesinde anne eğitim düzeyine göre mevcut araştırma bulguları ile örtüşen (Çakmak vd., 2017;Lindesay vd., 2006; Sula Ataş vd., 2020) ve örtüşmeyen (Yıldırım 2023; Kurt vd., 2014; Gülay Ogelman vd., 2014) sonuçlara rastlanılmıştır. Çakmak vd. (2017), ortaokul öğrencilerinin sınav kaygısını anne eğitim durumuna göre değerlendirmiştir. Bulgular, annesi üniversite mezunu olan öğrencilerin sınav kaygısı puanlarının, annesi okuryazar olmayan öğrencilerden daha yüksek olduğunu göstermiştir. Yıldırım (2023), lise öğrencileri ile yapmış olduğu çalışmada annelerinin eğitim seviyesine göre sınav kaygısı ölçeği puanları arasında ters yönlü zayıf bir ilişki sonucuna ulaşmıştır. Kurt vd. (2014), üniversite sınavına hazırlanan öğrencilerle yapmış olduğu çalışmada anne eğitim seviyesi ilkokul olan öğrencilerin daha fazla sınav kaygısı yaşadığı sonucuna ulaşmıştır. Gülay Ogelman vd. (2014), 4-5 yaş grubundaki öğrencilerle yaptığı çalışmada anne eğitim durumuna göre kaygı puanları arasında farklılık göstermediği ifade etmiştir.Annesi üniversite mezunu olan ergenlerin sınav endişesinin yüksek çıkmasının nedeni üniversite mezunu annelerin yüksek beklenti içinde olamalarından kaynaklanıyor olabilir.

Araştırmaya katılan ergenlerin Çok Boyutlu Sınav Kaygısı Ölçeğinin Bilişsel Müdahale alt boyut puanlarının, ergenlerin algıladıkları anne ve baba tutumlarına göre farklılaştığı belirlenmiştir. Anne tutumunu tutarsız olarak değerlendiren katılımcıların ve baba tutumunu ilgisiz olarak tanımlayan katılımcıların bilişsel müdahale puanları daha yüksek bulunmuştur. Literatür taraması neticesinde anne baba tutumlarına göre mevcut araştırma bulguları ile

örtüşen çalışmalara rastlanmamış olup örtüşmeyen (Ayaz 2024 ; Feta 2019; Zengin 2019) sonuçlara rastlanılmıştır. Ayaz (2024), 12. sınıf öğrencileri ile yürüttüğü yüksek lisans tez çalışmasında sınav kaygısı ölçeği toplam puanlarında ve alt boyut puanlarında anne baba tutumlarına göre anlamlı farklılaşmadığını bildirmiştir. Feta (2019), farklı lise türleri ile yaptığı tez çalışmasında anne baba tutumuna göre sınav kaygısı toplam ve alt boyutları arasında anlamlı farklılık bulunmadığını ifade etmiştir. Zengin (2019) ergenlerle yaptığı çalışmada ergenlerin sınav kaygısı arttıkça ailenin otoriter tutum puanlarında arttığı sonucuna ulaşmıştır. Tutarsız anneye ve ilgisiz babaya sahip olan bireyler, davranışların sonucunda aileden alacakları tepkilerin öngörülemezliği ve belirsizliği nedeniyle sürekli algıları açık ve kaygıları yüksek olabilir.

Araştırmaya katılan ergenlerin Çocuk-Ergen Mükemmeliyetçilik Ölçeğinin alt boyutlar incelendiğinde, Sosyal Kaynaklı Mükemmeliyetçilik alt boyutunda baba tutumuna göre anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir ve babası ilgisiz tutuma sahip olanların Sosyal Kaynaklı Mükemmeliyetçilik alt boyut düzeylerinin daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Literatür taraması neticesinde baba tutumlarına göre mevcut araştırma bulguları ile örtüşen çalışmalara rastlanmamış olup örtüşmeyen (Mendi 2015; Benk 2006) sonuçlara rastlanılmıştır.Mendi (2015) ergenler ile yapmış olduğu yüksek lisans tezi sonucunda koşullu ebeveyn tutumu ile pozitif yönlü ilişki olduğu sonucuna ulaşmıştır. Benk (2006), üniversite öğrencileri ile yapmış olduğu çalışmada sosyal odaklı mükemmeliyetçilik alt boyutunun babası otoriter tutum sergilediğini beyan edenlerde daha yüksek puana sahip olduğunu ifade etmiştir.

Araştırmanın Samsun'da yaşayan 12–18 yaş grubundaki katılımcılarla yürütülmüş olması, bulguların farklı yaş gruplarına ve bölgelerdeki ergenlere genellenmesini sınırlandırmaktadır. İleride farklı illerden ve eğitim kademelerinden katılımcıların yer aldığı çalışmaların yürütülmesi, bulguların farklı örneklemlerde ne ölçüde tekrarlandığını değerlendirmeye katkı sağlayabilir.

ÖNERİLER

12-18 yaş aralığındaki bireylerin sınav kaygısı ve mükemmeliyetçilik düzeyleri konusuna dair bulgular ve alanyazın ışığında bazı öneriler verilmiştir:

1. Ebeveynlere yönelik eğitim programlarında, anne-baba tutumlarının ergenlerin sınav kaygısı ve mükemmeliyetçi beklentileriyle ilişkisine yer verilmesi önerilmektedir. Bu programlar; destekleyici iletişim, gerçekçi akademik beklentiler ve başarıya koşullu olmayan kabul konularında ebeveyn farkındalığını geliştirecek biçimde düzenlenebilir.
2. Kız öğrencilerde gözlenen yüksek sınav kaygısı dikkate alınarak okul psikolojik danışmanları tarafından kaygıyla baş etme ve esnek başarı beklentileri geliştirme becerilerini destekleyen çalışmalar yürütülebilir. Bu çalışmaların kapsamı, öğrencilerin bireysel gereksinimleri değerlendirilerek belirlenmelidir.
3. Ergenlerin sınav öncesinde yaşadıkları kaygıyı yönetmelerine ve sınav sonrasında sonuçları sağlıklı biçimde değerlendirmelerine yardımcı olacak psikolojik danışma hizmetleri sunulması önerilmektedir. Gereksinim duyulduğunda, ergenin mahremiyeti gözetilerek ebeveynlerle iş birliği kurulabilir.
4. Araştırma bulgularının önceki çalışmalarla benzerlik ve farklılık gösterdiği noktaların, farklı örneklemlerde yürütülecek araştırmalarla incelenmesi önerilmektedir. Özellikle örneklem özellikleri, kullanılan ölçme araçları ve sosyokültürel bağlamın bu farklılıklardaki olası rolü değerlendirilebilir.

KAYNAKÇA

Akan, Y.,&Günek, A. (2021). Üniversite Öğrencilerinin İletişim ve Problem Çözme Beceri Düzeyleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: *Muş Alparslan Üniversitesi Örneği. Journal of UniversityResearch, 4*(1), 44-52. https://doi.org/10.32329/uad.862692

Bayram, SB (2019). Ergenlerin Mükemmeliyetçilik Özellikleri ve Akademik Alanda Arzuların Ertelenmesi ile Akademik Stres Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi , 1 (35), 41-55. https://izlik.org/JA87WR45AM

Akkaya, M.,& Demirtaş Zorbaz, S. (2023). Sınav Kaygısına Sahip Bir Ergenle Çalışma: Kısa Süreli Bilişsel Davranışçı Müdahale. Humanistic Perspective, 5(3), 1148-1165. https://doi.org/10.47793/hp.1291925

Alshareef, N.,Giga, S., &Fletcher, I. (2025). *Test anxiety, emotionalregulationandacademicperformanceamongmedicalstudents: A qualitativestudy.MedicalEducation Online, 30*(1), 2505177. https://doi.org/10.1080/10872981.2025.2505177

Ayaz, T. (2024). *Lise 12. Sinif Öğrencilerinin Sinav Kaygisi, Bilişsel Çarpitmalar ve Psikolojik Sağlamliklari Arasindaki Ilişkinin Incelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Necmettin Erbakan Üniversitesi.

Benk, A. (2006). *Üniversite öğrencilerinde mükemmeliyetçi kişilik özelliğinin psikolojik belirtilerle ilişkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Marmara Üniversitesi.

Binay, H. B.,& Şahin, F. Y. (2025). Ergenlerin Kendi Kendine Yardım Temelli Çevrimiçi Psikolojik Destek Programı İle Kaygı Ve Stresle Başa Çıkmaya Yönelik İhtiyaçlarının İncelenmesi. *Klinik ve Ruh Sağlığı Psikolojik Danışmanlığı Dergisi*, *5*(1), 1-20.

Büyüköztürk, Ş. (2017). Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı. Ankara: Pegem akademi.

Carey, E., Devine, A., Hill, F., & Szűcs, D. (2017). Differentiating anxiety forms and their role in academic performance from primary to secondary school. *PloS one*, *12*(3), e0174418. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174418

Çakmak, A., Şahin, H., & Akıncı Demirbaş, E. (2017). 7. ve 8. Sınıf Ortaokul Öğrencilerinin Sınav Kaygısı ve Benlik Saygısı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. E-Kafkas Journal of Educational Research, 4(2), 1-9. https://doi.org/10.30900/kafkasegt.315182

Demirci, E. (2018). *Ergenlerde temel psikolojik ihtiyaçlar irrasyonel inanışları ile mükemmelliyetçilik ve sınav kaygısı arasındaki ilişki* [Yüksek Lisans Tezi]. Arel Üniversitesi.

Dündar, S., Yapıcı, Ş., & Topçu, B. (2008). Üniversite öğrencilerinin bazı kişilik özelliklerine göre sınav kaygısının incelenmesi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *28*(1), 171-186.

Ergin, A. ve Ekşi H. (2022, 27-28 Ağustos). Çok Boyutlu Sınav Kaygısı Ölçeği'nin Türkçeye uyarlanması: Geçerlik ve güvenirlik çalışması. T. Köseoğlu,A. Dede ve F. Kaya (Ed.), 3 International ScientificResearchandInnovationCongressBook (s. 424-434, İstanbul, Türkiye.

Fang, T.,&Liu, F. (2022). A review on perfectionism. *Open Journal of SocialSciences*, *10*(1), 355-364.

Feta, M. (2019). *Farklı Lise Türlerindeki Öğrencilerin Sınav Kaygısı İle Mutluluk Düzeyleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Sabahattin Zaim Üniversitesi.

Fibiyani, F., & Pratiwi, T. L. (2023). Language test anxiety between gender and proficiency among foreign language learners. *IALLTEACH (Issues In Applied Linguistics & Language Teaching)*, *5*(1), 40-47. DOI: https://doi.org/10.37253/iallteach.v5i1.7842

Flett, G. L.,&Hewitt, P. L. (2007). Whendoesconscientiousness be comeperfectionism. CurrentPsychiatry, 6(7), 49.

Gülay Ogelman, H., & Çiftçi Topaloğlu, Z. (2014). 4-5 Yaş Çocuklarının Sosyal Yetkinlik, Saldırganlık, Kaygı Düzeyleri İle Annebabalarının Ebeveyn Özyeterliği Algısı Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 14*(1), 241-271. https://doi.org/10.17240/aibuefd.2014.14.1-5000091511

Hamarta, E. (2009). Ergenlerin Sosyal Kaygılarının Kişilerarası Problem Çözme ve Mükemmeliyetçilik Açısından İncelenmesi. İlköğretim Online, 8(3), 729-740. https://izlik.org/JA98KG65LG

Hassan, M., Malik, A. S., Sang, G., Rizwan, M., Mushtaque, I., &Naveed, S. (2022). Examinetheparentingstyleeffect on theacademicachievementorientation of secondaryschoolstudents: Themoderating role of digitalliteracy. *Frontiers in Psychology*, *13*, 1063682.https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1063682

Işıkay, M. S. (2019). *Aile danışmanlığında bilişsel davranışçı psikoterapi uygulamalarının ergenlerin sınav kaygısı ve iyi oluş düzeylerine etkisine yönelik deneysel bir çalışma* (Master's thesis, Istanbul Sabahattin Zaim University (Turkey)).

Karaduman, F. T.,& Aydın, A. R. (2024). Ergen Sorunları Ve Başetme Yöntemi Olarak Maneviyat/Manevi Danışmanlık. *Akademik Platform İslami Araştırmalar Dergisi*, *8*(3), 407-432.

Karasar, N. (2011). *Bilimsel araştırma yöntemleri.* Ankara: Nobel Yayınları

Khizar, A.,Anwar, M. N., &Khanum, H. (2015). Relationship between examination anxiety and academic achievement among university students. *Anxiety*, *144*, 2-33.

Kurt, A. S., Balci, S., & Kose, D. (2014). Test anxiety levels and related factors: Students preparing for university exams. *J Pak Med Assoc*, *64*(11), 1235-1239.

Lindesay, J., Baillon, S., Brugha, T., Dennis, M., Stewart, R., Araya, R., & Meltzer, H. (2006). Worry content across the lifespan: An analysis of 16-to 74-year-old participants in the British National Survey of Psychiatric Morbidity 2000. *Psychological Medicine*, *36*(11), 1625-1633. doi:10.1017/S0033291706008439

Liu, Y., Pan, H., Yang, R., Wang, X., Rao, J., Zhang, X., & Pan, C. (2021). The relationship between test anxiety and emotion regulation: the mediating effect of psychological resilience. *Annals of general psychiatry*, *20*(1), 40.

Mendi, E. (2015). *Koşullu anne-baba tutumunun mükemmeliyetçilik, öznel iyi oluş ve benlik saygısı ile ilişkisinin incelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi].Uludağ Üniversitesi.

Núñez, E. F. D.,Villanueva, L. M. S., Mendoza, M. A. T., Alcoser, S. D. I., Garay, J. P. P., &Hernández-Vásquez, R. (2024). Perfectionism as a paradoxicalfactor in sportandexerciseperformance: An umbrellareview. *Iranianjournal of psychiatry*, *19*(2), 247.

Pérez-Jorge, D.,Boutaba-Alehyan, M., González-Contreras, A. I., &Pérez-Pérez, I. (2025). Examiningtheeffects of academicstress on studentwell-being in highereducation. *HumanitiesandSocialSciences Communications*, *12*(1), 1-13.

Pollmann, A.,Bates, K. E., &Fuhrmann, D. (2025). A frameworkforunderstandingadverseadolescentexperiences. *Nature Human Behaviour*, 1-14.

Putwain, D. W.,von der Embse, N. P., Rainbird, E. C., & West, G. (2020). The Development andValidation of a New Multidimensional Test AnxietyScale (MTAS). EuropeanJournal of PsychologicalAssessment, 111. https://doi.org/10.1027/1015-5759/a000604

Seven, E.,& Yılmaz Alıcı, B. (2025). Okul Öncesi Dönemde Çocuklarda Görülen Kaygı ve Saldırganlık Düzeylerinin Ebeveyn Tutumları Açısından İncelenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 27(3), 920-937. https://doi.org/10.32709/akusosbil.1433949

Sezer, M.,& Cengiz, Ömer. (2025). Investigation of theRelationshipBetweenDigitalGame Addiction, Peer RelationshipsandLeisure Time Activity Level in EarlyAdolescence. *Sportif Bakış: Spor Ve Eğitim Bilimleri Dergisi*, *12*(1), 62–76. https://doi.org/10.70736/spjses.284

Sula Ataş, N., & Kumcağız, H. (2020). Ergenlerin Akademik Erteleme Davranışları, Akademik Öz Yeterlik İnançları ve Mükemmeliyetçilik. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 35(2), 375-386. https://izlik.org/JA82NT44GX

Worku, D.,Dirriba, A. B., Wordofa, B., &Fetensa, G. (2020). Perceivedstress, depression, andassociatedfactorsamongundergraduatehealthsciencestudents at ArsiUniversity in 2019 in Oromia, Ethiopia. *Psychiatryjournal*, *2020*(1), 4956234.

Xing, X. Y., Wang, G. M., Li, Y., Zhang, W. X., & Shen, X. D. (2024). Current status and influencing factors of test anxiety of senior one students in Yanji, China: a cross-sectional study. *Frontiers in Psychology*, *15*, 1414215. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1414215

Yang, H. M. (2025). TheMediating Role of FamilyCommunication in theRelationshipBetweenAcademicAchievementPressureandProblematic Smartphone UseAmongKoreanEarlyAdolescents. *Children*, *12*(9), 1141.https://doi.org/10.3390/children12091141

Yatkin, E., Aral, N., Gunes, L. C., & Tosun, S. (2023). Mental well-being and test anxiety among students preparing for the university admission exam during the pandemic. *Frontiers in Psychology*, *14*, 1184788. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1184788

Yıldırım, M. (2023). *Lise öğrencilerinde üstbiliş,psikolojik sağlamlık ve öz-şefkat ile sınav kaygısı arasındaki ilişkinin incelenmesi* [Tıpta Uzmanlık Tezi]. Pamukkale Üniversitesi.

Yıldırım, O.,& Balcı Çelik, S. (2022). Çocuk-Ergen Mükemmeliyetçilik Ölçeği - Kısa Form: Türkçe'ye Uyarlama, Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması. İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 23(1), 1-19. https://doi.org/10.17679/inuefd.858685

Zengin, E. (2019). *Ergenlerde anne baba tutumları ile sınav kaygısı arasındaki ilişkinin incelenmesi: Ortaokul örneği* [Yüksek lisans tezi]. İstanbul Gelişim Üniversitesi.

Zeytin, E. A.,& Erdemir, N. (2025). Lise öğrencilerinde ebeveyn akademik başarı desteği ve baskısı ile ergen-ebeveyn kariyer uyumunun incelenmesi. *Journal of History School*, *17*(LXXIII), 3756-3780.

TÜRK SAVUNMA SANAYİ EKOSİSTEMİNDE AKADEMİ–KAMU–SANAYİ ALTIN ÜÇGENİ: KURUMSAL KOORDİNASYON

THE ACADEMIA–GOVERNMENT–INDUSTRY GOLDEN TRIANGLE IN THE TURKISH DEFENCE INDUSTRY ECOSYSTEM: INSTITUTIONAL COORDINATION

Dr. Uğur TARÇIN
Marmara Üniversitesi, Türkiyat Araştırmaları Enstitüsü
ORCID: 0000-0003-1497-698X

ÖZET

Türk savunma sanayii son yıllarda ürün geliştirme, yerlileşme, Ar-Ge, ihracat ve teknolojik yetkinlik bakımından önemli bir dönüşüm geçirmiştir. Bu dönüşümde kamunun politika ve tedarik mekanizmaları ile sanayi kuruluşlarının üretim ve teknoloji geliştirme kapasitesi belirleyici rol oynamıştır. Bununla birlikte geleceğin savunma teknolojilerinde sürdürülebilir rekabet gücü, yalnızca üretim kapasitesine değil; bilimsel bilgi üretimi, nitelikli insan kaynağı, uzun dönemli araştırma, teknoloji transferi ve ticarileştirme kapasitesinin birlikte gelişmesine bağlıdır. Bu çalışma, Türk savunma sanayii ekosistemini Triple Helix (Üçlü Sarmal) modelinden hareketle Akademi–Kamu–Sanayi "Altın Üçgeni" çerçevesinde incelemekte; modelin tek alıcılı, gizlilik kısıtlı ve kamu tedariki güdümlü bir sektöre uyarlanmasını amaçlamaktadır. Doküman analizi ve katılımcı gözlem tekniklerinin birlikte kullanıldığı nitel bir desenle, 2020–2026 döneminde Yükseköğretim Kurulu, Savunma Sanayii Başkanlığı, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve sanayi kuruluşları arasında imzalanan iş birliği protokolleri ile TÜBİTAK destek programları incelenmiştir. Bulgular, üçgenin her üç köşesinin de mevcut olduğunu, 2023 sonrasında hızlı bir kurumsallaşma dalgası yaşandığını ve teşvik, destek ile protokollerden oluşan zengin bir araç envanterinin bulunduğunu göstermektedir. Buna karşılık bu araçları aynı stratejik hedefe yönlendiren bir koordinasyon mekanizması tespit edilememiştir; çalışmanın temel bulgusu, ekosistemin önündeki asıl engelin araç yetersizliği değil koordinasyon eksikliği olduğudur. Merkezî yönetim bütçesinden Ar-Ge için ayrılan ödeneklerin enflasyondan arındırılmış analizi ayrışan bir tablo ortaya koymaktadır: Genel Üniversite Fonlarından finanse edilen ödenek 2020-2025 döneminde reel olarak yüzde 80 artarken, savunma sosyo-ekonomik hedefine ayrılan ödenek yüzde 31,6 gerilemiştir. Ayrıca imzalanan protokollerin çıktı göstergeleri ve sürdürülebilirlik mekanizmaları henüz tanımlanmamıştır. Çalışma sonucunda; ortak teknoloji yol haritaları, ortak araştırma merkezleri, savunma odaklı insan kaynağı programları, araştırmacı–mühendis hareketliliği, ortak performans göstergeleri, ara yüz katmanının kurumsallaştırılması ve yıllık koordinasyon ile ödüllendirme mekanizmasından oluşan yedi mekanizmalı bir "Altın Üçgen Ekosistem Modeli" önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Türk savunma sanayii, savunma sanayii ekosistemi, akademi–kamu–sanayi iş birliği, Triple Helix, Altın Üçgen, koordinasyon, stratejik özerklik.

ABSTRACT

The Turkish defence industry has undergone a significant transformation in product development, localisation, R&D, exports and technological competence. While public policy and procurement mechanisms, together with the production capacity of defence firms, have been decisive in this transformation, sustainable competitiveness in future defence technologies depends on the joint development of scientific knowledge production, qualified human capital, long-term research, technology transfer and commercialisation capacity. This study examines

the Turkish defence industry ecosystem through the Academia–Government–Industry "Golden Triangle" approach, adapting the Triple Helix model to a sector characterised by a single dominant buyer, classification constraints and procurement-driven demand. Employing a qualitative design that combines document analysis with participant observation, it reviews the cooperation protocols signed between the Council of Higher Education, the Presidency of Defence Industries, the Ministry of Industry and Technology and industrial organisations during 2020–2026, alongside TÜBİTAK support programmes. The findings indicate rapid institutionalisation after 2023 and a rich inventory of incentives, support instruments and protocols; however, no coordination mechanism aligns these instruments with a single strategic objective. The study concludes that the principal constraint is not a shortage of instruments but a lack of coordination among them. An inflation-adjusted analysis of central government R&D appropriations reveals a divergence: appropriations financed from General University Funds grew by 80 per cent in real terms between 2020 and 2025, while those allocated to the defence socio-economic objective contracted by 31.6 per cent in real terms over the same period. Output indicators and sustainability mechanisms for these protocols remain undefined. A seven-mechanism "Golden Triangle Ecosystem Model" is proposed.

Keywords: Turkish defence industry, defence innovation ecosystem, university–industry–government cooperation, Triple Helix, Golden Triangle, coordination, strategic autonomy.

1. GİRİŞ

Savunma sanayii bugün yalnızca platform ve sistem üretimiyle tanımlanabilecek bir sektör değildir; yapay zekâ, otonom sistemler, uzay, siber güvenlik, kuantum ve mikroelektronik gibi alanların kesiştiği stratejik bir ekosistemdir. Bu nedenle geleceğin savunma yetenekleri, firmaların üretim kapasitesinin yanında bilimsel bilgi, kamu politikası, finansman ve nitelikli insan kaynağının aynı ekosistem içinde bütünleşmesine bağlıdır. Dışa bağımlılığın azaltılması ve nitelikli insan gücünün geliştirilmesi, Türkiye'nin savunma sanayii stratejik hedefleri arasında yer almaktadır (SSB, 2024).

Bu bildiri söz konusu bütünleşmeyi Akademi–Kamu–Sanayi "Altın Üçgeni" çerçevesinde ele almakta ve üç soruya yanıt aramaktadır:

(a) Üç aktör arasındaki iş birliği hangi kurumsal mekanizmalarla yürütülmektedir?

(b) Bu mekanizmalar 2023 sonrasında nasıl dönüşmüştür?

(c) Mevcut yapının stratejik bir inovasyon ekosistemine evrilebilmesi için hangi tamamlayıcı mekanizmalar gereklidir?

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

Triple Helix modeli, üniversite, kamu ve sanayinin inovasyon sürecinde birbirinin işlevlerini kısmen üstlenerek iç içe geçtiğini öne sürmektedir (Etzkowitz ve Leydesdorff, 2000). Bu süreçte üniversite girişimci, kamu risk sermayedarı ve talep oluşturucu, sanayi ise bilgi üreten bir aktöre dönüşmektedir (Etzkowitz, 2008). Türkçe politika belgelerinde "Altın Üçgen" olarak anılan bu yapı, savunma sanayii bağlamında akademik olarak sınırlı biçimde incelenmiştir. Model esasen serbest piyasa koşulları için geliştirildiğinden savunmaya uyarlanması, sektörü farklılaştıran dört özelliğin hesaba katılmasını gerektirmektedir.

Birincisi tek veya ana alıcı yapısıdır: talep fiyat sinyalleriyle değil kamu tedarik kararlarıyla oluştuğundan kamu köşesi yalnızca düzenleyici değil, pazarın kendisidir. İkincisi gizlilik ve ihracat kontrolü kısıtlarıdır; bulguların açık literatüre aktarılamaması, akademinin yayın temelli teşvik sistemiyle çelişmektedir. Üçüncüsü, kavramsal tasarımdan envantere çoğu zaman on yıla

yaklaşan uzun olgunlaşma süreleridir. Dördüncüsü ise ticarileştirme fırsatı yaratırken ihracat kontrolü riski de taşıyan çift kullanım potansiyelidir. Bu özellikler, savunmada üçgenin kendiliğinden oluşmayacağını; bilinçli olarak kurulan kurumsal mekanizmalara ve aktörler arasında ara yüz işlevi gören yapılara bağlı olduğunu göstermektedir (Etzkowitz, 2008).

3. YÖNTEM

Çalışma, doküman analizi ile katılımcı gözlemi birleştiren nitel bir desene dayanmaktadır. 2020–2026 döneminde Yükseköğretim Kurulu (YÖK), Savunma Sanayii Başkanlığı (SSB), Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve sanayi kuruluşları arasında imzalanan protokoller ile Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) destek programlarının uygulama esasları; kapsam, taraflar, öngörülen mekanizma ve beyan edilen hedef eksenlerinde kodlanarak kronolojik olarak karşılaştırılmıştır. Merkezî yönetim bütçesinden ayrılan Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) ödenekleri (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2026), yıl sonu tüketici fiyat endeksi oranlarıyla (Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası [TCMB], 2026) reel değere dönüştürülmüştür.

Gözlem verileri, araştırmacının 2021'den bu yana üniversitede ve 2022'den bu yana SAHA Akademi MBA programında yürüttüğü öğretim faaliyetinden ve sektörel etkinliklerden elde edilmiş; sayısal tespitlerin tamamı kamuya açık kaynaklara dayandırılmıştır. Protokollerin uygulama çıktılarına ilişkin kamuya açık nicel verinin bulunmaması çalışmanın temel sınırlılığıdır.

4. BULGULAR

4.1. Kamu Ar-Ge Kaynaklarında Ayrışma

Merkezî yönetim bütçesinin Ar-Ge ödenekleri içinde Genel Üniversite Fonlarından ve diğer kaynaklardan finanse edilen kalemler akademi köşesinin kurumsal kaynak tabanını, savunma sosyo-ekonomik hedefine ayrılan kalem ise kamunun savunma odaklı araştırma taahhüdünü temsil etmektedir. 2020–2025 döneminde nominal olarak Genel Üniversite Fonları kalemi yaklaşık 12,5 kat, savunma kalemi 4,8 kat büyümüştür; ancak yüksek enflasyon ortamında nominal okuma yanıltıcıdır. Reel endeksler Tablo 1'de verilmektedir.

Yıl	TÜFE (yıl sonu)	Genel Üniversite Fonları	Diğer kaynaklar	Savunma
2020	%14,60	100,0	100,0	100,0
2021	%36,08	94,0	181,5	120,7
2022	%64,27	116,2	142,4	137,4
2023	%64,77	144,5	179,4	63,1
2024	%44,38	174,6	212,0	69,7
2025	%30,89	180,0	222,9	68,4

Tablo 1. Ar-Ge ödeneklerinin reel endeksi, 2020 = 100
(TÜİK, 2026 ve TCMB, 2026 verilerinden hesaplanmıştır)

Enflasyondan arındırıldığında Genel Üniversite Fonları kalemi reel olarak yüzde 80, diğer kaynaklar kalemi yüzde 123 artarken savunma kalemi yüzde 31,6 gerilemiştir. Daralmanın büyük bölümü 2023'te gerçekleşmiştir: Ödenek nominal olarak yüzde 24,3 azalırken fiyatlar yüzde 64,8 artmış, kalem reel olarak yüzde 54,1 küçülmüştür.

Bu bulgu iki uyarıyla okunmalıdır. SSB projelerinin önemli bir kısmı bütçe dışı Savunma Sanayii Destekleme Fonu'ndan finanse edildiği için bulgu, savunma Ar-Ge harcamasının toplamda azaldığı anlamına gelmez; ancak üniversitelerle ilişkilendirilebilen ve bütçe denetimine tabi kanal reel olarak daralmıştır. Ayrıca Genel Üniversite Fonları rekabetçi bir proje fonu değil blok tahsis olduğundan, bu kalemdeki artış akademi–sanayi bağının değil akademik kapasitenin büyüdüğünü göstermektedir. Kaynak büyümesi ile bütünleşme derinliği aynı şey değildir.

4.2. Araç Envanteri ve 2023 Sonrası Kurumsallaşma

Üçgeni bağlayan araç envanteri zengindir. TÜBİTAK 1505 programı, üniversite (Yürütücü Kuruluş) ile firma (Müşteri Kuruluş) arasında sözleşme öngörüp TÜBİTAK eş finansmanıyla üç köşeyi tek kurguda buluşturmakta; 1007 programı ise kamu kurumu–üniversite–özel sektör iş birliğini savunma ve güvenlik alanında da desteklemektedir (TÜBİTAK, 2026a; 2026b). 5746 ve 4691 sayılı kanunlar kapsamındaki Ar-Ge teşvikleri (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2025) ile 9903 sayılı Karar'ın yatırım destekleri sanayi köşesini güçlendirmekte; Karar uyarınca SSB proje onay yazısı, savunma yatırımlarına öncelikli yatırım statüsü kazandırmaktadır (Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Karar, 2025).

SSB'nin yürüttüğü Savunma Sanayii Odaklı Yükseköğrenim Programları (SAYP) ise lisansüstü tez konularını sanayi ihtiyaçlarıyla eşleştirmektedir (SSB, 2026). 2023 sonrasında bu proje ve teşvik araçlarının yanına eğitim ve insan kaynağı eksenli protokoller eklenmiştir (Tablo 2).

Tarih	Protokol	Taraflar
10.01.2023	İş Birliği Protokolü — Savunma Sanayii 102 ve Savunma Sanayii 402 dersleri	YÖK – SSB
22.02.2024	Üniversite-sanayi iş birliği protokolü — MTH kodlu kredili seçmeli dersler	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı – YÖK
30.12.2025	Lisansüstü Eğitim İş Birliği Protokolleri ve Savunma Sanayiinde İşletme (MBA) Tezsiz Yüksek Lisans Programları Protokolü	YÖK – SSB – TUSAŞ – 9 üniversite
24.06.2026	Savunma Sanayii Kuantum Teknolojileri Stratejik Yetkinlik Geliştirme İş Birliği Protokolü	YÖK – SSB – 11 üniversite

Tablo 2. Akademi–Kamu–Sanayi İş Birliği Protokolleri, 2023–2026
(YÖK ve SSB, 2023; Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve YÖK, 2024; YÖK, 2025; YÖK, 2026a)

Dört protokol tutarlı bir derinleşme eğrisi çizmektedir: lisans düzeyinde tekil ders (2023) → tüm üniversitelerde sistem ölçeğinde ders arzı (2024) → firmaya özgü lisansüstü programlar, firma mühendislerinin eğitmen olarak görevlendirilmesi ve firma içi eğitimlerin kredilendirilmesi (2025) → kuantum teknolojilerinde ön lisanstan doktoraya bütünleşik yetkinlik programı (2026). Son halka, henüz olgunlaşmamış bir alanda önceden yetkinlik inşasını hedeflemesiyle niteliksel bir sıçramayı temsil etmektedir (YÖK, 2025; 2026a).

Aynı dönemde ara yüz katmanı da genişlemiştir: Üyelerinin yaklaşık yüzde 83'ü küçük ve orta büyüklükteki işletme (KOBİ) olan 1.300 üyeli SAHA İstanbul kümelenmesi, sanayi akademileri ve TEKNOFEST gibi yarışma platformları akademi ile sanayi arasındaki eşleştirme ve yetenek havuzu işlevini üstlenmektedir (SAHA İstanbul, 2026; T3 Vakfı, 2026).

4.3. Koordinasyon ve Ölçme Boşluğu

Envanterin zenginliğine karşın bu araçları aynı stratejik hedefe yönlendiren, aralarındaki geçişleri tanımlayan ve çıktılarını ortak bir çerçevede izleyen bir mekanizma bulunmamaktadır. Eksiklik dört noktada somutlaşmaktadır. Birincisi muhatap dağınıklığıdır: Bir firma yatırım teşviki, öncelikli statü, Ar-Ge projesi ve insan kaynağı için farklı takvim ve ölçütlerle ayrı kurumlara başvurmaktadır. İkincisi, akademi köşesi yalnızca proje ve insan kaynağı araçlarında (1505, 1007, SAYP ve YÖK protokolleri) taraftır; kaynağın en yoğun tahsis edildiği yatırım teşviklerinde üniversite tanımlı bir taraf değildir. Üçüncüsü, kümelenmeler, sanayi akademileri ve yarışma platformları protokollerin hiçbirinde taraf değildir; TEKNOFEST'in ürettiği yetenek havuzunu lisansüstü programlara aktaran tanımlı bir mekanizma yoktur. Dördüncüsü, millî savunma politikasını ve harekât ihtiyaçlarını tanımlayan Millî Savunma Bakanlığı (Tarçın, 2023) incelenen protokollerin hiçbirinde yer almamaktadır.

Bu yapısal sorunlara bireysel düzeyde bir teşvik sorunu eşlik etmektedir: Gizlilik dereceli projelerin çıktıları akademik yükselme ölçütlerine yansımadığından, iş birliğine katılmanın kariyer maliyeti sürmektedir. Son olarak protokollerin hiçbirinde kamuoyuyla paylaşılan bir çıktı göstergesi tanımlanmamış; açılan program, öğrenci, tez ve patent sayıları izlenmemektedir. Doktora mezunu sayısının lisans mezunlarının yalnızca yüzde 3,5'i düzeyinde kalması (YÖK, 2026b), protokollerle oluşan talebin arz tarafında darboğaza takılabileceğine işaret etmektedir; ancak ölçme boşluğu nedeniyle bu etki de değerlendirilememektedir.

5. ÖNERİLEN ALTIN ÜÇGEN EKOSİSTEM MODELİ

Önerilen model yeni bir yapı kurmayı değil, mevcut kurumsal zemini sürdürülebilir ve ölçülebilir kılmayı amaçlamakta; her mekanizmayı hâlihazırda var olan bir düzenlemeye dayandırmaktadır:

(1) Ortak teknoloji yol haritası: Kuantum protokolünün mantığının, dönemsel olarak güncellenen on yıllık bir kritik teknoloji yol haritasına genişletilmesi.

(2) Ortak araştırma merkezleri: TÜBİTAK 1505 sözleşme şablonu üzerinden üniversite ve firma altyapılarının ortak kullanımı.

(3) Savunma odaklı insan kaynağı: SAYP ile firmaya özgü lisansüstü programların burs ve istihdam taahhüdüyle, doktora darboğazını hedef alan bir ölçekte bütünleştirilmesi.

(4) Araştırmacı–mühendis hareketliliği: 2025 protokolündeki sanayiden akademiye yönün, akademisyenin sanayide geçirdiği sürenin kariyerde tanınmasıyla tamamlanması.

(5) Ortak performans göstergeleri: Program, öğrenci, tez, patent, prototip, ortak proje, karşılıklı görevlendirme ve istihdam göstergelerinden oluşan asgari bir set.

(6) Ara yüz katmanının kurumsallaştırılması: Kümelenme ve sanayi akademilerinin protokollere paydaş olarak dâhil edilmesi ve aralarında ortak kredi tanıma ve çıktı raporlaması kurulması.

(7) Yıllık koordinasyon ve ödüllendirme: SSB koordinatörlüğünde, verileri kümelenmelerce derlenen ve kamuoyuyla paylaşılan yıllık bir Altın Üçgen Koordinasyon Raporu ile bu rapora dayanarak TEKNOFEST kapsamında verilecek ödüller.

Yedinci mekanizma, diğer altısını birbirine bağlayan halkadır.

6. SONUÇ

Türk savunma sanayiinde Altın Üçgen'in kurumsal zemini 2023 sonrasında büyük ölçüde kurulmuş; iş birliği tekil dersten kritik teknoloji alanında bütünleşik yetkinlik programına

uzanan bir çizgide derinleşmiştir. Buna karşılık kaynak tarafında akademinin kurumsal tabanı reel olarak genişlerken savunma hedefli bütçe ödeneği daralmış, araçlar ise farklı kurumlarca, farklı takvim ve ölçütlerle yönetilmeye devam etmiştir.

Çalışmanın temel sonucu, ekosistemin önündeki asıl engelin araç yetersizliği değil, araçlar arasındaki koordinasyonun ve ortak çıktı ölçümünün kurulmamış olmasıdır. Bu açık; akademinin yatırım teşviklerinde, ara yüz yapılarının iş birliği protokollerinde ve Millî Savunma Bakanlığı'nın incelenen araçların hiçbirinde taraf olmamasıyla somutlaşmakta, gizlilik dereceli çalışmaların akademik kariyerde karşılık bulmaması ise katılımı bireysel düzeyde sınırlamaktadır.

Önerilen yedi mekanizma, özellikle yıllık koordinasyon raporu, üçgenin işleyişini kişisel ve dönemsel iradeden bağımsız kılarak Türkiye'nin stratejik özerklik kapasitesine katkı sağlayabilecektir. Bu mekanizmaların ortak noktası, yeni kurum ve araç üretmek yerine mevcut olanları aynı stratejik hedefe bağlamaları ve sonuçlarını ölçülebilir kılmalarıdır. Protokol çıktılarının nicel olarak değerlendirilmesi ve akademik yükselme ölçütlerinin gizlilik dereceli proje çıktılarını kapsayacak biçimde yeniden tasarlanması, ileriki çalışmalar için önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Etzkowitz, H. (2008). *The Triple Helix: University–industry–government innovation in action*. Routledge.

Etzkowitz, H. ve Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy, 29*(2), 109–123.

SAHA İstanbul. (2026). *Savunma, havacılık ve uzay kümelenmesi: Kurumsal bilgiler ve faaliyet alanları*. https://www.sahaistanbul.org.tr/kurumsal/biz-kimiz (Erişim tarihi: 01.10.2026)

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2025). *Ar-Ge Teşvikleri Genel Müdürlüğü: Ar-Ge ve tasarım merkezleri ile destek araçları*. https://www.sanayi.gov.tr/arge-tasarim-merkezleri-ve-tgb (Erişim tarihi: 30.08.2026)

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve Yükseköğretim Kurulu. (2024, 22 Şubat). *Üniversite-sanayi iş birliği protokolü: Millî Teknoloji Hamlesi (MTH) kodlu seçmeli dersler* [Basın duyurusu]. https://sektorkampuste.sanayi.gov.tr/ (Erişim tarihi: 09.09.2026)

Savunma Sanayii Başkanlığı [SSB]. (2024). *2024–2028 stratejik plan*. https://www.ssb.gov.tr/stratejik-planlar (Erişim tarihi: 01.09.2026)

Savunma Sanayii Başkanlığı [SSB]. (2026). *Savunma Sanayii Odaklı Yükseköğrenim Programları (SAYP)*. https://www.ssb.gov.tr/proje/savunma-sanayii-odakli-yuksekogrenim-programlari (Erişim tarihi: 03.10.2026)

T3 Vakfı. (2026). *TEKNOFEST Havacılık, Uzay ve Teknoloji Festivali*. https://t3vakfi.org/tr/projelerimiz/teknofest (Erişim tarihi: 03.10.2026)

Tarçın, U. (2023). Strategic analysis in the defense industry: A comprehensive approach to increase situational awareness in national and NATO processes. *Journal of Global Strategic Management, 17*(1), 77–92. https://doi.org/10.20460/JGSM.2023.326

TÜBİTAK. (2026a). 1505 – *Üniversite-Sanayi İşbirliği Destek Programı* [Program uygulama esasları]. https://tubitak.gov.tr/sites/default/files/2024-0/1505_Proje_Hazirlama_Sunumu.pdf (Erişim tarihi: 08.08.2026)

TÜBİTAK. (2026b). *1007 – Kamu Kurumları Araştırma ve Geliştirme Projelerini Destekleme Programı* [Program uygulama esasları]. https://tubitak.gov.tr/tr/destekler/akademik/ulusal-

destek-programlari/1007-kamu-kurumlari-arastirma-ve-gelistirme-projelerini-destekleme-programi (Erişim tarihi: 26.08.2026)

Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası [TCMB]. (2026). *Tüketici fiyat endeksi, yıllık değişim oranları (2020-2025)* [Veri seti]. Elektronik Veri Dağıtım Sistemi (EVDS). https://evds2.tcmb.gov.tr (Erişim tarihi: 03.10.2026)

Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK]. (2026). *Sosyo-ekonomik hedeflere göre merkezî yönetim bütçesinden Ar-Ge faaliyetleri için ayrılan ödenek ve harcamalar, 2020-2025* [Veri seti]. https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/databrowser/dashboards/9 (Erişim tarihi: 01.10.2026)

Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Karar (Karar Sayısı: 9903). (2025, 30 Mayıs). *Resmî Gazete* (Sayı: 32915). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2025/05/20250530.htm

Yükseköğretim Kurulu [YÖK]. (2025, 30 Aralık). *Yükseköğretim ile savunma sanayisi arasında stratejik iş birliği: "Lisansüstü Eğitim İş Birliği Protokolleri" imzalandı* [Basın duyurusu]. https://www.yok.gov.tr/tr/news/yuksekogretim-ile-savunma-sanayisi-arasinda-stratejik-is-birligi-lisansustu-egitim-is-birligi-protokolleri-imzalandi-hCXA3 (Erişim tarihi: 09.09.2026)

Yükseköğretim Kurulu [YÖK]. (2026a, 24 Haziran). *Üniversiteler ve savunma sanayisinden kuantum hamlesi* [Basın duyurusu]. https://www.yok.gov.tr/tr/news/universiteler-ve-savunma-sanayisinden-kuantum-hamlesi-sQq7Z (Erişim tarihi: 09.09.2026)

Yükseköğretim Kurulu [YÖK]. (2026b, 27 Mart). *Yükseköğretim istatistikleri bülteni 2025-2026*. https://veriyonetim.yok.gov.tr/documentFiles/17768717381.B%C3%BClten20252026.pdf (Erişim tarihi: 09.09.2026)

Yükseköğretim Kurulu [YÖK] ve Savunma Sanayii Başkanlığı [SSB]. (2023, 10 Ocak). *İş Birliği Protokolü: Savunma Sanayii 102 ve Savunma Sanayii 402 dersleri*. https://egitim.yok.gov.tr/tr/page/498 (Erişim tarihi: 09.09.2026)

BRIDGING THE SKILLS GAP BETWEEN ELECTRICAL/ELECTRONICS TECHNICAL EDUCATION AND INDUSTRY REQUIREMENTS IN NIGERIA

1) Umanyi Emmanuel peace chinwendu
2) Engr. Oji Michael ugochukwu(MNSE)
3) Mr. Onwuma uzoma Akajiaku
4) Engr. Itam promise Thomas

Abstract
The increasing sophistication of electrical and electronics industries in Nigeria has created an urgent need for technical education programmes to produce graduates whose competencies correspond with contemporary workplace requirements. However, a persistent disconnect appears to exist between the skills acquired by students in electrical/electronics technical education programmes and the competencies demanded by employers. This study examined strategies for bridging the skills gap between electrical/electronics technical education and industry requirements in Nigeria. The study adopted a descriptive survey research design. The population comprised electrical/electronics technology lecturers and industry-based electrical/electronics professionals in selected tertiary technical education institutions and organisations in Nigeria. A sample of 200 respondents was used for the study. Data were collected using a structured questionnaire titled *Electrical/Electronics Technical Education and Industry Skills Gap Questionnaire (EETEI-SGQ)*. The questionnaire was validated by experts in electrical/electronics technology education and measurement and evaluation. Reliability was established using Cronbach's alpha. Research questions were answered using mean and standard deviation, while the hypotheses were tested using an independent-samples t-test at the 0.05 level of significance. The illustrative findings indicated that curriculum updating, increased practical training, industry-based learning, modern laboratory facilities, digital and Industry 4.0 competencies, and stronger institution-industry collaboration were important strategies for reducing the skills gap. The findings further suggested that respondents from educational institutions and industry differed significantly in their perceptions of the adequacy of graduates' practical competencies and the effectiveness of institution-industry collaboration. The study concludes that meaningful alignment between electrical/electronics technical education and industry requires a shift from predominantly school-based theoretical preparation towards competency-based, technology-rich and industry-connected training.
Keywords: electrical/electronics technology education, skills gap, technical education, industry requirements, employability skills, Industry 4.0, TVET, Nigeria

2. Introduction

Technical and Vocational Education and Training (TVET) occupies an important position in national development because it provides learners with occupational knowledge, practical competencies and employability skills needed for participation in productive economic activities. In a rapidly changing technological environment, however, the effectiveness of TVET depends not only on access to training but also on the relevance of the competencies developed in educational institutions to the changing requirements of the workplace. UNESCO has emphasized that addressing gaps in TVET and skills development is essential for improving

the alignment between education systems, evolving industries and future employment opportunities.

Electrical and electronics technology is particularly affected by technological change. Traditional electrical installation, wiring, maintenance and basic electronics are increasingly complemented by digital control systems, programmable logic controllers (PLCs), industrial automation, renewable energy systems, embedded systems, Internet of Things (IoT) technologies, computer-aided design, digital measurement systems, robotics and intelligent diagnostic technologies. Consequently, electrical/electronics graduates are increasingly expected to demonstrate not only foundational technical knowledge but also practical competence, digital literacy, problem-solving ability, communication skills, adaptability and capacity for lifelong learning.

The Nigerian economy requires technicians and technologists capable of installing, operating, maintaining and troubleshooting electrical and electronic systems across residential, commercial, industrial, telecommunications, manufacturing, energy and emerging digital sectors. Yet, the transition from school to employment may be difficult when training environments do not adequately reflect workplace technologies and practices. Earlier analysis of Electrical Technology Education curricula in Nigerian Federal Universities of Technology found that insufficient attention was given to practice-oriented courses and generic employability skills such as problem-solving, decision-making and lifelong learning (Mohammed & Ismail, 2015).

The challenge is not necessarily that electrical/electronics technical education lacks a curriculum; rather, the central concern is whether the curriculum, facilities, instructional methods, assessment procedures and industry exposure are sufficiently responsive to current occupational demands. The National Board for Technical Education (NBTE) recognizes the importance of aligning skills development with occupational standards and explicitly identifies closer collaboration between industries and skills centres as a means of reducing skills mismatch.

The Nigerian Skills Qualifications Framework (NSQF) provides an important policy mechanism for addressing this challenge. The framework is designed to classify and recognize knowledge, skills, understanding and competencies irrespective of where they are acquired, thereby emphasizing what an individual can actually do rather than merely where learning occurred. The 2023 NSQF Operational Manual also connects qualification levels with occupational roles and industry standards, reinforcing the need for competency-based approaches to technical education.

Industry participation is therefore central to the modernization of electrical/electronics technical education. Industry can contribute current equipment, workplace mentors, curriculum advice, industrial attachment opportunities, guest instructors, competency standards, assessment expertise and information about emerging occupational requirements. UNESCO similarly identifies private-sector participation in curriculum development, apprenticeship, assessment, teaching, teacher professional development and communication of skills requirements as important mechanisms for reducing TVET skills mismatch.

In Nigeria, the need for such partnerships is particularly important because educational institutions and industries often operate with different priorities and technological environments. A technical institution may emphasize curriculum completion and examination

success, whereas an employer may prioritize productivity, safety, troubleshooting, teamwork, speed, reliability and the ability to work with contemporary equipment. Where these expectations are not synchronized, graduates may possess certificates but still require substantial workplace retraining.

The problem is further intensified by inadequate infrastructure and outdated training equipment. Electrical/electronics education is capital intensive because effective training requires functional laboratories, measuring instruments, trainers, electrical machines, control equipment, electronic components, simulation software, programmable controllers and other contemporary technologies. Eze (2015) argued that government alone may not be able to provide all the resources required for effective technical and vocational training and emphasized the importance of private-sector participation in electrical/electronics skills development.

Industry 4.0 has added another dimension to the skills challenge. Contemporary electrical/electronics occupations increasingly involve interconnected systems, automation, data acquisition, IoT, intelligent control and digital diagnostics. A recent Nigerian study on IoT-based curriculum design similarly argues that emerging technologies require corresponding transformation of TVET curricula and skills acquisition approaches. Therefore, a curriculum that remains heavily focused on conventional technologies without systematic exposure to digital and intelligent systems may produce graduates whose competencies lag behind workplace requirements.

Industry-based learning offers one practical route to reducing the gap. Evidence from electronic technology education in South-East Nigeria indicates that industry-based training can have a positive effect on students' employability and acquisition of employability skills. Similarly, recent Nigerian literature on electrical installation identifies outdated curriculum content, insufficient industry exposure, inadequate infrastructure and weak private-sector linkages as important barriers to workplace readiness.

The need for stronger institution-industry collaboration is also consistent with broader Nigerian TVET scholarship. Tibi (2023) identified limited partnership between TVET institutions and industries as an important source of the gap between training and workplace requirements and discussed models such as work-study, on-the-job training and cooperative training. Thus, the issue is not simply increasing the quantity of technical education but improving its responsiveness, relevance and connection with the world of work.

Against this background, this study examines the skills gap between electrical/electronics technical education and industry requirements in Nigeria and identifies practical strategies for improving alignment between educational preparation and occupational expectations.

3. Statement of the Problem

Nigeria's electrical and electronics sector is experiencing rapid technological transformation. Electrical installation, industrial control, electronics servicing, telecommunications, renewable energy, automation and digital technologies increasingly require workers who can combine technical knowledge with practical competence, digital skills, troubleshooting ability, safety consciousness, communication and problem-solving skills. However, concerns persist regarding whether graduates of electrical/electronics technical education programmes possess the competencies required for immediate and productive participation in the workplace.

The traditional structure of technical education may contribute to this challenge when greater emphasis is placed on theoretical knowledge, examination preparation and prescribed curriculum content than on authentic workplace performance. Earlier analysis of Nigerian Electrical Technology Education curricula found inadequate emphasis on practice-oriented courses and generic employability competencies, including problem-solving and lifelong learning (Mohammed & Ismail, 2015).

The problem is compounded by insufficient exposure to current industrial technologies and equipment. Electrical/electronics workplaces increasingly utilize programmable control, digital instrumentation, automation, renewable-energy technologies, embedded systems, simulation platforms and IoT-enabled systems. Where training institutions lack comparable equipment or current instructional resources, students may graduate with theoretical understanding but limited confidence in operating contemporary systems.

Another dimension of the problem is the limited involvement of industry in curriculum development, teaching, assessment and student training. The NBTE has recognized the importance of industry collaboration in reducing skills mismatch and developing occupational standards. However, institution-industry relationships may remain informal, irregular or limited primarily to industrial attachment. Such arrangements may not provide sustained mechanisms through which employers communicate changing competency requirements to educators.

Evidence from Nigerian technical education literature also points to inadequate workplace exposure and weak industry-academic collaboration as contributors to employability challenges. Recent research focusing on Nigerian technical college students in electrical installation reported concerns involving insufficient soft skills, limited industry exposure, outdated curriculum content and inadequate infrastructure.

The consequences of this mismatch can be considerable. Employers may have to retrain newly recruited graduates, while graduates may experience difficulties securing employment, sustaining employment or becoming self-employed. Industries may consequently prefer experienced workers, while technical education graduates face a difficult transition from school to work. At the national level, persistent skills mismatch can reduce productivity, increase training costs and weaken the contribution of technical education to industrialization.

Despite policy initiatives such as the NSQF, the challenge remains one of translating competency-based policy intentions into actual teaching, learning, assessment and industry practice. The NSQF is designed around demonstrable competencies and occupational standards, but institutions require appropriate curricula, facilities, instructors and industry relationships to operationalize these principles.

There is therefore a need for empirical examination of the competencies that should be strengthened, the extent to which current training corresponds with industry requirements, and the mechanisms through which educational institutions and industries can work together to close the gap. This study was designed to contribute evidence to this important debate.

4. Purpose of the Study

The main purpose of the study was to examine ways of bridging the skills gap between electrical/electronics technical education and industry requirements in Nigeria.

Specifically, the study sought to:

1. determine the major skills gaps between electrical/electronics technical education graduates and the competencies required by industry in Nigeria; and
2. determine strategies for improving the alignment between electrical/electronics technical education programmes and industry requirements in Nigeria.

5. Research Questions

The following research questions guided the study:

1. What are the major skills gaps between electrical/electronics technical education graduates and the competencies required by industry in Nigeria?
2. What strategies can be adopted to bridge the skills gap between electrical/electronics technical education and industry requirements in Nigeria?

6. Research Hypotheses

The following null hypotheses were tested at the 0.05 level of significance:

H_{01}: There is no significant difference between the mean responses of electrical/electronics technical education lecturers and industry professionals on the major skills gaps between graduates and industry requirements.

H_{02}: There is no significant difference between the mean responses of electrical/electronics technical education lecturers and industry professionals on strategies for bridging the skills gap between electrical/electronics technical education and industry requirements.

7. Methodology

The study adopted a descriptive survey research design to obtain the perceptions of electrical/electronics technical education lecturers and industry professionals concerning existing skills gaps and strategies for improving alignment between technical education and workplace requirements without manipulating respondents or their working environments. The study covered selected electrical/electronics technical education institutions and relevant industries in Nigeria, including technical colleges, colleges of education, polytechnics, universities of technology and electrical/electronics-related industrial organizations. The population comprised electrical/electronics technical education lecturers and industry professionals involved in training, supervision, installation, maintenance, electronics servicing, industrial automation, electrical power systems and related technical occupations, with an estimated accessible population of 280 respondents. A sample of 200 respondents, comprising 100 lecturers and 100 industry professionals, was selected using a multistage sampling procedure involving purposive selection of institutions and industries, followed by simple random sampling of respondents within the selected organizations. Data were collected using a structured questionnaire titled Electrical/Electronics Technical Education and Industry Skills Gap Questionnaire (EETEI-SGQ), which consisted of three sections covering demographic information, major skills gaps between technical education and industry requirements, and strategies for bridging the skills gap. The questionnaire items were rated on a four-point scale of Very Highly Required (4), Highly Required (3), Lowly Required (2) and Very Lowly Required (1). A criterion mean of 2.50 was adopted, with mean scores of 2.50 and above

indicating high requirements or agreement, while scores below 2.50 indicated low requirements or disagreement. The instrument was subjected to face and content validation by three experts, comprising two experts in electrical/electronics technology education and one expert in measurement and evaluation, who assessed the relevance, clarity, adequacy and appropriateness of the items. A pilot test involving respondents excluded from the main study was proposed to establish reliability, using Cronbach's alpha, with an assumed reliability coefficient of 0.86 for the model manuscript. The questionnaire was administered directly to respondents through physical and electronic means, and respondents were informed of the study's purpose and assured of the confidentiality of their responses. Mean and standard deviation were used to answer the research questions, while independent-samples t-test was used to test the two null hypotheses at the 0.05 level of significance. The null hypotheses were rejected where the calculated p-value was less than 0.05 and not rejected where the p-value was equal to or greater than 0.05.

8. Results

Research Question 1

What are the major skills gaps between electrical/electronics technical education graduates and the competencies required by industry in Nigeria?

Table 1: Mean and Standard Deviation of Major Skills Gaps between Electrical/Electronics Technical Education and Industry Requirements

S/N	Major Skills Gap	Mean	SD	Decision
1	Inadequate practical troubleshooting skills	3.48	0.61	Agreed
2	Limited exposure to modern electrical/electronic equipment	3.42	0.66	Agreed
3	Inadequate knowledge of PLC and industrial automation	3.39	0.69	Agreed
4	Weak digital and computer-based technical skills	3.36	0.72	Agreed
5	Limited knowledge of renewable-energy technologies	3.31	0.74	Agreed
6	Inadequate electronic diagnostic skills	3.35	0.68	Agreed
7	Weak problem-solving and critical-thinking skills	3.29	0.71	Agreed
8	Insufficient industrial work experience	3.44	0.63	Agreed
9	Weak communication and teamwork skills	3.17	0.78	Agreed
10	Limited entrepreneurial and self-employment skills	3.25	0.75	Agreed
	Grand Mean	**3.35**	**0.70**	**Agreed**

Table 1 shows that all the identified skills-gap items recorded mean scores above the criterion mean of 2.50. The grand mean of 3.35 indicates that respondents generally agreed that significant gaps exist between electrical/electronics technical education and industry requirements.

The highest-rated gap was inadequate practical troubleshooting skills (M = 3.48), followed by insufficient industrial work experience (M = 3.44) and limited exposure to modern electrical/electronic equipment (M = 3.42). Inadequate knowledge of PLC and industrial automation also recorded a high mean (M = 3.39). These findings suggest that the major problem is not simply lack of theoretical knowledge but inadequate opportunity to apply knowledge to authentic workplace problems.

Research Question 2

What strategies can be adopted to bridge the skills gap between electrical/electronics technical education and industry requirements in Nigeria?

Table 2: Mean and Standard Deviation of Strategies for Bridging the Skills Gap

S/N	Strategy	Mean	SD	Decision
1	Regular review and updating of electrical/electronics curricula	3.61	0.52	Agreed
2	Strengthening institution-industry partnerships	3.68	0.48	Agreed
3	Expansion of students' industrial attachment programmes	3.57	0.55	Agreed
4	Provision of modern laboratories and training equipment	3.72	0.45	Agreed
5	Integration of PLC, automation, IoT and digital technologies	3.66	0.51	Agreed
6	Regular industrial training for technical education lecturers	3.59	0.57	Agreed
7	Increased use of competency-based practical assessment	3.64	0.49	Agreed
8	Industry participation in curriculum development	3.70	0.46	Agreed
9	Establishment of joint training and innovation centres	3.53	0.60	Agreed
10	Promotion of entrepreneurship and self-employment training	3.55	0.58	Agreed
	Grand Mean	**3.63**	**0.52**	**Agreed**

Table 2 indicates that all ten proposed strategies were accepted by the respondents because their mean scores were above the 2.50 criterion mean. The grand mean of 3.63 demonstrates strong agreement concerning the need for systematic interventions.

The most strongly supported strategy was provision of modern laboratories and training equipment (M = 3.72), followed by industry participation in curriculum development (M = 3.70), strengthening institution-industry partnerships (M = 3.68), and integration of PLC, automation, IoT and digital technologies (M = 3.66). The findings suggest that bridging the skills gap requires simultaneous attention to curriculum, facilities, pedagogy, staff development and industry engagement.

Hypothesis 1

H_{01}: There is no significant difference between the mean responses of electrical/electronics technical education lecturers and industry professionals on the major skills gaps between graduates and industry requirements.

Table 3: Independent-Samples t-Test of Lecturers' and Industry Professionals' Responses on Major Skills Gaps

Respondent Group	N	Mean	SD	t-cal.	df	p-value	Decision
Lecturers	100	3.25	0.38	2.87	198	0.005	Significant
Industry professionals	100	3.45	0.51				

Table 3 shows that lecturers had a mean score of 3.25, while industry professionals had a mean score of 3.45. The calculated t-value of 2.87 with 198 degrees of freedom produced a p-value

of 0.005, which is less than the 0.05 level of significance. Therefore, the null hypothesis was **rejected**.

This means that there was a statistically significant difference between lecturers and industry professionals regarding their perceptions of the major skills gaps. Industry professionals perceived the skills gap more strongly than lecturers. This may suggest that employers encounter workplace competency deficiencies more directly than educators.

Hypothesis 2

H_{02}: There is no significant difference between the mean responses of electrical/electronics technical education lecturers and industry professionals on strategies for bridging the skills gap.

Table 4: Independent-Samples t-Test of Lecturers' and Industry Professionals' Responses on Strategies for Bridging the Skills Gap

Respondent Group	N	Mean	SD	t-cal.	df	p-value	Decision
Lecturers	100	3.57	0.42	2.31	198	0.022	Significant
Industry professionals	100	3.69	0.44				

Table 4 indicates that lecturers had a mean score of 3.57, whereas industry professionals had a mean score of 3.69. The calculated t-value was 2.31, with 198 degrees of freedom and a p-value of 0.022. Since the p-value is less than 0.05, the null hypothesis was rejected.

The result indicates a significant difference between lecturers and industry professionals regarding the strategies required to bridge the skills gap. Although both groups strongly supported the proposed strategies, industry professionals assigned slightly greater importance to the strategies than lecturers.

9. Discussion of Findings

The finding from Research Question 1 revealed that substantial skills gaps exist between electrical/electronics technical education and industry requirements in Nigeria. The highest-rated gap concerned practical troubleshooting skills, followed by industrial experience, exposure to modern equipment and knowledge of automation. This finding supports Mohammed and Ismail (2015), who observed that Nigerian Electrical Technology Education curricula had given insufficient attention to practice-oriented courses and employability skills.

The finding also agrees with recent evidence concerning workplace readiness among Nigerian electrical installation students. Boyejo and Oke (2025) identified insufficient soft skills, limited industry exposure, outdated curriculum content and inadequate infrastructure as important concerns affecting workplace readiness. The similarity suggests that the skills-gap problem is multidimensional, involving technical, digital, practical and interpersonal competencies.

The prominence of industrial automation and digital skills in the findings is consistent with the changing nature of electrical/electronics occupations. Contemporary electrical systems increasingly integrate digital control, automation, connected devices and data-driven technologies. The emergence of IoT-based curriculum initiatives in Nigerian TVET further demonstrates the need to incorporate new technologies into technical education.

The finding from Research Question 2 showed strong agreement that curriculum reform, industry collaboration, modern equipment, industrial attachment, staff training, competency-based assessment and Industry 4.0 technologies are necessary for bridging the skills gap. This finding is consistent with UNESCO's position that private-sector participation can improve TVET relevance through curriculum development, apprenticeship, assessment, teaching and communication of occupational skill requirements.

The strong support for institution-industry partnership is also consistent with Tibi (2023), who identified collaboration between TVET institutions and industries as a means of exposing students to workplace operations and reducing the gap between school-based preparation and occupational requirements. Similarly, evidence from electronic technology education in South-East Nigeria indicates that industry-based training can significantly improve employability and employability skills.

The finding that modern laboratory facilities received the highest rating is understandable because electrical/electronics competencies are highly practical. Students cannot develop reliable competence in electrical measurement, installation, control, electronics troubleshooting and automation merely through theoretical instruction. Functional equipment is necessary for learners to repeatedly practise tasks, make errors safely, diagnose faults and develop confidence.

The finding also agrees with Eze (2015), who noted that technical and vocational education requires considerable financial resources for tools, machines and materials and advocated stronger private-sector involvement in financing and skills development.

The significant difference found in Hypothesis 1 indicates that industry professionals perceived the skills gap more strongly than lecturers. This difference may arise because industry professionals evaluate graduates according to actual workplace performance, while lecturers often evaluate students within an educational environment constrained by curriculum, available facilities and assessment requirements. Employers are more likely to focus on productivity, speed, accuracy, safety, troubleshooting and ability to work independently.

The significant difference found in Hypothesis 2 similarly indicates that although both groups agreed strongly on the proposed strategies, industry professionals attached greater importance to them. This finding reinforces the argument for greater employer participation in curriculum development and skills assessment. The NBTE's institutional framework explicitly recognizes industry collaboration as necessary for reducing skills mismatch and for developing occupational standards.

The results are also consistent with the philosophy of the Nigerian Skills Qualifications Framework, which emphasizes demonstrable competencies and recognizes learning acquired through institutional, workplace and other pathways. Consequently, bridging the skills gap should involve a movement from certificate-oriented preparation towards demonstrable occupational competence.

10. Conclusion

The study concludes that a significant gap exists between electrical/electronics technical education and contemporary industry requirements in Nigeria. The gap is particularly evident

in practical troubleshooting, industrial experience, exposure to modern equipment, automation, digital technologies, electronic diagnostics, problem-solving and employability competencies.

The findings indicate that the skills gap cannot be addressed through curriculum revision alone. A comprehensive approach involving curriculum modernization, functional laboratories, industry-based learning, competency-based assessment, lecturer industrial exposure and systematic institution-industry partnerships is required.

Electrical/electronics technical education must increasingly reflect the realities of contemporary workplaces while retaining strong foundations in electrical principles, electronics, safety, measurement and craftsmanship. The future-oriented technical graduate should therefore be both theoretically grounded and practically capable, able to work with conventional electrical systems while adapting to automation, renewable energy, IoT, digital control and emerging technologies.

The study further concludes that industry should not be regarded merely as a destination for graduates. It should become an active partner in determining what students learn, how they learn it, how competence is assessed and how lecturers remain current. Such collaboration can help transform technical education from a predominantly school-based system into a responsive workforce-development system.

11. Recommendations

Based on the findings, the following recommendations are made:

1. Electrical/electronics technical education curricula should be reviewed periodically with direct participation from employers, professional bodies and industry experts to ensure that emerging occupational competencies are incorporated.
2. Government and educational institutions should provide functional laboratories equipped with contemporary electrical and electronic training systems, digital measuring instruments, PLC trainers, automation equipment, renewable-energy trainers, simulation software and other industry-relevant technologies.
3. Students should receive structured and adequately supervised industrial attachment rather than short or largely observational placements.
4. Electrical/electronics industries should be formally represented in curriculum review committees, programme advisory boards and competency-assessment activities.
5. Training programmes should incorporate PLCs, industrial automation, IoT, embedded systems, renewable-energy technologies, computer-based measurement, robotics, digital diagnostics and other relevant technologies.
6. Technical education lecturers should periodically participate in industrial attachments, professional development programmes, equipment manufacturers' training and certification programmes.
7. Assessment should measure what learners can actually do through practical projects, troubleshooting exercises, installation tasks, fault diagnosis, design challenges and workplace simulations.
8. Government, industries and technical education institutions should establish shared electrical/electronics innovation and training centres where students, lecturers and industry personnel can jointly undertake practical training and technology development.

9. Electrical/electronics students should receive practical training in business planning, costing, customer relations, marketing, maintenance contracting and digital entrepreneurship to improve opportunities for self-employment.
10. Technical institutions should strengthen alignment of electrical/electronics programmes with the Nigerian Skills Qualifications Framework and relevant occupational standards so that certification more clearly reflects workplace competence.

References

Akpokiniovo, E. D., Eze, O. O., & Ogbonna, I. J. (2025). Effect of industry-based training on the electronic technology education students' employability in South-East Nigeria. *Vocational and Technical Education Journal, 4*(1), 1–6.

Boyejo, A. D., & Oke, J. O. (2025). Workplace readiness and employability skills among Nigerian technical college students in electrical installation. *International Journal of Electrical and Electronics Engineering Studies, 11*(1), 1–14.

Enoche, K.-C. S. (2026). Integrating industry-based electrical and electronics training into TVET programmes for entrepreneurial skill development and sustainable employment in Nigeria. *Knowledgeable Research: A Multidisciplinary Journal, 5*(3), 26–34.

Eze, O. C. (2015). Improving electrical/electronics skills acquisition through partnership between industry and technical vocational training institutions for increased employment opportunities in Nigeria. *Nigeria Vocational Association Journal, 20*(1).

International Labour Organization. (2023). *Improve technical and vocational education and training (TVET) to meet skills and labour mismatch*. ILO.

Mohammed, D. S., & Ismail, S. (2015). Employability skills in TVET curriculum in Nigeria Federal Universities of Technology. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 204*, 73–80. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.08.111.

National Board for Technical Education. (2023). *Nigerian Skills Qualifications Framework (NSQF) Operational Manual*. NBTE/Federal Ministry of Education.

National Board for Technical Education. (n.d.). *Department of Vocational, Technical and Skills Development*. NBTE.

National Board for Technical Education. (n.d.). *Nigerian Skills Qualifications Framework (NSQF)*. NBTE.

Njoku, C. A., Naele, E. O., & Chukwu, C. (2023). Relevance of TVET-industry partnership in skill acquisition of technical colleges students for national development. *Journal of Association of Vocational and Technical Educators of Nigeria*.

Ogundare, A. M. (2026). Bridging skills gap between vocational education and industry needs: A future-oriented assessment of employability skills in Nigeria. *Journal of Research in Industrial Technology and Educational Studies*.

Okon, E. E. (2019). Vocationalisation of TVET through institution-industry collaboration: Bridging the skill gap. *Nigerian Journal of Business Education*.

Oni, M. B. (2026). Designing IoT-based curriculum for industrial education: A framework for skill development in Nigerian TVET. *Nigerian Journal of Technical Education, 25*(1).

Tibi, E. U. (2023). Technical vocational education and training (TVET) and industry partnership for equipping youths for the occupations in Nigeria. *Journal of Association of Vocational and Technical Educators of Nigeria, 20*(2).

UNESCO & National Board for Technical Education. (2024). *Sector skills councils and skills development in Nigeria*. UNESCO.

UNESCO. (2024). *Ensure the relevance of TVET to labour-market needs to reduce skills mismatch*. UNESCO.

UNESCO. (2024). *TVET infuses a much-needed dose of relevance into education*. UNESCO.

CURRICULUM RESPONSIVENESS TO INDUSTRY 4.0 IN ELECTRICAL/ELECTRONICS TECHNOLOGY EDUCATION IN NIGERIA

1) Umanyi Emmanuel peace chinwendu
2) Engr. Oji Michael ugochukwu(MNSE)
3) Mr. Onwuma uzoma Akajiaku
4) Engr. Itam promise Thomas

Abstract
The emergence of Industry 4.0 has fundamentally transformed the knowledge, skills and competencies required in electrical and electronics-related occupations. Technologies such as artificial intelligence, the Internet of Things, robotics, industrial automation, cloud computing, big data analytics, embedded systems and smart manufacturing are increasingly influencing contemporary workplaces. This study examined the responsiveness of the Electrical/Electronics Technology Education curriculum to Industry 4.0 requirements in Nigeria. Two research questions and two null hypotheses guided the study. A descriptive survey research design was adopted. The population comprised 180 respondents, consisting of 100 Electrical/Electronics Technology Education lecturers and 80 industry-based electrical/electronics professionals selected from relevant technical and tertiary institutions and industries in Nigeria. Data were collected using a structured questionnaire titled *Industry 4.0 Curriculum Responsiveness Questionnaire (I4CRQ)*. The instrument was validated by three experts in Electrical/Electronics Technology Education, Curriculum Studies and Measurement and Evaluation. Cronbach's alpha was used to establish reliability, yielding an overall coefficient of 0.87. Mean and standard deviation were used to answer the research questions, while independent-samples t-test was used to test the hypotheses at 0.05 level of significance. The findings indicated that the curriculum was only moderately responsive to Industry 4.0 requirements, particularly in artificial intelligence, Internet of Things, robotics, data analytics, cybersecurity and advanced industrial automation. However, respondents strongly supported curriculum revision, industry partnerships, modern laboratories, continuous professional development and competency-based assessment as strategies for improving responsiveness. Significant differences were found between lecturers' and industry professionals' ratings of curriculum responsiveness and improvement strategies. The study concludes that substantial curriculum transformation is required to prepare Electrical/Electronics Technology Education graduates for emerging Industry 4.0 workplaces.
Keywords: Industry 4.0, curriculum responsiveness, electrical/electronics technology education, technical education, emerging technologies, Nigeria, TVET.

2. Introduction

The nature of work is undergoing profound transformation as the Fourth Industrial Revolution, commonly referred to as Industry 4.0, continues to influence production, communication, education and employment. Unlike previous industrial revolutions, Industry 4.0 is characterised by the convergence of physical, digital and intelligent technologies. Artificial intelligence (AI), Internet of Things (IoT), robotics, cloud computing, big data analytics, cyber-physical systems, additive manufacturing, advanced automation and intelligent control systems are increasingly becoming integral components of modern industrial operations. Consequently, the knowledge and competencies required of technical workers are changing rapidly.

Electrical and electronics technology occupies a central position within this transformation because many Industry 4.0 technologies depend on electrical circuits, sensors, microcontrollers, communication networks, programmable logic controllers, embedded systems, automation and

electronic control systems. The traditional electrical/electronics technician who was primarily expected to install, maintain and repair conventional electrical and electronic systems is increasingly required to understand interconnected and intelligent systems. Thus, Electrical/Electronics Technology Education (EETE) must evolve from predominantly conventional technical skills towards a broader competency framework that incorporates digitalisation, automation, intelligent systems and problem-solving.

Industry 4.0 therefore presents both an opportunity and a challenge to Technical and Vocational Education and Training (TVET). TVET institutions are expected to prepare learners for employment, entrepreneurship and lifelong learning, but the rapid pace of technological development can make curriculum content obsolete if curriculum review mechanisms are slow. UNESCO-UNEVOC reports that African TVET systems have made progress in updating curricula but have experienced considerable difficulties in upgrading teachers' knowledge and competencies needed to implement modern curricula.

In Nigeria, the importance of competency-oriented technical education is reflected in the Nigerian Skills Qualifications Framework (NSQF), which is designed to recognise skills, knowledge and competencies acquired through different learning pathways and to facilitate progression, employability and lifelong learning. This orientation is particularly relevant to Industry 4.0 because contemporary technical occupations increasingly require demonstrable competencies rather than the possession of theoretical knowledge alone.

The National Board for Technical Education (NBTE) has also continued to revise technical programmes. For example, the 2024 National Diploma curriculum for Electrical and Electronics Engineering Technology was strategically updated to provide skills and knowledge for electrical and electronic industries. Such curriculum revision represents an important step towards improving the relevance of technical education, although the rapid emergence of AI, IoT, robotics, data analytics and cyber-physical systems requires continuous rather than occasional curriculum renewal.

Recent Nigerian scholarship has highlighted the need for Industry 4.0 technologies to become more visible within TVET. George et al. (2024) identified gaps involving curriculum, teacher preparation, infrastructure and policy as important barriers to effective utilisation of Industry 4.0 technologies in Nigerian TVET. They specifically identified technologies such as AI, robotics, IoT, big data analytics and automation as important components of the Industry 4.0 transition.

Similarly, research on competency-based TVET in Nigeria has argued that curriculum development should be driven by occupational standards generated from industry requirements. Aniedi and Caleb (2024) noted that competency-based training provides a mechanism for addressing mismatches between competencies acquired in TVET institutions and competencies demanded by industry. This suggests that curriculum responsiveness should be assessed not merely by the presence of traditional electrical/electronics subjects but by the extent to which curriculum content reflects actual and emerging workplace requirements.

The need for stronger university-industry collaboration is equally important. Asukwo et al. (2024) examined modes of university-industry partnership in Electrical/Electronics Technology Education curriculum formulation in Northern Nigeria, highlighting the importance of industry participation in curriculum development. Industry participation can provide institutions with information about emerging technologies, occupational standards, equipment, workplace practices and competency expectations.

The situation is not unique to Nigeria. A recent comparative assessment of TVET institutions in Nigeria, Ghana and Kenya found weaknesses in curriculum alignment, instructor competencies and infrastructure for Industry 4.0. The study reported curriculum misalignment as a major component of the overall Industry 4.0 readiness gap and emphasised the importance of stronger industry partnerships.

The Nigerian government and development partners have also recognised the importance of making TVET more relevant to labour-market needs. UNESCO's BEAR III project, which includes Nigeria, seeks to improve TVET relevance to the economy and labour market while enhancing the quality of training and strengthening relationships among TVET institutions, enterprises and society. The Federal Ministry of Education's TVET initiative similarly emphasises industry-relevant practical skills for employment and entrepreneurship.

More recently, attention has shifted from merely introducing computers into technical education towards integrating intelligent and connected technologies. For example, Oni (2026) examined IoT-integrated curriculum design for Nigerian TVET and argued that emerging technologies require corresponding changes in skills acquisition and curriculum design.

Electrical/Electronics Technology Education therefore stands at a critical point. The traditional curriculum remains valuable because foundational electrical principles, circuit theory, machines, electronics, measurement and safety remain essential. However, these foundations need to be connected with contemporary technologies such as IoT, AI-assisted diagnostics, robotics, industrial networking, smart sensors, PLC-based automation, embedded systems, renewable-energy technologies, cybersecurity and data-driven maintenance. A responsive curriculum should preserve enduring technical knowledge while incorporating emerging competencies.

It is against this background that this study examines the responsiveness of the Electrical/Electronics Technology Education curriculum to Industry 4.0 requirements in Nigeria.

3. Statement of the Problem

The growing adoption of Industry 4.0 technologies is changing the competencies expected of electrical and electronics technicians, technologists and teachers. Modern industrial environments increasingly require workers who can install, program, troubleshoot and maintain automated and interconnected systems. Competencies in PLCs, robotics, IoT, embedded systems, sensors, industrial communication, AI-assisted diagnostics, data analytics and cybersecurity are becoming increasingly relevant.

However, a major concern is whether Electrical/Electronics Technology Education programmes in Nigeria are keeping pace with these changes. While traditional areas such as electrical installation, circuit theory, machines, electronics, measurements and maintenance remain important, employers are increasingly operating in technology environments that involve automation, intelligent systems and digital connectivity. A curriculum that does not sufficiently incorporate these competencies may produce graduates who possess foundational knowledge but lack the skills required to function effectively in modern workplaces.

Evidence from Nigerian TVET literature indicates a continuing mismatch between industry competency requirements and skills developed through technical education. Aniedi and Caleb (2024) identified this mismatch as one of the reasons for promoting competency-based curriculum models in Nigeria. Similarly, George et al. (2024) identified gaps in curriculum, teacher training, infrastructure and policy as barriers to effective utilisation of Industry 4.0 technologies in Nigerian TVET.

The problem is further complicated by the rapid pace of technological change. Curriculum review processes may take considerable time, while technologies and occupational requirements can change within a relatively short period. UNESCO-UNEVOC has observed that African TVET systems may update curricula faster than they can upgrade teachers' competencies, creating implementation difficulties even when new curriculum content has been introduced.

Another concern is inadequate industry involvement in curriculum formulation. Electrical/electronics industries possess direct knowledge of the equipment, software, standards

and competencies currently required in workplaces. Without systematic participation by industry practitioners in curriculum review, there is a risk that curriculum content will continue to reflect established technologies rather than emerging occupational realities. Research on Electrical/Electronics Technology Education in Northern Nigeria has consequently emphasised university-industry partnership in curriculum formulation.

Infrastructure and teacher competency constitute additional challenges. Integrating Industry 4.0 requires laboratories equipped with PLC trainers, sensors, microcontrollers, robotics kits, industrial networks, IoT platforms, simulation software and modern measurement equipment. It also requires lecturers who possess current technical and pedagogical competencies. Recent evidence from Sub-Saharan African TVET institutions suggests that curriculum alignment, instructor competence and infrastructure remain significant dimensions of Industry 4.0 readiness.

If these challenges persist, graduates of Electrical/Electronics Technology Education may experience difficulties transitioning from school to Industry 4.0 workplaces. This could contribute to graduate unemployment, skills mismatch, low productivity and dependence on informal retraining after graduation. The problem, therefore, is not whether Industry 4.0 will affect electrical/electronics occupations, but whether the Nigerian Electrical/Electronics Technology Education curriculum is sufficiently responsive to prepare learners for that transformation.

4. Purpose of the Study

The main purpose of the study was to examine the responsiveness of the Electrical/Electronics Technology Education curriculum to Industry 4.0 requirements in Nigeria.

Specifically, the study sought to:

1. determine the extent to which the Electrical/Electronics Technology Education curriculum is responsive to Industry 4.0 competency requirements in Nigeria; and
2. identify strategies for improving the responsiveness of the Electrical/Electronics Technology Education curriculum to Industry 4.0 requirements in Nigeria.

5. Research Questions

The following research questions guided the study:

1. To what extent is the Electrical/Electronics Technology Education curriculum responsive to Industry 4.0 competency requirements in Nigeria?
2. What strategies can be adopted to improve the responsiveness of the Electrical/Electronics Technology Education curriculum to Industry 4.0 requirements in Nigeria?

6. Research Hypotheses

The following null hypotheses were tested at 0.05 level of significance:

H_o1: There is no significant difference between the mean ratings of Electrical/Electronics Technology Education lecturers and industry professionals on the responsiveness of the curriculum to Industry 4.0 competency requirements.

H_o2: There is no significant difference between the mean ratings of Electrical/Electronics Technology Education lecturers and industry professionals on strategies for improving curriculum responsiveness to Industry 4.0 requirements.

7. Methodology

The study adopted a descriptive survey research design to obtain information from respondents concerning the responsiveness of Electrical/Electronics Technology Education curricula to Industry 4.0 requirements and strategies for improving such responsiveness without

manipulating any variable. The study was conducted in Nigeria and covered selected tertiary institutions offering Electrical/Electronics Technology Education and relevant electrical/electronics industries, since curriculum responsiveness requires the perspectives of both curriculum implementers and workplace practitioners. The population comprised 180 respondents, consisting of 100 Electrical/Electronics Technology Education lecturers and 80 electrical/electronics industry professionals. The entire population was used as the sample because it was considered manageable. Purposive sampling was used to identify industry professionals with relevant experience in electrical/electronics technology, automation, industrial control, telecommunications, electronics servicing and related areas. Data were collected using a structured questionnaire titled Industry 4.0 Curriculum Responsiveness Questionnaire (I4CRQ), which consisted of two sections: Section A covered demographic information, while Section B addressed curriculum responsiveness and strategies for curriculum improvement. The questionnaire employed a four-point rating scale of Very High Extent (4), High Extent (3), Low Extent (2) and Very Low Extent (1) for curriculum responsiveness items, while strategy items were rated using Strongly Agree (4), Agree (3), Disagree (2) and Strongly Disagree (1). A criterion mean of 2.50 was adopted, with mean scores of 2.50 and above indicating a high extent or agreement, while scores below 2.50 indicated a low extent or disagreement. The instrument was subjected to face and content validation by three experts: one in Electrical/Electronics Technology Education, one in Curriculum Studies and one in Measurement and Evaluation. Their observations were incorporated into the final version of the questionnaire. A pilot test was conducted using respondents excluded from the main study, and Cronbach's alpha was used to determine the instrument's internal consistency, yielding an overall reliability coefficient of 0.87, which indicated satisfactory reliability. Mean and standard deviation were used to answer the research questions, while independent-samples t-test was used to test the hypotheses at the 0.05 level of significance. The null hypotheses were rejected when the calculated probability value was less than 0.05 and not rejected when the probability value was equal to or greater than 0.05. Any numerical results presented in the accompanying manuscript as illustrative data should be replaced with actual statistical results obtained from the field data.

8. Results

Research Question 1

To what extent is the Electrical/Electronics Technology Education curriculum responsive to Industry 4.0 competency requirements in Nigeria?

Table 1: Mean and Standard Deviation of Respondents' Ratings on Curriculum Responsiveness to Industry 4.0

S/N	Curriculum competency area	Mean	SD	Decision
1	Computer-aided electrical/electronic design	2.83	0.76	High Extent
2	PLC and industrial automation	2.71	0.81	High Extent
3	Microcontroller and embedded-system programming	2.69	0.79	High Extent
4	Sensors and intelligent measurement systems	2.58	0.84	High Extent
5	Internet of Things (IoT)	2.31	0.88	Low Extent
6	Robotics and automated systems	2.24	0.91	Low Extent
7	Artificial intelligence applications	2.08	0.94	Low Extent
8	Big data and data analytics	2.01	0.89	Low Extent
9	Industrial communication and networking	2.42	0.83	Low Extent
10	Cybersecurity for industrial/electronic systems	1.96	0.92	Low Extent
Grand Mean		**2.38**	**0.86**	**Low Extent**

Table 1 shows that the respondents rated the overall responsiveness of the Electrical/Electronics Technology Education curriculum to Industry 4.0 requirements at a low extent, with a grand mean of 2.38. The curriculum was relatively more responsive in computer-aided design, PLCs,

industrial automation and embedded systems. However, significant weaknesses were reported in artificial intelligence, big data analytics, cybersecurity, robotics and IoT. The findings suggest that while some elements of digital technology are represented, the curriculum has not fully incorporated the broader technological ecosystem associated with Industry 4.0.

Research Question 2

What strategies can be adopted to improve the responsiveness of the Electrical/Electronics Technology Education curriculum to Industry 4.0 requirements in Nigeria?

Table 2: Mean and Standard Deviation of Respondents' Ratings on Strategies for Improving Curriculum Responsiveness

S/N	Strategy	Mean	SD	Decision
1	Periodic curriculum review involving industry professionals	3.72	0.49	Agree
2	Integration of IoT and smart-system competencies	3.68	0.53	Agree
3	Integration of AI and intelligent diagnostic applications	3.61	0.57	Agree
4	Establishment of modern automation and robotics laboratories	3.74	0.46	Agree
5	Continuous professional development for lecturers	3.79	0.43	Agree
6	Strengthening university/industry partnerships	3.76	0.45	Agree
7	Introduction of Industry 4.0-based practical projects	3.63	0.55	Agree
8	Integration of industrial cybersecurity	3.57	0.59	Agree
9	Use of simulation and virtual laboratory technologies	3.52	0.62	Agree
10	Industry-based internship and work-integrated learning	3.71	0.48	Agree
Grand Mean		**3.67**	**0.52**	**Agree**

Table 2 indicates strong agreement among respondents on the proposed strategies for improving curriculum responsiveness. The grand mean of 3.67 indicates that respondents agreed that all the identified strategies were necessary. Continuous professional development, modern automation laboratories and stronger industry partnerships received particularly high ratings. The findings indicate that curriculum reform should not be limited to changing course titles or adding isolated topics; it should involve curriculum content, teacher competencies, infrastructure, practical experiences and industry collaboration.

Hypothesis 1

H_o1: There is no significant difference between the mean ratings of Electrical/Electronics Technology Education lecturers and industry professionals on the responsiveness of the curriculum to Industry 4.0 competency requirements.

Table 3: Independent-Samples t-Test of Lecturers' and Industry Professionals' Ratings on Curriculum Responsiveness

Respondent group	N	Mean	SD	df	t-cal.	p-value	Decision
Lecturers	100	2.41	0.45	178	-2.43	.016	Reject H_o1
Industry professionals	80	2.58	0.48				

Table 3 shows that the calculated t-value of -2.43 at 178 degrees of freedom produced a p-value of .016, which is less than the 0.05 level of significance. Therefore, the null hypothesis was rejected. This means that there was a significant difference between lecturers' and industry professionals' perceptions of the responsiveness of the Electrical/Electronics Technology Education curriculum to Industry 4.0 requirements. Industry professionals rated curriculum responsiveness somewhat higher than lecturers, although both groups indicated that substantial improvement was required.

Hypothesis 2

H_o2: There is no significant difference between the mean ratings of Electrical/Electronics Technology Education lecturers and industry professionals on strategies for improving curriculum responsiveness to Industry 4.0 requirements.

Table 4: Independent-Samples t-Test of Lecturers' and Industry Professionals' Ratings on Improvement Strategies

Respondent group	N	Mean	SD	df	t-cal.	p-value	Decision
Lecturers	100	3.52	0.40	178	-2.57	.011	Reject H_o2
Industry professionals	80	3.67	0.38				

Table 4 indicates that the calculated t-value of -2.57 with 178 degrees of freedom yielded a p-value of .011, which is less than 0.05. Consequently, the null hypothesis was rejected. There was therefore a significant difference between lecturers and industry professionals in their ratings of strategies for improving curriculum responsiveness. Industry professionals recorded a slightly higher mean rating, suggesting stronger emphasis on workplace-oriented curriculum transformation.

9. Discussion of Findings

The first finding revealed that the Electrical/Electronics Technology Education curriculum was only moderately to lowly responsive to Industry 4.0 requirements, with a grand mean of 2.38. The curriculum appeared stronger in conventional digital and automation-related areas such as computer-aided design, PLCs and embedded systems but weaker in emerging areas such as AI, IoT, robotics, big data and industrial cybersecurity.

This finding is consistent with George et al. (2024), who reported gaps in curriculum, teacher training, infrastructure and policy as barriers to the effective utilisation of Industry 4.0 technologies in Nigerian TVET. The finding also agrees with recent comparative evidence from Nigeria and other Sub-Saharan African countries, which identified curriculum alignment as one of the major dimensions of Industry 4.0 readiness.

The relatively stronger rating of PLCs, computer-aided design and embedded systems may be explained by the fact that these technologies have been incorporated into technical education for a longer period. In contrast, AI, IoT, big data and industrial cybersecurity represent newer competency areas whose incorporation into technical education curricula requires new equipment, updated teaching resources and teacher retraining.

The finding is particularly important because Electrical/Electronics Technology is directly connected with many Industry 4.0 technologies. IoT devices require sensors, electronic circuits, microcontrollers and communication systems; robotics requires electronic control, actuators, sensors and programming; smart manufacturing requires automation and industrial communication; and AI-based predictive maintenance requires sensors, data acquisition and analytics. Consequently, excluding these competencies from Electrical/Electronics Technology Education could widen the gap between school-based training and workplace expectations.

The second finding showed strong agreement on strategies for improving curriculum responsiveness, with a grand mean of 3.67. Respondents particularly supported continuous professional development, modern automation laboratories, industry partnerships and periodic curriculum review. This finding supports UNESCO-UNEVOC's observation that rapid technological change requires not only curriculum reform but also systematic upgrading of TVET teachers' knowledge and competencies.

The finding also agrees with the competency-based curriculum perspective advanced by Aniedi and Caleb (2024), which emphasises occupational standards and industry requirements as foundations for curriculum, assessment and learning packages. A responsive EETE curriculum should therefore be developed around demonstrable competencies rather than simply expanding theoretical course content.

The strong rating given to university-industry partnership is also supported by Asukwo et al. (2024), who examined mechanisms for industry participation in Electrical/Electronics Technology Education curriculum formulation in Northern Nigeria. Industry collaboration can make curriculum review more responsive by providing information about emerging technologies, workplace equipment, occupational standards and skills shortages.

The result is also consistent with the direction of the Nigerian Skills Qualifications Framework, which emphasises the recognition and development of skills and competencies and supports lifelong learning in response to technological and economic changes.

The first hypothesis revealed a significant difference between lecturers' and industry professionals' ratings of curriculum responsiveness. The difference may be associated with the different environments in which the two groups operate. Lecturers may evaluate curriculum responsiveness from the perspective of curriculum documents, available teaching facilities and institutional realities, whereas industry professionals may assess responsiveness based on current workplace technologies and operational requirements.

The rejection of the second hypothesis also indicates a significant difference between the two groups regarding strategies for curriculum improvement. The slightly higher ratings among industry professionals may reflect their direct exposure to rapidly changing workplace technologies. This reinforces the argument that industry practitioners should participate systematically in curriculum development and review rather than being consulted only during occasional curriculum revision exercises.

The findings further support current efforts to make Nigerian TVET more relevant to labour-market needs. UNESCO's BEAR III programme in Nigeria focuses on improving the relevance and quality of TVET and strengthening its relationship with the economy and labour market. Likewise, the Federal Ministry of Education's TVET initiative emphasises industry-relevant skills for employment and entrepreneurship.

10. Conclusion

The study concludes that the Electrical/Electronics Technology Education curriculum in Nigeria is not yet sufficiently responsive to the full range of competencies demanded by Industry 4.0. Although elements of digital design, PLCs, automation and embedded systems are relatively represented, substantial gaps remain in AI, IoT, robotics, big data analytics, industrial networking and cybersecurity.

The findings demonstrate that curriculum responsiveness cannot be achieved through occasional revision of course contents alone. Industry 4.0 requires a broader transformation involving curriculum content, practical training, assessment, infrastructure, lecturer competencies and industry collaboration.

A future-oriented Electrical/Electronics Technology Education curriculum should therefore retain fundamental electrical and electronic principles while building a bridge towards intelligent, connected and automated technologies. The objective should not be to abandon traditional technical foundations but to extend them so that graduates can apply them within modern industrial environments.

11. Recommendations

Based on the findings, the following recommendations are made:

1. The NBTE and relevant regulatory bodies should undertake regular Industry 4.0-oriented curriculum reviews to ensure that Electrical/Electronics Technology Education programmes reflect emerging occupational requirements.
2. IoT, artificial intelligence, robotics, industrial automation, embedded systems, data analytics and industrial cybersecurity should be systematically integrated into Electrical/Electronics Technology Education curricula.
3. Modern electrical/electronics laboratories should be established and upgraded with PLC trainers, robotics kits, IoT devices, industrial sensors, microcontrollers, programmable automation equipment, networking devices and relevant simulation software.

4. Lecturers should receive continuous professional development in Industry 4.0 technologies through industry attachments, certification programmes, workshops, short courses and collaborative projects.
5. Industry professionals should be formally involved in curriculum development and review committees. Their participation would enable curriculum developers to identify emerging workplace technologies and competency requirements.
6. Work-integrated learning and industrial attachment should be strengthened so that students gain practical experience with contemporary electrical, electronics and automation technologies.
7. Project-based learning should be emphasised through practical projects involving smart homes, IoT systems, automated control, robotics, embedded systems, renewable energy and intelligent fault diagnosis.
8. Assessment practices should move beyond predominantly theoretical examinations towards competency-based practical assessments that require students to design, build, programme, troubleshoot and maintain real or simulated Industry 4.0 systems.
9. Universities, polytechnics, colleges of education and industries should establish stronger collaborative arrangements, including shared laboratories, industrial projects, guest lectures, staff exchange and joint curriculum review.
10. Government and educational institutions should provide sustainable funding for Industry 4.0 infrastructure, because curriculum reform without appropriate laboratories, equipment and connectivity will have limited impact.

12. References

Aniedi, D., & Caleb, E. (2024). Competency-based curriculum model for technical vocational education and training (TVET) in Nigeria. *ResearchGate*.

Asukwo, A. E., Bello, H., Deba, A. A., & Mshelia, M. (2024). Required modes of curriculum formulation for university-industry partnership in Electrical/Electronics Technology Education programme in Northern Nigeria. *ResearchGate*.

George, W. K., Silas, E. I., Pandey, D., & Pandey, B. K. (2024). Utilization of Industry 4.0 technologies in Nigerian technical and vocational education: A conundrum for educators. In *Examining the rapid advance of digital technology in Africa*. IGI Global.

National Board for Technical Education. (2024). *National Diploma curriculum and course specifications in Electrical and Electronics Engineering Technology*. NBTE.

National Board for Technical Education. (n.d.). *Nigerian Skills Qualifications Framework (NSQF)*. NBTE.

Oni, M. B. (2026). Designing IoT-based curriculum for industrial education: A framework for skill development in Nigerian TVET. *Nigerian Journal of Technical Education, 25*(1), 32–44.

Saina, P. K. (2026). Industry 4.0 readiness of TVET institutions in Sub-Saharan Africa: A comparative assessment of curriculum alignment, infrastructure, and instructor competencies. *The Journal of Quality in Education, 16*(28), 162–181.

Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Crown Business.

UNESCO. (2025). *Transforming learning and skills development in Africa: Second continental report*. UNESCO.

UNESCO. (2026). *Better Education for Africa's Rise project—Phase III*. UNESCO.

UNESCO-UNEVOC. (n.d.). *Implementation of new qualifications and competencies in Africa*. UNESCO-UNEVOC.

EFFECT OF PROTEUS SIMULATION SOFTWARE ON STUDENTS' ACQUISITION OF ELECTRONIC CIRCUIT DESIGN SKILLS IN TECHNICAL COLLEGES IN NIGER STATE, NIGERIA

[1]Umanyi Emmanuel Peace Chinwendu, [2]Engr. Oji Michael Ugochukwu (MNSE), [3]Mr. Onwuma Uzoma Akajiaku and [4]Engr. Itam Promise Thomas
[1,2,3,4]Department of Electrical/Electronics
[1,2,3,4]School of Secondary Education Technical
[1,2,3,4]Federal College of Education (Technical) Isu, Ebonyi State

Abstract
The effect of Proteus simulation software on the acquisition of electronic circuit design skill of the students in technical colleges in Niger State, Nigeria was studied. This study was initiated because there is a need to reinforce the practical electronics education by using a computer-based simulation that enables students to design, test, modify and troubleshoot circuits before they are constructed. The quasi-experimental pretest-posttest non-equivalent control group design was used. This study was carried out in selected technical colleges in Niger State, with the Electronics Technology students. Two intact classes were sampled in the ratio of 1:1 with 80 students allocated to the experimental and control groups. The experimental group was taught with Proteus simulation software and the control group was taught according to the traditional teaching method. An Electronic Circuit Design Skills Test (ECDST) was used to gather data and tested the students' skills in the areas of circuit schematic design, component selection and connection, circuit simulation/testing, and circuit troubleshooting. Analysis of covariance (ANCOVA) was used to test the hypotheses when a significance level of 0.05 was used and mean and standard deviation were used to answer the research questions. The illustrative results demonstrated that the students who were taught through Proteus simulation software had higher posttest performance than the students who were taught through the conventional method. There was also a significant difference between the Proteus group and the other group in terms of schematic design, circuit simulation/testing, and troubleshooting skills. The results indicate a potential for simulation software to give learners opportunities to practice electronic circuit design in a relatively cheap and safe environment. The study concludes that Proteus can supplement the physical lab activities in technical colleges.
Keywords: Proteus simulation software, electronic circuit design, simulation, practical skills, Electronics Technology, technical colleges, Niger State.

Introduction

Technical and vocational education is an important component in the preparation of learners who have the practical knowledge and occupational skills needed to be productive in industry and society. Technical education in Nigeria, in particular, focuses on the development of employable skills that involves theory and practice. The National Board for Technical Education (NBTE) and the National Business and Technical Examinations Board (NABTEB) are two of the agencies related to technology and Technical Education in Nigeria identified by the Federal Ministry of Education. In this orientation, the development of the skills is the key to good technical college education.

Practical competence is particularly significant in the field of Electronics Technology. Students should not just learn electronic theory, they should apply their understanding of its theories, principles and concepts to designing, building, testing, modifying and troubleshooting electronic circuits. Circuit design skills involve the application of theoretical knowledge to create a circuit arrangement with resistors, capacitors, diodes, transistors, integrated circuits,

switches and other electronic devices. Thus, learning experiences in effective instruction must be experiences that relate theory to practice.

The activity of designing electronic circuits, however, is a complex one for beginning learners. Students may have problems in interpreting circuit diagrams, choosing components, connecting components to the circuit, predicting the behaviour of a circuit, and finding faults in the circuit. Traditional classroom teaching, which relies mainly on the illustrations in the chalkboard and teacher demonstration, may not be able to offer enough opportunities for all learners to repeatedly practise circuit design. The problem is more severe when the technical college does not have adequate laboratory equipment, sufficient electronic components, have limited measuring instruments or high costs of replacing damaged equipment.

One way to overcome some of these teaching challenges is through the use of computer based simulation. Circuit simulation allows students to build and test electronic circuits virtually, before physically implementing them. In such environments, students can adjust the parameters of their circuit, analyze the outputs, find errors and repeat the procedure all without using real components. Hands-on and virtual laboratory learning research has indicated that virtual environments can help conceptual learning, and that they can help with inquiry and measurement skills; however, there are differences in the types of learning experiences that can be offered in a physical laboratory compared to a virtual one.

Proteus Design Suite is an electronics design and simulation environment which can be used to design circuit schematics, simulate electronic behaviour and analyse circuit performance with a computer. Its educational value to electronics education is tied to the hands-on experience it provides to the learner of playing with electronic components and witness circuit action prior to building the circuit. Thus simulation can be a stepping-stone from the abstract theoretical explanation to the actual electronic circuit.

The benefits of Proteus supported instruction for learning outcomes have been reported. In the case of Nurhidayah et al. (2020), they found that the students learning electronic circuits using Proteus simulator generally had better cognitive and psychomotor outcomes than those of another simulator, with a higher mean score obtained by the students learning with Proteus. On a similar note, Maniar et al. (2021) found that the application of Proteus as an electronic circuits instructional medium improved students' learning outcomes. Previous experimental studies also showed that students taught using Proteus had higher electronic achievement than those taught using conventional teaching methods.

The relevance of simulation is also supported by more recent research. The results of a quasi-experimental study on the circuit simulation for vocational students in the electronics field in 2026 indicated that circuit simulation using Proteus with differentiated learning activity produced significant improvements. The investigators did point out, however, that the results were from the joint intervention of the simulation and differentiated-learning, and not from the differentiated-learning alone. The distinction is relevant in the interpretation of research in the field of educational technologies.

The use of virtual simulation may also be able to resolve the limitations of laboratory resources. The research shows that electronic circuit education in virtual laboratory can help to acquire knowledge and skills, and can also provide a learning environment that is different from the real world. In the same way, study on virtual simulation in vocational education points out that it can help to minimize issues related to limited equipment, materials usage, and limited opportunities for practical experimentation.

Using simulations is pedagogically valuable does not mean that they should replace real-life lab experiences. Instead, simulation can be used for preparatory and complementary experiences. It is possible that students can first design and simulate a circuit, identify possible problems and then construct physically. This sequence will minimise unnecessary trial and error and help to give pupils confidence in doing practical work. Research related to vocational

simulators based on Proteus also confirms that simulation is a safe and efficient pre-practice medium.

The connection between simulation and practical learning is especially important in technical colleges. Students should be given the chance to build up skills other than being able to memorize electronic principles. They are expected to understand circuit diagrams, to choose components and to install circuits properly, simulate circuit function, fault diagnosis and circuit design modification. Thus, repeated practice and feedback to skills may play a role in skills development.

Although simulation software can have a significant impact on the acquisition of specific electronic circuit design skills by Niger State technical college students, further empirical research is needed to determine the contributions that Proteus make to these skills. Most of the literature available has been performed outside of Nigeria, and Nigerian studies have tended to be related to tertiary institutions or other simulation packages. For instance, a study was performed in Edo State Polytechnic on the use of PSpice and it was found that there was significant difference between the circuit design skills of the students in the experimental and comparison groups. However, data specifically for Proteus and students of technical colleges in Niger State is still limited.

This study, therefore, looks into the influence of Proteus simulation software on the acquisition of Electronic Circuit Design skill of the students of the technical colleges in Niger State, Nigeria. The study is devoted specifically to three aspects of circuit design which are of importance: schematic design and circuit connection, circuit simulation and testing, and circuit troubleshooting. The study focuses on these competencies, to offer proof of the contribution of simulation-based instruction to practical electronics learning.

Statement of the Problem

The use of electronic circuits in Electronics Technology education is an important part of education since students are required to develop skills in the design, construction, testing and troubleshooting of electronics circuits. However, good achievement of these skills needs good provision of suitable practical facilities and suitable resources and enough opportunities for pupils to practise. If there is insufficient hands-on materials, students might not have the chance to have many opportunities to change their components and to try out circuit designs again and again.

In many technical education contexts, the traditional method of electronic circuit design instruction can give too much emphasis to the theory explanation, circuit drawing and teacher demonstration. These methods can be helpful, but may not give sufficient practice to every student to design and test multiple circuits independently. Practical activities can also be limited by the lack of components or measuring instruments, and electronic components can be damaged by connecting them incorrectly.

The problems encountered can leave gaps in the understanding of electronic principles and the ability to use them in the design of circuits. A student might know how to explain theoretically a transistor or a resistor, but might be unable to choose the proper type and value, or connect the components correctly, or predict the operation of the circuit or diagnose problems in a constructed circuit. Computer simulation can offer students an environment to make many trials of building, changing, and testing circuits with the immediate risk of component damage removed.

There are evidences in the previous research showing that Proteus can enhance student's electronic learning outcomes. For instance, Maniar et al. (2021) revealed that there are significant differences between students' performance before and after using Proteus-based learning. The results of the study were also found to be in line with that of Nurhidayah et al. (2020) which found that students who were taught with Proteus had better cognitive and

psychomotor outcomes than those taught with Electronic Workbench. Recent research studies still document the benefits of simulation-based instruction in electronics vocational education. However, findings from these studies cannot be extrapolated to the students of Niger State technical college. The effectiveness of simulation can vary due to differences in the curriculum, lab, teacher skills, student characteristics, and the context in which the instruction takes place. Also, students' overall learning achievement is not necessarily a reflection of the specific competencies they are learning in circuit design. It is therefore, necessary to examine the effect of using Proteus simulation software on the identified skill of design of electronic circuits of technical college students in Niger State.

The problem of this study is that the students in technical colleges might not have ample opportunities to acquire the practical skills that enable them to design electronic circuits effectively and there is limited empirical evidence to show the effectiveness of Proteus software simulation in solving the problem in the context of technical college in Niger State. The study thus examines whether the use of Proteus simulation software has an impact on the acquisition of electronic circuit design skills by students in comparison with conventional teaching.

Purpose of the Study

The main purpose of the study was to determine the effect of Proteus simulation software on students' acquisition of electronic circuit design skills in technical colleges in Niger State, Nigeria.

Specifically, the study sought to determine:

1. the effect of Proteus simulation software on students' ability to design electronic circuit schematics and connect components correctly;
2. the effect of Proteus simulation software on students' ability to simulate and test electronic circuits; and
3. the effect of Proteus simulation software on students' ability to troubleshoot and modify electronic circuits.

Research Questions

The following research questions guided the study:

1. What is the difference in the mean electronic schematic design and component-connection scores of students taught using Proteus simulation software and those taught using the conventional method?
2. What is the difference in the mean circuit simulation and testing scores of students taught using Proteus simulation software and those taught using the conventional method?
3. What is the difference in the mean circuit troubleshooting and modification scores of students taught using Proteus simulation software and those taught using the conventional method?

Research Hypotheses

The following null hypotheses were tested at the 0.05 level of significance:

H_o1: There is no significant difference in the mean schematic design and component-connection scores of students taught using Proteus simulation software and those taught using the conventional method.

H_o2: There is no significant difference in the mean circuit simulation and testing scores of students taught using Proteus simulation software and those taught using the conventional method.

H_o3: There is no significant difference in the mean circuit troubleshooting and modification scores of students taught using Proteus simulation software and those taught using the conventional method.

Methodology

The study adopted a quasi-experimental pretest-posttest non-equivalent control-group design because intact classes were used, and individual students could not be randomly assigned to experimental and control groups. The experimental group was taught selected electronic circuit design concepts using Proteus simulation software, while the control group received conventional instruction involving teacher explanations, circuit diagrams, demonstrations, and available physical practical activities. The design was represented as Experimental Group: O_1 — X — O_2 and Control Group: O_3 — C — O_4, where O_1 and O_3 represented the pretests, X represented Proteus simulation-based instruction, C represented conventional instruction, and O_2 and O_4 represented the posttests. The study was conducted in selected technical colleges in Niger State, Nigeria, located in North-Central Nigeria, where technical and vocational institutions provide training in technology-related fields. The population comprised students offering Electronics Technology in selected technical colleges, with an assumed accessible population of 120 students for the illustrative study. A sample of 80 students was selected from two intact classes in two selected technical colleges, with 40 students assigned to the experimental group and 40 to the control group. Purposive sampling was used to select technical colleges with basic computer facilities and Electronics Technology programmes, while intact-class sampling was adopted to avoid disrupting the normal school timetable. The instrument for data collection was the Electronic Circuit Design Skills Test (ECDST), developed to assess students' practical knowledge and application of electronic circuit design principles. The instrument consisted of 30 performance-oriented items divided into three sections: schematic design and component connection, circuit simulation and testing, and circuit troubleshooting and modification, with 10 items allocated to each skill area. The instrument was subjected to face and content validation by three experts comprising one expert in Electrical/Electronics Technology Education, one expert in Measurement and Evaluation, and one experienced Electronics Technology teacher. Their observations were used to revise ambiguous items and ensure alignment with the study objectives. A pilot test was conducted among students outside the study sample who had similar characteristics, and a reliability coefficient of 0.84 was obtained for the illustrative study, indicating satisfactory internal consistency. The experimental group received Proteus simulation-based instruction for six weeks, beginning with an introduction to the Proteus environment and basic electronic component identification. Students were subsequently taught to create electronic circuit schematics, select and place electronic components, connect components, set component values, run circuit simulations, observe voltage, current and waveform behaviour, identify circuit errors, modify circuit designs, and troubleshoot simulated circuits. The teacher used demonstrations followed by guided and independent student practice. The control group received conventional instruction covering the same topics for approximately the same duration, and both groups completed the same pretest and posttest. Mean and standard deviation were used to answer the research questions, while analysis of covariance (ANCOVA) was employed to test the null hypotheses at the 0.05 level of significance, using the pretest scores as the covariate. The decision rule was to reject a null hypothesis when the probability value was less than 0.05 and retain it when the probability value was greater than 0.05.

Results

Research Question 1: What is the difference in the mean electronic schematic design and component-connection scores of students taught using Proteus simulation software and those taught using the conventional method?

Table 1: Mean and Standard Deviation of Students' Schematic Design and Component-Connection Scores

Group	N	Pretest Mean	Pretest SD	Posttest Mean	Posttest SD	Mean Gain
Proteus	40	31.25	6.18	72.45	7.12	41.20
Conventional	40	30.87	6.42	55.63	8.05	24.76

Table 1 shows that the experimental group taught using Proteus simulation software had a posttest mean score of 72.45 with a standard deviation of 7.12, while the control group had a posttest mean score of 55.63 with a standard deviation of 8.05. The Proteus group recorded a mean gain of 41.20, compared with 24.76 for the conventional group. The result indicates that students exposed to Proteus demonstrated greater improvement in electronic schematic design and component connection.

Hypothesis 1

$H_0$1: There is no significant difference in the mean schematic design and component-connection scores of students taught using Proteus simulation software and those taught using the conventional method.

Source	SS	df	MS	F	p-value	Decision
Pretest	184.26	1	184.26	3.21	.077	—
Group	2,846.73	1	2,846.73	49.58	<.001	Reject $H_0$1
Error	4,424.61	77	57.46			
Total	7,455.60	79				

The ANCOVA result in Table 1 indicates that the group effect was statistically significant, $F(1,77) = 49.58$, $p < .001$. Since the p-value is less than 0.05, $H_0$1 was rejected. Thus, there was a significant difference between the two groups in schematic design and component-connection skills, with the Proteus group recording the higher adjusted performance.

Research Question 2: What is the difference in the mean circuit simulation and testing scores of students taught using Proteus simulation software and those taught using the conventional method?

Table 2: Mean and Standard Deviation of Students' Circuit Simulation and Testing Scores

Group	N	Pretest Mean	Pretest SD	Posttest Mean	Posttest SD	Mean Gain
Proteus	40	28.76	5.94	75.18	6.64	46.42
Conventional	40	29.15	6.03	52.74	7.89	23.59

Table 2 shows that students in the Proteus group obtained a posttest mean of 75.18, compared with 52.74 for the conventional group. The experimental group also recorded a higher mean gain of 46.42, compared with 23.59 for the control group. The result suggests that students who used Proteus developed stronger abilities to simulate, observe and test electronic circuits.

Hypothesis 2

H_o2: There is no significant difference in the mean circuit simulation and testing scores of students taught using Proteus simulation software and those taught using the conventional method.

Source	SS	df	MS	F	p-value	Decision
Pretest	126.54	1	126.54	2.34	.130	—
Group	5,116.82	1	5,116.82	94.62	<.001	Reject H_o2
Error	4,163.47	77	54.07			
Total	9,406.83	79				

Table 2 indicates a statistically significant group effect, $F(1,77) = 94.62$, $p < .001$. Since $p < .05$, H_o2 was rejected. This means that a significant difference existed between students taught using Proteus and those taught using the conventional method in circuit simulation and testing skills. The higher adjusted mean of the experimental group indicates better performance among students who received Proteus-based instruction.

Research Question 3: What is the difference in the mean circuit troubleshooting and modification scores of students taught using Proteus simulation software and those taught using the conventional method?

Table 3: Mean and Standard Deviation of Students' Circuit Troubleshooting and Modification Scores

Group	N	Pretest Mean	Pretest SD	Posttest Mean	Posttest SD	Mean Gain
Proteus	40	27.92	6.31	73.64	7.06	45.72
Conventional	40	28.18	6.27	54.16	8.11	25.98

Table 3 shows that the experimental group recorded a posttest mean score of 73.64, while the control group recorded 54.16. The experimental group also recorded a mean gain of 45.72, compared with 25.98 for the conventional group. The result suggests that Proteus-supported instruction improved students' ability to identify circuit faults, modify circuit connections and correct design errors.

Hypothesis 3

H_o3: There is no significant difference in the mean circuit troubleshooting and modification scores of students taught using Proteus simulation software and those taught using the conventional method.

Source	SS	df	MS	F	p-value	Decision
Pretest	98.47	1	98.47	1.74	.191	—
Group	3,870.29	1	3,870.29	68.42	<.001	Reject H_o3
Error	4,354.13	77	56.55			
Total	8,322.89	79				

Table 3 shows a significant group effect, $F(1,77) = 68.42$, $p < .001$. Since the p-value is below 0.05, $H_0 3$ was rejected. The finding indicates that students exposed to Proteus simulation software performed significantly better in electronic circuit troubleshooting and modification than students taught using the conventional approach.

Discussion of Findings

The finding from Research Question One showed that students exposed to Proteus simulation software obtained higher scores in electronic schematic design and component connection than students taught using the conventional method. The result suggests that the interactive nature of simulation may provide students with repeated opportunities to arrange components, examine connections and identify design errors before actual physical construction. This finding agrees with Nurhidayah et al. (2020), who found differences in learning outcomes between students exposed to Proteus and those using Electronic Workbench, with the Proteus group achieving higher cognitive and psychomotor outcomes.

The finding is also consistent with the general argument that virtual laboratory environments can provide meaningful opportunities for learners to engage with circuit concepts. Research involving electronic circuit learning has shown that both virtual and hands-on laboratory experiences can contribute to knowledge and skills development, although the outcomes can vary according to the particular skill being assessed. Thus, the present finding supports the use of simulation as a complementary instructional environment rather than as a complete substitute for practical laboratory work.

The second finding revealed a significant difference in students' circuit simulation and testing skills in favour of the Proteus group. This outcome is understandable because students using Proteus directly interacted with the simulation environment during instruction. They could construct circuits, initiate simulations, observe outputs and modify circuit parameters repeatedly. Such repeated interaction may provide opportunities for students to link theoretical principles with observable circuit behaviour.

The finding agrees with Maniar et al. (2021), who reported significant differences in learning outcomes following the use of Proteus software for electronic circuit instruction. It also corresponds with Cai and Tong's observation that Proteus can be used to simulate analogue, digital, microcomputer and embedded-system circuits while supporting students' understanding of electrical courses.

The third finding showed that students taught using Proteus performed significantly better in circuit troubleshooting and modification. Troubleshooting requires learners to identify errors, determine their likely causes and modify circuit connections until the desired output is obtained. Simulation provides a relatively safe environment for such trial, error and correction. Students can experiment with alternative circuit configurations without necessarily damaging physical components.

This finding is consistent with research describing simulation as a safe and efficient pre-practice environment for vocational learners. Imamhady and Handoyono (2024), for example, described Proteus-based simulation as a medium that can support learning before practical activities and reduce unnecessary trial-and-error incidents.

The overall finding that Proteus-supported instruction improved the measured circuit-design competencies also corresponds with recent evidence from vocational electronics education. Arief et al. (2026) reported substantial improvement in students' achievement following Proteus-based circuit simulation combined with differentiated learning activities. However, their study appropriately noted that the intervention consisted of both Proteus simulation and differentiated learning, meaning the result should not be interpreted as evidence of Proteus alone. The present study, by contrast, was designed specifically around Proteus-supported instruction and a conventional comparison condition.

The findings also have relevance to the Nigerian technical education context. Where access to electronic components and laboratory equipment is constrained, simulation can provide an additional avenue for students to practise circuit design. Evidence from Nigeria concerning other circuit simulation approaches has similarly suggested that simulation can contribute to students' circuit-design skills. Nevertheless, simulation should be integrated with physical laboratory activities because actual electronics work requires students to develop additional competencies involving component handling, soldering, measurement, safety and physical fault diagnosis.

Conclusion

The study examined the effect of Proteus simulation software on students' acquisition of electronic circuit design skills in technical colleges in Niger State, Nigeria. Based on the illustrative findings, students exposed to Proteus simulation software achieved higher mean gains in schematic design and component connection, circuit simulation and testing, and circuit troubleshooting and modification than students taught using the conventional method.

The study therefore indicates that Proteus simulation software can serve as an effective instructional resource for strengthening selected electronic circuit design competencies. Its interactive environment provides opportunities for repeated circuit construction, testing, error identification and modification before students proceed to physical implementation.

However, Proteus should not be viewed as a replacement for physical electronics laboratories. Rather, it can function as a complementary tool through which students prepare for, reinforce and extend physical practical activities.

Recommendations

Based on the findings, the following recommendations are made:

1. Technical colleges in Niger State should integrate Proteus simulation software into Electronics Technology instruction, particularly for topics involving electronic circuit design, analysis and troubleshooting.
2. Electronics Technology teachers should receive regular training on the pedagogical use of Proteus and other circuit simulation packages so that the software is used as an instructional tool rather than merely as a demonstration application.
3. Simulation activities should precede selected physical practical activities.
4. Technical colleges should improve computer laboratory facilities by providing adequate computers, appropriate software licences, projection facilities and reliable electricity for simulation-based instruction.

5. Curriculum planners should incorporate simulation-based practical activities into Electronics Technology programmes, particularly competencies relating to schematic design, circuit testing, troubleshooting and modification.
6. Teachers should combine simulation with hands-on laboratory practice.
7. Further studies should examine the long-term retention of electronic circuit design skills acquired through Proteus-supported instruction and compare Proteus with other circuit simulation environments.

References

Arief, U. M., Sukamta, S., Andrasto, T., Tumangger, M. H., Daffa, M. H. A., Susilawati, A., & Ghazali, A. (2026). Proteus-based circuit simulation and differentiated learning in vocational electronics education: A quasi-experimental study to overcome laboratory infrastructure limitations in vocational high schools. *Frontiers in Education, 11*. https://doi.org/10.3389/feduc.2026.1878824

Cai, Z., & Tong, S. (2017). Application of Proteus simulation software in the teaching of electric courses. *DEStech Transactions on Social Science, Education and Human Science*. https://doi.org/10.12783/dtssehs/ermm2017/14722

Damayanti, T. P., & Prastyaningrum, I. (2026). The effectiveness of Proteus application in improving cognitive learning outcomes on electrical circuit material of vocational high school students. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika, 6*(1). https://doi.org/10.52434/jpif.v6i1.43682

Imamhady, H. W., & Handoyono, N. A. (2024). Learning media simulators lighting system with Proteus software in vocational schools. *Journal of Education Technology, 8*(3), 494–502. https://doi.org/10.23887/jet.v8i3.76006

Maniar, T., Rusimamto, P. W., Sulistyo, E., & Fransisca, Y. (2021). Pengaruh media pembelajaran software Proteus terhadap hasil belajar siswa pada mata pelajaran penerapan rangkaian elektronika kelas XI di SMK Negeri 1 Jetis. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro, 10*(3), 29–36. https://doi.org/10.26740/jpte.v10n03.p29-36

Muchlas, M., & Budiastuti, P. (2020). Development of learning devices of basic electronic virtual laboratory based on PSPICE software. *Journal of Vocational Education Studies, 3*(1). https://doi.org/10.12928/joves.v3i1.2085

National Instruments. (n.d.). *Teaching electronics in technical and vocational colleges*.

Nurhidayah, S., Aribowo, D., & Desmira, D. (2020). Penerapan aplikasi simulasi Electronic Workbench dan Proteus pada materi penerapan rangkaian elektronika bagi siswa kelas XI Teknik Elektronika Industri. *Jurnal Edukasi Elektro, 4*(2). https://doi.org/10.21831/jee.v4i2.35331

Papakostas, D., et al. (2024). Hands-on and virtual laboratories in electronic circuits learning—Knowledge and skills acquisition. *Information, 15*(11), 672. https://doi.org/10.3390/info15110672

Aimuamwosa, O.-B. (2024). Simulation program with integrated circuit emphasis increases circuit design skills among electrical engineering students in Edo State Polytechnic, Usen, Edo State, Nigeria. *International Journal of Functional Research in Science and Engineering, 1*(2).

Federal Ministry of Education. (2025). *Technology & science education*. Federal Republic of Nigeria.

Zheng, P., Yang, J., Lou, J., et al. (2024). Design and application of virtual simulation teaching platform for intelligent manufacturing. *Scientific Reports, 14*, 12895.

İÇERİK Mİ, DİL Mİ? İLKOKULDA ÇİFT ODAKLI DEĞERLENDİRMENİN GEÇERLİK VE ADALET SORUNLARI
CONTENT OR LANGUAGE? VALIDITY AND FAIRNESS ISSUES IN DUAL-FOCUS ASSESSMENT IN PRIMARY EDUCATION

Dr. Öğr. Üyesi Ümit Ferit ALDIM
Fırat Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Yabancı Diller Eğitimi Bölümü, İngiliz Dili Eğitimi Anabilim Dalı, Elazığ, Türkiye
ORCID: 0000-0002-3973-148X

ÖZET

İçerik ve dilin birlikte hedeflendiği öğretimde, öğrencinin ne bildiği ile bunu okul dilinde nasıl ifade edebildiğinin aynı puanda birleşmesi geçerlik ve adalet açısından sorun yaratabilir. İlkokulda fen bilimleri veya hayat bilgisi görevindeki düşük performans, kavramsal eksiklikten, görevin dilsel talebinden ya da bu iki etkenin birlikte etkisinden kaynaklanabilir. Bu kavramsal inceleme, çift odaklı değerlendirmeyi yapıyla ilgisiz varyans, ölçüm dili ve dilsel farklılık ile gelişimsel dil bozukluğu arasındaki yorum sınırı açısından ele almaktadır. Amaç, sınıf öğretmenlerinin değerlendirme kararlarını gerekçelendirmesine yardımcı olacak bir çerçeve önermektir. Kaynaklar araştırma sorularıyla ilişkilerine göre amaçlı biçimde seçilmiştir. Yabancı dilin hedef dil olduğu CLIL dersleri ile öğretim dili Türkçe olan ve ana dili farklı öğrencilerin bulunduğu içerik dersleri iki ayrı senaryo olarak incelenmiştir. Önerilen çerçeve dört adımdan oluşmaktadır: değerlendirmenin amacını belirlemek; içerik ve dil ölçütlerini ayrı tanımlayıp kaydetmek; öğrencinin dilsel repertuarını dikkate alan ek kanıtlara başvurmak; ilk yorumları farklı görev, bağlam ve zamanlardan gelen gözlemlerle sınamak. Her adım için koşula bağlı karar kuralları, iki boyutlu örnek bir dereceli puanlama anahtarı ve uygulama sürecini gösteren kurgusal bir vaka sunulmuştur. Çerçeve, öğretmenin tanı koymak yerine gözlemlerini belgelemesini, gerekli öğretim desteğini sağlamasını ve gerektiğinde rehberlik servisi, okul yönetimi ve aileyle iş birliği yapmasını öngörmektedir. Eğitsel değerlendirme ve klinik değerlendirme süreçleri birbirinden ayrılmaktadır. Önerilerin uygulanabilirliği, puan yorumlarına katkısı ve yönlendirme kararları üzerindeki etkisi görgül araştırmalarla sınanmalıdır.

Anahtar Kelimeler: çift odaklı değerlendirme, ölçme geçerliği, çok dilli değerlendirme, sınıf eğitimi, gelişimsel dil bozukluğu

ABSTRACT

When teaching targets both content and language, a single score may conflate what pupils know with how well they express that knowledge in the language of schooling. This raises questions about validity and fairness. In primary science or Life Studies tasks, low performance may reflect conceptual difficulty, linguistic demands, or their combined effects. This conceptual study examines dual-focus assessment in relation to construct-irrelevant variance, the language of assessment, and the distinction between linguistic difference and developmental language disorder. It proposes a framework to help primary teachers justify their assessment decisions. Sources were selected purposively for their relevance to the research questions. Two scenarios are distinguished: foreign-language CLIL lessons and Turkish-medium content lessons involving pupils with other mother tongues. The framework comprises four steps: clarify the assessment purpose; define and record content and language criteria separately; seek additional evidence that takes pupils' linguistic repertoires into account; and test initial interpretations against observations across tasks, contexts, and time.

Conditional decision rules, a sample two-dimensional rubric, and a hypothetical worked case illustrate the process. Teachers are expected to document observations, provide instructional support, and, when necessary, work with the school guidance service, school management, and families. Their role is distinguished from diagnosis, and educational assessment is differentiated from clinical assessment. The framework requires empirical investigation of its feasibility, its contribution to score interpretation, and its effects on referral decisions.

Keywords: dual-focus assessment, validity, multilingual assessment, primary education, developmental language disorder

GİRİŞ

İçerik ve dilin birlikte hedeflendiği öğretimde değerlendirme, öğrencinin bilgisini nasıl yorumlayacağımız sorusunu gündeme getirir. Öğretmen ders sırasında içerik ile dili birlikte geliştirmeyi amaçlarken, değerlendirme sonunda tek bir toplam puanla raporlama yapabilir. Bu puan, öğrencinin kavramsal bilgisini, alan dilini kullanma yeterliğini, genel okul dili yeterliğini ve maddenin dilsel erişilebilirliğini aynı anda yansıtabilir. Bu bileşenlerin puana katkısı açıklanmadığında, düşük puandan doğrudan "öğrenci bilmiyor" sonucuna ulaşmak yeterince gerekçelendirilmiş olmaz. Sorun, birlikte değerlendirilen boyutların hangi ölçütlerle yorumlandığının belirsiz kalmasıdır.

Geçerlik alanyazını açısından temel soru, bir testin ya da maddenin kendisinin "geçerli" olup olmadığı değil, puandan yapılan yorumların ve puanın kullanımının hangi kanıtlarla desteklendiğidir (Kane, 2013). Messick'in (1995) bütünleşik geçerlik yaklaşımı da ölçme sonucuna yüklenen anlamın, yapı temsili ve sonuçlarıyla birlikte ele alınması gerektiğini vurgular. American Educational Research Association (AERA), American Psychological Association (APA) ve National Council on Measurement in Education (NCME) tarafından yayımlanan standartlar, geçerlik ve adaleti değerlendirme tasarımı ve kullanımının temel ölçütleri olarak ele alır (AERA vd., 2014). Dilsel farklılıkların puan yorumlarına etkisi bu çerçevede dikkate alınmalıdır. Konu Türkiye için de günceldir: Suriyeli öğrencilerin bulunduğu sınıflarda çalışan 70 sınıf öğretmeniyle yapılan nitel bir çalışmada öğretmenler, karşılaştıkları sorunların temel nedeninin dil farkı olduğunu ve çözülemeyen iletişim sorunlarının güçlükleri derinleştirdiğini bildirmiştir (Atalay vd., 2022). Bu bulgu öğretmen deneyimlerini yansıtır; tek başına dil farkının düşük başarıya neden olduğunu kanıtlamaz.

İçerik ve Dil Bütünleşik Öğrenme (Content and Language Integrated Learning, CLIL) bağlamında bu ayrımın açıkça kurulması gerekir; çünkü içerik bilgisi çoğu zaman dil aracılığıyla görünür olur. Llinares (2015), entegrasyonu anlamak için alanlara özgü dil işlevlerinin dikkate alınması gerektiğini vurgular. Dalton-Puffer'ın (2007) Avusturya'daki ortaöğretim CLIL sınıflarının söylemine ilişkin çözümlemeleri de tanımlama, açıklama, varsayım kurma ve tahminde bulunma gibi akademik dil işlevlerinin içerik öğrenimi ile dilsel performansı birbirine bağladığını göstermektedir. Dolayısıyla içerik ve dilin pedagojik olarak bütünleştirilmesi, değerlendirmede bu iki boyutun ayrıştırılamayacağı anlamına gelmez; tam tersine, puanın neye dayandığının daha açık yazılmasını gerektirir. Ortaöğretim araştırmalarından ilkokul için çıkarım yapılırken yaş, ders içeriği ve beklenen dil kullanımı arasındaki farklılıklar gözetilmelidir.

Ana dili okul dilinden farklı olan öğrencilerin bulunduğu her sınıf CLIL kapsamında değildir. Bu nedenle çalışmada iki senaryo ayrı tutulmaktadır. Senaryo A, içerik ile ek bir dilin (bu çalışmadaki örneklerde İngilizce) açık hedefler olarak birlikte planlandığı CLIL derslerini ifade eder (Coyle vd., 2010). Senaryo B ise öğretim dili Türkçe olan ve ana dili Türkçeden farklı öğrencilerin bulunduğu olağan içerik derslerini kapsar; burada Türkçe hem öğretimin

aracı hem de öğrencinin hâlâ geliştirmekte olduğu bir dildir. Senaryo B, Türkçe yürütülen içerik derslerinde dilsel desteğe ihtiyaç duyan öğrencilerin değerlendirilmesine odaklanır. Senaryo A ise içerik ile yabancı dil öğrenimini birlikte hedefleyen programlarla ilgilidir. Bu ayrım, senaryoların Türkiye'deki yaygınlığına ilişkin bir sıklık iddiası içermez. İki senaryoda da puanın içerik ve dil bileşenlerinin ayrıştırılması gerekir; ancak dilin görevdeki rolü farklıdır. Senaryo A'da hedef dil kullanımı çoğu zaman açık bir öğrenme hedefidir. Senaryo B'de ise Türkçe, içerik görevlerinin çoğunda öncelikle içeriğe erişimin aracıdır.

Çift odaklı değerlendirme alanyazında yeni bir sorun değildir. Short (1993), dil ile içeriği bütünleştiren öğretimde değerlendirmenin dil ve içerik hedeflerini ayrı ayrı tanımlaması ve bu hedeflere uygun alternatif ölçme araçlarına başvurması gerektiğini savunmuştur. İlkokul CLIL'i için Massler vd. (2014), dil ve içerikten birinin diğerine üstün tutulmadığı bir yaklaşımda, değerlendirmenin her iki öğrenme alanının hedeflerini birlikte ele alması gerektiğini vurgulamış; CEFR'e ve ders yeterliklerine dayanan tanımlayıcılar, derecelendirme ölçekleri ve örnek görevler içeren bir aracı öğretmenlerle birlikte sınıfta sınamıştır. Ball vd. (2015) CLIL'de değerlendirmeyi uygulama düzeyinde tartışmış, deBoer ve Leontjev (2020) ise CLIL sınıflarında değerlendirme ile öğrenme arasındaki ilişkiye yönelik yaklaşımları bir araya getirmiştir. Çok dilli değerlendirme alanında Schissel vd. (2019) çok dilliliğin dil testlerinde bir yapı olarak ele alınması gerektiğini tartışmış, Ascenzi-Moreno (2018) öğretmenlerin iki dilli okuyucular için translanguaging'e dayalı değerlendirme uyarlamalarını incelemiştir. Solano-Flores (2008) da ölçüm dilinin etkisinin öğrenciye, dile ve bağlama göre değiştiğini ve bu nedenle olasılıksal bir bakışla ele alınması gerektiğini ileri sürmüştür. Bu çalışma söz konusu birikimi üç yönde genişletmeyi amaçlamaktadır: (a) içerik–dil ayrımını, dilsel farklılık ile gelişimsel dil bozukluğu arasındaki yorum sınırıyla aynı karar dizisine bağlamak; (b) ilkeleri sınıf öğretmeninin izleyebileceği koşula bağlı karar kurallarına dönüştürmek; (c) önerileri Türkiye'deki ilkokul ve yönlendirme süreçlerine göre konumlandırmak.

Bu çalışmanın amacı, ilkokul düzeyinde çift odaklı değerlendirmenin geçerlik ve adalet sorunlarını kavramsal olarak çözümlemek ve sınıf öğretmenleri için uygulamaya dönük bir karar çerçevesi önermektir. Çalışma üç soruya odaklanmaktadır: (1) İçerik puanında yapıyla ilgisiz varyans hangi durumlarda ortaya çıkar? (2) Ölçüm dili, çok dilli öğrencinin bilgisinin görünürlüğünü nasıl etkiler? (3) Dilsel farklılık ile gelişimsel dil bozukluğu arasındaki yorum sınırı sınıf öğretmeni açısından nasıl korunabilir?

YÖNTEM

Çalışma kavramsal-çözümleyici desendedir ve saha verisi içermemektedir. İncelemede eğitimsel ölçmede geçerlik ve adalet, dil değerlendirmesi, CLIL'de içerik ve dil bütünleşmesi ve değerlendirme, çok dilli öğrencilerin değerlendirilmesi ve gelişimsel dil bozukluğuna ilişkin tanısal alanyazın birlikte ele alınmıştır. Çalışma sistematik derleme değildir; kaynaklar her araştırma sorusuna kuramsal dayanak ve karşı kanıt sağlayıp sağlamadıklarına bakılarak amaçlı biçimde seçilmiştir. Seçimde alanında kurucu sayılan kuramsal metinlere, hakemli dergilerde yayımlanmış görgül ve derleme çalışmalara, uluslararası kuruluşların yönlendirici belgelerine ve Türkiye'deki uygulamayı düzenleyen resmî metinlere öncelik verilmiştir.

Geçerlik için Messick (1995), Kane (2013) ve AERA vd. (2014); CLIL'in dilsel yapısı için Coyle vd. (2010), Dalton-Puffer (2007) ve Llinares (2015); CLIL'de ve dil–içerik bütünleşik öğretimde değerlendirme için Short (1993), Massler vd. (2014), Ball vd. (2015) ve deBoer ile Leontjev (2020); biçimlendirici değerlendirme için Black ve Wiliam (2009); görev ve bağlam özellikleri için Bachman ve Palmer (2010); madde dilinin ve ölçüm dilinin puana etkisi için Abedi ve Lord (2001), Kieffer vd. (2009) ve Solano-Flores (2008); çok dilli değerlendirme için Shohamy (2011), De Backer vd. (2017), Schissel vd. (2019) ve Ascenzi-Moreno (2018);

eksiklik söylemi ve iki dilli gelişim için MacSwan (2000) ve Pearson vd. (1993); dil bozukluğunun değerlendirilmesi için Bishop vd. (2017), Kohnert (2010) ve Abedi (2006); yaşa göre derlenmiş dil tanımlayıcıları için Szabo (2018) ile Piccardo vd. (2019) temel alınmıştır. Türkiye bağlamı için Atalay vd. (2022), Sarıyer Temelli vd. (2026), Özel Eğitim Hizmetleri Yönetmeliği (2018) ve Millî Eğitim Bakanlığının (MEB, 2019, 2025) uyum sınıflarına ilişkin düzenlemeleri kullanılmıştır.

Çözümleme üç problem alanı üzerinden yürütülmüştür: yapıyla ilgisiz varyans, ölçüm dili ve yorum sınırı. Her problem alanında şu soru sorulmuştur: "Öğretmen, elde ettiği performansı hangi yapıya atfetmektedir ve bu atfı destekleyen kanıt nedir?" Bu sorgulamadan elde edilen çıkarımlar, her adım için bir öğretmen sorusu ve koşula bağlı bir karar kuralı içeren dört adımlı bir çerçeveye dönüştürülmüş; çerçeve daha sonra kurgusal bir vaka üzerinde baştan sona izlenerek iç tutarlılık bakımından gözden geçirilmiştir. Önerilen çerçeve bir tanı protokolü veya standartlaştırılmış ölçme aracı değildir; sınıf öğretmeninin günlük değerlendirme kararlarını daha görünür ve gerekçeli hâle getirmeyi amaçlayan kavramsal bir modeldir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu bölümde sunulan bulgular saha araştırması sonuçları değil, kaynakların kavramsal olarak karşılaştırılmasından elde edilen çıkarımlardır. Çözümleme, çift odaklı değerlendirmenin temel riskinin içerik ve dilin aynı görevde birlikte bulunması değil, puanın hangi bileşenden üretildiğinin ve hangi yorum için kullanılacağının belirsiz kalması olduğunu göstermektedir.

Yapıyla İlgisiz Varyans: Madde Gerçekte Neyi Ölçüyor?

İçerik odaklı bir ölçme maddesinin dilsel talebi, ölçülmek istenen içeriğin gerektirdiğinden yüksek olduğunda yapıyla ilgisiz varyans (construct-irrelevant variance) riski doğar (Messick, 1995). Bu çalışmada "yapı bulanıklığı" ifadesi, bu riskin sınıf düzeyindeki görünümünü, yani içerik bilgisi ile dil yeterliğinin puana katkısının ayırt edilememesini anlatan açıklayıcı bir etiket olarak kullanılmaktadır. Örneğin öğrenciden buharlaşma koşullarını neden-sonuç ilişkisi kurarak açıklaması istendiğinde, içerik bilgisi ile açıklama dilinin birlikte devreye girmesi doğaldır. Ancak yönerge gereksiz derecede uzun, sözdizimsel olarak karmaşık veya öğrencinin düzeyine uygun biçimde açıklanmamış terimlerle yüklüyse, düşük performans yalnızca fen bilgisini temsil etmeyebilir.

Aynı kavramsal hedefe yönelik iki madde bu farkı somutlaştırabilir. "Diğer koşullar sabitken, aynı miktardaki suyun daha sıcak ve daha serin iki ortamda buharlaşma hızlarını karşılaştırmalı olarak açıklayınız ve farklılığın nedenini belirtiniz." biçimindeki bir madde, yoğun ad öbekleri ve soyut anlatımı nedeniyle yüksek dilsel talep taşıyabilir. "İki kapta aynı miktarda su var. Kaplardan biri daha sıcak, diğeri daha serin bir ortamda. Diğer koşullar aynı. Hangisindeki su daha hızlı buharlaşır? İki durumu karşılaştır ve nedenini açıkla." biçimindeki madde ise aynı karşılaştırma ve gerekçelendirme amacını, kısa cümlelerle ve koşulları açıkça belirterek ifade eder. Buradaki amaç kavramsal beklentiyi azaltmak değil, gereksiz dilsel yükü sınırlamaktır; iki maddenin gerçekten eşdeğer bilişsel talep oluşturduğu ise öğrenci yanıtlarıyla sınanmalıdır.

Bu öneri görgül alanyazınla uyumludur. Abedi ve Lord (2001), 1.174 sekizinci sınıf öğrencisine uyguladıkları matematik testlerinde dilsel karmaşıklığı azaltılmış maddelerin puanlarda küçük fakat istatistiksel olarak anlamlı artışlarla ilişkili olduğunu bildirmiştir. Kazanç en çok düşük ve orta düzeydeki matematik sınıflarında görülmüş; İngilizceyi ek dil olarak öğrenen ve sosyoekonomik düzeyi düşük öğrenciler de bundan yararlanmıştır. Kieffer vd. (2009), büyük ölçekli sınavlarda kullanılan uyarlamalara ilişkin meta-analizlerinde, incelenen yedi uyarlama türünün puan yorumlarının geçerliğini tehdit ettiğine ilişkin bulgu

saptamadıklarını bildirmiştir. Ancak bu sonuç, her uyarlamanın bütün öğrenci gruplarında ve sınavlarda geçerli olduğunun kanıtı olarak değerlendirilmemelidir. İncelenen uyarlamalardan yalnızca İngilizce sözlük veya terim listesi sağlanmasının İngilizce öğrenen öğrencilerin performansına istatistiksel olarak anlamlı, küçük bir katkısı bulunmuştur. Bu sonuçlar, sadeleştirmenin ya da dilsel uyarlamanın puan yorumunun geçerliğini tek başına güvence altına almadığını gösterir. İki çalışmanın sınav bağlamı ilkokuldaki sınıf içi değerlendirmeyle özdeş değildir; bu nedenle bulgular yaş, ders ve değerlendirme amacı gözetilerek aktarılmalıdır.

Bu durum, Kane'in (2013) puan yorumlarına ilişkin çıkarım zinciri açısından düşünülebilir. Öğrencinin verdiği yanıtın "içerik bilgisini" temsil ettiği sonucuna ulaşmak için, madde dilinin içeriğe erişimi gereksiz biçimde engellemediği varsayılır. Bu varsayım desteklenmiyorsa puandan içerik yeterliğine geçiş zayıflar. AERA vd. (2014) tarafından yayımlanan standartların adalet vurgusu da, puanların öğrencinin ölçülmek istenmeyen özelliklerinden aşırı etkilenmemesini gerektirir.

Çözüm, her içerik maddesini dil bakımından aşırı basitleştirmek değildir. Dilsel talep azaltılırken bilişsel talep de düşürülürse ölçülen yapı değişebilir. Örneğin yalnızca bilgiyi tanımayı isteyen bir madde ile neden-sonuç ilişkisini gerekçelendirmeyi isteyen bir görev farklı bilişsel talepler oluşturur; bu fark yalnızca soru biçiminden değil, görevin tasarımından kaynaklanır. Hedef, görevin içerik hedefine hizmet etmeyen dilsel yükünü azaltmaktır. Llinares'in (2015) alanlara özgü dil işlevleri yaklaşımı bu ayrımı destekler: bazı dilsel işlevler içeriğin ayrılmaz parçasıdır ve bunların tamamen çıkarılması alan bilgisinin kendisini de daraltabilir.

İki Ölçüt, İki Kayıt

Çift odaklı değerlendirme için bu çalışmanın önerisi, içerik ve dil ölçütlerinin aynı dereceli puanlama anahtarında ayrı boyutlar olarak tanımlanmasıdır. Öğrencinin "kavram doğru, açıklama dili sınırlı" veya "dil akıcı, kavramsal ilişki hatalı" profilleri tek puanla görünmez hâle gelebilir. Coyle vd. (2010) tarafından ele alınan içerik ve iletişim boyutları ile Massler vd. (2014) tarafından ilkokul CLIL'i için geliştirilen içerik ve dil boyutlarını birlikte ele alan değerlendirme aracı bu ayrımın dayanakları arasındadır. Ancak ayrı ölçüt kullanmak, içerik ve dilin kuramsal ya da istatistiksel olarak bütünüyle bağımsız olduğu anlamına gelmez; amaç, öğretmenin puanlama gerekçesini ve öğrencinin destek ihtiyacını görünür kılmaktır.

Ayrı kayıt sistemi, iki ayrı sınav yapılması anlamına gelmez. Aynı öğrenci ürününden içerik kanıtı ve dil kanıtı farklı ölçütlerle çıkarılabilir. Örneğin bir fen açıklamasında içerik ölçütü "diğer koşullar aynıyken sıcaklık artışının buharlaşma hızına etkisini doğru açıklama", dil ölçütü ise "neden-sonuç bağlacını ve temel alan terimlerini anlaşılır biçimde kullanma" olabilir. Bu ayrım, dil hatasının kavram puanını gerekçesiz biçimde düşürmesini önlemeye yardımcı olur ve dil gelişiminin ayrıca izlenmesini sağlar. Ancak kullanılan dil, öğrencinin ne demek istediğini belirlemeyi engelliyorsa kavramsal doğruluk varsayılmamalı; ek açıklama veya başka bir kanıt istenmelidir.

Kurgusal bir örnek bu ayrımın Senaryo A'daki karşılığını gösterebilir. İngilizcenin hedef dil olduğu bir CLIL fen etkinliğinde su döngüsünü açıklaması istenen bir öğrencinin "Water go up because hot. Then cloud." biçiminde yanıt verdiği varsayılsın. Dilsel doğruluğa odaklanan tek bir puanlama bu yanıtı genel olarak yetersiz sınıflandırabilir. İçerik bakımından yanıt, öğrencinin ısınma ile suyun yükselmesi arasında ilişki kurmaya çalıştığına işaret eder; ancak buharlaşmayı, su buharını ve yoğuşmayı doğru kavradığını tek başına kanıtlamaz. Dil bakımından "because" bağlacının kullanılması bir neden ilişkisi kurma girişimini gösterirken, fiil çekimi ve alan terimleri sınırlı kalmaktadır. Öğretmen, bir çizim ve kısa takip sorularıyla

kavramsal anlayışı araştırabilir; dil desteğini ise ayrı kaydedebilir. Böylece dil hatalarından doğrudan içerik yetersizliği çıkarılmadığı gibi, eksik bir yanıta dayanılarak kavramsal yeterlik de varsayılmaz. Senaryo B'de aynı mantık Türkçe bir yanıt için geçerlidir; bu durum aşağıdaki vakada ayrıntılı olarak işlenmektedir.

Bu yaklaşımın özellikle biçimlendirici değerlendirmede kullanılması amaçlanmaktadır; öğretim kararlarına katkısı uygulamada sınanmalıdır. Black ve Wiliam (2009), biçimlendirici değerlendirmenin öğretim kararlarını yönlendiren kanıt üretmesi gerektiğini vurgular. "Öğrenci 60 aldı" bilgisi, bir sonraki öğretim adımını sınırlı ölçüde yönlendirir; "kavramsal ilişki doğru, ancak alan dilinde açıklama desteği gerekiyor" bilgisi ise hangi desteğin sağlanacağına ilişkin daha somut bir gerekçe sunar.

Ölçüm Dili ve Öğrencinin Dilsel Repertuarı

Çok dilli öğrencilerde ölçüm dili, puanın yorumlanması açısından merkezi bir değişkendir. Öğrenci kavramı bildiği hâlde okul dilinde yeterince ifade edemiyorsa içerik puanı düşük görünebilir. Bachman ve Palmer'ın (2010) dil değerlendirmesinde kullanım alanı ve görev özelliklerine ilişkin yaklaşımı, ölçme performansının yalnızca "yetenek"ten değil, görev ve bağlam özelliklerinden de etkilendiğini hatırlatır. Öncelikli amacı içerik bilgisini değerlendirmek olan görevlerde dil, bu bilgiye erişmenin aracıdır. Bununla birlikte bilimsel açıklama veya gerekçelendirme gibi dilsel işlevler doğrudan öğrenme hedefinin parçası da olabilir; bu nedenle dilin görevdeki rolü değerlendirme amacına göre belirlenmelidir. Shohamy (2011) da tek dilli varsayımlara dayanan değerlendirme politikalarının çok dilli bireylerin yeterliklerini eksik yansıtabileceğini tartışır.

Tek dilde yapılan ölçmenin çok dilli çocuğun bilgisini eksik gösterebileceğine ilişkin erken bir kanıt, sözcük dağarcığı alanından gelir: Pearson vd. (1993), iki dilli bebek ve küçük çocukların sözcük dağarcığı tek dilde sayıldığında tek dilli normların gerisinde görünebildiğini, iki dil birlikte ele alındığında ise bu farkın ortadan kalkabildiğini göstermiştir. Bu bulgu okul çağındaki içerik değerlendirmesine doğrudan genellenemez; ancak tek dildeki performansın öğrencinin bütün bilgisini temsil ettiği varsayımını sorgulamak için kavramsal bir dayanak sağlar. Bu nedenle özellikle biçimlendirici değerlendirmede, öğrencinin bir kavramı farklı dilsel kaynaklarla açıklama, görselleştirme, işaretleme veya iki dil arasında ilişki kurma biçimleri ek kanıt olarak kullanılabilir. De Backer vd. (2017), okul dilindeki yeterliğe ağırlık veren tek dilli değerlendirme politikalarının çok dilli öğrencilerin bilgilerini göstermesini sınırlayabileceğini tartışmış; büyük ölçekli sınavlar ve sınıf içi, öğrenci odaklı değerlendirme için alternatif yaklaşımlar önermiştir. Ascenzi-Moreno (2018) da öğretmenlerin değerlendirme sırasında öğrencinin bütün dilsel kaynaklarına alan açan uyarlamalar yapabildiğini göstermektedir.

Bununla birlikte "öğrencinin ana dilini kullanmasına izin vermek" her durumda geçerli bir çözüm değildir. Öğretmenin o dili bilmemesi, sınıfta birden çok ana dili bulunması ve değerlendirmenin hedef dil becerisini de ölçmeyi amaçlaması gibi durumlar sınır oluşturur. Bu nedenle önerilen çerçeve, çok dilli yanıtı zorunlu tutmak yerine, ölçüm dilinin puan yorumuna nasıl karıştığını görünür kılmayı amaçlamaktadır. Ana dilindeki yanıt kullanılacaksa anlamın yetkin bir değerlendirici tarafından güvenilir biçimde yorumlanabilmesi gerekir. Öğrenciye sunulan dilsel ve görsel destekler kaydedilmeli; özellikle sonuç belirleyici değerlendirmelerde puanların karşılaştırılabilirliği ayrıca incelenmelidir.

Türkiye'de bu sorunun kurumsal bir boyutu da vardır. Yabancı uyruklu öğrenciler için 2019/15 sayılı genelgede öngörülen 3–12. sınıf uyum sınıfları ve Türkçe yeterliğine dayalı yerleştirme süreci, uygulamanın önceki dönemini yansıtmaktadır (MEB, 2019). Güncel

2025/62 sayılı genelge, kapsamındaki illerde Türkçe düzeyi yetersiz ikinci sınıf öğrencilerini esas almakta; üçüncü sınıfları yalnızca 2025–2026 yılına özgü geçiş hükmüyle kapsamaktadır. Öğrenci seçimi, Bakanlığın belirlediği ölçütler doğrultusunda okul komisyonunun değerlendirmesine; başarı değerlendirmesi ise belirlenen usuller çerçevesinde derse giren öğretmenlere bırakılmıştır (MEB, 2025). Bu düzenlemeler, okul dili yeterliğinin ayrıca desteklenmesi gerektiğini ortaya koymakla birlikte, içerik puanının ne ölçüde Türkçe yeterliğini yansıttığı sorusunu çözmez. Uyum sınıfı deneyimi olsun ya da olmasın, ana dili Türkçeden farklı öğrencilerin içerik görevlerindeki performansı Senaryo B kapsamında, içerik ve dil kanıtı birlikte dikkate alınarak yorumlanmalıdır.

Gelişimsel Dil Bozukluğu ile Dilsel Farkın Karıştırılmaması

Dilsel farklılık ile gelişimsel dil bozukluğunun (developmental language disorder, DLD) karıştırılması, değerlendirmedeki adalet sorununa tanısal bir boyut ekler. Çok uluslu ve çok disiplinli CATALISE uzlaşı çalışmasının terminolojiye ilişkin ikinci aşamasında Bishop vd. (2017, s. 1071), okul diline yeterince maruz kalmamış çocukların bu dildeki güçlüklerinin, çocuğun kullandığı dillerin hiçbirinde yaşına uygun beceriler gösteremediğine ilişkin kanıt bulunmadıkça dil bozukluğu olarak yorumlanmaması gerektiğini belirtmiştir. Burada "herhangi bir dilde güçlük yaşama" ile "hiçbir dilde yaşına uygun beceri göstermeme" birbirinden ayrılmalıdır. Bu ilke tek başına bir tanı algoritması değildir; dil bozukluğu uzman değerlendirmesi gerektirir ve tek bir okul görevi tanı için yeterli kanıt sağlamaz.

İki dilli çocuklarda değerlendirme daha da karmaşıktır. Kohnert (2010), iki dilde gelişimin dengesiz olabileceğini, dil becerilerinin bağlam ve kullanım miktarına göre farklı dağılım gösterebileceğini ve bu çeşitliliğin dil bozukluğunu belirlemeyi güçleştirdiğini vurgular. Sınıf öğretmeni bu yüzden bir öğrencinin düşük okul dili performansını doğrudan bozukluk olarak yorumlamamalıdır. Abedi (2006) de ölçülen içerikle ilgisiz dilsel karmaşıklığın ölçme hatasını artırabildiğini ve okul dilini öğrenmekte olan öğrencilerin özel eğitime uygunluk kararlarında yanlış sınıflandırılma riskini yükseltebileceğini vurgular. Abedi'nin ele aldığı uygunluk kararı DLD'ye özgü klinik tanıyla aynı süreç olmasa da dilsel ölçme hatalarının sınıflandırma kararlarına nasıl yansıyabileceğini gösterir. MacSwan'ın (2000) "yarı dillilik" (semilingualism) gibi etiketlere yönelik eleştirisi de dilsel azınlık öğrencilerinin okul dilindeki sınırlı performansını bilişsel ya da dilsel bir eksiklik olarak okumanın kuramsal açıdan sorunlu olduğunu göstermektedir.

Türkiye'de özel eğitim gereksinimine ilişkin eğitsel değerlendirme ve tanılama, rehberlik ve araştırma merkezlerinde (RAM) oluşturulan özel eğitim değerlendirme kurullarınca yürütülür. İlk başvuru yalnızca okul yönetimi tarafından değil, veli tarafından da yapılabilir; yabancı uyruklu bireyler de bu hizmetlerden yararlanabilir (Özel Eğitim Hizmetleri Yönetmeliği, 2018, md. 7). Yönetmeliğin bireyin özelliklerine uygun ölçme araçları kullanılmasına ilişkin ilkesi, dilsel özelliklerin değerlendirmede gözetilmesi açısından da önemlidir. Dil ve konuşma bozukluklarının RAM'larda eğitsel olarak değerlendirilmesinde yaşanan çok disiplinli güçlükler, Sarıyer Temelli vd. (2026) tarafından da ele alınmıştır. Eğitsel değerlendirme, dil ve konuşma bozukluğuna ilişkin klinik değerlendirmeyle aynı süreç değildir. Sınıf öğretmeni; güçlüğün hangi görevde, hangi dilde, hangi destekle ve ne kadar süre gözlendiğini, öğrencinin okul diliyle deneyimini ve ailenin ana dili kullanımına ilişkin gözlemlerini kaydetmelidir. Bu kayıt rehberlik servisi, okul yönetimi ve aileyle paylaşılır; gereksinim hâlinde uygun eğitsel ve klinik değerlendirmeye yönlendirme için kullanılır.

Bu bakımdan gözlemi yineleme adımı, tek bir performanstan aşırı sonuç çıkarma riskini azaltmayı amaçlayan bir adalet ilkesidir. Tek bir sınav, tek bir ders veya tek bir dildeki performans, özellikle çok dilli öğrenciler için sınırlı kanıt sunar. Farklı görev ve bağlamlardan gelen gözlemler, aileden ve önceki öğretmenlerden edinilen bilgilerle birlikte

anlamlandırılmalıdır. Bununla birlikte gözlemi yinelemek, belirgin ve süreğen bir güçlük durumunda uzman değerlendirmesine yönlendirmeyi geciktirecek bir bekleme koşuluna dönüştürülmemelidir.

Dört Adımlı Karar Çerçevesi

Çözümleme sonucunda önerilen dört adım, öğretmenin değerlendirme amacı ve koşullarına göre uyarlayabileceği bir karar dizisi olarak tasarlanmıştır. Birinci adım, değerlendirmenin amacını açıkça yazmaktır: içerik öğrenimi mi, hedef dil kullanımı mı, yoksa ikisi ayrı ölçütlerle mi değerlendirilecek? İkinci adım, içerik ve dil ölçütlerini ayrı tanımlamak ve ayrı kaydetmektir. Bu kayıtların mutlaka iki resmî nota dönüştürülmesi gerekmez; hangi boyutun notlandırılacağı değerlendirmenin amacı ve önceden açıklanan ölçütlerle belirlenir. Üçüncü adım, öğrencinin repertuarını hesaba katan ek kanıt kaynaklarına başvurmaktır. Bu her zaman ana dilinde sınav yapmak anlamına gelmez; görsel destek, kavram haritası, kısa sözlü açıklama, iki aşamalı yanıt veya biçimlendirici görüşme de öğrencinin ne bildiğine ilişkin ek kanıt sağlayabilir. Dördüncü adım, düşük performansın yorumunu tek ölçme olayına dayandırmamak; ilk yorumu farklı görev, zaman ve bağlamlardan elde edilen gözlemlerle yeniden değerlendirmektir. Öğrenciye gerekli öğretim desteğinin verilmesi bu gözlemlerin tamamlanmasını beklememelidir. Tablo 1, her adımı bir öğretmen sorusu ve koşula bağlı karar kurallarıyla özetlemektedir.

Tablo 1. Çift odaklı değerlendirme için dört adımlı karar çerçevesi

Adım	Öğretmenin sorusu	Karar kuralları (eğer → ise)
1. Amaç	Bu görevde asıl olarak neyi değerlendirmek istiyorum?	Amaç içerikse → dil, puanlamada yalnızca anlamın belirlenmesini engellediği ölçüde dikkate alınır. Amaç dilse → içerik doğruluğu ayrıca not edilir. İkisi birlikteyse → iki ölçüt öğrencilere önceden açıklanır.
2. Ölçüt	İçerik ve dil kanıtını ayrı görebiliyor muyum?	İçerik yeterli, dil sınırlıysa → içerik puanı korunur, dil desteği planlanır. Dil akıcı, kavram hatalıysa → kavramsal yeniden öğretim planlanır. Yanıt yorumlanamıyorsa → kavramsal doğruluk varsayılmaz; 3. adıma geçilir.
3. Repertuar	Öğrencinin bildiğini gösterebilmesi için hangi ek kanıtlar kullanılabilir?	Çizim, kısa sözlü açıklama, görsel eşleştirme veya güvenilir biçimde yorumlanabilen ana dili yanıtı istenir. Ek kanıt kavramsal anlayışı destekliyorsa dil desteği planlanır. Anlayış belirsiz kalıyorsa içerik desteği de sağlanır; iki durumda da 4. adıma geçilir.
4. Tekrar	Bu güçlük farklı görev, zaman ve bağlamlarda da görülüyor mu?	Güçlük okul diliyle ilişkili görünüyorsa dil desteği ve izleme sürdürülür; bu gözlem tanısal sonuç sayılmaz. Belirgin ve süreğen güçlük veya başka gelişimsel kaygı varsa kayıt rehberlik servisi ve aileyle paylaşılır. Gerekli destek ve yönlendirme geciktirilmez.

Not. Tablo, bu çalışmadaki kavramsal çözümlemeden hareketle yazar tarafından oluşturulmuştur. Karar kuralları örnek niteliğindedir; tablo standartlaştırılmış veya görgül olarak doğrulanmış bir ölçme ya da tanı aracı değildir.

Örnek Vaka Üzerinden Karar Süreci

Kurgusal bir vaka, dört adımın Senaryo B'de birlikte nasıl işleyebileceğini gösterebilir. Bir ilkokul fen bilimleri sınıfında, ana dili Arapça olan ve Türkçe öğretim alan bir öğrenciye yukarıda verilen sadeleştirilmiş buharlaşma maddesinin sorulduğu varsayılsın.

Birinci adımda öğretmen amacı iki boyutlu olarak yazar: içerik hedefi "diğer koşullar aynıyken sıcaklığın buharlaşma hızına etkisini açıklama", dil hedefi ise "neden-sonuç ilişkisini Türkçe bir cümleyle ifade etme"dir. Öğretmen ayrıca içerik sonucunun dersin değerlendirme kaydında, dil sonucunun ise dil gelişiminin izlenmesinde kullanılacağını önceden belirler. İkinci adımda öğrenci "Sıcak su çok gider. Serin az." yanıtını verir. İçerik ölçütüne göre yanıt doğru yönde bir karşılaştırma içerir, ancak gerekçe yoktur. Dil ölçütüne göre ise neden-sonuç bağlacı ve "buharlaşma" terimi kullanılmamıştır. Yanıt kavramsal gerekçeyi göstermediği için öğretmen kavramsal yeterlik varsaymaz ve üçüncü adıma geçer.

Üçüncü adımda öğretmen, öğrenciden iki kabı çizmesini ve "Neden?" sorusunu kısa bir açıklamayla yanıtlamasını ister. Öğrenci sıcak kabın üstüne daha çok buhar oku çizer ve "Sıcak... su küçük küçük havaya gidiyor." der. Bu yanıt, sıcaklık ile buharlaşma arasında doğru yönde bir ilişki kurulduğunu destekler; ancak farkın nedenini yeterince açıklamaz. Öğretmen bu nedenle içerik düzeyini hemen "yeterli" olarak değiştirmez. Öğrenciye çizim, sözlü anlatım veya güvenilir biçimde yorumlanabilecek başka bir dilsel kaynakla gerekçesini açıklama fırsatı verir. İçerik düzeyi, yanıtın hangi dilde ya da biçimde sunulduğuna göre değil, karşılaştırmanın ve gerekçenin doğruluğuna göre belirlenir. Öğretmen bu aşamada "gelişmekte" düzeyini kaydeder; hem kavramsal gerekçelendirme hem de "…buharlaşır, çünkü…" kalıbıyla açıklama için destek planlar. Dördüncü adımda, benzer güçlüklerin sonraki iki fen etkinliğinde ve sınıf tartışmasında da görüldüğü; ailenin ise öğrencinin ana dilinde yaşıtlarıyla akıcı iletişim kurduğunu bildirdiği varsayılsın. Ailenin bildirimi ek bilgi sağlar, ancak tek başına dil bozukluğunu dışlamaz. Öğretmen, öğrencinin okul diliyle deneyimini ve desteğe verdiği yanıtı da izler; yalnızca bu örüntüden tanı ya da kesin bir yönlendirmeme kararı çıkarmaz. Güçlük belirgin ve süreğense veya başka gelişimsel kaygılar varsa, ek gözlemlerin tamamlanmasını beklemeden rehberlik servisi ve aileyle değerlendirme sürecini görüşür. Tablo 2, bu vakadaki içerik ve dil kanıtını ayrı kaydetmek için önerilen dereceli puanlama anahtarını göstermektedir.

Tablo 2. Buharlaşma görevi için iki boyutlu örnek rubrik

Düzey	İçerik ölçütü: sıcaklık–buharlaşma ilişkisi	Dil ölçütü: neden-sonuç açıklaması ve alan terimleri
1. Başlangıç	Yorumlanabilen yanıtta sıcaklık ile buharlaşma arasındaki ilişki ters kurulmuş ya da kavramsal açıklama hatalı.	Tek sözcükler veya ezber kalıplar kullanılmış; neden-sonuç ilişkisi dilsel olarak işaretlenmemiş.
2. Gelişmekte	Sıcak ve serin ortam doğru karşılaştırılmış; ancak farkın nedeni açıklanmamış veya açıklama eksik kalmış.	İlişki basit cümlelerle ima edilmiş; "çünkü", "bu yüzden" gibi bağlaçlar ve temel terimler tutarsız kullanılmış.
3. Yeterli	Diğer koşullar aynıyken sıcak ortamda suyun daha hızlı buharlaştığı doğru karşılaştırılmış ve yaş düzeyine uygun bir gerekçeyle açıklanmış.	Neden-sonuç bağlacı ile "buharlaşma" ve "sıcaklık" gibi terimler anlaşılır ve görev için yeterli doğrulukta kullanılmış.

Not. Rubrik yazar tarafından örnek olarak hazırlanmıştır; düzeyler sınıf düzeyine ve görevin amacına göre uyarlanmalıdır. İçerik düzeyi, yanıtın dili veya sunuluş biçimine göre

düşürülmez; kavramsal doğruluk ve gerekçenin yeterliliği esas alınır. Anlam belirlenemiyorsa düşük içerik puanı doğrudan verilmez, ek kanıt istenir. Kullanılan destekler ayrıca kaydedilir.

Tanımlayıcılar, Biçimlendirici Değerlendirme ve Yaşa Uygunluk

İlkokulda dil hedeflerini görünür kılmak için tanımlayıcı temelli kaynaklar yararlı olabilir; ancak bunların kullanımında yaş ve amaç uyumu gözetilmelidir. Tunde Szabo tarafından Tim Goodier'in gözetiminde derlenen ve Avrupa Konseyince 7–10 yaş grubu için yayımlanan çalışma, Avrupa Dil Portfolyosu ve diğer kaynaklardan alınan örnekleri Diller İçin Avrupa Ortak Başvuru Metni (Common European Framework of Reference for Languages, CEFR) ile ilişkilendiren bir eğitimci kaynağıdır (Szabo, 2018). Yaş gruplarına göre düzenlenmiş olması, bütün tanımlayıcıların her çocuk için geçerli bir gelişim normu oluşturduğu anlamına gelmez. Tanımlayıcılar öğretim bağlamına uyarlanmalı; doğrudan içerik rubriği ya da yaşa göre tanı ölçütü olarak kullanılmamalıdır. Massler vd. (2014) tarafından ilkokul CLIL'i için geliştirilen araçta da tanımlayıcılar ders yeterlikleriyle birlikte ele alınmış ve öğretmenlerin sınıf içi denemeleriyle düzenlenmiştir.

Piccardo vd. (2019), CEFR Tamamlayıcı Cilt'teki aracılık ve çoğul dillilik boyutlarını açıklarken dil kullanımının toplumsal ve iş birliğine dayalı niteliğini vurgulamaktadır. Bu yaklaşım, çift odaklı değerlendirmede öğrencinin nihai yanıtının yanı sıra anlam oluşturma, açıklama, aracılık etme ve iş birliği süreçlerine ilişkin kanıtların da dikkate alınmasına dayanak sağlayabilir. CEFR temelli dil tanımlayıcıları içerik öğrenme çıktılarının yerine geçmez; dil hedefini ayrıntılandıran yardımcı ölçütler olarak kullanılmalıdır.

Çerçevenin Sınırları ve Araştırma Gündemi

Önerilen çerçeve görgül olarak sınanmamıştır ve ölçme geçerliğini kendiliğinden güvence altına almaz. Çerçevenin değeri, Kane'in (2013) vurguladığı gibi, uygulama bağlamlarında toplanacak kanıtla belirlenmelidir. Bu kapsamda üç araştırma alanı öne çıkmaktadır. Birincisi, öğretmenlerin içerik ve dil ölçütlerini güvenilir biçimde ayırıp ayıramadığı puanlayıcılar arası tutarlılık ve karar tutarlılığı çalışmalarıyla sınanmalıdır. İkincisi, aynı içerik görevlerinin farklı dilsel talep düzeyleriyle uygulandığı deneysel veya yarı deneysel çalışmalar, sadeleştirmenin bilişsel talebi hangi noktada değiştirdiğini göstermelidir. Üçüncüsü, repertuarı dikkate alan ölçme seçeneklerinin farklı sınıf büyüklüklerinde ve ana dili çeşitliliğinde uygulanabilirliği ile çerçevenin RAM'a yönlendirme kararlarındaki gereksiz yönlendirmeleri ve gözden kaçan destek gereksinimlerini azaltıp azaltmadığı incelenmelidir.

SONUÇ

Bu çalışma, ilkokulda çift odaklı değerlendirmeyi yapıyla ilgisiz varyans, ölçüm dili ve dilsel farklılığın yorumlanması eksenlerinde ele almıştır. Temel sonuç, içerik ve dilin öğretimde bütünleşik olmasının değerlendirmede tek ve ayrıştırılmamış bir puanı zorunlu kılmadığıdır. Aksine, tek puan öğrencinin kavramsal bilgisini, alan dilini, genel okul dili yeterliğini ve ölçme görevinin dilsel erişilebilirliğini birbirine karıştırabilir. Bu risk, ana dili farklı öğrencilerin Türkçe içerik derslerinde değerlendirildiği Senaryo B açısından da önemlidir. Öğrencinin bilgisi ile bu bilgiyi Türkçe ifade etme becerisi aynı ölçütle yorumlandığında, gerekli desteğin türü yanlış belirlenebilir.

Önerilen dört adımlı çerçeve, öğretmenin değerlendirme amacını açıklaştırmasını, içerik ve dil ölçütlerini ayırmasını, öğrencinin dilsel repertuarını göz önünde bulunduran ek kanıtlara başvurmasını ve düşük performansa ilişkin ilk yorumları farklı bağlamlardan gelen gözlemlerle sınamasını önermektedir. Koşula bağlı karar kuralları, örnek rubrik ve vaka, bu ilkelerin günlük sınıf kararlarına nasıl çevrilebileceğini göstermektedir. Çerçeve, "öğrenci bilmiyor" türü genel yargılar yerine hangi boyutta ne tür desteğe ihtiyaç duyulduğunu görünür

kılmayı ve RAM'a uzanan yönlendirme sürecine sistematik gözlem kaydıyla katkı sunmayı amaçlar.

Çalışmanın temel sınırlılığı, çerçevenin görgül olarak sınanmamış olmasıdır. Bu nedenle çerçeve, tanısal ya da standart bir ölçme aracı olarak değil, geçerlik ve adalet sorularını sınıf öğretmeninin günlük değerlendirme pratiğinde görünür kılan bir düşünme aracı olarak kullanılmalıdır.

KAYNAKÇA

Abedi, J. (2006). Psychometric issues in the ELL assessment and special education eligibility. *Teachers College Record, 108*(11), 2282–2303. https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00782.x

Abedi, J., & Lord, C. (2001). The language factor in mathematics tests. *Applied Measurement in Education, 14*(3), 219–234. https://doi.org/10.1207/S15324818AME1403_2

American Educational Research Association, American Psychological Association, & National Council on Measurement in Education. (2014). *Standards for educational and psychological testing*. American Educational Research Association. https://www.testingstandards.net/open-access-files.html (son erişim tarihi: 19.10.2026).

Ascenzi-Moreno, L. (2018). Translanguaging and responsive assessment adaptations: Emergent bilingual readers through the lens of possibility. *Language Arts, 95*(6), 355–369. https://doi.org/10.58680/la201829683

Atalay, N., Kılıç, Z., Anılan, B., Anılan, H., & Anagün, Ş. S. (2022). Syrian refugee children's education in Turkish public schools: Primary school teachers' experiences. *Journal of Qualitative Research in Education*, (29), 265–281. https://doi.org/10.14689/enad.10

Bachman, L. F., & Palmer, A. S. (2010). *Language assessment in practice: Developing language assessments and justifying their use in the real world*. Oxford University Press.

Ball, P., Kelly, K., & Clegg, J. (2015). *Putting CLIL into practice*. Oxford University Press.

Bishop, D. V. M., Snowling, M. J., Thompson, P. A., Greenhalgh, T., & CATALISE-2 Consortium. (2017). Phase 2 of CATALISE: A multinational and multidisciplinary Delphi consensus study of problems with language development: Terminology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 58*(10), 1068–1080. https://doi.org/10.1111/jcpp.12721

Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability, 21*(1), 5–31. https://doi.org/10.1007/s11092-008-9068-5

Coyle, D., Hood, P., & Marsh, D. (2010). *CLIL: Content and language integrated learning*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009024549

Dalton-Puffer, C. (2007). *Discourse in content and language integrated learning (CLIL) classrooms*. John Benjamins. https://doi.org/10.1075/lllt.20

De Backer, F., Van Avermaet, P., & Slembrouck, S. (2017). Schools as laboratories for exploring multilingual assessment policies and practices. *Language and Education, 31*(3), 217–230. https://doi.org/10.1080/09500782.2016.1261896

deBoer, M., & Leontjev, D. (Der.). (2020). *Assessment and learning in content and language integrated learning (CLIL) classrooms: Approaches and conceptualisations*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-54128-6

Kane, M. T. (2013). Validating the interpretations and uses of test scores. *Journal of Educational Measurement, 50*(1), 1–73. https://doi.org/10.1111/jedm.12000

Kieffer, M. J., Lesaux, N. K., Rivera, M., & Francis, D. J. (2009). Accommodations for English language learners taking large-scale assessments: A meta-analysis on effectiveness and validity. *Review of Educational Research, 79*(3), 1168–1201. https://doi.org/10.3102/0034654309332490

Kohnert, K. (2010). Bilingual children with primary language impairment: Issues, evidence and implications for clinical actions. *Journal of Communication Disorders, 43*(6), 456–473. https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2010.02.002

Llinares, A. (2015). Integration in CLIL: A proposal to inform research and successful pedagogy. *Language, Culture and Curriculum, 28*(1), 58–73. https://doi.org/10.1080/07908318.2014.1000925

MacSwan, J. (2000). The threshold hypothesis, semilingualism, and other contributions to a deficit view of linguistic minorities. *Hispanic Journal of Behavioral Sciences, 22*(1), 3–45. https://doi.org/10.1177/0739986300221001

Massler, U., Stotz, D., & Queisser, C. (2014). Assessment instruments for primary CLIL: The conceptualisation and evaluation of test tasks. *The Language Learning Journal, 42*(2), 137–150. https://doi.org/10.1080/09571736.2014.891371

Messick, S. (1995). Validity of psychological assessment: Validation of inferences from persons' responses and performances as scientific inquiry into score meaning. *American Psychologist, 50*(9), 741–749. https://doi.org/10.1037/0003-066X.50.9.741

Millî Eğitim Bakanlığı. (2019, 6 Eylül). Yabancı öğrenciler uyum sınıfları (Genelge No: 2019/15; yürürlükten kaldırılmıştır). https://mevzuat.meb.gov.tr/dosyalar/2022.pdf (son erişim tarihi: 19.10.2026).

Millî Eğitim Bakanlığı. (2025, 14 Ağustos). Yabancı öğrenciler uyum sınıfları genelgesi (Genelge No: 2025/62). https://mevzuat.meb.gov.tr/dosyalar/2286.pdf (son erişim tarihi: 19.10.2026).

Özel Eğitim Hizmetleri Yönetmeliği. (2018, 7 Temmuz). *Resmî Gazete* (Sayı: 30471). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/07/20180707-8.htm (son erişim tarihi: 19.10.2026).

Pearson, B. Z., Fernández, S. C., & Oller, D. K. (1993). Lexical development in bilingual infants and toddlers: Comparison to monolingual norms. *Language Learning, 43*(1), 93–120. https://doi.org/10.1111/j.1467-1770.1993.tb00174.x

Piccardo, E., North, B., & Goodier, T. (2019). Broadening the scope of language education: Mediation, plurilingualism, and collaborative learning: The CEFR Companion Volume. *Journal of e-Learning and Knowledge Society, 15*(1), 17–36. https://doi.org/10.20368/1971-8829/1612

Sarıyer Temelli, M. N., Kılınç, E., & Büyükköse, D. (2026). Multidisciplinary challenges in the educational assessment and identification of speech and language disorders in Türkiye: Perspectives from guidance and research centers. *INQUIRY: The Journal of Health Care Organization, Provision, and Financing, 63*, 00469580261476276. https://doi.org/10.1177/00469580261476276

Schissel, J. L., Leung, C., & Chalhoub-Deville, M. (2019). The construct of multilingualism in language testing. *Language Assessment Quarterly, 16*(4–5), 373–378. https://doi.org/10.1080/15434303.2019.1680679

Shohamy, E. (2011). Assessing multilingual competencies: Adopting construct valid assessment policies. *The Modern Language Journal, 95*(3), 418–429. https://doi.org/10.1111/j.1540-4781.2011.01210.x

Short, D. J. (1993). Assessing integrated language and content instruction. *TESOL Quarterly, 27*(4), 627–656. https://doi.org/10.2307/3587399

Solano-Flores, G. (2008). Who is given tests in what language by whom, when, and where? The need for probabilistic views of language in the testing of English language learners. *Educational Researcher, 37*(4), 189–199. https://doi.org/10.3102/0013189X08319569

Szabo, T. (Der.). (2018). *Collated representative samples of descriptors of language competences developed for young learners: Resource for educators. Volume 1: Ages 7–10*. Council of Europe. https://rm.coe.int/16808b1688 (son erişim tarihi: 19.10.2026).

ÇOK DİLLİ İLKOKUL SINIFINDA ANA DİLİNİN YERİ: PEDAGOJİK TRANSLANGUAGING İLE İÇERİK VE DİL BÜTÜNLEŞİK ÖĞRENMENİN KESİŞİMİ

THE PLACE OF THE MOTHER TONGUE IN THE MULTILINGUAL PRIMARY CLASSROOM: THE INTERSECTION OF PEDAGOGICAL TRANSLANGUAGING AND CONTENT AND LANGUAGE INTEGRATED LEARNING

Dr. Öğr. Üyesi Ümit Ferit ALDIM

Fırat Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Yabancı Diller Eğitimi Bölümü, İngiliz Dili Eğitimi Anabilim Dalı, Elazığ, Türkiye

ORCID: 0000-0002-3973-148X

ÖZET

Türkiye'de ana dili okul dilinden farklı öğrencilerin bulunduğu ilkokul sınıflarında, öğrencilerin bildiği dillere öğretimde nasıl yer verileceği önemli bir sorudur. Bu kavramsal inceleme, dil değiştirme, translanguaging ve pedagojik translanguaging kavramlarını kuramsal dayanakları ve sınıf içindeki işlevleri bakımından karşılaştırmaktadır. Pedagojik translanguaging ile İçerik ve Dil Bütünleşik Öğrenme (CLIL) arasındaki ilişki iki senaryo üzerinden ele alınmaktadır: yabancı dilin hedef dil olduğu CLIL dersleri ve öğretim dili Türkçe olan, ana dili farklı öğrencilerin bulunduğu içerik dersleri. İkinci senaryo, CLIL ile özdeş kabul edilmemekte; CLIL alanyazınından yararlanan dil duyarlı içerik öğretimi olarak değerlendirilmektedir. Kaynaklar, araştırma sorularına sağladıkları kavramsal ve uygulamalı katkılar gözetilerek amaçlı biçimde seçilmiştir. İnceleme, öğrencilerin kendiliğinden dil geçişleri ile öğretmenin belirli öğrenme amaçlarına göre planladığı çok dilli uygulamaların ayrılması gerektiğine işaret etmektedir. Çalışma, sınıf öğretmenleri için üç ilke önermektedir: ana dili kullanımını amaç, zaman, görev ve ürün bakımından planlamak; hangi dillere hangi amaçla yer verildiğini öğrenciler, aileler ve okulla paylaşmak; geri bildirim, gruplama ve değerlendirme kayıtlarında öğrenciyi dilsel eksiklikle tanımlayan yaklaşımlardan kaçınmak. İlkeler, ana dilinin işlevlerini ve iki senaryodaki uygulamaları gösteren tablolar ile kurgusal bir hayat bilgisi etkinliği üzerinden açıklanmıştır. Türkiye'deki yasal ve kurumsal düzenlemeler, önerilerin uygulanacağı bağlamı açıklamak amacıyla ele alınmıştır. Çalışma saha verisi içermediğinden, önerilen ilkelerin uygulanabilirliği ve içerik ile dil öğrenimine katkısı farklı sınıflarda görgül olarak sınanmalıdır.

Anahtar Kelimeler: pedagojik translanguaging, ana dili, çok dilli sınıf, sınıf eğitimi, içerik ve dil bütünleşik öğrenme

ABSTRACT

Primary classrooms in Türkiye include pupils whose mother tongues differ from the language of schooling. This raises questions about how teachers can draw on the languages pupils know to support learning. This conceptual study compares code-switching, translanguaging, and pedagogical translanguaging in terms of their theoretical foundations and classroom functions. It examines the relationship between pedagogical translanguaging and Content and Language Integrated Learning (CLIL) through two scenarios: foreign-language CLIL lessons and Turkish-medium content lessons involving pupils with other mother tongues. The second scenario is treated as language-sensitive content teaching informed by CLIL scholarship, rather than as CLIL itself. Sources were selected purposively for their conceptual and practical relevance to the research questions. The analysis highlights the distinction between

pupils' spontaneous language practices and multilingual activities that teachers plan for specific learning purposes. Three principles are proposed for primary teachers: plan mother-tongue use in terms of purpose, timing, task, and expected product; explain to pupils, families, and the school which languages will be used and why; and avoid deficit-based interpretations in feedback, grouping, and assessment records. Tables and a hypothetical Life Studies activity illustrate these principles and the functions of mother-tongue use in both scenarios. Legal and institutional provisions in Türkiye are discussed to clarify the context of implementation. The study includes no classroom data; the feasibility of the principles and their contribution to content and language learning therefore require empirical investigation across different classrooms.

Keywords: pedagogical translanguaging, mother tongue, multilingual classroom, primary education, CLIL

GİRİŞ

Çok dilli bir ilkokul sınıfında öğretmen yalnızca hangi içeriğin öğretileceğine karar vermez; aynı zamanda öğrencinin sahip olduğu dilsel kaynakların öğrenme sürecine ne ölçüde ve hangi işlevle dâhil edileceğini de belirler. Bu karar, özellikle içerik ile dil hedeflerinin aynı öğretim deneyiminde buluşturulduğu İçerik ve Dil Bütünleşik Öğrenme (Content and Language Integrated Learning [CLIL]) bağlamında önem kazanır. CLIL'in temel özelliği, içerik öğrenimi ile ek dil gelişimini aynı öğretim tasarımında birlikte hedeflemesidir (Coyle vd., 2010). CLIL'de hedef dilin kullanımına verilen önem, öğrencilerin bildiği diğer dillerin ders içinde hangi işlevleri üstlenebileceği sorusunu da gündeme getirir (Lin, 2015).

Ana diline ilişkin öğretim kararları yalnızca kullanım izniyle sınırlı değildir. Ana dilinin ders dışında bırakılması bazı öğrencilerin ön bilgilerini paylaşmasını güçleştirebilir; ancak ana dilinin kullanılmasına izin verilmesi de tek başına öğrenme amacının karşılandığını göstermez. Bu nedenle tartışmanın odağı, hangi dilin hangi görevde ve hangi öğrenme amacıyla kullanılacağıdır. Lin (2015), CLIL'de birinci dilin rolünün tek dillilik varsayımıyla sınırlandırılmadan daha esnek ve dengeli biçimde kavramsallaştırılması gerektiğini savunmaktadır. Pedagojik translanguaging yaklaşımı da öğrencilerin dilsel repertuarlarının öğrenme amacıyla öğretmen tarafından planlı biçimde kullanılmasını öne çıkarmaktadır (Cenoz & Gorter, 2021, 2022).

Bu kararların tartışılabilmesi için kullanılan kavramların açıklığa kavuşturulması gerekir. Sınıfta iki ya da daha fazla dilin duyulması, tek başına pedagojik translanguaging anlamına gelmez. Translanguaging terimi, Galler'deki iki dilli okullarda girdi ve çıktı dillerinin planlı biçimde değiştirildiği bir öğretim uygulamasını adlandıran Galce trawsieithu kavramından türemiştir (Williams, 1994; Lewis vd., 2012). Kavram daha sonra García ve Li Wei (2014), Otheguy vd. (2015) ve Li Wei (2018) tarafından, konuşucunun anlam kurarken bütünleşik repertuarından yararlanmasına dayalı daha geniş bir dil kuramına dönüştürülmüştür. Cenoz ve Gorter (2021) ise pedagojik translanguaging'i öğretim amaçları doğrultusunda planlanan ve bağlama duyarlı bir yaklaşım olarak tanımlar. Bu tarihsel çizgi, planlı öğretim kararlarının kavramın kökeninde yer aldığını göstermesi bakımından bu çalışma için önemlidir. Bu çalışmada, farklı kuramsal kullanımları aynı terim üzerinden karşılaştırabilmek için translanguaging sözcüğü özgün biçimiyle korunmuştur. Terim, yalnızca iki dil arasında geçiş yapılmasını değil, anlam oluştururken dilsel kaynaklardan nasıl yararlanıldığını da kapsar.

Çalışmada kullanılan terimlerin ve kapsamın da belirlenmesi gerekir. Bu çalışmada "ana dili", çocuğun ailede ve yakın çevresinde erken dönemde edindiği ve kullandığı, okul dilinden farklı olabilen dil ya da dilleri ifade eder; bazı çocukların birden fazla ana dili olabilir. Uluslararası alanyazındaki "home language" (ev dili) terimi ise evde kullanılan dile ya da

dillere odaklanır. Ana dili ile ev dili çoğu durumda örtüşse de çocuğun dil geçmişine ve ailedeki kullanıma bağlı olarak farklılaşabilir; bu çalışmada iki terim bütünüyle eş anlamlı kabul edilmemektedir. Okul dili, öğretimin yürütüldüğü dili; hedef dil ise belirli bir etkinlikte geliştirilmesi amaçlanan dili belirtir.

Ana dili okul dilinden farklı öğrencilerin bulunduğu her sınıf kendiliğinden CLIL sınıfı sayılmaz. Bu nedenle çalışmada iki senaryo ayırt edilmektedir. Senaryo A'da hedef dil yabancı bir dildir (bu çalışmadaki örneklerde İngilizce); Türkçe ve öğrencilerin diğer ana dilleri bu derste ek dilsel kaynak işlevi görür. Senaryo B'de ise öğretim dili Türkçedir ve ana dili Türkçeden farklı öğrenciler için Türkçe hem öğretimin aracı hem de geliştirilmesi gereken hedef dildir; bu durum CLIL değil, dil duyarlı içerik öğretimi kapsamındadır. Metinde "hedef dil" ifadesi Senaryo A'da yabancı dili, Senaryo B'de Türkçeyi belirtir. CLIL alanyazınındaki ilkeler Senaryo A için doğrudan ilgili olmakla birlikte, bu senaryoda da yaş ve ders bağlamına göre uyarlama gerektirir. Senaryo B'ye aktarımda ise öğretim amaçları arasındaki fark ayrıca gözetilmelidir. Çalışmanın "kesişim" iddiası, iki senaryoda da öğretmenin dilsel repertuarı içerik ve hedef dil amaçlarına bağlı olarak planlaması gereğine dayanmaktadır.

Çalışmanın amacı, bu kavramsal ayrımları ilkokul sınıf öğretmenliği açısından açıklığa kavuşturmak ve iki senaryoda ana dilinin kullanımına ilişkin savunulabilir bir karar çerçevesi geliştirmektir. Bu amaç doğrultusunda üç soru ele alınmaktadır: (1) Dil değiştirme, translanguaging ve pedagojik translanguaging sınıf içi işlev bakımından nasıl ayrışmaktadır? (2) Ana dili, içerik ve hedef dil amaçlarını zayıflatmadan hangi işlevlerle kullanılabilir? (3) Çok dilli ilkokul sınıflarında öğretmen kararlarını yönlendirebilecek temel ilkeler nelerdir?

YÖNTEM

Çalışma, saha verisine dayanmayan kavramsal-çözümleyici bir incelemedir. İnceleme üç kaynak kümesine dayanmaktadır: translanguaging ve pedagojik translanguaging kuramını kuran ve eleştiren metinler; CLIL'de birinci dilin rolünü inceleyen kuramsal ve sınıf içi çalışmalar; translanguaging uygulamalarının kanıt durumunu tartışan güncel sistematik ve eleştirel derlemeler. Türkiye bağlamı için öğretmen görüşlerine ve translanguaging araştırmalarına ilişkin çalışmalar ile eğitim dilini ve yabancı uyruklu öğrencilerin öğrenimini düzenleyen resmî metinler incelenmiştir. Kaynak seçimi amaçlıdır: Bir metin, araştırma sorularından birine kavramsal tanım, sınıf içi örnek ya da sınırlılık kanıtı sağladığında kapsama alınmıştır. İnceleme, alanyazının bütününü taramayı değil, çözümlemenin dayandığı kanıtı açıkça göstermeyi amaçlamaktadır.

Çözümleme dört eksen üzerinden yürütülmüştür: kavramların dil kuramı açısından dayanakları; sınıf içinde kendiliğinden ya da planlı ortaya çıkma biçimleri; öğretmenin karar ve sorumluluk düzeyi; CLIL'in içerik ve dil hedefleriyle uyum. Elde edilen çıkarımlar planlılık, şeffaflık ve eksiklik söyleminden kaçınma başlıkları altında sentezlenmiş ve her ilke iki senaryo için ayrı ayrı örneklendirilmiştir. Aşağıda "bulgu" olarak sunulan sonuçlar saha verisinden değil, kaynaklar arası kavramsal karşılaştırma ve sentezden türetilmiştir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Kavramsal çözümleme, çok dilli sınıflarda aynı gözlenebilir davranışın farklı kuramsal çerçevelerle açıklanabileceğini göstermektedir. Bir öğrencinin bir kavramı açıklarken iki dil arasında geçiş yapması dil değiştirme olarak betimlenebilir; aynı davranış translanguaging kuramında bütünleşik repertuar kullanımının bir görünümü olarak yorumlanabilir. Öğretmen farklı dilsel kaynakların kullanımını belirli bir öğrenme amacı doğrultusunda tasarladığında ise pedagojik translanguaging söz konusu olur. Bunlar birbirini dışlayan davranış kategorileri veya zorunlu bir gelişim sırası değildir. Pedagojik niteliği belirleyen, birden fazla dilin duyulmasının ötesinde, bu kaynakların öğretim tasarımındaki işlevidir.

Tablo 1. Üç kavramın sınıf öğretmenliği açısından karşılaştırılması

Kavram	Temel odak	Öğretmen açısından sınıf içi karşılık
Dil değiştirme (code-switching)	Adlandırılmış diller arasında gözlenebilir geçiş	Kendiliğinden ortaya çıkabilir; pedagojik planlama şart değildir.
Translanguaging	Konuşucunun bütün dilsel ve göstergebilimsel repertuarıyla anlam kurması	Öğrenci pratiğini açıklayan geniş kuramsal çerçeve; farklı kuramsal yorumları vardır.
Pedagojik translanguaging	Birden fazla dilsel kaynağın öğrenme amacıyla planlı kullanımı	Amaç, zaman, görev ve beklenen ürün öğretim hedefleriyle ilişkilendirilir.

Not. Tablo, Gumperz (1982), García ve Li Wei (2014), Otheguy vd. (2015), Li Wei (2018) ile Cenoz ve Gorter (2021, 2022) temelinde yazar tarafından oluşturulmuştur. Kategoriler birbirini dışlayan davranış türleri değildir.

Dil Değiştirme, Translanguaging ve Pedagojik Translanguaging Ayrımı

Dil değiştirme, iki ya da daha fazla dil arasında aynı konuşma içinde gözlenebilen geçişleri betimleyen yerleşik bir kavramdır. Etkileşimsel toplumdilbilimde bu geçişler konuşmanın bağlamını işaretleyen ve anlam üreten ipuçları olarak çözümlenmiş (Gumperz, 1982), konuşma çözümlemesi geleneğinde ise etkileşimin ve kimliğin kurulmasında kullanılan bir kaynak olarak ele alınmıştır (Auer, 1998). Sınıf bağlamında dil değiştirmenin öğretimsel, sınıf yönetimine ilişkin ve kişilerarası işlevleri uzun süredir incelenmektedir (Ferguson, 2003). Macaro (2009) da öğretmenin birinci dil kullanımının yasaklanması ya da denetimsiz bırakılması yerine "en uygun" kullanımının araştırılması gerektiğini savunmuştur. Translanguaging yaklaşımı ise bu geçişleri ayrı dil sistemleri arasında hareket olarak okumak yerine, konuşucunun bütün dilsel ve göstergebilimsel kaynaklarını anlam kurmak için devreye sokması üzerinden yeniden yorumlar (García & Li Wei, 2014; Li Wei, 2018; Otheguy vd., 2015). Bu yaklaşım, adlandırılmış dillerin toplumsal ve politik sınırlar olduğu ve bireysel repertuarın daha bütünleşik işlediği yönünde güçlü bir kuramsal iddia taşır.

Bununla birlikte translanguaging alanında kavramsal uzlaşı tam değildir. Cummins (2021), farklı translanguaging kuramlarını kuramsal varsayımları, görgül dayanakları ve eğitimsel sonuçları bakımından tartışırken; MacSwan ve Rolstad (2024) kuramın bazı sürümlerinin dilbilimsel varsayımlarını eleştirmektedir. Mendoza vd. (2024) ise translanguaging'in her bağlamda kendiliğinden eşitlik üreten ve her öğrenciyi aynı ölçüde güçlendiren bir uygulama olarak ele alınmasına karşı çıkmakta; güç ilişkilerinin, dil hiyerarşilerinin ve yerel bağlamın araştırma ve uygulamada hesaba katılması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu eleştiriler, çok dilli pedagojiyi reddetmekten çok, uygulamayı kavramsal olarak daha dikkatli kurma gereğini ortaya koymaktadır.

Pedagojik translanguaging bu tartışma içinde öğretim tasarımına odaklanan bir çerçeve sunar. Cenoz ve Gorter'e (2021, 2022) göre öğretmen, farklı diller arasındaki bağlantıları içeriğe erişimi ve dil öğrenimini desteklemek amacıyla bilinçli biçimde tasarlar. Bu planlama, öğrencilerin dillerin yapıları ve kullanımları üzerine düşünmesini sağlayan üst dil farkındalığını da hedefleyebilir. Planlı translanguaging fikri García vd. (2017) tarafından da öğretmenin pedagojik yaklaşımı (stance), öğretim tasarımı (design) ve ders sırasında yaptığı uyarlamalar (shifts) olmak üzere üç bileşenle ele alınmıştır. Bu çalışmanın önerdiği amaç–zaman–görev–ürün planlaması, söz konusu modelin tasarım bileşenini ilkokul ders planı düzeyinde ayrıntılandırmayı ve onu hedef dilde beklenen ürünle açıkça ilişkilendirmeyi amaçlamaktadır. Bu çalışmada üçüncü ilke, öğretmenin öğrenciye ve çok dilliliğe yaklaşımıyla; planlamanın esnekliğine ilişkin vurgu ise ders sırasında yaptığı uyarlamalarla

ilişkilendirilmiştir. Bu eşleştirme, burada önerilen çerçevenin yorumudur. Süreyi, görevi ve beklenen ürünü önceden belirlemek her pedagojik translanguaging etkinliğinin değişmez tanım koşulu değildir; planlama, öğrencilerin beklenmedik katkılarına ve ders sırasında ortaya çıkan öğrenme fırsatlarına açık olmalıdır.

CLIL Bağlamında Ana Dilinin İşlevi

CLIL'in içerik ve dil odağını birlikte koruyabilmesi, dilsel kaynakların içerik öğrenimini nasıl desteklediğinin açık biçimde planlanmasını gerektirir. Coyle vd. (2010), CLIL'i içerik, iletişim, biliş ve kültür boyutlarının birlikte ele alındığı bir yaklaşım olarak tanımlar. Bu çerçevede ana dilinin kullanımı, hedef dili ortadan kaldıran bir unsur olarak değil; uygun koşullarda içerik anlamını kurmaya, önceki bilgiyi harekete geçirmeye ve dilsel karşılaştırma yapmaya yarayan bir destek olarak düşünülebilir.

Lin (2015), CLIL'de birinci dilin (L1) olası işlevlerini tartışırken öğretimin yalnızca hedef dil kullanımıyla sınırlandırılması gerektiği varsayımını sorgulamaktadır. Bazı CLIL çalışmalarında L1 olarak ele alınan dil aynı zamanda sınıfın ortak dilidir. Ancak bu ortak dil her öğrencinin ana dili olmayabilir. Bu nedenle söz konusu tartışma çok dilli sınıflara aktarılırken öğrencilerin bireysel dil geçmişleri ayrıca dikkate alınmalıdır. Öğrencinin bu dilsel kaynakları yeni bir kavramla ilgili ön bilgiyi hatırlama, karmaşık yönergelerin anlaşılmasını destekleme, kavramsal düşünme için geçici destek sağlama ve farklı dillerdeki terimler arasında bağlantı kurma işlevleri üstlenebilir. Ancak bu kullanımın hedef dilde üretim, etkileşim ve alan dilinin gelişimiyle nasıl ilişkilendirileceği açık değilse, CLIL'in çift odağı zayıflayabilir.

Sınıf içi araştırmalar bu işlevlerin somut örneklerini sunmaktadır; ancak gözlenen örnekler tek başına nedensel etkililik kanıtı değildir. Nikula ve Moore (2019), Avusturya, Finlandiya ve İspanya'daki CLIL derslerinden alınan kayıtları çözümlemiş; dil seçimlerinin hem pedagojik hem de kişilerarası gerekçelerle şekillendiğini göstermiştir. Gierlinger (2015), CLIL öğretmenlerinin çoğunluk dilini davranış denetimi, sınıf yönetimi ve içerik bilgisinin desteklenmesi gibi eğitsel gerekçelerle kullandığını bildirmiştir. Lasagabaster (2013), Kolombiya'daki CLIL öğretmenlerinin birinci dilin dil ve içerik öğrenimine yardımcı olabileceği görüşünü genel olarak benimsediğini, ancak kullanım miktarının öğretmenler arasında büyük farklılık gösterdiğini saptamıştır. Lin ve He (2017) ise Hong Kong'da okul ve hükümet politikaları tek dilli öğretim öngörmesine karşın bir fen öğretmeni ile Güney Asya kökenli azınlık öğrencilerin translanguaging yoluyla anlam kurduğunu göstermiş; translanguaging'i sınıf etkinliğinin akışı içinde ortaya çıkan dinamik bir süreç olarak kavramsallaştırmıştır. Okul dilinin azınlık öğrencilerinin ana dilinden farklı olduğu bir bağlamı incelemesi bakımından bu çalışma Senaryo B'ye de yakındır.

Ana dili, yalnızca hedef dile geçişte kullanılacak ve daha sonra terk edilecek geçici bir araç olarak görülmemelidir. Öğrencinin kimliğini, katılımını ve bilgiye erişimini destekleyen kalıcı bir kaynak da olabilir (UNESCO, 2025). Belirli bir görevde bu kaynağın ne zaman ve nasıl kullanılacağı ise içerik ve hedef dil amaçlarıyla ilişkilendirilmelidir. Tablo 2, alanyazında öne çıkan işlevleri sınıf içi örnekler, hedef dil üretimiyle bağlantı ve olası risklerle birlikte özetlemektedir.

Tablo 2. Ana dilinin öğretimdeki işlevleri

İşlev	Sınıf içi örnek	Hedef dil üretimiyle bağlantı	Olası risk
Ön bilgiyi harekete geçirme	Öğrenciler konuyla ilgili gündelik deneyimlerini kısa süre ana dilinde ya da ortak dilde paylaşır.	Paylaşılan örnekler hedef dilde kavram haritasına aktarılır.	Paylaşım uzar, hedef dilde üretim aşamasına geçilmez.
Yönergeyi anlama	Karmaşık bir yönerge ortak dilde (Senaryo A'da Türkçe) özetlenir ya da aynı dili bilen bir akranla kontrol edilir.	Görev hedef dilde yürütülür; yönerge desteği zamanla azaltılır.	Öğrenci yönergeyi hedef dilde izlemeyi hiç denemez.
Terim eşleştirme	İki dilli kavram kartları hazırlanır; ana dilindeki karşılıklar gönüllülük esasıyla sınıf sözlüğüne eklenir.	Terim hedef dilde cümle içinde kullanılır.	Eşleştirme tek sözcük düzeyinde kalır.
Üst dil farkındalığı	Diller arasında sözcük yapısı, ek kullanımı veya sözdizimi karşılaştırılır.	Karşılaştırma hedef dildeki yapının doğru kullanımına bağlanır.	Bazı diller karşılaştırmaya hiç girmez.
Kimlik ve katılım	Aileden gelen örnekler derse taşınır; öğrenci isterse kendi dilinde kısa bir etiket ya da sunum hazırlar.	Ürün sınıfla hedef dilde paylaşılır.	Öğrenci istemediği hâlde dilini göstermeye yönlendirilir.

Not. Tablo, Lin (2015), Cenoz ve Gorter (2021) ve Nikula ve Moore (2019) temelinde yazar tarafından oluşturulmuştur; örneklerin etkisi bu çalışmada sınanmamıştır.

Sınıf Öğretmeni İçin Üç İlke

Birinci ilke planlılıktır. Ana dili kullanımı ders planında amaç, zaman, görev ve ürün bakımından görünür olmalıdır. Bu ilke dört planlama sorusuyla uygulanabilir: Bu dilsel kaynak hangi içerik veya dil hedefini destekleyecek? Dersin hangi aşamasında ve ne kadar süreyle kullanılacak? Öğrenci bu kaynakla hangi görevi yerine getirecek? Sonunda hangi içeriksel ve dilsel ürünü sunacak? Örneğin Senaryo A'daki bir İngilizce CLIL fen dersinde "Öğrenciler iki dakika boyunca kavramın günlük yaşamdaki örneklerini Türkçe ya da kendi dillerinde tartışır; ardından İngilizce verilen anahtar sözcüklerle ortak bir kavram haritası oluşturur" biçimindeki bir yönerge, ana dilinin bu görevdeki işlevini ve hedef dilde beklenen ürünü açık tutar. Örnekteki iki dakika sabit bir kural değildir; süre, öğrencilerin ihtiyaçlarına ve görevin akışına göre değiştirilebilir.

İkinci ilke şeffaflıktır. Çok dilli bir sınıfta bütün ana dillerine eşit zaman ve öğretmen desteği sağlamak her zaman mümkün değildir; ayrıca sınıfta bazı dillerin yüksek statülü, bazılarının ise görünmez veya düşük statülü olması mümkündür. Mendoza vd. (2024) ve UNESCO (2025), dilsel kaynakların kullanılmasının güç ilişkileri ve eşitlik açısından da ele alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Şeffaflık üç düzeyde düşünülebilir. Öğrenciye karşı şeffaflık, hangi etkinlikte hangi dillerin kullanılabileceğinin ve son ürünün hangi dilde beklendiğinin etkinlik başında açıkça söylenmesidir. Aileye karşı şeffaflık, ana dilinin derste hangi amaçla kullanıldığının ve bunun Türkçe ya da yabancı dil öğrenimini geciktirmeyi değil desteklemeyi amaçladığının veli toplantılarında veya ödev yönergelerinde açıklanmasıdır. Okul yönetimine ve meslektaşlara karşı şeffaflık ise bu kararların ders planında yazılı olması ve okulun dil uygulamalarıyla ilişkilendirilmesidir. Yuvayapan'ın (2019) Türkiye'deki İngilizce öğretmenlerinin translanguaging'e ilişkin görüşleri ile sınıf uygulamalarının örtüşmediğini ve

bunun kurum, meslektaş ve veli beklentileriyle ilişkili olduğunu göstermesi, şeffaflığın etik bir gerekliliğin yanında uygulamanın sürdürülmesine yardımcı olabilecek bir koşul olduğunu da düşündürmektedir. Öğretmen ayrıca bir dilin sürekli "yardımcı", diğerinin sürekli "asıl" bilgi dili olarak konumlandırılmasının yaratabileceği hiyerarşiyi fark etmelidir.

Üçüncü ilke eksiklik söyleminden kaçınmadır. Çok dilli öğrenciyi "iki dili de eksik bilen çocuk" olarak konumlandırmak, dilsel çeşitliliği öğrenme kaynağı olmaktan çıkarıp bireysel eksiklik biçiminde yorumlar. MacSwan (2000), "semilingualism" ve benzeri etiketlerin dilsel azınlıkları eksiklik perspektifine yerleştiren sorunlu varsayımlar ürettiğini göstermiştir. Erken dönem iki dilli sözcük gelişimine ilişkin bulgular da çocuğun dillerinin birlikte ele alınmasının tek dilli ölçümden farklı bir tablo ortaya çıkarabildiğini göstermektedir (Pearson vd., 1993); bu bulgu okul çağına doğrudan aktarılamasa da tek dilli yargılara karşı temkinli olmayı destekler. Bu ilke gözlenebilir öğretmen davranışlarına çevrilebilir. Geri bildirimde öğrencinin eksik olduğu dil yerine ulaştığı anlam ve bir sonraki dilsel adım vurgulanabilir; örneğin "Türkçe bilmiyor" yerine "Buharlaşmanın nedenini çizimle açıkladı; bunu 'çünkü' ile kurulan bir cümleye taşımaya çalışıyoruz" denebilir. Gruplamada ana dili farklı öğrenciler sürekli aynı "destek" grubuna yerleştirilmemeli; gruplar içerik görevinin amacına göre değişmelidir. Değerlendirme kayıtlarında ise içerik ve dil kanıtı ayrı tutulmalı; okul dilindeki sınırlılık, öğrencinin içerik bilgisine ya da bilişsel kapasitesine ilişkin bir yargıya dönüştürülmemelidir. Tablo 3, üç ilkeyi iki senaryo için örneklendirmektedir.

Tablo 3. Üç ilkenin iki senaryodaki uygulanışı

İlke	Öğretmenin sorusu	Senaryo A: Yabancı dilde CLIL	Senaryo B: Türkçe içerik dersi
Planlılık	Bu dilsel kaynak hangi hedefi destekleyecek; ne zaman, hangi görevle ve hangi ürünle?	Türkçe ve ana dilleri kısa bir beyin fırtınasında kullanılır; kavram haritası İngilizce tamamlanır.	Öğrenciler örnekleri ana dilinde hatırlar; sınıf paylaşımı ve son ürün Türkçe yapılır.
Şeffaflık	Hangi dillere hangi amaçla alan açıldığını öğrenciler, aileler ve okul biliyor mu?	Etkinlik kartında "Tartışma: istediğin dil; ürün: İngilizce" bilgisi yer alır.	Veli bilgilendirmesinde ana dilinin Türkçe öğrenimini desteklemek amacıyla kullanıldığı açıklanır.
Eksiklik söyleminden kaçınma	Geri bildirimim, gruplamam ve kayıtlarım öğrencinin dilsel kaynaklarını görünür kılıyor mu?	Türkçe ya da ana dilinde verilen doğru açıklama, İngilizce ürüne giden bir basamak olarak kaydedilir.	Türkçedeki sınırlılık tek başına düşük içerik puanına yol açmaz; anlam belirsizse ek kanıt istenir. İçerik ve dil ayrı kaydedilir.

Not. Tablo, bu çalışmadaki kavramsal çözümlemeden hareketle yazar tarafından oluşturulmuştur; örnekler uygulamada sınanmamıştır.

Kanıt Durumu ve Uygulanabilirlik Sınırları

Pedagojik translanguaging'e ilişkin alanyazın genişlemektedir; ancak "etkilidir" biçimindeki genel bir hüküm, mevcut kanıtın bağlamsal niteliğini aşabilir. Cenoz ve Santos'un (2020) İspanya'daki Bask Özerk Bölgesi'nde, Baskça, İspanyolca ve İngilizcenin öğretim programında yer aldığı okullarda ilkokul ve ortaöğretim öğretmenleriyle yürüttüğü çalışma, öğretmenlerin eğitim sonrasında pedagojik translanguaging etkinlikleri tasarlayıp uygulamasını, öğrenci geri bildirimlerini ve uygulamaya ilişkin değerlendirmelerini ele almıştır. Bulgular dil öğrenimi ve dil farkındalığı için fırsatlara işaret etmektedir; ancak bu sonuç standartlaştırılmış başarı artışı veya nedensel etki kanıtı olarak okunmamalıdır. Bu okulların dil statüleri, öğretmen yeterlikleri ve kurumsal destek koşulları Türkiye'deki sınıflarla özdeş kabul edilemez.

İçerik derslerine ilişkin bir başka çalışmada Duarte (2019), Almanya'daki dört ortaöğretim okulunda 10. sınıf düzeyindeki 59 içerik dersinin video kayıtlarını incelemiştir. Çok dilli öğrencilerin akran etkileşiminde translanguaging'i birbirlerinin konuşmasını desteklemek ve bilgiyi birlikte kurmak için kullandığı, bunun keşfedici konuşma ve üst düzey akıl yürütme örnekleriyle ilişkili olduğu görülmüştür. Bu bulgular ortaöğretime aittir ve ilkokula ancak dikkatle aktarılabilir.

Moraru vd. (2025), göç geçmişi bulunan çok dilli çocukların içerik öğrenmesine odaklanan ve 94 yayını kapsayan sistematik derlemelerinde translanguaging'in öğrenme ortamlarında farklı süreçler, güçlükler ve elverişli koşullarla birlikte ortaya çıktığını; tek dilli normların politika, kurum, öğretmen, öğrenci ve aile düzeylerinde uygulamayı etkileyebildiğini göstermektedir. Derlemenin kapsamı okul içindeki ve dışındaki dil kullanımlarını da içerdiğinden, bulguları yalnızca öğretmenin önceden planladığı pedagojik translanguaging etkinliklerinin etkisi olarak yorumlanamaz. Bu nedenle Türkiye bağlamında doğrudan "başarı artırır" sonucu çıkarmak yerine, hangi koşullarda uygulanabilir olduğunun pilot çalışmalarla sınanması daha savunulabilir görünmektedir.

Türkiye Bağlamı İçin Pedagojik Çıkarımlar

Türkiye'deki ilkokul sınıfları dilsel profil bakımından homojen değildir ve bu çalışma ülke genelini temsil eden saha verisine dayanan bir durum tespiti sunmamaktadır. Öneriler bu yüzden belirli bir dil grubunun yaygınlığına veya öğretmenlerin mevcut yeterliklerine ilişkin genelleme olarak okunmamalıdır.

Öğretmenin öğrencilerin ana dillerine ders içinde yer verme kararları, yasal ve kurumsal düzenlemelerle birlikte ele alınmalıdır. Anayasa'nın 42. maddesinde, Türk vatandaşlarına eğitim kurumlarında Türkçe dışında bir dilin ana dili olarak okutulması ve öğretilmesi konusunda sınırlama yer almaktadır (Türkiye Cumhuriyeti Anayasası, 1982, md. 42). Öte yandan MEB, ortaokul ve imam hatip ortaokullarındaki "Yaşayan Diller ve Lehçeler" seçmeli dersi kapsamında farklı dil ve lehçelerin öğretildiğini açıklamaktadır (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2017). Yabancı uyruklu öğrenciler için 2019/15 sayılı genelgede yer alan 3–12. sınıflara yönelik uyum sınıfı düzenlemesi tarihsel bir uygulamadır (MEB, 2019). Güncel 2025/62 sayılı genelge, kapsamındaki illerde Türkçe düzeyi yetersiz ikinci sınıf öğrencilerini esas almakta; üçüncü sınıflar için yalnızca 2025–2026 yılına özgü bir geçiş hükmü içermektedir (MEB, 2025). Burada önerilen etkinliklerin amacı öğretim dilini değiştirmek değil, öğrencilerin bildiği dillerden içerik ve hedef dil öğrenimini desteklemek için yararlanmaktır. Bununla birlikte bu pedagojik amaç, her etkinliğin kendiliğinden mevzuata uygun olduğu anlamına gelmez; uygulama, ilgili program ve okulun kurumsal koşulları gözetilerek planlanmalıdır.

Türkiye bağlamından seçilen çalışmalar farklı sorulara ve örneklemlere dayanan bazı ipuçları sunmaktadır. Diyarbakır'da 426 sınıf, Türkçe ve sosyal bilgiler öğretmeninin katıldığı nicel aşama ile 11 öğretmenle yapılan görüşmelerden oluşan karma yöntemli bir çalışmada, öğretmenlerin genel olarak ana dilde (Kürtçe) eğitime olumlu baktığı ancak bu eğitimin kapsamına ilişkin bilgilerinin sınırlı olduğu bildirilmiştir (Kaya, 2015). Atalay vd. (2022) ise Suriyeli öğrencilerin bulunduğu sınıflarda görev yapan 70 sınıf öğretmeninin, yaşadıkları sorunların temel kaynağı olarak dil farkını gördüğünü ve iletişim sorununun çözülememesinin öğretmenler üzerinde duygusal bir baskı oluşturduğunu ortaya koymuştur. İnal ve Balcı (2022), Türkiye'de translanguaging üzerine 2016–2022 yıllarında yayımlanmış ve ERIC ile Web of Science veri tabanlarından seçilen sekiz araştırma makalesini incelemiştir. Yuvayapan'ın (2019) çalışmasında olduğu gibi, Türkiye'deki translanguaging araştırmalarının bir bölümü İngilizce öğretimi bağlamında yürütülmüştür; bu incelemeye alınan kaynaklar ise ilkokuldaki içerik derslerinin tamamını temsil eden bir kanıt bütünü oluşturmamaktadır. Bu

çalışmalar aynı olguyu ölçmemektedir: ana dilde eğitime ilişkin görüşler, öğretmenlerin bildirdiği güçlükler ve translanguaging araştırmalarının dağılımı ayrı kanıt türleridir ve pedagojik translanguaging'in başarı üzerindeki etkisinin kanıtı olarak birleştirilemez.

Senaryo B için kurgusal bir ders kesiti ilkeleri somutlaştırabilir. İlkokul 3. sınıf hayat bilgisi dersinde sağlıklı beslenmeye ilişkin bir etkinlik yapıldığı ve sınıfta ana dili Kürtçe ve Arapça olan öğrencilerin bulunduğu varsayılsın. Amaç, öğrencinin kahvaltıda dengeli beslenmeye uygun yiyecekleri seçmesi ve seçimini Türkçe açıklamasıdır. Derse girişte öğrenciler beş dakika boyunca evde kahvaltıda yenen yiyecekleri resimler üzerinden ve istedikleri dilde akranlarıyla konuşur; aynı dili bilen akranı olmayan öğrenci resim seçerek ve göstererek katılır. Ardından öğretmen Türkçe anahtar sözcükleri tahtaya yazar; öğrenciler isterlerse bazı yiyeceklerin ana dillerindeki adlarını sınıf sözlüğüne ekler. Ürün olarak her grup "Kahvaltıda … yeriz, çünkü …" kalıbıyla Türkçe iki cümlelik bir afiş hazırlar. Öğretmen, dengeli beslenmeye uygun yiyecek seçimini ve seçimin gerekçesini içerik ölçütü; neden bildiren cümleyi anlaşılır biçimde kurmayı ise dil ölçütü olarak ayrı kaydeder. Yiyecek adlarını sıralamak tek başına dengeli beslenme anlayışının kanıtı sayılmaz; gerektiğinde öğrenciden seçimini çizimle veya kısa bir açıklamayla gerekçelendirmesi istenir. Bu kesitte ana dili ön bilgiyi harekete geçirme ve katılımı destekleme işlevi görür; Türkçe ürün beklentisi ise korunur.

Öğretmen eğitimi açısından ihtiyaç, genel bir "translanguaging kullanın" önerisinin ötesine geçmektir. Öğretmen adaylarının kavramlar arasındaki ayrımı öğrenmesi; ders planında dilsel repertuara yer açmanın amaç, süre, görev ve ürün düzeylerinde nasıl yazılacağını görmesi; farklı dil profillerine sahip sınıflarda etik ve pedagojik ikilemleri tartışması gerekir. Böylece çok dillilik, sınıf içinde varlığı kabul edilen bir özellik olmanın yanında, ders planı ve değerlendirme kararlarında nasıl ele alınacağı açıklanan bir öğretim konusu hâline gelebilir.

SONUÇ

Bu çalışma, çok dilli ilkokul sınıfında ana dilinin konumunu pedagojik translanguaging ile CLIL'in kesişiminde tartışmıştır. Kavramsal çözümleme, dil değiştirme, translanguaging ve pedagojik translanguaging'in birbirini dışlayan davranışlar olarak değil, farklı kuramsal açıklamalar ve öğretimsel planlama düzeyleri bakımından ayrıştırılması gerektiğini göstermektedir. Pedagojik translanguaging, çok dilliliğin varlığından değil, öğretmenin dilsel kaynakları belirli öğrenme amaçlarına bağlı olarak planlamasından güç almaktadır; bu vurgu kavramın Galler'deki planlı öğretim kökeniyle de uyumludur.

Kesişim iddiası iki senaryoda farklı biçimler alır. Yabancı dilin hedef dil olduğu CLIL derslerinde ana dili ve Türkçe, içeriğe erişimi kolaylaştıran ve üst dil farkındalığını destekleyen kaynaklardır. Türkçe içerik derslerinde ise ana dili, öğrencinin Türkçe gelişimini ve içerik öğrenimini birlikte destekleyen bir köprü işlevi görür. Her iki durumda da ana dilinin rolü hedef dilde anlamlı etkileşim ve üretim fırsatlarıyla birlikte planlanmalıdır. Planlılık, şeffaflık ve eksiklik söyleminden kaçınma ilkeleri bu amaçla önerilmiş; ilkelerin sınıf içindeki karşılıkları gözlenebilir öğretmen davranışlarıyla açıklanmış ve Türkiye'deki yasal ve kurumsal koşullarla ilişkileri tartışılmıştır.

Çalışmanın temel sınırlılığı saha verisi içermemesidir. Önerilen ilkeler, Türkiye'de farklı dil profillerine sahip ilkokul sınıflarında uygulanabilirlik, öğretmen kararları, içerik öğrenimi ve hedef dil üretimi bakımından sınanmalıdır. Gelecek araştırmalarda aynı içerik hedefinin tek dilli ve planlı çok dilli tasarımlarla işlendiği karşılaştırmalı uygulamalar, öğretmenlerin dil seçimi gerekçeleri ile öğrencilerin ve ailelerin bu uygulamalara ilişkin deneyimleri incelenebilir.

KAYNAKÇA

Atalay, N., Kılıç, Z., Anılan, B., Anılan, H., & Anagün, Ş. S. (2022). Syrian refugee children's education in Turkish public schools: Primary school teachers' experiences. *Journal of Qualitative Research in Education*, (29), 265–281. https://doi.org/10.14689/enad.10

Auer, P. (Der.). (1998). *Code-switching in conversation: Language, interaction and identity*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203017883

Cenoz, J., & Gorter, D. (2021). *Pedagogical translanguaging*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009029384

Cenoz, J., & Gorter, D. (2022). Pedagogical translanguaging and its application to language classes. *RELC Journal, 53*(2), 342–354. https://doi.org/10.1177/00336882221082751

Cenoz, J., & Santos, A. (2020). Implementing pedagogical translanguaging in trilingual schools. *System, 92*, 102273. https://doi.org/10.1016/j.system.2020.102273

Coyle, D., Hood, P., & Marsh, D. (2010). *CLIL: Content and language integrated learning*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009024549

Cummins, J. (2021). *Rethinking the education of multilingual learners: A critical analysis of theoretical concepts*. Multilingual Matters. https://doi.org/10.21832/9781800413597

Duarte, J. (2019). Translanguaging in mainstream education: A sociocultural approach. *International Journal of Bilingual Education and Bilingualism, 22*(2), 150–164. https://doi.org/10.1080/13670050.2016.1231774

Ferguson, G. (2003). Classroom code-switching in post-colonial contexts: Functions, attitudes and policies. *AILA Review, 16*, 38–51. https://doi.org/10.1075/aila.16.05fer

García, O., & Li Wei. (2014). *Translanguaging: Language, bilingualism and education*. Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1057/9781137385765

García, O., Ibarra Johnson, S., & Seltzer, K. (2017). *The translanguaging classroom: Leveraging student bilingualism for learning*. Caslon.

Gierlinger, E. (2015). "You can speak German, sir": On the complexity of teachers' L1 use in CLIL. *Language and Education, 29*(4), 347–368. https://doi.org/10.1080/09500782.2015.1023733

Gumperz, J. J. (1982). *Discourse strategies*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511611834

İnal, S., & Balcı, E. (2022). A review of research on translanguaging in Turkey. *Innovational Research in ELT, 3*(2), 20–27. https://doi.org/10.29329/irelt.2022.505.3

Kaya, Y. (2015). The opinions of primary school, Turkish language and social science teachers regarding education in the mother tongue (Kurdish). *Journal of Ethnic and Cultural Studies, 2*(2), 33–46. https://doi.org/10.29333/ejecs/33

Lasagabaster, D. (2013). The use of the L1 in CLIL classes: The teachers' perspective. *Latin American Journal of Content & Language Integrated Learning, 6*(2), 1–21. https://doi.org/10.5294/laclil.2013.6.2.1

Lewis, W. G., Jones, B., & Baker, C. (2012). Translanguaging: Origins and development from school to street and beyond. *Educational Research and Evaluation, 18*(7), 641–654. https://doi.org/10.1080/13803611.2012.718488

Li Wei. (2018). Translanguaging as a practical theory of language. *Applied Linguistics, 39*(1), 9–30. https://doi.org/10.1093/applin/amx039

Lin, A. M. Y. (2015). Conceptualising the potential role of L1 in CLIL. *Language, Culture and Curriculum, 28*(1), 74–89. https://doi.org/10.1080/07908318.2014.1000926

Lin, A. M. Y., & He, P. (2017). Translanguaging as dynamic activity flows in CLIL classrooms. *Journal of Language, Identity & Education, 16*(4), 228–244. https://doi.org/10.1080/15348458.2017.1328283

Macaro, E. (2009). Teacher use of codeswitching in the second language classroom: Exploring 'optimal' use. M. Turnbull & J. Dailey-O'Cain (Der.), *First language use in second and foreign language learning* içinde (ss. 35–49). Multilingual Matters. https://doi.org/10.21832/9781847691972-005

MacSwan, J. (2000). The threshold hypothesis, semilingualism, and other contributions to a deficit view of linguistic minorities. *Hispanic Journal of Behavioral Sciences, 22*(1), 3–45. https://doi.org/10.1177/0739986300221001

MacSwan, J., & Rolstad, K. (2024). (Un)grounded language ideologies: A brief history of translanguaging theory. *International Journal of Bilingualism, 28*(4), 719–743. https://doi.org/10.1177/13670069241236703

Mendoza, A., Hamman-Ortiz, L., Tian, Z., Rajendram, S., Tai, K. W. H., Ho, W. Y. J., & Sah, P. K. (2024). Sustaining critical approaches to translanguaging in education: A contextual framework. *TESOL Quarterly, 58*(2), 664–692. https://doi.org/10.1002/tesq.3240

Millî Eğitim Bakanlığı. (2017, 17 Mart). Yaşayan Diller ve Lehçeler dersi istişare toplantısı gerçekleştirildi. https://tegm.meb.gov.tr/www/yasayan-diller-ve-lehceler-dersi-istisare-toplantisi-gerceklestirildi/icerik/437 (son erişim tarihi: 19.10.2026).

Millî Eğitim Bakanlığı. (2019, 6 Eylül). Yabancı öğrenciler uyum sınıfları (Genelge No: 2019/15; yürürlükten kaldırılmıştır). https://mevzuat.meb.gov.tr/dosyalar/2022.pdf (son erişim tarihi: 19.10.2026).

Millî Eğitim Bakanlığı. (2025, 14 Ağustos). Yabancı öğrenciler uyum sınıfları genelgesi (Genelge No: 2025/62). https://mevzuat.meb.gov.tr/dosyalar/2286.pdf (son erişim tarihi: 19.10.2026).

Moraru, M., Bakker, A., Akkerman, S., Zenger, L., Smit, J., & Blom, E. (2025). Translanguaging within and across learning settings: A systematic review focused on multilingual children with a migration background engaged in content learning. *Review of Education, 13*(2), e70069. https://doi.org/10.1002/rev3.70069

Nikula, T., & Moore, P. (2019). Exploring translanguaging in CLIL. *International Journal of Bilingual Education and Bilingualism, 22*(2), 237–249. https://doi.org/10.1080/13670050.2016.1254151

Otheguy, R., García, O., & Reid, W. (2015). Clarifying translanguaging and deconstructing named languages: A perspective from linguistics. *Applied Linguistics Review, 6*(3), 281–307. https://doi.org/10.1515/applirev-2015-0014

Pearson, B. Z., Fernández, S. C., & Oller, D. K. (1993). Lexical development in bilingual infants and toddlers: Comparison to monolingual norms. *Language Learning, 43*(1), 93–120. https://doi.org/10.1111/j.1467-1770.1993.tb00174.x

Türkiye Cumhuriyeti Anayasası. (1982, 9 Kasım). *Resmî Gazete* (Sayı: 17863 Mükerrer). https://www.anayasa.gov.tr/tr/mevzuat/anayasa/ (son erişim tarihi: 19.10.2026).

UNESCO. (2025). *Languages matter: Global guidance on multilingual education*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000392477 (son erişim tarihi: 19.10.2026).

Williams, C. (1994). *Arfarniad o ddulliau dysgu ac addysgu yng nghyd-destun addysg uwchradd ddwyieithog* [An evaluation of teaching and learning methods in the context of bilingual secondary education] [Yayımlanmamış doktora tezi]. University of Wales, Bangor.

Yuvayapan, F. (2019). Translanguaging in EFL classrooms: Teachers' perceptions and practices. *Journal of Language and Linguistic Studies, 15*(2), 678–694. https://doi.org/10.17263/jlls.586811

SAĞLIK HİZMETİ İLE İLİŞKİLİ ENFEKSİYONLARDA ANTİMİKROBİYAL DİRENCİN GENETİK VE MOLEKÜLER TEMELLERİ

GENETIC AND MOLECULAR BASIS OF ANTIMICROBIAL RESISTANCE IN HEALTHCARE-ASSOCIATED INFECTIONS

Yağmur Özlem OĞUZ
Yüksek Lisans Öğrencisi, Aksaray Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı, https://orcid.org/0009-0000-8922-0840
Aydın RÜSTEMOĞLU
Prof. Dr., Aksaray Üniversitesi Tıp Fakültesi Temel Tıp Bilimleri Bölümü, https://orcid.org/0000-0002-1354-4598

ÖZET

Sağlık hizmeti ile ilişkili enfeksiyonlar (SHİE), artmış morbidite ve mortalite, uzamış hastanede yatış süresi ve sağlık hizmeti maliyetleri nedeniyle önemli bir halk sağlığı sorunudur. Bu enfeksiyonların yönetimini güçleştiren başlıca etkenlerden biri antimikrobiyal direncin yaygınlaşmasıdır. Özellikle ESKAPE grubu patojenlerde görülen çoklu ilaç direnci, tedavi ve enfeksiyon kontrolü açısından önemli bir sorun oluşturmaktadır. Bu derlemede, SHİE'de antimikrobiyal direncin genetik ve moleküler temelleri, dirençli bakterilerin ortaya çıkışı ve yayılımındaki rolleri ile moleküler sürveyans yaklaşımları değerlendirilmiştir. Bu amaçla güncel kılavuzlar ile derlemeler ve özgün araştırmalar; genetik direnç mekanizmaları, yatay gen transferi, hareketli genetik elemanlar ve moleküler epidemiyoloji açısından incelenmiştir.

Bu çalışmada, literatürde hastanede yatan hastalardan izole edilen dirençli suşlara odaklanan güncel genomik sürveyans verileri, moleküler tipleme ve mikrobiyolojik direnç mekanizmalarını inceleyen yayınlar derlenmiştir. Elde edilen veriler mutasyonel değişiklikler ile ortaya çıkan direnç gen kazanımlarının yayılmasında plazmid, transpozon ve integron gibi hareketli genetik elemanların aracılık ettiği yatay gen transferlerinin önemli rol oynadığını göstermektedir. β-laktamaz ve karbapenemaz üretimi, hedef bölge değişiklikleri, azalmış membran geçirgenliği ve aktif dışa atım sistemlerinin birlikte bulunabilmesi, çoklu ilaç dirençli fenotiplerin gelişimine katkıda bulunmaktadır. Moleküler tiplendirme ve genomik yaklaşımlar, dirençli suşlar arasındaki genetik ilişkilerin ve olası bulaş ilişkilerinin belirlenmesine olanak sağlamaktadır.

Literatür birlikte değerlendirildiğinde, SHİE'de antimikrobiyal direncin yalnızca bir duyarlılık sorunu olmadığı; direnç genlerinin kazanılması, taşınması, seçilim baskısı altında korunması ve sağlık hizmeti ortamında yayılmasıyla şekillenen dinamik bir süreç olduğu görülmektedir. Bu nedenle fenotipik, moleküler ve genomik verilerin birlikte değerlendirilmesi ve yayılım gösteren klonların erken belirlenmesi önem taşımaktadır. Sonuç olarak, SHİE'de antimikrobiyal direncin etkili kontrolü; akılcı antibiyotik kullanımıyla seçilim baskısının azaltılması, dirençli suşların moleküler ve genomik sürveyansla izlenmesi ve yeni yayılım kümelerinin erken belirlenerek enfeksiyon kontrol uygulamalarına yansıtılmasıyla mümkün olabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Antimikrobiyal direnç, sağlık hizmeti ile ilişkili enfeksiyonlar, yatay gen transferi, direnç genleri, ESKAPE patojenleri.

ABSTRACT

Healthcare-associated infections (HAIs) are a major public health problem due to increased morbidity and mortality, prolonged hospital stays, and higher healthcare costs. Their management is complicated by the spread of antimicrobial resistance. In particular, multidrug resistance among ESKAPE pathogens poses a challenge to treatment and infection control. This

review examines the genetic and molecular basis of antimicrobial resistance in HAIs, its role in the emergence and spread of resistant bacteria, and molecular surveillance approaches. Current guidelines, reviews, and original studies were evaluated with a focus on resistance mechanisms, horizontal gene transfer, mobile genetic elements, and molecular epidemiology.
Current genomic surveillance data on resistant isolates from hospitalized patients and studies investigating molecular typing and microbiological mechanisms of resistance were reviewed. The findings show that mutational changes and horizontal gene transfer mediated by plasmids, transposons, and integrons contribute to resistance development and to the acquisition and spread of resistance genes. The coexistence of β-lactamase and carbapenemase production, target-site alterations, reduced membrane permeability, and active efflux systems contributes to multidrug-resistant phenotypes. Molecular typing and genomic approaches enable the identification of genetic relationships and possible transmission links among resistant strains.
Taken together, the literature indicates that antimicrobial resistance in HAIs is not merely a susceptibility problem, but a dynamic process shaped by the acquisition and transfer of resistance genes, their maintenance under selection pressure, and their spread within healthcare settings. Therefore, the combined evaluation of phenotypic, molecular, and genomic data and early identification of disseminating clones are important. In conclusion, effective control of antimicrobial resistance in HAIs depends on reducing selection pressure through rational antibiotic use, monitoring resistant strains through molecular and genomic surveillance, and identifying emerging transmission clusters early enough to inform infection control practices.
Keywords: Antimicrobial resistance, healthcare-associated infections, horizontal gene transfer, resistance genes, ESKAPE pathogens.

GİRİŞ

Sağlık hizmeti ile ilişkili enfeksiyonlar (SHİE), hastalarda morbidite ve mortalitenin artması, özellikle hastanede yatan hastalarda yatış süresinin uzaması ve sağlık hizmeti maliyetlerinin yükselmesiyle ilişkili önemli bir sağlık sorunudur. Bu enfeksiyonların tedavisinde karşılaşılan başlıca güçlüklerden biri, etken bakterilerin mevcut antibiyotiklere direnç göstermesidir. Özellikle geniş spektrumlu antibiyotiklerin uygun olmayan kullanımı, dirençli bakterilerin ortaya çıkmasına ve yayılmasına katkıda bulunarak tedaviyi güçleştirmektedir (1).
Antimikrobiyal direncin genetik temelleri arasında spontan mutasyonlar, genomdaki yeniden düzenlenmeler ve yatay gen transferi yoluyla kazanılan direnç genleri bulunmaktadır. Bakteriyel genom esnekliğini oluşturan bu süreçler, direnç özelliklerinin kazanılmasına ve yayılımına katkı sağlamaktadır. Direnç genlerinin kazanılması ve bir araya gelmesinde integronlar da rol oynamaktadır. İntegronların plazmid ve transpozonlarla ilişkisi, bu genlerin bakteriler arasında yayılmasını kolaylaştırabilmektedir (2).
Bu derleme, sağlık hizmeti ile ilişkili enfeksiyonlarda antimikrobiyal direncin genetik ve moleküler temellerini incelemeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda direnç özelliklerinin kazanılması ve yayılmasında rol oynayan mekanizmalar ile moleküler tanı ve epidemiyolojik izlem yaklaşımları ele alınmaktadır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu derleme kapsamında yapılan literatür taramasında PubMed, Google Scholar ve Scopus veri tabanlarından yararlanılmıştır. Taramada antimikrobiyal direnç, ESKAPE patojenleri, genetik ve moleküler direnç mekanizmaları, yatay gen transferi, hareketli genetik elemanlar ve moleküler epidemiyoloji konularına odaklanılmıştır.
Literatür incelemesinde yayın yılı açısından belirli bir sınırlama uygulanmamış; konunun temel bilimsel mekanizmalarını açıklayan önceki çalışmalar ile güncel araştırmalar birlikte değerlendirilmiştir. Kaynak seçiminde çalışmaların konu ile ilişkisi ve bilimsel güvenilirliği dikkate alınmıştır. Bu kapsamda özgün araştırma makaleleri ve derlemelerin yanı sıra Dünya

Sağlık Örgütü (WHO), ABD Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri (CDC) ve T.C. Sağlık Bakanlığı tarafından yayımlanan rapor ve kılavuzlardan yararlanılmıştır.

Elde edilen bilgiler, antimikrobiyal direncin genetik temelleri, başlıca direnç mekanizmaları, direnç genlerinin bakteriler arasındaki yayılımı ve moleküler tanı ile sürveyans yaklaşımları açısından değerlendirilerek ilgili konu başlıkları altında bir araya getirilmiştir.

1. SAĞLIK HİZMETİ İLE İLİŞKİLİ ENFEKSİYONLAR VE ANTİMİKROBİYAL DİRENÇ

1.1. Sağlık Hizmeti ile İlişkili Enfeksiyonların Tanımı ve Güncel Durumu

Sağlık hizmeti ile ilişkili enfeksiyonlar (SHİE), hastanın sağlık kurumuna başvurusu sırasında mevcut olmayan ve kuluçka döneminde bulunmayan, ancak sağlık hizmeti sunumu sırasında gelişen enfeksiyonlardır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), sürveyansta sağlık hizmeti maruziyeti ile enfeksiyon gelişimi arasında genellikle en az 48 saat bulunmasını temel ölçütlerden biri olarak değerlendirmektedir. Türkiye'de ise 2026 yılı Ulusal Sağlık Hizmeti ile İlişkili Enfeksiyonlar Sürveyans Tanı Rehberi kapsamında, enfeksiyonun yatışta var olan enfeksiyon kriterlerini karşılamaması ve olay tarihinin hastaneye yatışın üçüncü takvim günü veya sonrasında olması esas alınmaktadır (3,4).

Standartlaştırılmış sürveyans tanımları, enfeksiyonların izlenmesi ve kurumlar arasında verilerin karşılaştırılması açısından önemlidir. SHİE sürveyansında klinik, mikrobiyolojik ve radyolojik bulguların yanı sıra enfeksiyonun sağlık hizmeti maruziyetine göre ortaya çıkış zamanı dikkate alınmaktadır (4).

Türkiye'de SHİE sürveyansı, 2005 yılında yayımlanan ve 2025 yılında güncellenen Yataklı Tedavi Kurumları Enfeksiyon Kontrol Yönetmeliği ile ulusal standartlar doğrultusunda yürütülmektedir. Enfeksiyon kontrol komiteleri ile bu komitelere bağlı hekim ve hemşireler tarafından hedefe yönelik, aktif ve prospektif sürveyans gerçekleştirilmektedir. Ayrıca 2026 yılında yayımlanan Ulusal Sağlık Hizmeti ile İlişkili Enfeksiyonlar Sürveyans Tanı Rehberi, sürveyans uygulamalarının standartlaştırılmasını amaçlamaktadır (3).

Ulusal veriler, Ulusal Sağlık Hizmeti ile İlişkili Enfeksiyonlar Sürveyans Ağı (USHİESA) aracılığıyla toplanmaktadır. Temmuz 2026'da yayımlanan USHİESA Etken Dağılımı ve Antibiyotik Direnç Raporu 2025 verilerine göre, 2025 yılında 8.851.990 hasta ve 35.023.541 hasta günü üzerinden 62.706 SHİE kaydı bildirilmiştir. Kan dolaşımı enfeksiyonları 27.993 olgu ile ilk sırada yer alırken, bunları pnömoni ve üriner sistem enfeksiyonları izlemiştir (5).

DSÖ'nün 2024 tarihli raporunda yer alan 2010 yılı tahminlerine göre, akut bakım hastanelerinde yüksek gelirli ülkelerde her 100 hastanın yaklaşık 7'si, düşük ve orta gelirli ülkelerde ise 15'i en az bir SHİE geliştirmiştir. Daha yakın dönem çalışmalarında bildirilen havuzlanmış prevalans tahminleri Afrika Bölgesi'nde %27, Güneydoğu Asya Bölgesi'nde %12,9, Doğu Akdeniz Bölgesi'nde %12,5, Avrupa Birliği/Avrupa Ekonomik Alanı ülkeleri ile Batı Balkanlar'da %8,0, Kanada'da %7,9 ve ABD'de %3,2 düzeyindedir. DSÖ, bu tahminlerin eksik bildirim, veri kalitesi sorunları ve standart yöntemlerin yeterince kullanılmaması nedeniyle sınırlılıklar taşıdığını belirtmektedir (4).

1.2. Başlıca SHİE Etkenleri, ESKAPE Grubu ve Antimikrobiyal Direncin Etkileri

Sağlık hizmeti ile ilişkili enfeksiyonların önemli bir bölümünden sınırlı sayıda mikroorganizma sorumludur. Bu etkenler arasında *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus* türleri (*E. faecalis, E. faecium*), *Escherichia coli*, koagülaz-negatif stafilokoklar, *Candida* türleri (*C. albicans, C. glabrata*), *Klebsiella pneumoniae, Klebsiella oxytoca, Pseudomonas aeruginosa, Acinetobacter baumannii, Enterobacter* ve *Proteus* türleri ile *Bacteroides* türleri gibi mikroorganizmalar yer almaktadır (6).

Bu mikroorganizmalar arasında bazı bakteriler, antimikrobiyal direnç özellikleri, hastane ortamında yayılım gösterebilmeleri ve neden oldukları enfeksiyonların tedavisinde karşılaşılan güçlükler nedeniyle özel önem taşımaktadır. *Enterococcus faecium, Staphylococcus aureus,*

Klebsiella pneumoniae, Acinetobacter baumannii, Pseudomonas aeruginosa ve *Enterobacter* türleri bu kapsamda "ESKAPE patojenleri" olarak adlandırılmaktadır (7).

ESKAPE patojenlerinde çoklu ilaç direncinin gelişmesi, etkili antimikrobiyal seçenekleri azaltarak enfeksiyonların tedavisini güçleştirmektedir. Bu patojenlerin direnç genlerini kazanması, ciddi enfeksiyonlarda hastalık yükünün artmasına ve tedavi başarısızlığına bağlı mortalitenin yükselmesine de katkıda bulunmaktadır (7,8).

Antimikrobiyaller, akut bakım hastanelerinde toplum kökenli enfeksiyonların ve SHİE'nin tedavisinde, ayrıca cerrahi profilaksi amacıyla yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bununla birlikte yanlış antimikrobiyal seçimi, hatalı dozlama, uygun olmayan uygulama yolu ve tedavi süresindeki sapmalar gibi uygunsuz kullanımlar görülebilmektedir. Özellikle geniş spektrumlu antibiyotiklerin uygunsuz kullanımı, dirençli bakterilerin ortaya çıkmasına ve yayılmasına katkıda bulunmaktadır. Gereksiz antibiyotik kullanımı ayrıca alerjik reaksiyonlar ve organ toksisitelerine yol açabilmekte, gastrointestinal mikrobiyotayı bozarak Clostridioides difficile başta olmak üzere bağırsak enfeksiyonlarına yatkınlığı artırabilmektedir (1).

Dünya Sağlık Örgütü, dünya genelinde her yıl yaklaşık 136 milyon sağlık hizmeti ile ilişkili antibiyotik dirençli enfeksiyon geliştiğini tahmin etmektedir. Ayrıca 2019 yılında yaklaşık 5 milyon ölümün bakteriyel antimikrobiyal dirençle ilişkili olduğu bildirilmiştir. Bu veriler, antimikrobiyal direncin küresel hastalık yükü ve hasta güvenliği açısından önemini ortaya koymaktadır (4).

2. DİRENCİN GENETİK VE MOLEKÜLER TEMELLERİ

Antimikrobiyal direncin genetik ve moleküler temelleri, bakterilerin direnç özelliklerini kazanması ve bu özelliklerin bakteriyel popülasyonlarda yayılmasıyla ilişkili süreçleri kapsamaktadır. Bu süreçlerde bakterilerin genetik yapısındaki değişiklikler ve bakteriler arasındaki genetik materyal aktarımı rol oynamaktadır. Kazanılmış direnç, daha önce belirli bir antibakteriyel ajana duyarlı olan bakterinin kromozomal mutasyonlar veya yatay gen transferi yoluyla direnç özelliği kazanması sonucunda gelişebilmektedir (2,9–11).

Antimikrobiyal direnç fenotipi; antibiyotiklerin enzimatik olarak inaktive edilmesi, hedef bölge değişiklikleri, hücre geçirgenliğinin azalması ve dışa atım (efflux) sistemlerinin aşırı ekspresyonu gibi farklı mekanizmalarla ortaya çıkabilmektedir. Biyofilm oluşumu ise antimikrobiyal ajanlara karşı duyarlılığın azalmasına ve bakteriyel kalıcılığa katkıda bulunabilmektedir. Bu mekanizmaların aynı bakteride birlikte bulunması, çoklu ilaç dirençli (MDR) fenotiplerin gelişimini kolaylaştırabilmektedir. Direnç genlerinin plazmid, transpozon ve integronlarla ilişkili olarak bulunması ve yatay gen transferiyle yayılması da antimikrobiyal direncin bakteriyel popülasyonlarda yaygınlaşmasında rol oynamaktadır (11–13).

2.1. Bakteriyel Genom Esnekliği ve Mutasyonlar

Bakteriler, genomlarında meydana gelen değişiklikler sayesinde farklı çevresel koşullara uyum sağlayabilmektedir. Bakteriyel genom esnekliği; spontan mutasyonlar, genomik yeniden düzenlenmeler ve dış kaynaklı genetik materyalin kazanılmasıyla ilişkilidir. Antibiyotik maruziyeti ise seçilim baskısı oluşturarak direnç avantajı sağlayan genetik değişikliklere sahip bakterilerin popülasyon içerisinde yaygınlaşmasına katkıda bulunmaktadır (2,12).

Kromozomal mutasyonlar, antimikrobiyal direnç gelişimindeki önemli genetik mekanizmalardan biridir. Spontan olarak ortaya çıkabilen bu mutasyonlar çeşitli fiziksel ve kimyasal etkenlerden de etkilenebilmektedir. Meydana gelen değişiklikler, antibiyotiğin hedef bölgesini veya hücre zarı geçirgenliğini etkileyerek antibiyotik etkinliğini azaltabilmektedir (10).

Direnç gelişimi tek bir mutasyonla ortaya çıkabileceği gibi zaman içerisinde farklı mutasyonların birikmesiyle de gerçekleşebilmektedir. Bu değişikliklerin direnç fenotipine etkisi, mutasyonun meydana geldiği bölgeye ve etkilediği düzenleyici mekanizmaya bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. *Pseudomonas aeruginosa* üzerinde yapılan çalışmalar, antibiyotik baskısı altında ortaya çıkan belirli mutasyonların bakterinin direnç veya duyarlılık

durumunu etkileyebildiğini göstermektedir. Bu süreçlerin moleküler düzeyde anlaşılması, direnç gelişiminin öngörülmesi ve yeni antimikrobiyal yaklaşımların geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır (2,14).

2.2. Yatay Gen Transferi

Yatay gen transferi (HGT), genetik materyalin aynı veya farklı bakteri türleri arasında aktarılmasını sağlayan, bakteriyel evrim ve adaptasyonda önemli rol oynayan bir süreçtir. Antimikrobiyal direnç açısından HGT, direnç genlerinin bakteriyel popülasyonlarda yayılmasına ve duyarlı bakterilerin yeni direnç özellikleri kazanmasına katkıda bulunmaktadır. Bakterilerde HGT'nin üç temel mekanizması konjugasyon, transformasyon ve transdüksiyondur (9,11).

Konjugasyonda genetik materyal, çoğunlukla plazmidler aracılığıyla donör ve alıcı bakteriler arasında doğrudan hücre temasıyla aktarılmaktadır. Transformasyonda çevrede bulunan serbest DNA, kompetan bakteriler tarafından alınmakta ve uygun koşullarda genoma dahil edilmektedir. Transdüksiyonda ise genetik materyal bakteriyofajlar aracılığıyla bir bakteriden diğerine taşınmaktadır. Bu mekanizmalar, direnç genlerinin farklı bakteriyel popülasyonlar ve türler arasında aktarılmasında rol oynamaktadır (9,11).

Klasik HGT mekanizmalarına ek olarak, hücre dışı veziküller aracılığıyla gerçekleşen ve "vezidüksiyon" olarak adlandırılan bir gen aktarım yolu da tanımlanmıştır. Özellikle Gram-negatif bakteriler tarafından salınan dış membran vezikülleri (OMV), DNA parçaları ve plazmidleri taşıyarak bunların alıcı hücrelere aktarılmasına aracılık edebilmektedir. Vezikül içerisinde taşınan DNA'nın nükleazların yıkıcı etkisinden korunması, genetik materyalin hücreler arasında taşınmasını kolaylaştırmaktadır (11,15).

2.3. Hareketli Genetik Elemanlar ve İntegronlar

Plazmidler, bakteriyel kromozomdan bağımsız olarak replike olabilen ekstrakromozomal DNA molekülleridir. Bir veya birden fazla antimikrobiyal direnç genini taşıyabilmeleri ve özellikle konjugatif plazmidler aracılığıyla bu genleri bakteriler arasında aktarabilmeleri, direnç yayılımındaki önemlerini oluşturmaktadır (10,16).

Transpozonlar ve insersiyon sekansları, genetik materyalin aynı hücre içerisindeki farklı bölgeler arasında yer değiştirmesine aracılık eden hareketli genetik elemanlardır. Bu yapılar, direnç genlerinin kromozom ile plazmidler arasında veya farklı plazmidler arasında taşınmasını kolaylaştırmaktadır. Özellikle ISEcp1 gibi insersiyon sekanslarının blaCTX-M ve blaCMY-2 gibi klinik açıdan önemli direnç genlerinin mobilizasyonuyla ilişkili olduğu; farklı transpozonların ise blaNDM-1, blaKPC ve mcr-1 gibi direnç genlerini taşıyabildiği gösterilmiştir (11,16).

İntegronlar, gen kasetlerini yakalayabilen, yapılarında biriktirebilen ve bu genlerin ifade edilmesine olanak sağlayan genetik sistemlerdir. İntegron yapısında bulunan integraz enzimi, attI ve attC rekombinasyon bölgelerini tanıyarak gen kasetlerinin integrona eklenmesini veya yapıdan çıkarılmasını sağlamaktadır. Gen kasetlerinin bir araya gelmesi, aynı bakteride birden fazla direnç determinantının bulunmasına ve çoklu ilaç direncinin gelişmesine katkıda bulunabilmektedir (2,16,17).

İntegronlar sıklıkla plazmid ve transpozon gibi hareketli genetik elemanlarla ilişkili olarak bulunmaktadır. Bu birliktelik, direnç genlerinin farklı genetik platformlar arasında yeniden düzenlenmesine ve hücreler arası aktarım sağlayabilen yapılar aracılığıyla başka bakterilere taşınmasına katkıda bulunmaktadır (2,11,16,17).

3. BAŞLICA ANTİBİYOTİK DİRENÇ MEKANİZMALARI

3.1. β-Laktamazlar ve Karbapenem Direnci

β-laktam antibiyotikler; penisilinler, sefalosporinler, karbapenemler ve monobaktamları kapsayan, ortak β-laktam halkasına sahip antimikrobiyal ajanlardır. Penisilin bağlayıcı proteinlere (PBP) bağlanarak peptidoglikan zincirleri arasındaki çapraz bağlanmayı inhibe eder ve hücre duvarı sentezini bozarak bakterisidal etki gösterirler (18,19).

β-laktam direnci; PBP yapısındaki değişiklikler, dış membran geçirgenliğinin azalması, dışa atım sistemlerinin etkinliğinin artması ve β-laktamaz üretimiyle gelişebilmektedir. Özellikle Gram-negatif bakterilerde önemli bir mekanizma olan β-laktamaz üretiminde, antibiyotiğin β-laktam halkası hidrolize edilerek antibakteriyel etkinliği ortadan kaldırılmaktadır (18,20,21).
β-laktamazlar, amino asit dizilerine dayanan Ambler sınıflandırmasına göre A, B, C ve D olmak üzere dört ana sınıfa ayrılmaktadır. A, C ve D sınıfları aktif bölgelerinde serin bulunan enzimlerden oluşurken, B sınıfındaki metallo-β-laktamazlar katalitik aktiviteleri için çinko iyonlarına gereksinim duymaktadır. Bu yapısal farklılıklar, enzimlerin substrat profillerini ve β-laktamaz inhibitörlerine duyarlılıklarını etkilemektedir (20,22,23).
Genişlemiş spektrumlu β-laktamazlar (ESBL), özellikle geniş spektrumlu sefalosporinleri ve aztreonamı hidrolize edebilen, çoğunlukla Ambler sınıf A'da yer alan enzimlerdir. Escherichia coli ve Klebsiella pneumoniae gibi bakterilerde TEM ve SHV kökenli ESBL'lerin yanı sıra CTX-M tipi enzimler klinik açıdan önem taşımaktadır. ESBL genlerinin hareketli genetik elemanlarla yayılması ve florokinolonlar ile aminoglikozidlere direnç sağlayan genlerle birlikte bulunabilmesi, çoklu ilaç direncine katkıda bulunmaktadır (21,24).
AmpC β-laktamazlar, Ambler sınıf C'de yer alan ve sefalosporinaz aktivitesi gösteren enzimlerdir. Kromozomal veya plazmid kaynaklı olabilen AmpC genlerinin bazı bakterilerde indüklenebilir ya da yüksek düzeyde ifade edilmesi, β-laktam direncini artırabilmektedir. AmpC üretiminin porin kaybıyla birlikte bulunması, karbapenem duyarlılığının azalmasına da katkı sağlayabilmektedir (21).
Karbapenemazlar, karbapenemleri hidrolize edebilen ve özellikle çoklu ilaç dirençli Gram-negatif bakterilerde klinik önem taşıyan β-laktamazlardır. Başlıca örnekler Ambler sınıf A'da KPC, sınıf B'de IMP, VIM ve NDM, sınıf D'de ise OXA-48 benzeri enzimlerdir. Bu enzimleri kodlayan genlerin plazmid, transpozon ve integronlarla ilişkili olarak yatay gen transferiyle yayılması, hastane ortamlarında karbapenem direncinin yaygınlaşmasına katkıda bulunmaktadır (21,25,26).
Karbapenemaz üretimi her zaman yüksek düzeyde fenotipik dirence yol açmadığından, bazı üretici izolatların yalnızca rutin fenotipik yöntemlerle saptanması güçleşebilmektedir. Bu nedenle karbapenemaz genlerinin moleküler yöntemlerle belirlenmesi, direnç mekanizmasının doğrulanması ve dirençli suşların epidemiyolojik izlemi açısından önem taşımaktadır (25,26).

3.2. Metisilin Direnci ve mecA/mecC Genleri

Metisilin, penisilinazlara dirençli olacak şekilde geliştirilmiş yarı sentetik bir β-laktam antibiyotiktir. Diğer β-laktam antibiyotikler gibi bakteriyel hücre duvarı sentezinde görev alan penisilin bağlayıcı proteinleri (PBP) hedef almaktadır. Klinik kullanımına başlanmasından kısa süre sonra metisiline dirençli Staphylococcus aureus (MRSA) suşlarının ortaya çıkması, bu enfeksiyonların tedavisinde önemli bir klinik sorun oluşturmuştur (13).
MRSA'da metisilin direncinin temel mekanizması, mecA geninin kodladığı PBP2a proteininin β-laktam antibiyotiklere düşük afinite göstermesidir. PBP2a, bakterinin doğal penisilin bağlayıcı proteinlerinden (PBP) farklı olarak, diğer PBP'ler β-laktamlarla inhibe edildiğinde de transpeptidasyon işlevini sürdürebilmektedir. Böylece peptidoglikan sentezi devam etmekte ve β-laktam direnci ortaya çıkmaktadır (13,27).
mecA geni, stafilokokal kaset kromozomu *mec* (SCCmec) olarak adlandırılan hareketli genetik eleman içerisinde yer almaktadır. SCCmec yapısı, dirençten sorumlu *mec* gen kompleksi ile kasetin kromozoma entegrasyonu ve eksizyonunda görev alan kaset kromozom rekombinaz (*ccr*) gen kompleksini içermektedir. Genetik yapılarına göre farklı tip ve alt tiplere ayrılan SCCmec elemanlarının bazıları ek antimikrobiyal direnç genlerini de taşıyabilmektedir (13,28).
mecA ekspresyonunun düzenlenmesinde MecI ve MecR1 proteinleri rol oynamaktadır. İşlevsel düzenleyici sistemin bulunduğu suşlarda MecI, β-laktam yokluğunda *mecA* transkripsiyonunu baskılarken, β-laktamların membrana bağlı sensör protein MecR1 tarafından algılanması proteolitik sinyal iletimini başlatmaktadır. Bu süreçte MecI aracılı baskılamanın ortadan

kalkmasıyla PBP2a sentezi artabilmektedir. Klinik MRSA izolatlarında düzenleyici genlerde görülen mutasyon veya delesyonlar ise *mecA* ekspresyonunun ve direnç düzeyinin farklılaşmasına neden olabilmektedir (13,27).

Metisilin direncinin başlıca belirleyicisi mecA olmakla birlikte, bu genle homolog olan mecC de bazı MRSA suşlarında β-laktam direncine aracılık edebilmektedir. mecC, PBP2a'ya işlevsel olarak benzeyen ve β-laktamlara düşük afinite gösteren PBP2c proteinini kodlamaktadır. Bu genetik çeşitlilik, MRSA'da metisilin direncinin farklı moleküler belirleyiciler aracılığıyla gelişebildiğini göstermektedir (28,29).

MRSA'nın antimikrobiyal direnç profili yalnızca mecA/mecC aracılı β-laktam direnciyle sınırlı değildir. β-laktamaz üretimi, dışa atım pompaları ve hedef bölge mutasyonları diğer antibiyotiklere karşı dirence katkıda bulunabilmektedir. Biyofilm oluşumu ise genetik direnç mekanizmalarından farklı olarak antimikrobiyal toleransı ve bakteriyel kalıcılığı artırarak enfeksiyonların tedavisini güçleştirebilmektedir (29–31).

3.3. Dışa Atım (Efflux) Pompaları ve Genetik Düzenlenmesi

Dışa atım (efflux) pompaları, antibiyotikleri ve diğer toksik bileşikleri hücre dışına taşıyarak hücre içi ilaç konsantrasyonunu azaltan önemli direnç mekanizmalarından biridir. Hem Gram-pozitif hem de Gram-negatif bakterilerde bulunan bu sistemlerin bazılarının farklı antimikrobiyal ajanları taşıyabilmesi, çoklu ilaç direncine katkıda bulunmaktadır (12,32,33).

Bakteriyel efflux sistemleri, yapı ve enerji kullanım özelliklerine göre başlıca RND (Resistance-Nodulation-Division), ABC (ATP-Binding Cassette), MFS (Major Facilitator Superfamily), MATE (Multidrug and Toxic Compound Extrusion), SMR (Small Multidrug Resistance) ve PACE (Proteobacterial Antimicrobial Compound Efflux) ailelerinde sınıflandırılmaktadır. ABC taşıyıcıları ATP hidrolizini kullanırken, Gram-negatif bakterilerde klinik açıdan önemli olan RND tipi pompalar proton itici kuvvetten yararlanmaktadır. RND sistemleri, iç membran taşıyıcısı, periplazmik adaptör protein ve dış membran kanalından oluşan üç bileşenli yapılarıyla substratların hücre dışına taşınmasını sağlamaktadır (32,34).

Efflux pompalarının direnç üzerindeki etkisi, ekspresyon düzeylerine de bağlıdır. Bu sistemleri kodlayan genler, yerel ve global transkripsiyonel düzenleyicilerin kontrolü altında bulunmakta; antibiyotikler, biyositler ve diğer çevresel etkenler bu düzenleyici mekanizmaları etkileyebilmektedir. Pompa genlerinin aşırı ekspresyonu, farklı antibiyotik gruplarına karşı direnç gelişmesine katkıda bulunabilmektedir (12,34).

Genetik düzenlenmenin önemli örneklerinden biri Pseudomonas aeruginosa'da bulunan MexAB-OprM sistemidir. Bu sistemin ekspresyonu, başta mexR, nalC ve nalD olmak üzere çeşitli düzenleyici genlerden etkilenmektedir. Bu genlerde meydana gelen ve baskılayıcı işlevi azaltan mutasyonlar, pompa ekspresyonunun artmasına yol açabilmektedir. MexAB-OprM; kinolonlar, makrolidler, tetrasiklinler, kloramfenikol ve birçok β-laktamın hücre dışına atılmasında rol oynayarak çoklu ilaç direncine katkıda bulunmaktadır (14,34,35).

Efflux pompalarının işlevleri yalnızca antibiyotiklerin hücre dışına atılmasıyla sınırlı değildir. Bu sistemlerin quorum sensing, virülans, çevresel stres yanıtı ve biyofilm gelişimi ile ilişkili olduğu bildirilmektedir. Biyofilm içerisindeki bakterilerde efflux sistemlerinin artmış aktivitesi, antibiyotiklerin hücre içi düzeyini azaltarak bakteriyel kalıcılığa katkıda bulunabilmektedir. Ayrıca biyofilm matriksi ve biyofilm içerisindeki fizyolojik değişiklikler, bakterilerin antimikrobiyal ajanlara ve konak bağışıklık yanıtına karşı korunmasını desteklemektedir (12,30,33).

Efflux pompalarının çoklu ilaç direncindeki rolü, bu sistemleri yeni tedavi yaklaşımları açısından potansiyel hedefler hâline getirmiştir. Efflux pompa inhibitörleriyle antibiyotiklerin hücre içi konsantrasyonunun artırılması amaçlanmakla birlikte, bu bileşiklerin klinik kullanımında seçicilik, toksisite ve farmakokinetik özellikler gibi sınırlılıklar bulunmaktadır (12,33).

4. MOLEKÜLER TANI VE EPİDEMİYOLOJİK YÖNTEMLER

4.1. Direnç Genlerinin Saptanmasında PCR Temelli Yöntemler

Polimeraz zincir reaksiyonu (PCR), belirli DNA dizilerinin özgül primerler aracılığıyla çoğaltılmasına dayanan ve antimikrobiyal dirençle ilişkili gen veya mutasyonların saptanmasında kullanılan moleküler bir yöntemdir. Fenotipik duyarlılık testleri bakterinin antimikrobiyal ajanlara verdiği yanıtı gösterirken PCR, hedeflenen genetik belirteçlerin doğrudan araştırılmasını sağlamaktadır. Hızlı sonuç vermesi ve bazı uygulamalarda doğrudan klinik örneklere uygulanabilmesi, tanı ve sürveyans açısından avantaj sunmaktadır (36–38).

PCR temelli yöntemlerle mecA/mecC, vanA/vanB, blaCTX-M, blaKPC, blaNDM, blaVIM, blaOXA-48-like ve mcr gibi klinik açıdan önemli direnç determinantları hedeflenebilmektedir. Klasik PCR belirli bir direnç geninin varlığını ortaya koyarken, gerçek zamanlı PCR amplifikasyon sürecinin eş zamanlı izlenmesini sağlamaktadır. Multipleks PCR ise aynı reaksiyonda birden fazla hedef genin araştırılmasına olanak tanımaktadır (36,38).

PCR yöntemlerinin güvenilirliği, primerlerin özgüllüğüne ve hedef genlerdeki genetik çeşitliliğin dikkate alınmasına bağlıdır. Uygun olmayan primer tasarımı, özellikle farklı varyantları bulunan direnç genlerinde yanlış negatif sonuçlara neden olabilmektedir. Plazmid aracılı kolistin direnciyle ilişkili mcr genlerinin saptanmasına yönelik çalışmalar, primerlerin biyoinformatik ve deneysel yöntemlerle doğrulanmasının önemini göstermektedir (39).

PCR dışında, döngüsel sıcaklık değişimlerine gereksinim duymayan döngü aracılı izotermal amplifikasyon (loop-mediated isothermal amplification, LAMP) gibi yöntemler de kullanılabilmektedir. Bu yöntemler, mcr gibi direnç genlerinin hızlı biçimde araştırılmasına olanak sağlamaktadır (38,40).

Bununla birlikte, hedefe yönelik moleküler yöntemler önceden bilinmeyen veya hedef panelde bulunmayan direnç mekanizmalarını gözden kaçırabilmektedir. Ayrıca PCR ile bir direnç geninin saptanması, genin ekspresyonu ve diğer düzenleyici mekanizmaların etkisi nedeniyle her zaman fenotipik dirençle örtüşmeyebilmektedir. PCR, minimum inhibitör konsantrasyonu (MİK) gibi fenotipik duyarlılık verilerini de doğrudan sağlamamaktadır. Bu nedenle sonuçların gerektiğinde fenotipik duyarlılık testleri ve diğer moleküler analizlerle birlikte değerlendirilmesi önemlidir (36–38).

PCR ile direnç genlerinin farklı izolatlarda görülme sıklığı ve zaman içerisindeki dağılımı izlenebilmekle birlikte, genlerin genomik çevresi veya suşlar arasındaki olası bulaş ilişkileri tek başına ortaya konulamamaktadır. Bu amaçla PFGE, MLST ve WGS gibi moleküler epidemiyolojik yöntemlerden yararlanılmakta; özellikle WGS, direnç genlerinin genomik bağlamının incelenmesinde ek avantajlar sağlamaktadır (37,38,41).

4.2. Suşlar Arasındaki Genetik İlişkilerin İncelenmesi: PFGE, MLST ve WGS

Bakteriyel suşlar arasındaki genetik ilişkilerin belirlenmesi, enfeksiyonların yayılımının izlenmesi ve olası bulaş zincirleri ile salgınların araştırılması açısından önem taşımaktadır. Darbeli alan jel elektroforezi (pulsed-field gel electrophoresis, PFGE), restriksiyon enzimleriyle kesilen genomik DNA parçalarının değişken elektrik alanında ayrılması ve elde edilen bant paternlerinin karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Yüksek ayırım gücü nedeniyle uzun yıllar referans tiplendirme yöntemlerinden biri olarak kullanılmıştır. Ancak zaman ve emek gerektirmesi, standardizasyon güçlükleri ve laboratuvarlar arası karşılaştırılabilirliğinin sınırlı olması başlıca dezavantajlarıdır (41–43).

Çok lokuslu dizi tiplemesi (multilocus sequence typing, MLST), suşların temel hücresel işlevlerle ilişkili (housekeeping) gen bölgelerindeki nükleotid dizilerinin karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Klasik MLST'de genellikle yedi veya sekiz lokusun allelik profiline göre izolatlara bir dizi tipi (sequence type, ST) atanmaktadır. Standartlaştırılmış verilerin farklı laboratuvarlar arasında karşılaştırılabilmesi önemli bir avantajken, sınırlı sayıdaki gen bölgesinin incelenmesi aynı ST içerisindeki yakın ilişkili izolatların ayrımını güçleştirmektedir (41,42,44).

Tüm genom dizileme (whole-genome sequencing, WGS), bakteriyel genomun daha kapsamlı incelenmesine ve yakın ilişkili izolatlar arasındaki küçük genetik farklılıkların belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Özellikle tek nükleotid varyantları/polimorfizmleri (SNV/SNP) üzerinden yapılan analizler, geleneksel yöntemlerle ayırt edilemeyen suşların ve olası bulaş kümelerinin daha yüksek çözünürlükle değerlendirilmesini sağlamaktadır. Ancak SNP/SNV farklılıklarının yorumlanması; bakteri türü, örnekleme stratejisi, genomik çeşitlilik ve epidemiyolojik bağlantılardan etkilendiğinden, genomik verilerin klinik ve epidemiyolojik bilgilerle birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir (41,44,45).

Danimarka'da vanA pozitif Enterococcus faecium izolatlarının incelendiği bir çalışmada PFGE, MLST ve WGS sonuçları büyük ölçüde uyumlu bulunmuş, ancak WGS daha yüksek ayırım gücü sağlayarak PFGE ile belirlenen kümelerin ayrıntılı incelenmesine olanak tanımıştır. Ayrıca WGS, suşların genetik ilişkilerinin yanı sıra antimikrobiyal direnç genleri, virülans belirleyicileri ve bazı hareketli genetik elemanlar hakkında da bilgi sağlayabilmektedir (41,45,46).

WGS, salgınların geriye dönük incelenmesinin yanı sıra prospektif genomik sürveyansta da kullanılmaktadır. Sağlık hizmeti ile ilişkili enfeksiyonlarda şüpheli salgınların doğrulanması veya dışlanması, geleneksel sürveyansla fark edilmeyen genetik kümelerin belirlenmesi ve dirençli patojenlerin sağlık kurumları içerisindeki veya kurumlar arasındaki yayılımının izlenmesi açısından önemli katkılar sağlamaktadır (41,42,45).

Bununla birlikte WGS'nin rutin kullanımı; dizileme altyapısı, biyoinformatik uzmanlık, veri depolama ve analiz kapasitesi gibi gereksinimler nedeniyle bazı sınırlılıklar taşımaktadır. Farklı dizileme platformları ve analiz yöntemlerinin sonuçların karşılaştırılabilirliğini etkileyebilmesi, kalite güvencesi ve standardizasyon süreçlerini önemli hâle getirmektedir. Teknolojik gelişmeler ve maliyetlerin azalmasıyla WGS'nin antimikrobiyal direnç sürveyansı ve SHİE'nin moleküler epidemiyolojik takibindeki kullanım alanı genişlemektedir (41,42,45).

SONUÇ

Sağlık hizmeti ile ilişkili enfeksiyonlarda antimikrobiyal direnç, yalnızca tedavi seçeneklerinin azalmasıyla sınırlı olmayan, dirençli bakterilerin ortaya çıkışı ve sağlık kurumlarında yayılımıyla ilişkili çok yönlü bir sorundur. Bu derlemede değerlendirilen genetik ve moleküler mekanizmalar, aynı direnç fenotipinin farklı mekanizmalarla gelişebildiğini ve direnç genlerinin farklı bakteriyel suşlar arasında taşınabildiğini göstermektedir. Dolayısıyla hastane ortamında dirençli izolatların artışı, antibiyotik seçilim baskısıyla dirençli varyantların yaygınlaşmasından, direnç genlerinin yatay aktarımından veya mevcut dirençli suşların hastalar arasında bulaşmasından kaynaklanabilmektedir. Bu süreçlerin birbirinden ayırt edilmesi, antimikrobiyal direncin doğru değerlendirilmesi ve uygun kontrol stratejilerinin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır (2,8,11).

Bu ayrım, moleküler tanı ve epidemiyolojik yöntemlerin birlikte kullanılmasının neden gerekli olduğunu da ortaya koymaktadır. Örneğin farklı hastalardan elde edilen izolatlarda aynı karbapenemaz geninin saptanması, tek başına ortak bir bulaş zincirinin bulunduğunu kanıtlamamaktadır. Fenotipik antimikrobiyal duyarlılık testleri bakterinin antibiyotiklere verdiği yanıtı, PCR belirli direnç genlerinin varlığını, WGS ise suşların genetik ilişkilerini değerlendirmeye olanak sağlamaktadır. Bununla birlikte genomik benzerlik de tek başına doğrudan bulaşın kanıtı değildir. Bu nedenle moleküler bulguların hasta hareketleri, örnekleme zamanları ve diğer epidemiyolojik verilerle birlikte değerlendirilmesi, olası bulaş kümelerinin ve dirençli bakterilerin yayılımının daha doğru yorumlanmasına katkı sağlayabilir (38,41,45).

Antimikrobiyal dirençle mücadelede uygulanacak önlemler de bu farklı süreçlere yönelik olmalıdır. Yerel direnç verilerine dayalı antibiyotik seçimi, kültür ve duyarlılık sonuçlarına göre tedavinin yeniden değerlendirilmesi ve belirli antibiyotikler için uygun ön onay uygulamaları, gereksiz antibiyotik kullanımını ve seçilim baskısını azaltmaya yönelik yaklaşımlardır. Buna karşılık hasta temasları arasında el hijyeninin sağlanması ve eldivenlerin değiştirilmesi,

çevresel temizlik ile yeniden kullanılabilir tıbbi ekipmanların uygun şekilde yeniden işlenmesi, dirençli etkenlerin çapraz bulaşını önlemeyi amaçlamaktadır. Cerrahi el antisepsisinde uygun alkol bazlı preparatların kullanılması da antimikrobiyal sabun ve suyla yapılan uygulamaya alternatif olarak önerilen enfeksiyon önleme yöntemlerinden biridir (47–49).

Bu derlemenin temel çıkarımı, sağlık hizmeti ile ilişkili enfeksiyonlarda direnç fenotipinin, genetik direnç mekanizmalarının ve bakteriyel suşlar arasındaki epidemiyolojik ilişkilerin birbirinden bağımsız değerlendirilmemesi gerektiğidir. Bu bilgilerin birlikte yorumlanması, yalnızca dirençli etkenlerin tanımlanmasını değil, uygun antibiyotik tedavisinin desteklenmesini ve olası bulaş kaynaklarının araştırılmasını da sağlayabilir. Ancak moleküler yöntemlerin kullanıma sunulması tek başına yeterli değildir. Elde edilen bulguların mikrobiyoloji laboratuvarları, klinisyenler, antibiyotik yönetimi ve enfeksiyon kontrol ekipleri tarafından birlikte değerlendirilerek uygulamaya aktarılması gerekmektedir. Antimikrobiyal dirençle mücadelede asıl önemli olan, yalnızca direncin hangi mekanizmayla geliştiğini belirlemek değil, bu bilgiyi dirençli enfeksiyonların tedavisini ve yayılımının kontrolünü destekleyen kararlara dönüştürebilmektir.

KAYNAKÇA

1. Sousa SA, Feliciano JR, Pita T, Soeiro CF, Mendes BL, Alves LG, vd. Bacterial Nosocomial Infections: Multidrug Resistance as a Trigger for the Development of Novel Antimicrobials. Antibiotics. 04 Ağustos 2021;10(8):942. doi:10.3390/antibiotics10080942

2. Baharoglu Z, Garriss G, Mazel D. Multiple Pathways of Genome Plasticity Leading to Development of Antibiotic Resistance. Antibiotics. 30 Mayıs 2013;2(2):288-315. doi:10.3390/antibiotics2020288

3. T.C. Sağlık Bakanlığı. Ulusal Sağlık Hizmeti ile İlişkili Enfeksiyonlar Sürveyans Tanı Rehberi [Rehber]. Ankara: T.C. Sağlık Bakanlığı, Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü; Mart 2026.

4. World Health Organization. Surveillance of health care-associated infections at national and facility levels: Practical handbook. Geneva: World Health Organization; 2024.

5. T.C. Sağlık Bakanlığı. Ulusal Sağlık Hizmeti ile İlişkili Enfeksiyonlar Sürveyans Ağı (USHİESA) Etken Dağılımı ve Antibiyotik Direnç Raporu 2025 [Rapor]. Ankara: T.C. Sağlık Bakanlığı, Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, Bulaşıcı Hastalıklar ve Erken Uyarı Dairesi Başkanlığı; 2026.

6. Haque M, Sartelli M, McKimm J, Abu Bakar MB. Health care-associated infections – an overview. Infect Drug Resist. Kasım 2018;11:2321-33. doi:10.2147/IDR.S177247

7. Rice LB. Federal Funding for the Study of Antimicrobial Resistance in Nosocomial Pathogens: No ESKAPE. J Infect Dis. 15 Nisan 2008;197(8):1079-81. doi:10.1086/533452

8. De Oliveira DMP, Forde BM, Kidd TJ, Harris PNA, Schembri MA, Beatson SA, vd. Antimicrobial Resistance in ESKAPE Pathogens. Clin Microbiol Rev. 17 Haziran 2020;33(3):e00181-19. doi:10.1128/CMR.00181-19

9. Arnold BJ, Huang IT, Hanage WP. Horizontal gene transfer and adaptive evolution in bacteria. Nat Rev Microbiol. Nisan 2022;20(4):206-18. doi:10.1038/s41579-021-00650-4

10. Cesur S, Demiröz AP. Antibiotics and the Mechanisms of Resistance to Antibiotics. Med J Islam World Acad Sci. 2013;21(4):138-42. doi:10.12816/0002645

11. Wachino J. Horizontal Gene Transfer Systems for Spread of Antibiotic Resistance in Gram-Negative Bacteria. Microbiol Immunol. Temmuz 2025;69(7):367-76. doi:10.1111/1348-0421.13222

12. Elbaiomy RG, El-Sappah AH, Guo R, Luo X, Deng S, Du M, vd. Antibiotic Resistance: A Genetic and Physiological Perspective. MedComm. Kasım 2025;6(11):e70447. doi:10.1002/mco2.70447

13. Peacock SJ, Paterson GK. Mechanisms of Methicillin Resistance in *Staphylococcus aureus*. Annu Rev Biochem. 02 Haziran 2015;84:577-601. doi:10.1146/annurev-biochem-060614-034516

14. Biswas R, Panja AS, Bandopadhyay R. Molecular Mechanism of Antibiotic Resistance: The Untouched Area of Future Hope. Indian J Microbiol. Haziran 2019;59(2):254-9. doi:10.1007/s12088-019-00781-6

15. Soler N, Forterre P. Vesiduction: the fourth way of HGT. Environ Microbiol. Temmuz 2020;22(7):2457-60. doi:10.1111/1462-2920.15056

16. Cross BJ, Partridge SR, Sheppard AE. Impacts of mobile genetic elements on antimicrobial resistance genes in gram-negative pathogens: Current insights and genomic approaches. Microbiol Res. Ocak 2026;302:128340. doi:10.1016/j.micres.2025.128340

17. Ali N, Ali I, Din AU, Akhtar K, He B, Wen R. Integrons in the Age of Antibiotic Resistance: Evolution, Mechanisms, and Environmental Implications: A Review. Microorganisms. 13 Aralık 2024;12(12):2579. doi:10.3390/microorganisms12122579

18. Bush K, Bradford PA. β-Lactams and β-Lactamase Inhibitors: An Overview. Cold Spring Harb Perspect Med. Ağustos 2016;6(8):a025247. doi:10.1101/cshperspect.a025247

19. Kim D, Kim S, Kwon Y, Kim Y, Park H, Kwak K, vd. Structural Insights for β-Lactam Antibiotics. Biomol Ther. 01 Mart 2023;31(2):141-7. doi:10.4062/biomolther.2023.008

20. Alfei S, Schito AM. β-Lactam Antibiotics and β-Lactamase Enzymes Inhibitors, Part 2: Our Limited Resources. Pharmaceuticals. 13 Nisan 2022;15(4):476. doi:10.3390/ph15040476

21. Sawa T, Kooguchi K, Moriyama K. Molecular diversity of extended-spectrum β-lactamases and carbapenemases, and antimicrobial resistance. J Intensive Care. Aralık 2020;8(1):13. doi:10.1186/s40560-020-0429-6

22. Bush K, Jacoby GA. Updated Functional Classification of β-Lactamases. Antimicrob Agents Chemother. Mart 2010;54(3):969-76. doi:10.1128/AAC.01009-09

23. Hall BG, Barlow M. Revised Ambler classification of β-lactamases. J Antimicrob Chemother. 01 Haziran 2005;55(6):1050-1. doi:10.1093/jac/dki130

24. Falagas ME, Karageorgopoulos DE. Extended-spectrum β-lactamase-producing organisms. J Hosp Infect. Aralık 2009;73(4):345-54. doi:10.1016/j.jhin.2009.02.021

25. Nordmann P, Naas T, Poirel L. Global Spread of Carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae*. Emerg Infect Dis. Ekim 2011;17(10):1791-8. doi:10.3201/eid1710.110655

26. Poirel L, Walsh TR, Cuvillier V, Nordmann P. Multiplex PCR for detection of acquired carbapenemase genes. Diagn Microbiol Infect Dis. Mayıs 2011;70(1):119-23. doi:10.1016/j.diagmicrobio.2010.12.002

27. Rosado PC, Marques MM, Justino GC. Targeting MRSA penicillin-binding protein 2a: structural insights, allosteric mechanisms, and the potential of adjuvant inhibitors. Biochem Pharmacol. Eylül 2025;239:117048. doi:10.1016/j.bcp.2025.117048

28. Zhou W, Jin Y, Shen P, Chen W, Chen Y, Xiao Y. Novel SCC *mec* variants in clonal complex 398 and lineage-specific pseudo-SCC *mec* identified in ST88 MRSA from invasive bloodstream infections in China. J Antimicrob Chemother. 05 Eylül 2023;78(9):2366-75. doi:10.1093/jac/dkad250

29. Liu Y, Lu H, Hu G, Liu J, Lian S, Pang S, vd. Unmasking MRSA's Armor: Molecular Mechanisms of Resistance and Pioneering Therapeutic Countermeasures. Microorganisms. 18 Ağustos 2025;13(8):1928. doi:10.3390/microorganisms13081928

30. McCarthy H, Rudkin JK, Black NS, Gallagher L, O'Neill E, O'Gara JP. Methicillin resistance and the biofilm phenotype in Staphylococcus aureus. Front Cell Infect Microbiol. 28 Ocak 2015;5:1. doi:10.3389/fcimb.2015.00001

31. Silva-Santana G. Staphylococcus aureus: Dynamics of pathogenicity and antimicrobial-resistance in hospital and community environments - Comprehensive overview. Res Microbiol. Mart 2025;176(3-4):104267. doi:10.1016/j.resmic.2025.104267

32. Li XZ, Plésiat P, Nikaido H. The Challenge of Efflux-Mediated Antibiotic Resistance in Gram-Negative Bacteria. Clin Microbiol Rev. Nisan 2015;28(2):337-418. doi:10.1128/CMR.00117-14

33. Zhang L, Tian X, Sun L, Mi K, Wang R, Gong F, vd. Bacterial Efflux Pump Inhibitors Reduce Antibiotic Resistance. Pharmaceutics. 25 Ocak 2024;16(2):170. doi:10.3390/pharmaceutics16020170

34. Novelli M, Bolla JM. RND Efflux Pump Induction: A Crucial Network Unveiling Adaptive Antibiotic Resistance Mechanisms of Gram-Negative Bacteria. Antibiotics. 28 Mayıs 2024;13(6):501. doi:10.3390/antibiotics13060501

35. Lorusso AB, Carrara JA, Barroso CDN, Tuon FF, Faoro H. Role of Efflux Pumps on Antimicrobial Resistance in Pseudomonas aeruginosa. Int J Mol Sci. 13 Aralık 2022;23(24):15779. doi:10.3390/ijms232415779

36. Banerjee R, Patel R. Molecular diagnostics for genotypic detection of antibiotic resistance: current landscape and future directions. JAC-Antimicrob Resist. 17 Şubat 2023;5(1):dlad018. doi:10.1093/jacamr/dlad018

37. Fluit AC, Visser MR, Schmitz FJ. Molecular Detection of Antimicrobial Resistance. Clin Microbiol Rev. Ekim 2001;14(4):836-71. doi:10.1128/CMR.14.4.836-871.2001

38. Hassall J, Coxon C, Patel VC, Goldenberg SD, Sergaki C. Limitations of current techniques in clinical antimicrobial resistance diagnosis: examples and future prospects. Npj Antimicrob Resist. 17 Haziran 2024;2(1):16. doi:10.1038/s44259-024-00033-8

39. Gorecki A, Musialowski M, Wolacewicz M, Decewicz P, Ferreira C, Vejmelkova D, vd. Development and validation of novel PCR primers for identification of plasmid-mediated colistin resistance (mcr) genes in various environmental settings. J Hazard Mater. Mart 2022;425:127936. doi:10.1016/j.jhazmat.2021.127936

40. Leshaba TMS, Mbelle NM, Osei Sekyere J. Current and emerging polymyxin resistance diagnostics: A systematic review of established and novel detection methods. J Appl Microbiol. Ocak 2022;132(1):8-30. doi:10.1111/jam.15184

41. Matsumura Y, Yamamoto M, Gomi R, Tsuchido Y, Shinohara K, Noguchi T, vd. Integrating whole-genome sequencing into antimicrobial resistance surveillance: methodologies, challenges, and perspectives. Munita JM, editör. Clin Microbiol Rev. 11 Aralık 2025;38(4):e00140-22. doi:10.1128/cmr.00140-22

42. Nutman A, Marchaim D. How to: molecular investigation of a hospital outbreak. Clin Microbiol Infect. Haziran 2019;25(6):688-95. doi:10.1016/j.cmi.2018.09.017

43. Simar SR, Hanson BM, Arias CA. Techniques in bacterial strain typing: past, present, and future. Curr Opin Infect Dis. Ağustos 2021;34(4):339-45. doi:10.1097/QCO.0000000000000743

44. Martínez-Meléndez A, Morfin-Otero R, Villarreal-Treviño L, Baines SD, Camacho-Ortíz A, Garza-González E. Molecular epidemiology of predominant and emerging Clostridioides difficile ribotypes. J Microbiol Methods. Ağustos 2020;175:105974. doi:10.1016/j.mimet.2020.105974

45. Hayden MK, Sansom SE, Snitkin ES. Genome sequencing for prevention of health-care-associated bacterial infections. Nat Rev Microbiol. Nisan 2026;24(4):255-69. doi:10.1038/s41579-025-01254-y

46. Pinholt M, Larner-Svensson H, Littauer P, Moser CE, Pedersen M, Lemming LE, vd. Multiple hospital outbreaks of *vanA Enterococcus faecium* in Denmark, 2012–13, investigated by WGS, MLST and PFGE. J Antimicrob Chemother. Eylül 2015;70(9):2474-82. doi:10.1093/jac/dkv142

47. Centers for Disease Control and Prevention. Infection Control [Internet]. 2024 [a.yer 13 Ekim 2026]. CDC's Core Infection Prevention and Control Practices for Safe Healthcare Delivery in All Settings. Erişim adresi: https://www.cdc.gov/infection-control/hcp/core-practices/index.html

48. Centers for Disease Control and Prevention. Antibiotic Prescribing and Use [Internet]. 2025 [a.yer 13 Ekim 2026]. Core Elements of Hospital Antibiotic Stewardship Programs. Erişim adresi: https://www.cdc.gov/antibiotic-use/hcp/core-elements/hospital.html

49. World Health Organization. Global guidelines for the prevention of surgical site infection [Internet]. 2. bs. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2018. Erişim adresi: https://iris.who.int/handle/10665/277399

GERİATRİK BİREYLERDE POLİFARMASİ, DEPRESYON, KOGNİTİF FONKSİYONLAR VE FONKSİYONEL BAĞIMSIZLIK ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Yasemin ATEŞ SARI,
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversite Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü
Dr. Öğr. Üyesi Sevilay Seda BAŞ
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversite Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

ÖZET
Yaşlılık döneminde polifarmasi, depresif belirtiler ve kognitif değişiklikler, bireylerin fonksiyonel bağımsızlık düzeyiyle ilişkili olabilen önemli geriatrik sorunlardır. Bu faktörlerin birbiriyle olan ilişkilerinin değerlendirilmesi, geriatrik bireylerin genel sağlık ve fonksiyonel durumlarının daha kapsamlı anlaşılmasına katkı sağlayabilir. Bu çalışmanın amacı, toplumda yaşayan geriatrik bireylerde polifarmasi, depresyon, kognitif fonksiyonlar ve fonksiyonel bağımsızlık arasındaki ilişkiyi incelemektir. Bu kesitsel çalışmaya toplumda yaşayan 59 geriatrik birey dahil edildi. Geriatrik bireyin medyan yaşı 79 yıl (Q1–Q3:72–84) idi. Katılımcıların sosyodemografik ve klinik özellikleri değerlendirildi. Polifarmasi, kullanılan ilaç sayısı kaydedilerek değerlendirildi. Depresif belirtiler Geriatrik Depresyon Ölçeği ile kognitif fonksiyonlar Standardize Mini Mental Test ile ve fonksiyonel bağımsızlık Katz Günlük Yaşam Aktiviteleri Ölçeği ile değerlendirildi. Polifarmasi, depresyon, kognitif fonksiyonlar ve fonksiyonel bağımsızlık arasındaki ilişki Spearman korelasyon analizi ile değerlendirildi. Polifarmasi ile fonksiyonel bağımsızlık arasında negatif yönde orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulundu (rho=-0.383; $p<0,05$). Buna karşın diğer değişkenler arasında ilişki bulunmadı ($p>0,05$). Toplumda yaşayan geriatrik bireylerde kullanılan ilaç sayısının fonksiyonel bağımsızlık düzeyi ile ilişkili olduğu bulundu. Bununla birlikte, diğer değişkenler arasında anlamlı ilişkilerin bulunmaması, bu ilişkilerin örneklemin klinik özellikleri ve değişkenlerdeki dağılım gibi faktörlerden etkilenebileceğini düşündürmektedir. Polifarmasi ile fonksiyonel bağımsızlık arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılabilmesi için komorbidite yükü, fiziksel performans ve ilaç özelliklerini dikkate alan daha geniş ve boylamsal çalışmalara ihtiyaç vardır.
Keywords: Geriatrik Birey, Polifarmasi, Depresyon, Kognitif Fonksiyonlar, Bağımsızlık.

GİRİŞ
Yaşlanma süreci, biyolojik, psikolojik ve sosyal değişimlerle birlikte kronik hastalıkların, çoklu ilaç kullanımının, bilişsel işlevlerde azalmanın, depresyon artışında ve fonksiyonel bağımsızlıkta gerilemenin daha sık görüldüğü bir dönemdir [1]. Bu değişimler birbirinden bağımsız değildir; aksine birbirlerini etkileyerek geriatrik bireylerin sağlık durumunu ve yaşam kalitesini belirleyen çok boyutlu bir yapı oluşturmaktadır [2]. Bu nedenle geriatrik değerlendirmede biyopsikososyal faktörlerin bütüncül olarak ele alınması gerekmektedir.
Polifarmasi de geriatrik sendromların önemli bileşenlerinden biridir. Yaşlı bireylerde çoklu ilaç kullanımı, ilaç etkileşimleri ve advers ilaç etkileri nedeniyle bilişsel işlevlerde bozulmaya, düşme riskinde artışa ve fonksiyonel bağımsızlığın azalmasına katkıda bulunabilmektedir [3]. Özellikle antikolinerjik yükü yüksek ilaçlar ve santral sinir sistemi üzerine etkili ajanların bilişsel performansı olumsuz etkileyebildiği bildirilmektedir [4]. Diğer taraftan depresyon ve

bilişsel bozukluklar tedaviye uyumu azaltarak ilaç kullanımını daha karmaşık hale getirebilmekte ve polifarmasiyi dolaylı olarak etkileyebilmektedir [5]. Depresyon, yaşlı bireylerde en sık görülen psikiyatrik sorunlardan biridir ve bilişsel işlevler ile fonksiyonel kapasite üzerinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir [6]. Depresif belirtiler özellikle dikkat, bellek, yürütücü işlevler ve psikomotor hızda bozulma ile ilişkilendirilmiş olup, bazı olgularda demansı taklit eden geçici bilişsel performans düşüklüğüne (psödodemans) yol açabilmektedir [7, 8]. Buna karşılık bilişsel yetersizlikler de bireyin günlük yaşamını sürdürme becerisini azaltarak depresif belirtilerin ortaya çıkmasını veya şiddetlenmesini kolaylaştırabilmektedir [9]. Kognitif fonksiyonlar, yaşlanma sürecinde bireyin bağımsızlığını ve yaşam kalitesini belirleyen temel bileşenlerden biridir. Yaşla birlikte bilişsel performansta fizyolojik düzeyde bir azalma görülebilmekle birlikte, depresyon, kronik hastalıklar ve çoklu ilaç kullanımı gibi faktörler bu süreci hızlandırabilmektedir. Özellikle dikkat, bellek, yürütücü işlevler ve bilgi işleme hızındaki bozulmalar, yaşlı bireylerin günlük yaşam aktivitelerini bağımsız olarak sürdürebilme becerisini olumsuz etkilemektedir [3, 10]. Bunun yanında bilişsel bozukluklar, ilaçların doğru kullanımı ve tedaviye uyum üzerinde de olumsuz etkilere neden olabilmekte, böylece polifarmasiye bağlı sorunların ortaya çıkma riskini artırabilmektedir [11]. Bu nedenle kognitif fonksiyonlar, depresyon, polifarmasi ve fonksiyonel bağımsızlık karşılıklı etkileşim içinde olup yaşlı bireylerin kapsamlı geriatrik değerlendirilmesinde önemli bir bileşen olarak öne çıkmaktadır.

Fonksiyonel bağımsızlık, sağlıklı yaşlanmanın temel göstergelerinden biridir ve yalnızca fiziksel kapasiteyi değil, bilişsel ve psikolojik durumu da yansıtmaktadır [12]. Depresif belirtiler, bilişsel bozukluk ve polifarmasi; günlük yaşam aktivitelerinde bağımsızlığın azalmasıyla ilişkilendirilmektedir. Benzer şekilde fonksiyonel bağımsızlığın azalması da sosyal katılımın kısıtlanmasına, yaşam kalitesinin düşmesine ve depresif belirtilerin artmasına neden olabilmektedir [13, 14]. Bu bulgular, depresyon, polifarmasi, kognitif fonksiyonlar ve fonksiyonel bağımsızlığın birbirini etkileyen, çok yönlü bir ilişki ağı içinde olduğunu göstermektedir. Mevcut çalışmalar çoğunlukla bu değişkenleri ayrı ayrı inceleyen çok çalışma mevcuttur. Ancak toplumda yaşayan geriatrik bireylerde depresyon, polifarmasi, kognitif fonksiyonlar ve fonksiyonel bağımsızlık arasındaki karşılıklı ilişkileri aynı örneklem üzerinde birlikte değerlendiren çalışmalar sınırlıdır. Bu ilişkilerin ortaya konulması, geriatrik bireylerde erken risk belirlenmesi ve multidisipliner değerlendirme yaklaşımlarının geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı, toplumda yaşayan geriatrik bireylerde depresyon, polifarmasi, kognitif fonksiyonlar ve fonksiyonel bağımsızlık arasındaki ilişkileri incelemektir. Çalışmanın hipotezi, polifarmasi, depresyon, kognitif fonksiyonlar ve fonksiyonel bağımsızlığın birbirleriyle anlamlı düzeyde ilişkili olduğu yönündedir.

METOT

Çalışma Tasarımı ve Katılımcılar

Bu kesitsel çalışma, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi'nde gerçekleştirildi. Araştırma, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Etik Kurulu tarafından onaylandı (Karar No: 2026-01/15). Çalışma, Helsinki Deklarasyonu ilkelerine uygun olarak yürütüldü. Çalışma başlamadan önce tüm katılımcılardan yazılı bilgilendirilmiş gönüllü olur formu alındı.

Çalışmaya dahil edilme kriterleri; 65 yaş ve üzerinde olmak, sözel iletişim kurabilmek, değerlendirme ölçeklerini anlayabilecek düzeyde okuryazar olmak ve çalışmaya gönüllü olarak katılmayı kabul etmekti. Dışlanma kriterleri ise majör psikiyatrik hastalık (şizofreni, bipolar bozukluk vb.), son altı ay içerisinde geçirilmiş akut nörolojik hastalık (inme, travmatik beyin yaralanması vb.) ve değerlendirmelerin sağlıklı şekilde uygulanmasını engelleyecek düzeyde işitme, görme veya iletişim bozukluğunun bulunması olarak belirlendi.

Veri Toplama

Katılımcıların yaş, cinsiyet, eğitim durumu ve düzenli kullandıkları ilaç sayısı kaydedildi. Polifarmasi, katılımcıların düzenli kullandıkları tüm ilaçların sorgulanması ve toplam ilaç sayısının kaydedilmesiyle değerlendirildi. Depresyon düzeyi Geriatrik Depresyon Ölçeği (GDÖ) ile, kognisyonu Standardize Mini Mental Durum Testi (SMMDT) ile ve fonksiyonel bağımsızlığı Katz Günlük Yaşam Aktiviteleri Ölçeği (Katz GYA) ile değerlendirildi.

Değerlendirme Araçları

Geriatrik Depresyon Ölçeği

Depresif belirtileri değerlendirmek için kullanılan GDÖ, katılımcıların son bir haftadaki duygu durumunu değerlendiren 15 adet evet/hayır sorusundan oluşmaktadır. Toplam puan 0 ile 15 arasında değişmekte olup yüksek puanlar daha fazla depresif belirtiyi göstermektedir. 0–4 puan normal, 5–8 hafif, 9–11 orta ve 12–15 şiddetli depresif belirtiler olarak yorumlanmaktadır [15].

Standardize Mini Mental Durum Testi

Kognitif durumu değerlendiren SMMDT; oryantasyon, kayıt belleği, dikkat, hesaplama, hatırlama, dil, görsel-mekânsal beceriler ve motor fonksiyonları içeren sorulardan oluşmaktadır. Toplam puan 0-30 arasında değişmekte olup yüksek puanlar daha iyi bilişsel performansı göstermektedir. Genel olarak 24–30 puan normal bilişsel fonksiyon, 18–23 puan hafif bilişsel bozukluk ve 0–17 puan ileri düzey bilişsel bozukluk olarak değerlendirilmektedir [16].

Katz Günlük Yaşam Aktiviteleri Ölçeği

Fonksiyonel bağımsızlığı değerlendirmek için Katz GYA ölçeği kullanıldı . Ölçek; banyo yapma, giyinme, tuvalet kullanımı, transfer, kontinans ve beslenme olmak üzere altı temel günlük yaşam aktivitesini değerlendirmektedir. Her bağımsız gerçekleştirilen aktivite 1 puan, bağımlı gerçekleştirilen aktivite ise 0 puan olarak puanlanmaktadır. Toplam puan 6 tam bağımsızlığı, 4 orta düzey bağımlılığı, 2 veya daha düşük puan ise ileri düzey fonksiyonel bağımlılığı göstermektedir [17].

Örneklem Büyüklüğü

Örneklem büyüklüğü G*Power 3.1.9 yazılımı kullanılarak hesaplandı. Korelasyon analizine göre beklenen etki büyüklüğü r=0,50, anlamlılık düzeyi α=0,05 ve istatistiksel güç %90 olarak kabul edildi. Analiz sonucunda çalışmaya dahil edilmesi gereken minimum örneklem büyüklüğü 34 katılımcı olarak belirlendi [18].

İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel değerlendirmesinde “Statistical Package for Social Sciences” (SPSS) Versiyon 26.0 istatistik programı kullanıldı. Değişkenlerin normal dağılıp dağılmadıklarının tanımlanmaları için görsel (histogram, olasılık grafikleri) ve analitik yöntemler (Kolomogrov-Smirnov/Shapiro-Wilk’s test) kullanılarak incelenecektir. Normal dağılım göstermeyen değişkenler medyan (Q1–Q3), kategorik değişkenler frekans ve yüzde (%) tanımlayıcı istatistikleri ile gösterildi. Depresyon, polifarmasi, kognitif durum ve fonksiyonel bağımsızlık arasındaki ilişkiler Spearman korelasyon analizi ile incelendi. İstatistiksel analize göre, korelasyon katsayıları (r) çok iyi (0,90–1,00), iyi (0,70–0,89), orta (0,50–0,69), zayıf (0,30–0,49) ve çok zayıf (<0,30) olarak değerlendirildi. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak kabul edildi [18].

BULGULAR

Çalışmaya katılan 59 geriatrik bireyin medyan yaşı 79 yıl (Q1–Q3: 72–84) idi. Geriatrik bireylerin %57.6'sı kadındı. Eğitim durumuna göre ise; %47.5'i ilkokul, %5.1'i ortaokul, %13.6'sı lise, %28.8'i lisans ve %5.1'i lisansüstü mezunuydu. Katılımcıların kullandığı ilaç sayısının medyanı 6 (Q1–Q3: 4–9) olarak bulundu. Medyan kognisyon puanı 24 (Q1–Q3: 22–

25), depresyon puanı 2 (Q1–Q3: 1–4) ve fonksiyonel bağımsızlık puanı 5 (Q1–Q3: 5–6) idi (Tablo 1).

Tablo 1. Geriatrik bireylerin demografik ve klinik verileri

	n=59	
Yaş (yıl), Medyan (Q1–Q3)		79 (72-84)
Cinsiyet, n (%)	**Kadın**	34 (57.6)
	Erkek	25 (42.4)
Eğitim durumu, n (%)	**İlkokul**	28 (47.5)
	Ortaokul	3 (5.1)
	Lise	8 (13.6)
	Lisans	17 (28.8)
	Lisansüstü	3 (5.1)
Kullandığı ilaç sayısı, Medyan (Q1–Q3)		6 (4-9)
Depresyon, Medyan (Q1–Q3)		2 (1-4)
Kognisyon, Medyan (Q1–Q3)		24 (22-25)
Fonksiyonel bağımsızlık, Medyan (Q1–Q3)		5 (5-6)

Spearman korelasyon analizine göre sadece polifarmasi ile fonksiyonel bağımsızlık arasında ise negatif yönde orta düzeyde bir ilişki bulundu (ρ=−0.383, p=0.003). Depresyon ile polifarmasi (ρ=0.007, p=0.960), kognisyon (ρ=0.061, p=0.645) ve fonksiyonel bağımsızlık (ρ=0.010, p=0.938) arasında anlamlı bir ilişki bulunmadı. Benzer şekilde polifamasi ile kognisyon (ρ=−0.180, p=0.172) arasında ve kognisyon ile fonksiyonel bağımsızlık arasında anlamlı bir ilişki bulunmadı (ρ=−0.044, p=0.739) (Tablo 2).

Tablo 2. Geriatrik bireylerde depresyon, polifarmasi, kognisyon ve fonksiyonel bağımsızlık arasındaki ilişki

	Polifarmasi		**Kognisyon**		**Fonksiyonel bağımsızlık**	
	rho	**p**	**rho**	**p**	**rho**	**p**
Polifarmasi	-	-	-0.180	0.172	-0.383	**0.003**
Depresyon	0.007	0.960	0.061	0.645	0.010	0.938
Kognisyon	-0.180	0.172	-	-	-0.044	0.739
Fonksiyonel bağımsızlık	-0.383	**0.003**	-0.044	0.739	-	-

TARTIŞMA

Bu çalışmada toplumda yaşayan geriatrik bireylerde polifarmasi, depresyon, kognitif fonksiyonlar ve fonksiyonel bağımsızlık arasındaki ilişkiler incelendi. Çalışmanın temel bulgusu, kullanılan ilaç sayısı ile fonksiyonel bağımsızlık arasında anlamlı bir ilişki bulunmasıdır. Buna karşın depresyon ile polifarmasi, kognitif fonksiyonlar ve fonksiyonel bağımsızlık arasında; polifarmasi ile kognitif fonksiyonlar arasında ve kognitif fonksiyonlar ile fonksiyonel bağımsızlık arasında anlamlı bir ilişki bulunmadı. Bu bulgular, geriatrik bireylerde teorik olarak birbiriyle ilişkili olduğu düşünülen polifarmasi, depresyon, kognisyon ve fonksiyonel bağımsızlık arasındaki ilişkilerin her geriatrik popülasyonda aynı düzeyde ortaya çıkmayabileceğini göstermektedir.

Beş veya daha fazla ilacın eş zamanlı kullanımı yaygın olarak polifarmasi olarak tanımlanmakta ve yaşlı bireylerde sık karşılaşılan bir durum olarak kabul edilmektedir. Yaşla birlikte birden fazla kronik hastalığın görülme sıklığının artması, farklı hastalıkların tedavisi için daha fazla sayıda ilacın kullanılmasına neden olabilmektedir [19, 20]. Bununla birlikte, ilaç sayısı yalnızca farmakolojik yükü değil, aynı zamanda bireyin hastalık ve sağlık hizmeti gereksinimlerinin bir göstergesini de yansıtabilir. Bu nedenle polifarmasi ile geriatrik sonuçlar arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesinde ilaç sayısının yanı sıra komorbidite yükünün ve kullanılan ilaçların özelliklerinin de dikkate alınması önemlidir [19, 21]. Çalışmamızın en belirgin bulgusu, polifarmasi düzeyinin göstergesi olarak kullanılan ilaç sayısı ile fonksiyonel bağımsızlık arasında negatif yönde orta düzeyde bir ilişki bulunmasıdır. Bu bulgu, geriatrik bireylerde polifarmasi ile fiziksel ve fonksiyonel yetersizlik arasında ilişki olduğunu bildiren önceki çalışmalarla genel olarak uyumludur. Çoklu ilaç kullanımı; sedasyon, baş dönmesi, ortostatik hipotansiyon, denge bozukluğu ve diğer advers ilaç etkileriyle ilişkili olabilmekte ve bu durum günlük yaşam aktivitelerinin gerçekleştirilmesini güçleştirebilmektedir. Bununla birlikte, ilişkinin ters yönde veya karşılıklı olması da mümkündür. Fonksiyonel bağımsızlığı daha düşük olan bireylerin daha fazla kronik hastalığa sahip olması, daha fazla sağlık hizmeti kullanması ve buna bağlı olarak daha fazla ilaç kullanması olasıdır.

Literatürde ise çoklu ilaç kullanımı ile depresyon ve kognitif arasında ilişki bildiren çalışmalar bulunmaktadır. Literatürde depresyon ve polifarmasi arasında ilişkinin yorumlanmasında yaş, kronik hastalık yükü ve sağlık hizmeti kullanımı gibi ortak faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir. Depresif belirtileri olan bireylerin daha fazla sağlık hizmetine başvurması ve daha fazla ilaç kullanması mümkün olmakla birlikte, çoklu ilaç kullanımının getirdiği tedavi yükü ve advers etkiler de psikolojik durumla ilişkili olabilir. Bununla birlikte, çalışmamızda depresyon düzeylerinin genel olarak düşük olması ve örneklem büyüklüğünün sınırlı olması, bu ilişkinin saptanmasını güçleştirmiş olabilir. Benzer şekilde, kognisyon ile polifarmasi arasında anlamlı bir ilişki bulunmadı. Özellikle ileri yaşta merkezi sinir sistemi üzerinde etkili ilaçlar ve antikolinerjik özellik taşıyan ilaçların bilişsel performans üzerinde olumsuz etkileri olabileceği bildirilmektedir. Bununla birlikte, polifarmasi ile bilişsel işlevler arasındaki ilişkinin yalnızca ilaç sayısı üzerinden açıklanması mümkün değildir. Kullanılan ilaçların farmakolojik sınıfları, dozları, tedavi süresi, antikolinerjik yükü ve potansiyel ilaç-ilaç etkileşimleri bilişsel sonuçlar açısından önem taşıyabilir. Çalışmamızda polifarmasi ile kognitif fonksiyonlar arasında anlamlı bir ilişki bulunmaması, polifarmasinin yalnızca kullanılan ilaçların sayısı üzerinden değerlendirilmiş olmasıyla ilişkili olabilir. İlaçların bilişsel fonksiyonlar üzerindeki olası etkilerinin ilaç türü, dozajı, kullanım süresi ve antikolinerjik yük gibi özellikler açısından ayrıntılı olarak değerlendirilmemiş olması, polifarmasi ile kognitif fonksiyonlar arasındaki ilişkinin ortaya konulmasını sınırlamış olabilir.

Fonksiyonel bağımsızlık, yaşlı bireylerin günlük yaşam aktivitelerini sürdürebilme ve yaşamlarını mümkün olduğunca bağımsız şekilde devam ettirebilme düzeyini yansıtan önemli bir geriatrik değerlendirme bileşenidir. Literatürde, fonksiyonel bağımsızlığın kognitif

fonksiyonlar ve depresif belirtilerle yakından ilişkili olduğu bildirilmektedir. Toplumda yaşayan yaşlı bireylerde yapılan çalışmalarda, kognitif performans ile günlük yaşam aktivitelerini bağımsız olarak sürdürebilme arasında anlamlı ilişkiler gösterilmiş; özellikle bellek, işlemleme hızı ve yürütücü işlevlerdeki performansın günlük işlevlerle ilişkili olduğu bildirilmiştir [2, 22]. Benzer şekilde, depresif belirtilerin artmasının günlük yaşam aktivitelerinde daha fazla bağımlılık ve daha düşük fonksiyonel performans ile ilişkili olduğu gösterilmiştir [23, 24]. Bu bulgular, fonksiyonel bağımsızlığın yaşlı bireylerin yalnızca fiziksel kapasitesini değil, aynı zamanda kognitif ve psikolojik durumunu da yansıtan çok boyutlu bir geriatrik değerlendirme alanı olduğunu düşündürmektedir. Çalışmamızda ise kognitif fonksiyonlar ile fonksiyonel bağımsızlık arasında da anlamlı bir ilişki bulunmadı. Bu sonuç, bilişsel işlevlerdeki bozulmanın günlük yaşam aktivitelerinde bağımlılıkla ilişkili olduğunu bildiren önceki çalışmalarla farklılık göstermektedir. Bununla birlikte, bilişsel işlev ile fonksiyonel bağımsızlık arasındaki ilişki yaşlı bireylerin bilişsel bozukluk düzeyi, fiziksel kapasitesi, komorbiditeleri ve günlük yaşam aktivitelerinin karmaşıklığı gibi birçok faktörden etkilenebilir. Özellikle toplumda yaşayan bireylerde temel günlük yaşam aktiviteleri, bilişsel kapasitenin yanı sıra fiziksel kapasite, çevresel düzenlemeler ve sosyal destek sayesinde sürdürülebilir [2, 22]. Çalışmamızda fonksiyonel bağımsızlık puanının medyanının 5 olması, katılımcıların genel olarak yüksek düzeyde fonksiyonel bağımsızlığa sahip olduğunu göstermektedir. Fonksiyonel bağımsızlıktaki bu sınırlı değişkenlik, kognisyon ile fonksiyonel bağımsızlık arasındaki olası ilişkinin istatistiksel olarak ortaya çıkmasını zorlaştırmış olabilir. Benzer şekilde depresyon ile fonksiyonel bağımsızlık arasında anlamlı bir ilişki bulunmadı. Literatürde depresif belirtilerin yaşlı bireylerde fiziksel işlev, günlük yaşam aktiviteleri ve bağımsızlık düzeyi ile ilişkili olduğu bildirilmektedir [9, 23]. Depresyon; motivasyon azalması, fiziksel aktivitede azalma, yorgunluk ve sosyal katılımda azalma yoluyla fonksiyonel kapasite ile birlikte değişebilmektedir. Ancak çalışmamızdaki katılımcıların depresyon puanının medyanının 2 olması, örneklemin genel olarak düşük düzeyde depresif belirti gösterdiğini düşündürmektedir. Depresyon düzeyindeki bu düşük ve dar dağılım, depresyon ile fonksiyonel bağımsızlık arasındaki ilişkinin saptanmasını sınırlamış olabilir.

Geriatrik bireylerde kognitif bozukluklar ve depresif belirtilerle ilişkili olabilen önemli bir geriatrik problemlerden biridir. Mukku ve ark. [6] çalışmasında, ileri yaş depresyonunda bilişsel bozuklukların sık görüldüğü ve özellikle dikkat ile yürütücü işlevlerdeki bozulmaların öne çıktığı bildirilmiştir. Benzer şekilde, başka bir meta-analizde, depresyon ve subklinik depresif belirtilerin bilişsel kontrol, özellikle yürütücü işlevlerle ilişkili olduğu ve bu ilişkinin daha ileri yaş gruplarında daha belirgin olduğu gösterilmiştir [25]. Bununla birlikte, çalışmamızda depresyon ile kognitif fonksiyonlar arasında anlamlı bir ilişki bulunmadı. Bu durum, depresyon ile bilişsel performans arasındaki ilişkinin örneklemin klinik ve sosyodemografik özelliklerine göre değişebileceğini düşündürmektedir. Nitekim bu ilişkinin depresyonun şiddeti, eğitim düzeyi, yaş, kronik hastalıklar ve mevcut bilişsel durum gibi çeşitli faktörlerden etkilenebileceği bildirilmektedir [6]. Çalışmamızda depresyon puanlarının genel olarak düşük olması, klinik açıdan daha belirgin depresif belirtilere sahip bireylerin yeterince temsil edilmemesine neden olmuş olabilir. Bu durum, depresyon ile kognisyon arasındaki ilişkinin mevcut örneklemde ortaya çıkmamasının olası açıklamalarından biri olabilir.

Çalışmamızda depresyon ile kognisyon ve fonksiyonel bağımsızlık arasında anlamlı ilişki bulunmamasına karşın, polifarmasi ile fonksiyonel bağımsızlık arasındaki ilişkinin anlamlı olması dikkat çekicidir. Bu durum, toplumda yaşayan ve genel olarak fonksiyonel açıdan bağımsız olan geriatrik bireylerde ilaç yükünün fonksiyonel durumla daha belirgin bir şekilde birlikte değişebileceğini düşündürmektedir. Ancak bu bulgunun doğrudan bir nedensel mekanizma olarak yorumlanması uygun değildir. İlaç sayısı ile fonksiyonel bağımsızlık arasındaki ilişkinin altında bireyin sahip olduğu kronik hastalıkların sayısı ve şiddeti, fiziksel

kapasitesi, mobilite düzeyi ve genel sağlık durumu gibi faktörler bulunabilir. Bu nedenle gelecekteki çalışmalarda polifarmasi ile fonksiyonel durum arasındaki ilişki değerlendirilirken komorbidite yükünün ve fiziksel performansın birlikte ele alınması önemlidir.

Çalışmamızın bulguları geriatrik rehabilitasyon açısından da dikkate değerdir. Fonksiyonel bağımsızlığın korunması, yaşlı bireylerin toplum içinde bağımsız yaşamlarını sürdürebilmeleri açısından temel hedeflerden biridir. Bu nedenle geriatrik değerlendirme yalnızca fiziksel fonksiyonun sınırlı olmamalı; ilaç yükü, bilişsel ve psikolojik durumun da birlikte değerlendirilmelidir. Özellikle birden fazla ilaç kullanan geriatrik bireylerde ilaçların düzenli olarak gözden geçirilmesi, potansiyel olarak uygunsuz ilaçların belirlenmesi ve bireyin fonksiyonel durumunun izlenmesi multidisipliner geriatrik bakımın önemli bileşenleri olabilir. Bununla birlikte, çalışmamız yalnızca ilaç sayısı ile fonksiyonel bağımsızlık arasındaki ilişkiyi ortaya koyduğundan, ilaç azaltma veya ilaç düzenleme müdahalelerinin fonksiyonel sonuçlar üzerindeki etkisi hakkında doğrudan bir sonuç çıkarılmamalıdır.

Bu çalışmanın bazı limitasyonları bulunmaktadır. İlk olarak, çalışmanın kesitsel tasarımı nedeniyle polifarmasi, depresyon, kognitif fonksiyonlar ve fonksiyonel bağımsızlık arasındaki ilişkiler ortaya konulabilmekle birlikte, bu değişkenler arasındaki nedensel ilişkiler hakkında çıkarım yapılamamaktadır. İkinci olarak, örneklem büyüklüğünün nispeten küçük olması, elde edilen ilişkilerin istatistiksel gücünü ve bulguların farklı geriatrik popülasyonlara genellenebilirliğini sınırlamış olabilir. Ayrıca, katılımcıların toplumda yaşayan geriatrik bireylerden oluşması ve örneklemin belirli bir popülasyondan elde edilmesi, bulguların kurumsal bakım alan, daha ileri yaşta veya daha yüksek düzeyde sağlık sorunlarına sahip bireylere genellenmesini kısıtlayabilir. Bunun yanı sıra, polifarmasi yalnızca kullanılan ilaç sayısı üzerinden değerlendirilmiş; ilaçların türü, dozları, antikolinerjik yükü, potansiyel ilaç-ilaç etkileşimleri ve ilaçların klinik gerekliliği ayrıntılı olarak incelenmemiştir. Bu nedenle, kullanılan ilaç sayısının fonksiyonel bağımsızlık ile ilişkisinin altında yatan olası mekanizmalar ayrıntılı biçimde açıklanamamaktadır. Son olarak, fiziksel aktivite düzeyi, komorbiditeler, sosyoekonomik durum ve sosyal destek gibi geriatrik bireylerin bilişsel, psikolojik ve fonksiyonel durumlarını etkileyebilecek potansiyel karıştırıcı değişkenler kapsamlı biçimde değerlendirilmemiş olabilir. Gelecekte daha geniş örneklemlerle, farklı geriatrik popülasyonları içeren ve boylamsal tasarımların kullanıldığı çalışmalar, bu değişkenler arasındaki ilişkilerin zaman içerisindeki yönünü ve olası belirleyici faktörleri daha ayrıntılı olarak ortaya koyabilir.

SONUÇ

Sonuç olarak, toplumda yaşayan geriatrik bireylerde kullanılan ilaç sayısı ile fonksiyonel bağımsızlık arasında orta düzeyde bir ilişki bulunurken, depresyon, kognitif fonksiyonlar ve diğer değişkenler arasında anlamlı ilişki bulunmadı. Bu bulgular, özellikle çoklu ilaç kullanan geriatrik bireylerde fonksiyonel durumun düzenli olarak değerlendirilmesinin önemine işaret etmektedir. Bununla birlikte, polifarmasi ile fonksiyonel bağımsızlık arasındaki ilişkinin yönünü ve olası açıklayıcı mekanizmaları ortaya koymak için daha büyük örneklemlerde, komorbidite ve ilaç özelliklerinin dikkate alındığı boylamsal araştırmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

1. Arslantas D, Ünsal A, and Ozbabalık D. Prevalence of depression and associated risk factors among the elderly in M iddle A natolia, T urkey. Geriatrics & Gerontology International. 2014;14(1):100-108.
2. Brewster GS, Peterson L, Roker R, et al. Depressive symptoms, cognition, and everyday function among community-residing older adults. Journal of Aging and Health. 2017;29(3):367-388.

3. Yu X, Qian Y, Zhang Y, et al., Association between polypharmacy and cognitive impairment in older adults: a systematic review and meta-analysis. Geriatric Nursing. 2024;59:330-337.
4. Salahudeen MS, Duffull SB, Nishtala PS. Anticholinergic burden quantified by anticholinergic risk scales and adverse outcomes in older people: a systematic review. BMC Geriatrics. 2015;15(1):31.
5. Wang YH, Tsai TY, Chou HC, et al. Association Between Depression and Polypharmacy in Older Adults—A Systematic Review and Meta-Analysis. Journal of General and Family Medicine. 2026;27(1):e70094.
6. Mukku SSR, Dahale AB, Muniswamy NR, et al. Geriatric depression and cognitive impairment—an update. Indian Journal of Psychological Medicine. 2021;43(4):286-293.
7. Rashidi-Ranjbar N, Miranda D, Butters MA, et al. Evidence for structural and functional alterations of frontal-executive and corticolimbic circuits in late-life depression and relationship to mild cognitive impairment and dementia: a systematic review. Frontiers in Neuroscience. 2020;14:253.
8. Mouta S, Vaz IF, Pires M, et al. What do we know about pseudodementia? General Psychiatry. 2023;36(4):e100939.
9. Xiong LY, Alexander MW, Cogo-Moreira H, et al. Longitudinal relationships between depressive symptoms, functional impairment, and physical activity in later late life. Geroscience. 2025;47(1):1061-1073.
10. Raimo S, Maggi G, Ilardi CR, et al. The relation between cognitive functioning and activities of daily living in normal aging, mild cognitive impairment, and dementia: a meta-analysis. Neurological Sciences. 2024;45(6):2427-2443.
11. Cornelisse E, Julian R, Tucker G, et al. Approaches to Enhance Medication Adherence in Older People With Cognitive Impairment: A Systematic Review. Australasian Journal on Ageing. 2026; 45(1):e70125.
12. Goodarzi F, Khoshravesh S, Ayubi E, et al. Psychosocial determinants of functional independence among older adults: A systematic review and meta-analysis. Health Promotion Perspectives. 2024;14(1):32.
13. Ali MU, Sherifali D, Fitzpatrick-Lewis D, et al. Polypharmacy and mobility outcomes. Mechanisms of Ageing and Development. 2020;192:111356.
14. Yoon T-H and Jee Y-S. Linkages between functional independence, depressive symptoms, and social networks in aging populations: a systematic review. Journal of Exercise Rehabilitation. 2026;22(1):9.
15. Ertan, T and Eker E. Reliability, validity, and factor structure of the geriatric depression scale in Turkish elderly: are there different factor structures for different cultures? International Psychogeriatrics. 2000;12(2):163-172.
16. Güngen C, Ertan T, Eker E, et al. Standardize mini mental test'in Türk toplumunda hafif demans tan› s› nda geçerlik ve güvenilirliği. Türk Psikiyatri Dergisi. 2002;13(4):273-281.
17. Pashmdarfard M and Azad A. Assessment tools to evaluate Activities of Daily Living (ADL) and Instrumental Activities of Daily Living (IADL) in older adults: A systematic review. Medical journal of the Islamic Republic of Iran. 2020;34:33.
18. Hayran O. Sağlık bilimlerinde araştırma ve istatistik yöntemler. 2012: Nobel Tıp Kitabevi.
19. Masnoon N, Shakib S, Kalisch-Ellett L, et al. What is polypharmacy? A systematic review of definitions. BMC Geriatrics. 2017;17(1):230.
20. Pazan F and Wehling M. Polypharmacy in older adults: a narrative review of definitions, epidemiology and consequences. European Geriatric Medicine. 2021;12(3):443-452.

21. Steinman MA and Fick DM. Using wisely: a reminder on the proper use of the American Geriatrics Society Beers Criteria®. Journal of the American Geriatrics Society. 2019;67(4):644-646.
22. Makizako H, Shimada H, Doi T, et al. Cognitive functioning and walking speed in older adults as predictors of limitations in self-reported instrumental activity of daily living: prospective findings from the Obu Study of Health Promotion for the Elderly. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2015;12(3):3002-3013.
23. Arayici ME, Kose A, Dolu S, et al. Epidemiological assessment of depression, activities of daily living and associated factors in elderly individuals aged 65 years and older: evidence from a population-based study. Journal of Clinical Medicine. 2025;14(8):2853.
24. Yang J, Song G, Zhang M, et al. Changes in daily living dependency and incident depressive symptoms among older individuals: findings from four prospective cohort studies. BMJ Mental Health. 2025;28(1):e301749.
25. Dotson VM, Mcclintock SM, Verhaeghen P, et al. Depression and cognitive control across the lifespan: a systematic review and meta-analysis. Neuropsychology Review. 2020;30(4):461-476.

ATALAR KENTSEL SİT ALANI VE ÇEVRESİNİN KUNDAKLAMA RİSKİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yıldırım Hasan SELEKOĞLU
Dr. Arş. Gör., Pamukkale Üniversitesi, Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü

ÖZET
Kent merkezlerinde ve kentsel sit alanlarda yer alan kültür varlıkları, 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu çerçevesinde tescillenerek koruma altında olmalarına rağmen çok sayıda doğal ve insan kaynaklı tehdidin etkisiyle sürekli risk altındadır. Bu tehditlerden yangın ve kundaklama olayları, özellikle ahşap yapı stokuna sahip tarihi alanlar ve çevrelerinde tahrip edici veya geri dönüşü olmayan sonuçlar doğurabilmektedir. Bu çalışma ile, Denizli kent merkezindeki Atalar Kentsel Sit Alanı ve bulundurduğu tecilli yapı stoğunun yangın ve kundaklama riskleri sistematik biçimde ölçmüş ve bu risklerin mekânsal dağılımını Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli haritalar aracılığıyla sunulmuştur. Temel veri kaynağı olarak, Denizli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Genel Müdürlüğü arşiv çalışmasından elde edilen 2008–2026 dönemi yangın ve kundaklama kayıtları ile yerel gazete arşiv taramaları kullanılmıştır. Alan çalışması; Atalar Kentsel Sit Alanı ve çevre mahalleleri kapsamakta olup bu alanlardaki tescilli yapılar, Kanada Konservasyon Enstitüsü'nün (CCI) ABC risk analizi yöntemi uyarlanarak değerlendirilmiştir. Alan çalışması ile elde edilen bulgular doğrultusunda incelenen yapıların %26'sının yüksek yangın riski, %31'inin ise çok yüksek kundaklama riski taşıdığı tespit edilmiştir. 2008–2026 döneminde Denizli ilinde toplamda yaklaşık 7.150 yangın ve 1.063 kundaklama olayı gerçekleşmiş; araştırma alanındaki tescilli yapıların %31'inin terk edilmiş olduğu ve yüksek derecede kundaklama riski taşıdığı belirlenmiştir. Bu veriler doğrultusunda yangın ve kundaklama risk haritaları oluşturularak, koruma önceliklerinin belirlenmesi ve müdahale planlamasına yönelik somut bir karar destek aracı sunmuş; kentsel sit alanındaki tescilli yapılar için önleyici koruma stratejileri ve aktif denetim mekanizmalarının acil olarak hayata geçirilmesini zorunluluğu hususunda farkındalık uyandırılmaya çalışılmıştır.
Anahtar Sözcükler: kundaklama riski, kentsel sit alanı, önleyici koruma, kültürel miras, Denizli, Atalar Mahallesi

ABSTRACT
Cultural heritage assets located in urban centers and urban conservation areas are registered and protected under Law No. 2863 on the Protection of Cultural and Natural Heritage, yet they remain vulnerable to a wide range of natural and human-induced threats. Among these threats, fire and arson incidents can cause particularly destructive or irreversible consequences, especially in historic areas and their surroundings with a predominantly timber building stock. This study systematically assesses the fire and arson risks affecting the Atalar Urban Conservation Area in Denizli city center and its registered building stock, and presents the spatial distribution of these risks through Geographic Information System (GIS)-based maps. The primary data sources of the study consist of fire and arson records obtained from archival research conducted at the Denizli Metropolitan Municipality Fire Department for the period 2008–2026, together with a review of local newspaper archives. The study area covers the Atalar Urban Conservation Area and the surrounding neighborhoods, while the registered buildings within these areas were assessed by adapting the Canadian Conservation Institute's (CCI) ABC risk assessment method. According to the findings obtained from the field study, 26% of the buildings examined were found to have a high level of fire risk, while 31% were

identified as having a very high level of arson risk. Between 2008 and 2026, approximately 7,150 fire incidents and 1,063 arson incidents occurred across Denizli Province. Furthermore, 31% of the registered buildings within the study area were found to be abandoned and therefore exposed to a high level of arson risk. Based on these findings, fire and arson risk maps were developed, providing a concrete decision-support tool for determining conservation priorities and planning interventions. The study seeks to raise awareness of the urgent need to implement preventive conservation strategies and active monitoring mechanisms for registered buildings within the urban conservation area.
Keywords: arson risk, urban conservation area, preventive conservation, cultural heritage, Denizli, Atalar Neighborhood

1. GİRİŞ

Kültür varlıkları, toplumların bilimsel, estetik, dini, simgesel ve kültürel birikimini nesiller arasında aktaran, tarihi kimliğin ve toplumsal hafızanın en somut taşıyıcılarıdır (Asatekin, 2004; UNESCO, 1972). Ancak tarihi kent dokularında yer alan taşınmaz kültür varlıkları, zaman içerisinde doğal ve insan kaynaklı çok sayıda karmaşık tehditle karşı karşıya kalmaktadır (Baer, 1989; Drdacky vd., 2007). Geleneksel koruma mevzuatında sıklıkla başvurulan pasif koruma yöntemleri—tescil ve envanter kayıtları—taşınmaz kültür varlıklarının fiziksel bütünlüğünü ve değerlerini korumada tek başına yeterli olamamaktadır (Uzer von Busch, 2010, s. 45). Nitekim kültür varlığının yok olması ya da değer kaybetmesinin önlenmesinde risk yönetimi ve önleyici koruma (preventive conservation) yaklaşımları hayati bir basamak teşkil etmektedir (Lambert, 2010; Waller, 1995, s. 21; Brokerhof, 2006, s. 12; Pedersoli Jr. vd., 2016, s. 14). Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi (ICOMOS) ve UNESCO tarafından hazırlanan rehber ilkeler, kültürel miras alanlarında yalnızca deprem veya su baskını gibi doğal afetlerin değil, kasıtlı tahribat, vandalizm ve kundaklama gibi kasti insan kaynaklı tehditlerin de bütünleşik bir risk yönetimi çerçevesinde ele alınmasını şart koşmaktadır (Stovel, 1998; Paolini vd., 2012, s. 16; Ahunbay, 2012, s. 88).

Tarihi yerleşim alanlarında yapı stokunun yaşlanması, taşıyıcı ve cephe elemanlarında ahşap malzeme kullanımı, bakımsızlık ve yüksek bina yoğunluğu, kentsel dokunun yangın tehlikesine karşı hassasiyetini katlayarak artırmaktadır (Hermawan vd., 2022, s. 2; Wu vd., 2023, s. 267). Çin'deki tarihi Dukezong antik kentinde meydana gelen yıkıcı yangın felaketi, kentsel mekân sisteminin ve yangın direnç faktörlerinin yetersizliğinin ne denli ağır kültürel ve ekonomik kayıplara yol açtığını somut biçimde göstermiştir (Wu vd., 2023, s. 270; Gao, 2021, s. 53). Benzer şekilde, Endonezya'daki Semarang tarihi kent merkezinde yürütülen saha araştırmaları, ahşap gereçli tescilli binaların yüksek yangın yayılım riski taşıdığını ve dar sokak dokusunun acil durum araçlarının erişimini kısıtladığını ortaya koymuştur (BPBD Kota Semarang, 2021; Hermawan vd., 2022, s. 5; Peraturan Daerah Kota Semarang, 2020; BPBD Kota Semarang, 2021). Gelişmekte olan ülkelerde kentsel dönüşüm ve soylulaştırma baskıları sonucunda tarihi kent merkezlerinde gözlemlenen hızlı bölgesel boşalma ve yapı terk oranları, terkedilmiş ahşap binaları kasti yakma ve kundaklama eylemlerinin açık hedefi haline getirmektedir (Uzer von Busch, 2010, s. 100).

Küresel ölçekte değişen iklim koşulları ve insan kaynaklı tehditler karşısında kültürel mirasın korunması, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı dinamik veri izleme, risk haritalama ve maruziyet analizi (exposure analysis) araçlarının etkin kullanımını zorunlu kılmaktadır (Sabbioni vd., 2010, s. 15; Cooper, 2022, s. 389; Dunn, 2019; Hapciuc vd., 2016, s. 501). ABD'deki müze ve arşivlerin %96'sının küçük ve orta ölçekli kurumlar olduğu ve büyük bölümünün acil durum planından yoksun bulunduğu tespiti, konuma dayalı risk haritalarının önleyici korumadaki stratejik rolünü vurgulamaktadır (Institute of Museum and Library Services, 2019; Cooper, 2022, s. 391). Türkiye'de ise tarihi kent merkezlerindeki detaylı risk envanteri eksikliği ve kentsel müdahale kapasitesindeki yetersizlikler, kentsel sit alanlarını

geri dönüşü olmayan kayıplarla yüz yüze bırakmaktadır (Uzer von Busch, 2010, s. 159; Vatan Kaptan, 2010, s. 120).

Geleneksel koruma yaklaşımının ötesine geçen nicel risk haritalama çalışmalarının ilk örneklerinden biri olan İtalya Kültürel Miras Risk Haritası modeli, mimari mirasın korunmasında hassasiyet ve tehdit indekslerinin coğrafi haritalara dönüştürülmesini sağlamıştır (Accardo vd., 2003, s. 42; Cooper, 2022, s. 389).

Bu çalışma, Denizli kent merkezinde yer alan ve geleneksel konut mimarisinin özgün örneklerini barındıran Atalar Kentsel Sit Alanı ve yakın çevresindeki sekiz tarihi mahalleyi kapsamaktadır. Çalışmanın temel amacı; 2008–2026 yıllarını kapsayan Denizli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Genel Müdürlüğü resmi arşiv kayıtları ile saha belgeleme verilerini bütünleştirerek, tescilli taşınmaz kültür varlıklarının yangın, kundaklama ve vandalizm risklerini Kanada Konservasyon Enstitüsü'nün (CCI) ABC risk analizi yöntemiyle ölçmek ve bu risklerin mekânsal dağılımını CBS tabanlı dinamik haritalarla ortaya koymaktır (Michalski & Pedersoli Jr., 2016). Elde edilen bulgular, kentsel sit alanlarındaki tescilli yapılar için pasif tescil anlayışının ötesine geçen aktif denetim, erken uyarı ve mekânsal önleyici koruma modellerinin geliştirilmesine somut bir karar destek altyapısı sunmayı hedeflemektedir.

2. KURAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR DEĞERLENDİRMESİ

2.1. Kültür Varlıklarında Yangın, Kundaklama ve Vandalizm Tehditleri

Kültür varlıklarını tehdit eden etkenler uluslararası literatürde dokuz ana başlık altında sınıflandırılmakta olup, bu başlıklar fiziksel kuvvetler, suçlular (hırsızlık, vandalizm, zimmete geçirme), ateş/yangın, su, zararlılar, kirlilik, radyasyon, yanlış sıcaklık ve yanlış bağıl nem olarak tanımlanmaktadır (Michalski, 1990, s. 590; Waller, 1994, s. 21). Waller (1994), bu temel etkenlere görev ihmalkârlığını da ekleyerek tehdit unsurlarını kontrol seviyelerine göre derecelendirmiş; tehdit kaynağından kaçınma, tespit etme, bloke etme, önlem alma ve verilen zararı onarma aşamalarını içeren beşli bir denetim hiyerarşisi vazetmiştir (Waller, 1994, s. 21).

Kundaklama ve vandalizm, insan kaynaklı Kasti Suçlar grubunda yer alan ve taşınmaz kültür varlıklarında anlık, telafisi imkânsız yıkımlara yol açan en tehlikeli tehdit türlerindendir (Keats, 2008, s. 24; Lemkin, 1933; Keats, 2008). Vandalizmin gerçekleşme mekanizması; bireysel psikolojik faktörler, sosyo-ekonomik koşullar, kentsel krizler ve eylemin gerçekleştiği fiziksel ortamın sunduğu fırsat yapısıyla doğrudan ilişkilidir (Clarke, 1997, s. 17). Durumal Suç Önleme (Situational Crime Prevention) yaklaşımı, suçluların rehabilitasyonu yerine, suç eyleminin gerçekleştiği yakın çevresel koşulları değiştirerek suç fırsatlarını azaltmaya odaklanmaktadır (Clarke, 1997; Cornish & Clarke, 2014). Rasyonel Seçim Teorisi (Rational Choice Theory) ve Rutin Faaliyetler Teorisi (Routine Activity Theory) çerçevesinde; bir eylemcisi motive olmuş suçlu, uygun bir hedef (örneğin sahipsiz, metruk ahşap bir tescilli bina) ve koruyucu denetimin yokluğu aynı mekânda ve zamanda çakıştığında suç riski zirveye ulaşmaktadır (Cohen & Felson, 1979; Clarke, 1997; Cornish & Clarke, 2014). Bu doğrultuda, tarihi yapılarda fiziksel hedefin sertleştirilmesi (target hardening), erişim kontrolleri, aydınlatma ve çevre gözetiminin artırılması, kasti yakma ve vandalizm girişimlerinin riskini yükselterek eylemi caydırmaktadır (Clarke, 1997; English Heritage, 2012, s. 12).

Ayrıca, tarihi yapılarda cam ve vitray gibi hassas yüzeylerin vandalizmden korunmasında, dış ikincil camlama yerine paslanmaz çelik tel kafeslerin (stainless-steel wire-guards) kullanımı gibi asgari müdahale (minimal intervention) ilkelerine dayalı koruma tedbirleri önerilmektedir (English Heritage, 2012, s. 8). Diğer taraftan, çağdaş koruma kuramlarında graffiti ve modern işaretlemelerin bazen katmanlaşan toplumsal anlatıların bir parçası olarak değerlendirilebileceği tartışılsa da tarihi ahşap ve kâgir dokularda denetimsiz yüzey kirlemeleri ve kasti tahribat, yapının estetik ve özgünlük değerinde ağır kayıplara neden olmaktadır (Jones, 2005; Merrill, 2011, s. 24).

2.2. Taşınmaz Kültür Varlıklarında Risk Yönetimi ve Önleyici Koruma Modelleri

Kültürel miras alanlarında risk değerlendirmesi, bir varlığı etkileyen tüm olası risklerin büyüklüğünün ve gerçekleşme olasılığının sistematik analizi olarak tanımlanmaktadır (Waller, 1995, s. 21; Waller, 2003). Kanada Konservasyon Enstitüsü (CCI) ve Uluslararası Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Çalışmaları Merkezi (ICCROM) tarafından ortaklaşa geliştirilen ABC Yöntemi (The ABC Method), kültür varlıklarının değer kaybını nicel olarak ölçen ve kaynakların rasyonel tahsisini sağlayan uluslararası standart bir modeldir (Michalski & Pedersoli Jr., 2016, s. 5; Pedersoli Jr. vd., 2016, s. 15). ABC Modelinde risk şiddeti (Magnitude of Risk - MR); A Değeri (Olayın sıklığı/olasılığı), B Değeri (Tekil bir olayda nesne/yapı başına gerçekleşen değer kaybı yüzdesi) ve C Değeri (Riskin toplam varlık stokundaki etki alanı/yayılım oranı) parametrelerinin toplanmasıyla hesaplanmaktadır (ABC = A + B + C) (Paolini vd., 2012, s. 30; Michalski & Pedersoli Jr., 2016, s. 94; Waller, 2008, s. 185).

Risk yönetim döngüsü beş temel aşamadan oluşmaktadır: Kapsamın/İçeriğin Oluşturulması, Risklerin Tanımlanması, Risklerin Analizi, Risklerin Değerlendirilmesi ve Risklerin Islahı/Müdahale (Michalski & Pedersoli Jr., 2016, .8; Pedersoli Jr. vd., 2016, s. 14). Petra Dünya Miras Alanı'nda uygulanan UNESCO risk yönetim modeli, değer değerlendirmesi ve durum tespit analizlerinin bu beş aşamalı döngüye entegre edilmesiyle koruma önceliklerinin belirlenebileceğini kanıtlamıştır (Paolini vd., 2012, s. 10). Ayrıca, Türkiye'de İstanbul Büyükada örneğinde yürütülen risk azaltım çalışmalarında deprem, yangın ve su baskını risk haritaları üretilmiş, ancak detaylı veri tabanı ve alan bazlı envanter eksikliklerinin risk yönetiminin önündeki en büyük engel olduğu vurgulanmıştır (Uzer von Busch, 2010, s. 100). İzmir Tarihi Kent Merkezi (Varyant ve Çevresi) doktora tez çalışmasında ise ABC risk analizi ile SWOT analizi yöntemleri bütünleştirilerek yapılardaki bakımsızlık, kentsel boşalma ve kundaklama riskleri nicel olarak derecelendirilmiş ve acil müdahale gerektiren tescilli yapılar haritalandırılmıştır (Selekoğlu, 2022, s. 89).

Uluslararası alan literatüründe yer alan üç temel çalışma, kentsel ve mekânsal ölçekte yangın riski yönetiminin farklı boyutlarını ortaya koymaktadır (Wu vd., 2023; Hermawan vd., 2022; Cooper, 2022): Wu ve arkadaşları (2023), Dukezong antik kentindeki yeniden yapılanma sürecini Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve risk değerlendirme yöntemleriyle inceleyerek, coğrafi ve mekânsal coğrafi özelliklerin (geographical characteristics) yangın direncinde %37 oranında belirleyici olduğunu ve sığınak/yol genişletme stratejilerinin yangın riskini %34.8 azalttığını hesaplamışlardır (Wu vd., 2023, s. 271; Xiao & Yang, 2014, s. 96). Hermawan ve arkadaşları (2022), Portekiz'deki ARICA yönteminden basitleştirilen Yangın Risk İndeksi (Fire Risk Index - FRI) modelini Semarang tarihi alanındaki 116 binaya uygulayarak, yüksek bina yoğunluğunun (NDBI algoritması) ve dar sokak dokusunun itfaiye araçlarının erişimini engelleyerek yangın müdahale riskini 'yüksek' ve 'aşırı' seviyeye çıkardığını tespit etmişlerdir (Hermawan vd., 2022, s. 3; Granda & Ferreira, 2019, s. 105; Zha vd., 2003, s. 583). Cooper (2022) ise, statik kurum konum verileri ile dinamik hava durumu ve sel hazard katmanlarını ArcGIS altyapısında birleştiren 'Active Weather Risks' modelini geliştirerek, GIS tabanlı maruziyet analizlerinin önleyici korumadaki hayati rolünü demonstrasyonla göstermiştir (Cooper, 2022, s. 392; Federal Emergency Management Agency, 2016).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Araştırma Alanı: Atalar Kentsel Sit Alanı ve Çevre Mahalleler

Araştırma alanı, Denizli ili merkez ilçesinde yer alan, İzmir II Numaralı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'nun15.01.2003 tarihli ve 11291 sayılı kararı ile sınırları belirlenerek tescil edilmiş olan Atalar kentsel sit alanını kapsamaktadır. Bu alan, Denizli Kentsel Sit Sınırları içerisinde kalmakta ve geç Osmanlı ile erken Cumhuriyet dönemlerine tarihlenen geleneksel Türk konut mimarisinin özgün örneklerini barındırmaktadır. Atalar

Mahallesi ise tescilli parsel yoğunluğu ve kentsel sit statüsüyle araştırma alanının çekirdeğini oluşturmaktadır.

Atalar Kentsel Sit Alanı sınırları içerisinde 9 adet tescilli parsel bulunmakta olup bu parsellerin yalnızca 4'ünde yapı mevcuttur: Atalar Cami, Cezmi Ükten Evi, Abdüloğlu Evi ve bir adet isimsiz geleneksel konut. Sit alanı çevresindeki Atalar Mahallesi sınırları içerisinde ise 11 adet tescilli parsel yer almaktadır; ancak bu yapılardan yalnızca 5'i günümüze ulaşabilmiştir.

Mahalle içindeki tescilli taşınmaz kültür varlıklarının büyük çoğunluğu ahşap karkas, kerpiç dolgulu veya yarı kâgir yapı sistemine sahiptir. Tarihi dokudaki dar sokak yapılanması, organik parsel geometrisi ve bitişik nizam konut dokusu, olası bir yangın anında alevlerin binadan binaya sıçrama hızını artırırken, acil durum araçlarının sokaklara nüfuz etmesini zorlaştırmaktadır (Li, 2016; Hermawan vd., 2022, s. 6).

3.2. Veri Toplama ve Arşiv Analizi Metodolojisi

Çalışmanın birincil veri setini, Denizli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Genel Müdürlüğü arşivlerinde gerçekleştirilen detaylı belge taraması oluşturmaktadır. 2008–2026 yıllarını kapsayan yangın ihbar ve su baskını ihbar fişleri tek tek incelenerek, olay yeri adresleri, yapı kullanım durumları ve çıkış nedenleri tasnif edilmiştir. Yerel gazete arşiv belgeleriyle doğrulanan kayıtlar sonucunda, kasti çıkarılan kundaklama olayları noktasal koordinatlarıyla tespit edilerek veri tabanına işlenmiştir.

3.3. ABC Risk Analizi ve Mekânsal Hassasiyet İndeksi Modeli

Saha çalışması kapsamında araştırma alanındaki tescilli taşınmaz kültür varlıkları yerinde incelenerek mülkiyet durumu, fiziksel koruma durumu, ahşap gereç oranı, terk edilme durumu, vandalizm izleri ve çevresel risk etkenleri belgelenmiştir. Yapıların risk derecelendirmesinde Kanada Konservasyon Enstitüsü'nün (CCI) ABC Risk Analizi Modeli uyarlanarak uygulanmıştır (Michalski & Pedersoli Jr., 2016; Paolini vd., 2012;):

• A Değiri (Olayın Sıklığı/Olasılığı): Kundaklama tehdidi için yapıda veya yakın çevresinde kasti yangın geçmişi/izleri varsa A = 4.5; çevresinde kasti yangın vakası yoksa A = 2.0 olarak tanımlanmıştır.• B Değeri (Yapı Ölçeğinde Değer Kaybı Oranı): Ahşap taşıyıcı veya çatı sistemine sahip yapılarda kasti bir yangının yapıyı tamamen yok etme potansiyeli yüksek olduğundan B = 2.5–3.0 aralığında alınmıştır.• C Değeri (Etki Alanı/Yayılım Oranı): Tescilli yapıların ayrık veya kümelenmiş konumlarına göre kentsel sit alanındaki toplam etkilenme oranı C = 1.0–2.0 olarak derecelendirilmiştir.

Hesaplanan ABC toplam skorları doğrultusunda tescilli yapılar beş ana risk sınıfına ayrılmıştır: Düşük Risk (5.5–7.0), Orta Risk (7.5–9.0), Yüksek Risk (9.5–11.0), Çok Yüksek Risk (11.5–13.0) ve Aşırı Yüksek Risk (13.5–15.0) (Michalski & Pedersoli Jr., 2016). Ayrıca, yangın ve kundaklama olay noktaları ile yok olmuş tescilli yapı parselleri ArcGIS yazılımı kullanılarak coğrafi katmanlar halinde çakıştırılmış (overlay analysis) ve çakışma odakları (hotspots) haritalandırılmıştır (Cooper, 2022, s. 392; Hapciuc vd., 2016).

4. BULGULAR VE MEKÂNSAL RİSK ANALİZİ

4.1. Yangın ve Kundaklama Verileri: 2008–2026 Arşiv Bulguları

Denizli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Genel Müdürlüğü arşiv verilerine göre, 2008–2026 döneminde Denizli Merkez İlçesi genelinde toplam 7.150 yangın olayı kaydedilmiştir. Tablo 1'de sunulduğu üzere yangınların çıkış nedenleri incelendiğinde; dikkatsizlik ve ihmal %53 (1.480 olay), elektrik kontağı %25 (708 olay), doğal etkenler %0.1 (3 olay) ve nedeni belirlenemeyenler %21 (599 olay) şeklinde bir dağılım göstermektedir. Aynı dönemde kasti olarak çıkarılan kundaklama olayları ise toplam 1.063 kayda ulaşmış olup, kent genelindeki toplam yangın vakalarının %14.9'unu oluşturmaktadır.

Tablo 1. Denizli Kent Merkezi Yangın ve Kundaklama İstatistikleri (2008–2026)

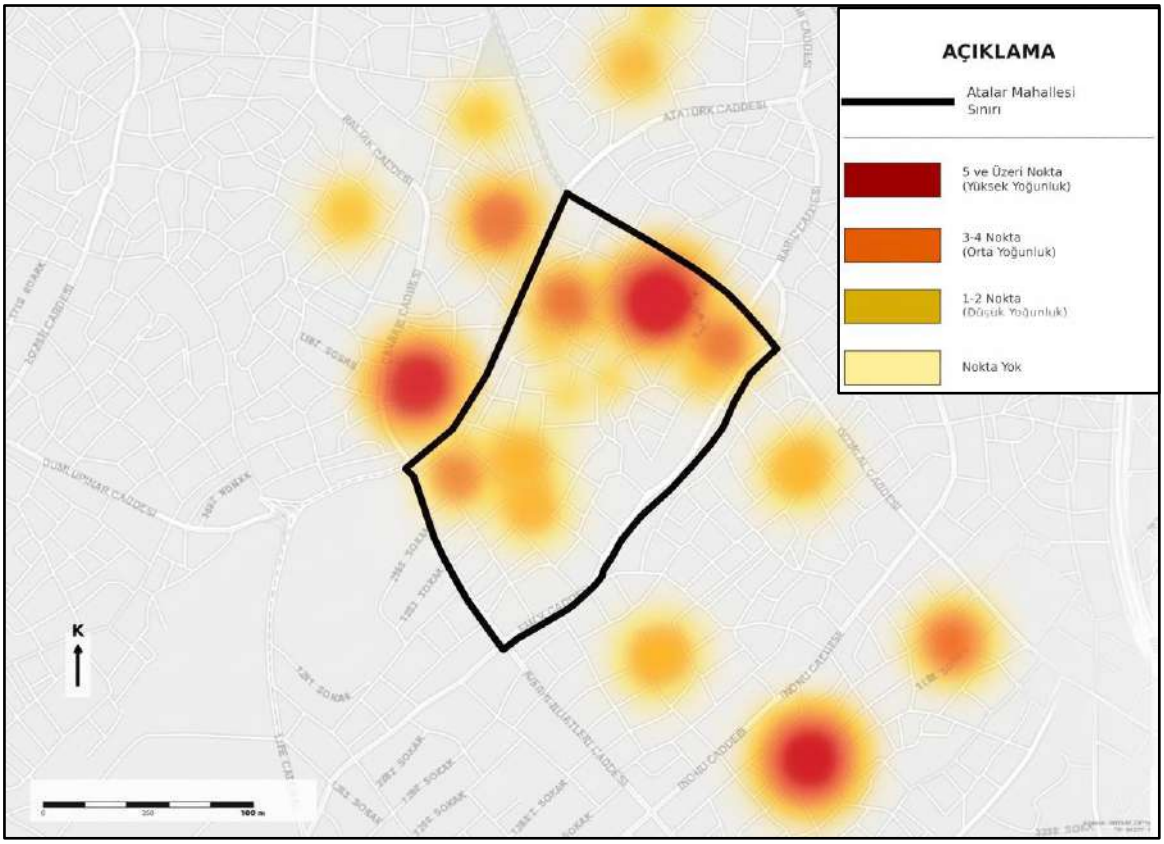
Yangın Çıkış Nedeni / Olay Türü	Olay Sayısı (Adet)	Yüzde Oranı (%)
Dikkatsizlik ve İhmal	1.480	%53.0
Elektrik Kontağı	708	%25.0
Kasti Kundaklama Vakaları	1.063	%14.9
Nedeni Belirlenemeyen Yangınlar	599	%21.0
GENEL TOPLAM (Denizli Merkez)	**7.150**	**%100.0**

İtfaiye ihbar fişlerinden elde edilen detaylı mekânsal analizler, kundaklama vakalarının 142'sinin doğrudan sahipsiz ve terk edilmiş yapılarda gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, kentsel dokudaki bakımsızlık ve terkin kasti yakma eylemlerini doğrudan tetiklediğini gösteren Durumal Suç Önleme kuramını doğrulatmaktadır (Clarke, 1997; Cornish & Clarke, 2014). Denizli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Genel Müdürlüğü verilerine göre 2008–2026 döneminde bölgede gerçekleşen toplam yangın ve kundaklama sayıları Tablo 2'de sunulnuştur.

Tablo 2. Denizli Atalar Kentsel Sit Alanı ve Çevresinde Yıllık Yangın ve Kundaklama Sayıları (2008–2026)

Yıl	Toplam Yangın	Kundaklama	Notlar
2008	299	41	
2009	324	44	
2010	338	47	
2011	348	49	
2012	358	51	
2013	370	53	
2014	375	53	
2015	378	54	
2016	383	56	
2017	391	58	
2018	397	61	Nisan 2018: Hüdai Oral Evi yangını
2019	394	59	
2020	348	49	COVID-19 etkisi
2021	372	54	
2022	389	59	
2023	412	65	Kahramanmaraş depremi sonrası dönem
2024	418	67	
2025	425	70	
2026	431	73	
TOPLAM	**7.150**	**1.063**	
Yıllık Ortalama	**376,3**	**55,9**	

2008–2026 yılları arasında Denizli kent merkezinde gerçekleşen yangın vakalarının nedenleri incelendiğinde; yangınların 1.480'inin dikkatsizlik ve ihmalden, 708'inin elektrik kontağından, 599'unun ise nedeni belirlenemeyen (olası kundaklama dahil) etkenlerden kaynaklandığı, yalnızca 3 vakada doğal nedenlerin etkili olduğu görülmektedir. Bölgede kundaklama vakalarında zaman içinde belirgin bir artış eğilimi izlenmiş; süreç içerisinde yıllık ortalama kundaklama vaka sayısı 49,0 seviyesinden 61,0'e yükselerek yaklaşık %24'lük bir artış kaydetmiştir (Denizli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Genel Müdürlüğü, 2026). 2020 yılında COVID-19 pandemisi kapsamındaki sokağa çıkma kısıtlamalarıyla birlikte kundaklama sayısı 49'a gerilemiş, ancak 2021 yılı itibarıyla yeniden yükseliş trendine girerek 2023 yılında dönemin en yüksek seviyesine (65 vaka) ulaşmıştır. 2023 yılındaki bu ivmelenme, Kahramanmaraş merkezli depremler sonrasında bölgede yaşanan demografik hareketlilik, göç ve artan sosyal hassasiyet ile ilişkilendirilmektedir. Tüm bu veriler ışığında oluşturulmuş olan yangın risk analiz haritası Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. 2008–2026 yangın ve kundaklama verileri doğrultusunda oluşturulan yangın riski haritası, harita altlığı olarak Esri World Gray Canvas kullanılmıştır (Esri, 2023).

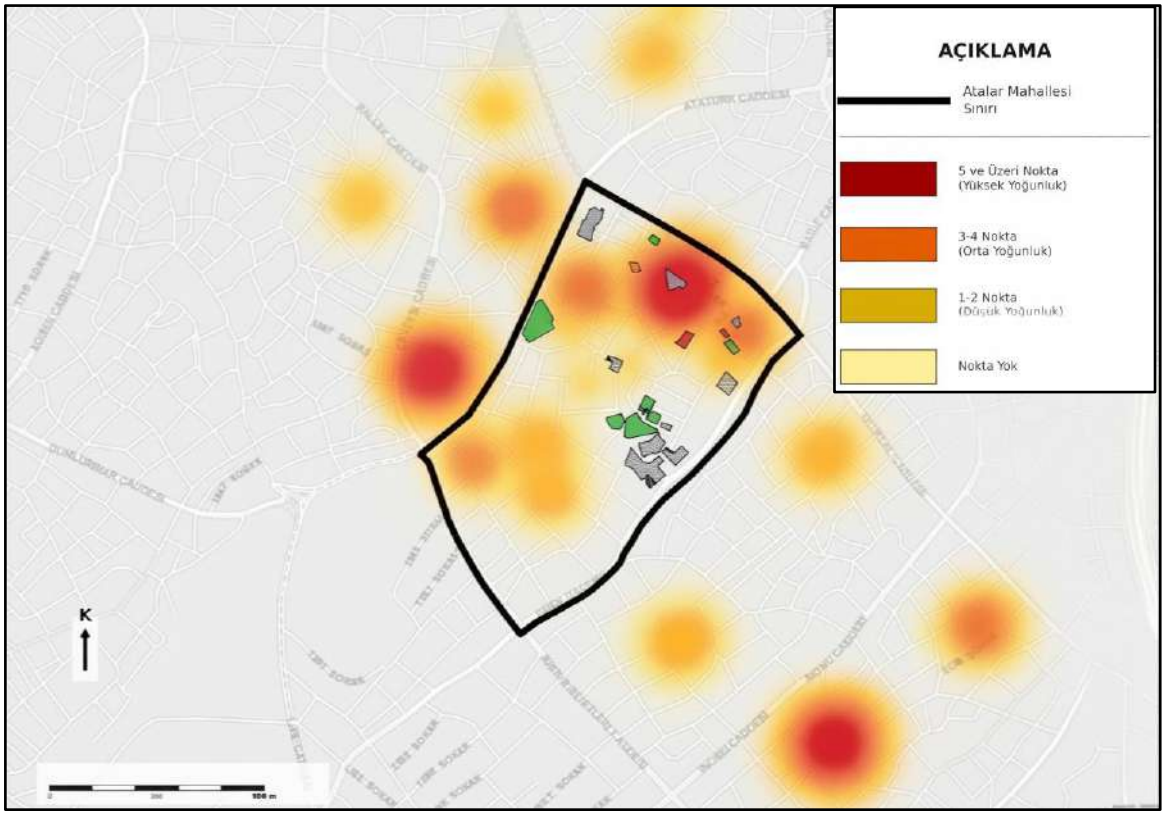
4.2. Kentsel Sit Alanındaki Tescilli Yapıların Risk Profili ve Çakışma Analizi

Araştırma alanı ve çevresindeki tescilli taşınmaz kültür varlığı üzerinde gerçekleştirilen ABC risk matrisi değerlendirmesi sonucunda yapıların risk dağılımı şu şekildedir: İncelenen tescilli yapıların %26'sı (15 yapı) taşıyıcı ahşap strüktürleri nedeniyle 'Yüksek Yangın Riski' taşımaktadır. Yapıların %31'i (18 yapı) terk edilmiş, güvenliksiz ve sahipsiz durumda olduğu için 'Çok Yüksek Kundaklama Riski' kategorisinde yer almaktadır. 7 tescilli yapı ise taşıyıcı sistem hasarı, yüksek nem, aktif vandalizm izleri ve kasti yangın odağında kalması nedeniyle acil müdahale gerektiren 'Aşırı Yüksek Risk' (ABC Skoru > 13.5) sınıfına girmektedir.

Çevre mahalledeki günümüze ulaşmış 5 tescilli yapının 2'si metruk durumda olup herhangi bir koruma önlemi bulunmamaktadır. Yapılardan 1'i konut işlevini yitirmiş olup alt katı

ticaret/han, üst katı depo olarak kullanılmaktadır. Kalan 2 yapı ise belediye mülkiyetinde bulunmaktadır.

Geçmiş yıllarda tescil kaydı bulunmasına rağmen günümüzde tamamen yok olmuş tescilli yapılar ile 2008–2026 dönemi kundaklama olay noktalarının coğrafi olarak çakıştırılması (overlay analysis) yangın risk haritası oluşturulmuştur. Elde edilen çakışma haritasında tespit edilen 8 ana odak noktasının 7'sinde yok olan tescilli yapı parselleri ile kasti kundaklama vakalarının birebir çakıştığı saptanmıştır. Özellikle Atalar Mahallesi ve Değirmenönü Mahallesi sınırlarında yoğunlaşan bu odak noktaları, tescilli ahşap konutların önce bakımsızlığa terk edildiğini, ardından kasti yangınlar neticesinde fiziksel olarak yok olduğunu kanıtlamaktadır. Atalar Mahallesi ve Atalar Kentsel Sit Alanı için elde edilen bulgular doğrultusunda yapı fiziksel durumları ve kundaklama risk haritası Şekil 2'de bir arada sunulmuştur.



Şekil 2. Atalar Mahallesi tecilli yapıların fiziksel ve korunma durumları, harita altlığı olarak Esri World Gray Canvas kullanılmıştır (Esri, 2023).

5. TARTIŞMA VE ÖNLEYİCİ KORUMA STRATEJİLERİ

5.1. Kentsel Sit Alanlarında Yangın Direnci ve Mekânsal Müdahale İmkânları

Atalar Kentsel Sit Alanı ve çevresinde elde edilen veriler, tarihi çevrelerdeki yangın ve kundaklama riskinin yalnızca tekil bina ölçeğinde değil, kentsel doku bütünlüğünde ele alınması gerektiğini gösteren uluslararası araştırmalarla tam bir paralellik göstermektedir (Wu vd., 2023; Hermawan vd., 2022; Cooper, 2022). Dukezong antik kenti araştırmasında vurgulandığı üzere, tarihi yerleşimlerde yerel coğrafi ve mekânsal özellikler yangın direncinde belirleyici ana unsurdur (Wu vd., 2023, s. 270; Guo, 2012, s. 96). Atalar Mahallesi'nin organik sokak dokusu ve bitişik nizam ahşap yapılanması, yangın anında alevlerin koridor etkisi yaratarak hızla yayılmasına zemin hazırlamaktadır (Wang, 2017; Hermawan vd., 2022; Wu vd., 2023, s. 270).

Semarang tarihi kent merkezi çalışmasında ortaya konulduğu gibi, dar sokak dokusu standart itfaiye araçlarının (DAMKAR) olay yerine ulaşımını engellemekte ya da geciktirmektedir (Hermawan vd., 2022, s. 6; Peraturan Daerah Kota Semarang, 2020; BPBD Kota Semarang, 2021). Bu doğrultuda Atalar Kentsel Sit Alanı için şu mekânsal müdahale stratejileri hayati önem taşımaktadır (Wu vd., 2023, s. 272; Xie & Li, 2022, s. 160): Dar sokaklara nüfuz edebilecek küçük ölçekli, dar hacimli dar alan söndürme araçlarının ve motopompların yerel itfaiye teçhizatına dâhil edilmesi; mahalle ölçeğinde basınçlı yer altı yangın vanalarının (hidrant) tesis edilmesi; ve ahşap binalar arasında fiziki yangın kesici tampon bölge ve duvarların (firewalls) oluşturulması gerekmektedir (Gao, 2021, s. 53; Wu vd., 2023, s. 272).

5.2. Erken Uyarı Sistemleri, CBS Tabanlı İzleme ve Durumal Suç Önleme

Kentsel sit alandaki kasti yangın ve kundaklama tehditlerinin bertaraf edilmesinde, teknik önlemler ile sosyal/kurumsal mekanizmaların birlikte kurgulanması gerekmektedir (International Strategy for Disaster Reduction, 2015; Clarke, 1997). Cooper (2022) tarafından geliştirilen 'Active Weather Risks' modelinde olduğu gibi, Atalar Sit Alanı'ndaki tescilli parsel envanterinin, bina yapım türlerinin, mülkiyet durumlarının ve 2008–2026 yangın geçmişinin yerel yönetimler, emniyet ve itfaiye birimleriyle anlık veri paylaşımına açık CBS tabanlı dinamik bir izleme altyapısına kavuşturulması şarttır (Cooper, 2022, s. 392; Cooper, 2020).

Durumsal Suç Önleme kuramı çerçevesinde metruk tescilli binalarda şu hedef sertleştirme ve denetim adımları atılmalıdır (Clarke, 1997; English Heritage, 2012, s. 12; Cornish & Clarke, 2014): Terk edilmiş ahşap binaların kapı ve pencere açıklıklarının kasti girişi önleyecek şekilde fiziki olarak kapatılması; sokak ölçeğinde aydınlatma yetersizliklerinin giderilmesi; akıllı kamera ve duman sensörlerinden oluşan Erken Uyarı Sistemlerinin (EWS) kritik binalara entegre edilmesi (Hermawan vd., 2022, s. 2). Ayrıca, mahalle muhtarlıkları ve yerel halkın katılımıyla 'Mahalle Koruma Gönüllüleri' ağının kurulması, kasten yakma ve vandalizm girişimlerinin erken aşamada emniyet birimlerine ihbar edilmesini sağlayarak toplumsal denetim kapasitesini yükseltecektir (Hermawan vd., 2020, s. 4; Wu vd., 2023, s. 272).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Denizli Atalar Kentsel Sit Alanı ve yakın çevresindeki tescilli taşınmaz kültür varlıklarının yangın, kundaklama ve vandalizm tehditleri karşısında ciddi ve hızlanarak devam eden bir yok oluş süreciyle karşı karşıya olduğunu ortaya koymaktadır. 2008–2026 yıllarını kapsayan itfaiye arşiv verileri ve saha analizleri, pasif koruma yöntemi olan 'tescilleme' işleminin tek başına yapıları korumaya yetmediğini; bakımsız bırakılan ve terk edilen ahşap binaların kısa sürede kasti kundaklama hedeflerine dönüştüğünü somutlaştırmaktadır.

Elde edilen ana bulgular doğrultusunda şu acil müdahale ve önleyici koruma kararları önerilmektedir:

Tarihi çevrelerde yangın riskinin azaltılması yalnızca fiziki müdahalelerle değil, yerel yönetimler, mülk sahipleri ve mahalle sakinlerinin ortak hareket ettiği paydaş odaklı canlandırma stratejileriyle mümkündür (Hermawan vd., 2020, s. 4).

Önleyici Koruma ve Aktif Denetim Mekanizması: Terk edilmiş tescilli binalarda kasti girişi engelleyici fiziki güvenlik tedbirleri alınmalı; itfaiye ve KUDEB iş birliğiyle periyodik saha denetimleri yapılmalı ve denetim verileri dijital arşiv altyapısına aktarılmalıdır (Pedersoli Jr. vd., 2016).Dinamik CBS Risk Yönetim Altyapısı: Atalar Kentsel Sit Alanı için hazırlanan CBS tabanlı risk haritaları, Denizli Büyükşehir Belediyesi İmar ve İtfaiye Daire Başkanlıkları tarafından anlık güncellenen dinamik bir Karar Destek Sistemine (KDS) dönüştürülmelidir (Cooper, 2022; Selekoğlu, 2022).Kentsel Sit Alanı Yangın Altyapısının Güçlendirilmesi: Tarihi dar sokak dokusuna uygun dar alan itfaiye araçları tedarik edilmeli, mahalle geneline basınçlı yangın vanaları (hidrant) yerleştirilmeli ve ahşap yapı kümeleri arasında yangın kesici önlemler alınmalıdır (Hermawan vd., 2022; Wu vd., 2023, s. 272).Yasal Yaptırımlar ve

Toplumsal Farkındalık: 2863 Sayılı Kanun uyarınca mülk sahiplerinin bakım ve koruma sorumlulukları denetlenmeli; bakımsızlık nedeniyle yıkıma veya kasti yangına sebebiyet veren durumlarda yasal yaptırımlar uygulanmalıdır. Aynı zamanda mahalle ölçeğinde yangın ve güvenlik eğitimleri verilerek halkın koruma bilinci artırılmalıdır (Wu vd., 2023).

KAYNAKÇA

Accardo, G., Giani, E., & Giovagnoli, A. (2003). The risk map of Italian cultural heritage. Journal of Architectural Conservation, 9(2), 41–57. https://doi.org/10.1080/13556207.2003.10785342

Ahunbay, Z. (2012). Kültürel Miras Yönetimi. İstanbul: YEM Yayınları.

Asatekin, N. (2004). Kültür Varlıklarının Korunması: Onarım ve Bakım İlkeleri. Ankara: Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları.

Baer, N. S. (1989). Assessment and management of risks to cultural property. In N. S. Baer, C. Sabbioni, & A. I. Sors (Eds.), Science, Technology and European Cultural Heritage (pp. 27–36). Butterworth-Heinemann.

BPBD Kota Semarang. (2021). Data Bencana Alam 2017–2021. Semarang: Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Semarang.

Brokerhof, A. W. (2006). Collection risk management – The next frontier. CMA Cultural Property Protection, 16 January 2006, Ottawa

Clarke, R. V. (1997). Situational Crime Prevention: Successful Case Studies (2nd ed.). Guilderland, NY: Harrow and Heston.

Cohen, L. E., & Felson, M. (1979). Social change and crime rate trends: A routine activity approach. American Sociological Review, 44(4), 588–608. https://doi.org/10.2307/2094589

Cooper, M. (2020). Active Weather Risks to Museums, Libraries, and Archives: Mapping as Preventive Conservation. ESRI StoryMaps. https://storymaps.arcgis.com/stories/7982d27cdc884c40b3f1d0d7c1151701

Cooper, M. (2022). Mapping and the future of caring for the past: Using GIS as a tool to understand the risk of emergencies to cultural heritage collections. Parks Stewardship Forum, 38(3), 389–398. https://doi.org/10.5070/P538358982

Cornish, D. B., & Clarke, R. V. (2014). The Reasoning Criminal: Rational Choice Perspectives on Offending. Transaction Publishers. https://books.google.com.tr/books?id=MPmmAgAAQBAJ

Drdacky, M., Binda, L., Herle, I., Lanza, L. G., Maxwell, I., & Popescu, A. (2007). Protecting the Cultural Heritage from Natural Disasters. European Parliament's Committee on Culture and Education. Brussels: European Parliament.

Dunn, S. (2019). A History of Place in the Digital Age (1st ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315404462

English Heritage. (2012). Stained glass: Care and conservation. London: English Heritage.

Esri. (2023). *World Gray Canvas* [Harita altlığı]. ArcGIS Online. https://www.arcgis.com/home/item.html?id=8b3d38c0819547faa83f7b7aca80bd76

Federal Emergency Management Agency. (2016). State Mitigation Planning Key Topics Bulletin: Risk Assessment. Washington, DC: FEMA. https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-06/fema-state-mitigation-plan-risk-assessment-bulletin_06-03-2016.pdf

Gao, W. N. (2021). Exploring fire prevention and control measures in traditional villages from Wengding fire accidents. China Fire, 2021(06), 53–56.

Granda, S., & Ferreira, T. M. (2019). Assessing vulnerability and fire risk in old urban areas: Application to the historical centre of Guimarães. Fire Technology, 55(1), 105–127. https://doi.org/10.1007/s10694-018-0778-z
Guo, J. S. (2012). Exploring the Disaster Prevention System of Ancient Chinese Settlements (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Tianjin Üniversitesi, Çin.
Hapciuc, O.-E., Romanescu, G., Minea, I., Iosub, M., Enea, A., & Sandu, I. (2016). Flood susceptibility analysis of the cultural heritage in the Sucevita catchment (Romania). International Journal of Conservation Science, 7(2), 501–510. https://ijcs.ro/public/IJCS-16-26_Hapciuc.pdf
Hermawan, F., Ghozali, N. A., Suci, C. E., Kistiani, F., & Indarto, H. (2022). Risk level fire emergency handling among Semarang heritage area. E3S Web of Conferences, 202, Article 03021. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020203021
Hermawan, F., Sani, K. K., & Purwanggono, B. (2020). Strategies for revitalisation of Semarang heritage area: A stakeholders perspective. E3S Web of Conferences, 202, Article 06020. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020206044
Stovel, H. (1998). Risk preparedness: A management manual for world cultural heritage. ICCROM.
Institute of Museum and Library Services. (2019). Protecting America's Collections: Results from the Heritage Health Information Survey. Washington, DC: IMLS. https://www.imls.gov/sites/default/files/publications/documents/imls-hhis-report.pdf
International Strategy for Disaster Reduction. (2015). Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters. Geneva: UNISDR. https://www.unisdr.org/2005/wcdr/intergover/official-doc/L-docs/Hyogo-framework-for-action-english.pdf
Jones, S. (2005, August 5). Spray can prankster tackles Israel's security barrier. The Guardian. https://www.theguardian.com/world/2005/aug/05/israel.artsnews
Keats, G. (2008). The motivations behind vandalism and heritage destruction. Security Insider, 2008(Feb/Mar), 24–28.
Lambert, S. (2010). Italy and the history of preventive conservation. CeROArt, (EGG 1). https://doi.org/10.4000/ceroart.1707
Lemkin, R. (1933). Acts Constituting a General (Transnational) Danger Considered as Offences Against the Law of Nations. Madrid: Fifth Conference for the Unification of Penal Law.
Li, X. (2016). Spatial Evaluation System and Optimization Strategy of Traditional Settlement in Dukesong Ancient City Under Post-Disaster Reconstruction (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Harbin Institute of Technology, Çin.
Merrill, S. O. C. (2011). Graffiti at heritage places: Vandalism as cultural significance or conservation sacrilege? Time and Mind: The Journal of Archaeology, Consciousness and Culture, 4(1), 59–76\. https://doi.org/10.2752/175169711X12893985693711
Michalski, S. (1990). An overall framework for preventive conservation and remedial conservation. In ICOM Committee for Conservation 9th Triennial Meeting (pp. 589–591). Dresden: ICOM.
Michalski, S., & Pedersoli Jr., J. L. (2016). The ABC Method: A Risk Management Approach to the Preservation of Cultural Heritage. Ottawa: Canadian Conservation Institute (CCI) & ICCROM.
Paolini, A., Vafadari, A., Cesaro, G., Santana Quintero, M., Van Balen, K., Vileikis, O., & Fakhoury, L. (2012). Risk Management at Heritage Sites: A Case Study of the Petra World Heritage Site. UNESCO Amman Office.
Pedersoli Jr., J. L., Antomarchi, C., & Michalski, S. (2016). A Guide to Risk Management of Cultural Heritage. Rome: ICCROM & Canadian Conservation Institute.

Peraturan Daerah Kota Semarang. (2020). Rencana Tata Bangunan dan Lingkungan Situs Kota Lama (Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 2 Tahun 2020). Semarang: Pemerintah Kota Semarang.
Sabbioni, C., Brimblecombe, P., & Cassar, M. (2010). The Atlas of Climate Change Impact on European Cultural Heritage. London: Anthem Press. https://www.researchgate.net/profile/Gaute-Svenningsen/publication/262809832_ Windborne_sea_salt_aerosol/links/5bdab0e692851c6b279dd0df/Windborne-sea-salt-aerosol.pdf
Selekoğlu, Y. H. (2022). Taşınmaz Kültür Varlıklarının Korunmasına Yönelik Bir Model Önerisi Olarak Risk Yönetimi: İzmir Tarihi Kent Merkezi (Varyant ve Çevresi) Örnek Alan Çalışması (Yayımlanmamış doktora tezi). Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Ankara.
UNESCO. (1972). Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage. Paris: UNESCO General Conference.
Uzer von Busch, N. (2010). Kentsel Kültür Mirasına Yönelik Risk Azaltımı İçin Bir Yönetim Modeli Önerisi: İstanbul – Büyükada Örneği (Yayımlanmamış doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
Vatan Kaptan, M. (2010). Anıtsal Yığma Binalarda Risk Düzeyinin Tespitine İlişkin Bir Ön Değerlendirme Yöntemi (Yayımlanmamış doktora tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
Waller, R. R. (1994). Risk management applied to preventive conservation. In C. L. Rose, C. A. Hawks, & H. H. Genoways (Eds.), Storage of Natural History Collections: A Preventive Conservation Approach (pp. 21–27). SPNHC.
Waller, R. R. (1995). Risk assessment for collections conservation. Preprints of the ICOM Committee for Conservation 10th Triennial Meeting, 1, 21–27.
Waller, R. R. (2003). Cultural Property Risk Analysis Model: Development and Application to Preventive Conservation at the Canadian Museum of Nature. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis. https://doi.org/10.2307/4126423
Waller, R. R. (2008). Comprehensive risk assessment: Methodology and case study. Conservation Perspectives, 23(1), 184–192.
Wang, Y. (2017). Study on the Correlation Between Safety Defense and Spatial Morphology of Traditional Villages in Huizhou (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Hefei University of Technology, Çin.
Wu, W., Gao, Z., Wang, H. C., Cao, Y., & Yu, W. (2023). Spatial system construction and design strategies for sustainable fire-resistant ancient villages. Highlights in Science, Engineering and Technology, 52, 267–273. https://doi.org/10.54097/hset.v52i.9185
Xiao, D., & Yang, S. S. (2014). A study on organic disaster prevention strategies for ancient Hakka villages in western Fujian based on 'living evolution'. Small Town Construction, 300(6), 96–99.
Xie, X. L., & Li, Y. H. (2022). A study of the spatial pattern of traditional villages from a cultural-ecological perspective: The example of Jieting village. Huazhong Architecture, 40(04), 160–165.
Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. International Journal of Remote Sensing, 24(3), 583–594. https://doi.org/10.1080/01431160304987

"DIFFICULT DAYS" THROUGH TEACHERS' EYES: MEANINGS, CONTEXTS, AND COPING STRATEGIES

Aslıhan YILMAZ
Tokat Gaziosmanpaşa University, Graduate Education Institute
Assoc. Prof. Dr. Muhammet Fatih ALKAN
Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Education

ABSTRACT

Research on teacher stress and burnout relies largely on quantitative data, with limited attention to how teachers experience and make sense of these difficulties. This study aimed to examine experiences teachers themselves described as "difficult days" in terms of meaning, context, effects, and coping strategies. Using a phenomenological design, the study included 15 teachers selected through maximum variation sampling from a public high school (n = 6) and private institutions (n = 9). Data were collected through semi-structured interviews and analyzed using content analysis. Teachers most commonly associated a difficult day with losing control and influence. The term referred either to a single unexpected event or to an ongoing situation. Difficult days arose in relation to classroom processes, parents, school administration, and working conditions. Their effects included loss of motivation, doubts about their competence, and thoughts of leaving the profession. Teachers' sense of competence was often weakened, even when the difficulty had external causes, and recognizing those causes helped some teachers restore it. Teachers mainly relied on colleagues and family for support, while institutional support remained limited. The findings suggest that difficult day experiences are shaped by the organizational context. Stronger administrative support is therefore needed, particularly in private institutions, where participants reported almost no institutional support.

Keywords: Difficult Day, Teacher Experiences, Phenomenology, Coping Strategies, Teacher Stress.

INTRODUCTION

Teaching is often described as the transfer of knowledge, but what happens in the classroom is far more complex. A planned lesson can take a very different direction because of an unexpected student reaction, a meeting with a parent, or an interaction with school administration. Teachers therefore do more than teach. They manage classroom processes, balance different demands, and often have to solve problems on the spot. The need to engage with students, parents, and administrators while also responding to institutional policies inevitably makes teaching demanding.

Kyriacou (2001) defines teacher stress as the negative emotions, such as anger, anxiety, or tension, that teachers experience as a result of their work. Prolonged stress can develop into burnout, which is characterized by emotional exhaustion, depersonalization, and a reduced sense of personal accomplishment (Maslach & Jackson, 1981). Chang (2009) argues that teacher burnout is closely related to how teachers appraise classroom events and the recurring negative emotions that result from these appraisals. Research in Türkiye also shows that

burnout varies according to individual and organizational conditions. For example, Cemaloğlu and Erdemoğlu Şahin (2007) found that teachers' burnout levels varied according to factors such as age, teaching experience, school type, class size, and recognition from superiors. International research has also shown that school context factors, such as administrator support, time pressure, and discipline problems, are associated with teachers' job satisfaction and desire to leave the profession through emotional exhaustion and a sense of belonging (Skaalvik & Skaalvik, 2011).

Teachers working in private institutions face additional difficulties related to the economic structure of these institutions. Cerev and Coşkun (2020) found that private school teachers faced problems with school administration and job insecurity, as well as difficulties with parents who expected special treatment for their children and saw themselves as customers of a business. İş and Atış (2024) also found that teachers at different educational levels experienced economic, professional, environmental, and administrative problems. They reported that low pay, declining respect for the profession, large classes, lack of parental interest, bureaucratic workload, and workplace bullying negatively affected teachers' performance at work.

However, most studies on teacher burnout in Türkiye have used quantitative designs. Yılmaz (2020) reviewed 193 articles on burnout in educational organizations published between 1995 and 2019 and found that most used correlational or general survey designs, with the Maslach Burnout Inventory being the most frequently used instrument. Studies by Cemaloğlu and Erdemoğlu Şahin (2007) and Seferoğlu et al. (2014) provide further examples of this approach. Although these studies identify burnout levels and associated variables, they offer limited insight into how teachers experience challenging events, make sense of them, and cope with them. Qualitative studies of teachers' problems, such as those by Cerev and Coşkun (2020) and İş and Atış (2024), focus mainly on providing a general overview of these problems. No study was identified in the available literature that examined specific experiences teachers themselves described as "difficult days" in terms of their meaning, context, effects, and the process of coping with them.

Focusing on a specific difficult day allows researchers to use a single account to trace how a teacher appraises an event, the conditions in which this appraisal takes place, and the coping efforts it triggers. This approach is also consistent with the cognitive-relational theory of stress, which views stress as a process of appraising and coping with a specific encounter between a person and their environment (Lazarus & Folkman, 1984). Allowing teachers to define a "difficult day" themselves, without a definition provided in advance by the researchers, also makes it possible to understand what they find difficult from their own perspectives. This study therefore aimed to examine experiences that teachers themselves described as "difficult days" in their professional lives. It focused on the meanings they attached to these experiences, the contexts in which they occurred, their effects, and the coping strategies teachers used. The study addressed the following research questions.

1. How do teachers make sense of their "difficult day" experiences?
2. In what contexts do these experiences occur?

3. What effects do these experiences have on teachers?
4. How do teachers cope with these experiences?

METHOD

Research design

This study used a qualitative approach and a phenomenological design to explore the experiences teachers described as "difficult days" and the meanings they attached to these experiences. Creswell (2007) describes phenomenology as an approach that examines individuals' lived experiences of a phenomenon and the meanings they attach to those experiences in depth. The phenomenon examined in this study was teachers' experiences of what they themselves called "difficult days" in their professional lives.

Participants

The study included 15 teachers, six from a public high school under the Ministry of National Education and nine from private institutions. Eleven participants were women and four were men. Their ages ranged from 23 to 54 years, and their teaching experience ranged from 1 to 27 years. Participants were selected through maximum variation sampling, a purposive sampling method. Patton (2014) describes maximum variation sampling as a way to capture a phenomenon under different conditions and identify common patterns across these differences. Table 1 presents participants' demographic characteristics.

Table 1. Participant Demographics

Code	Gender	Age	Experience (years)	School Type
P1	Female	24	2	Private
P2	Female	30	5	Private
P3	Female	25	3	Private
P4	Female	24	2	Private
P5	Female	26	4	Private
P6	Female	24	6	Private
P7	Female	28	4	Private
P8	Female	23	4	Private
P9	Female	24	1	Private
P10	Male	32	8	Public
P11	Female	37	12	Public
P12	Male	35	9	Public
P13	Male	54	27	Public
P14	Male	37	8	Public
P15	Female	38	17	Public

Data collection instrument

Data were collected using a semi-structured interview guide developed by researchers. Semi-structured interviews provide a framework of prepared questions while allowing follow-up questions to explore responses in greater depth (Yıldırım & Şimşek, 2021). To develop the guide, the researchers first reviewed the literature on teacher stress, burnout, and coping, then drafted questions based on the research questions. The draft guide was reviewed by two experts in the field. The questions were revised for clarity and scope based on their feedback.

The guide consists of two sections. The first contains seven questions about participants' demographics. The second section contains 21 open-ended questions and is divided into four parts corresponding to the research questions. The first part includes four questions about the experience and meaning of a difficult day, such as "What does the term 'difficult day' mean to you?" The second includes four questions about the context in which a difficult day occurs. The third contains six questions about emotional and professional effects. The fourth includes six questions about coping and support. The guide ends with a question inviting participants to share anything else they wish to add.

Data collection procedure

The study was approved by the Educational Sciences Research Ethics Committee of Tokat Gaziosmanpaşa University on March 26, 2026 (Decision No. 03.26). The first author conducted individual face-to-face interviews between April and June 2026. Before the interviews, participants were informed about the purpose of the study, the voluntary nature of participation, and their right to withdraw at any time. Their informed consent was obtained. The interviews were audio-recorded with participants' permission. One participant (P9) did not consent to audio recording, so detailed notes of her responses were taken during the interview. The interviews followed the interview guide, with additional questions asked when needed to explore participants' responses in greater depth. The audio recordings were transcribed. The interviews were conducted in Turkish, and the quotations in this paper were translated into English by the authors. Quotations from P9 are based on interview notes. Together, the transcripts of 14 interviews and the notes from one interview formed a dataset of 14,850 words. Participants' identities were protected by using the codes P1 to P15. Institution names, place names, and details of events that could identify participants or institutions were omitted from the report. The data were used only for this study.

Data analysis

The data were analyzed using content analysis. The analysis followed the stages of coding the data, identifying themes, organizing codes and themes, and describing and interpreting the findings (Yıldırım & Şimşek, 2021). The main themes were based on the research questions (meaning, context, effects, and coping), while subthemes and codes were developed inductively from the data. The first author conducted the coding. After reading the transcripts several times to become familiar with the data, she coded meaningful segments and grouped similar codes into subthemes. The second author checked the codes and themes against the raw data. Following this review, some codes were renamed, merged, or moved to different themes. Codes not supported by the data were removed, and the thematic structure was finalized. Frequencies and relevant participant codes were reported for each subtheme. Cases that differed from the general pattern were also noted, including participants who found the administration supportive or whose sense of competence was unaffected.

FINDINGS

Content analysis of the interview data identified four main themes corresponding to the research questions. These were (1) the meaning of a difficult day, (2) the contexts in which difficult days occur, (3) the effects of difficult days, and (4) coping strategies. The tables present the subthemes and codes for each theme, along with the participants whose responses informed each subtheme. Frequencies (*f*) in the tables indicate the number of participants whose responses were included in each subtheme. Since a participant's responses could fall under more than one subtheme, the sum of the frequencies may exceed the total number of participants. Participants are identified by the codes P1 to P15 in direct quotations.

The meaning of a difficult day

Participants' accounts show that the expression "difficult day" covers two different types of experience. Seven participants (P1, P3, P5, P11, P13, P14, P15) described a difficult day in terms of a single unexpected event, while eight participants (P2, P4, P6, P7, P8, P9, P10, P12) described a recurring or ongoing situation. For example, P2 described the tension she experienced with a student by saying, "I mean, it happened in almost every lesson" (P2). P12 stated that, for him, a difficult day had lasted "about the first nine months" (P12). Table 2 presents the meanings participants attached to a difficult day.

Table 2. Meanings Teachers Attach to the Experience of a "Difficult Day"

Subtheme	Codes	*f*	Participants
Loss of control and influence	Being unable to maintain classroom order, not knowing how to respond, feeling helpless, being unable to help a student	6	P1, P3, P5, P11, P13, P14
Lasting emotional effects and disengagement	Negative memories years later, effects lasting for weeks or months, waiting for the day to end	4	P2, P11, P12, P15
Feelings of inadequacy and difficulties with self-regulation	Feeling inadequate, being unable to manage stress	3	P4, P9, P12
Demands exceeding available resources	Being unable to find time to prepare, having to put in more effort than usual	3	P6, P7, P8
Disrupted routines and non-teaching demands	Dealing with non-teaching tasks, moving away from the usual routine	2	P10, P13

Loss of control and influence

The most frequently mentioned meaning of a difficult day was losing control and influence in the classroom or in a particular situation. P5 defined a difficult day as "not being able to maintain classroom order as a teacher and not knowing how to respond to students' unexpected behavior" (P5). P14 also described a situation in which the teacher could do nothing, saying, "When we talk about a difficult day, we can describe it as a day when there is nothing we can do" (P14). Describing tension with a parent, P13 emphasized uncertainty, explaining that the day was difficult "because we did not know what they would do or how they would react" (P13). For P1, losing control meant being unable to help a student, as expressed in the statement, "I think the main reason it was a difficult day was that I felt I could not help the student" (P1).

Lasting emotional effects and disengagement

For four participants, a difficult day was an experience that stayed with them long after the day itself. P15 described a difficult day in the following words.

> For me, a difficult day is any day when we feel unhappy, a day I can still remember even now, years later, and look back on negatively, a day that brings my mood down and negatively affects my motivation and how I see people. (P15)

P12 also viewed a difficult day as an experience that affected a person's life "sometimes for months or weeks" (P12). For P2, the effects of a difficult day involved losing a sense of connection to the school, as reflected in the statement, "I do not feel fully present at school or fully motivated. That is a difficult day for me. I spend the whole day waiting for it to end" (P2).

Feelings of inadequacy and difficulties with self-regulation

Three participants associated a difficult day with feeling inadequate or being unable to manage their emotions. For P9, difficult days were "days when I feel inadequate and tired, both professionally and emotionally" (P9), while P4 described them as "days when I do not manage stress well" (P4).

Demands exceeding available resources

For three participants working in private institutions (P6, P7, P8), a difficult day meant that demands exceeded their available time and energy. For P7, a difficult day meant "not having enough time to prepare for lessons and not being given enough space to plan and organize things" (P7). P6 described it as "putting in far more effort than I normally do and giving so much of myself that it takes a toll on me" (P6).

Disrupted routines and non-teaching demands

P10 and P13 defined a difficult day as one that took them beyond their main teaching duties. P10 explained, "For me, it would be more accurate to think of a difficult day as dealing with things outside teaching rather than just teaching lessons" (P10). For P13, a difficult day was one when a parent's visit to the school disrupted the usual routine and the day was spent dealing with the situation.

Contexts in which difficult days occur

The contexts in which difficult days occurred were grouped into seven subthemes (Table 3). Classroom processes, parent-related problems, and problems related to school administration were each mentioned by eight participants. These contexts often overlapped. Five participants (P1, P2, P5, P9, P10) described situations in which several sources of difficulty were present at the same time. P9 explained, "What made that day different was that several problems happened at the same time" (P9).

Table 3. Contexts in Which Difficult Days Occur

Subtheme	Codes	*f*	Participants
Classroom processes and student behavior	Unexpected or aggressive student behavior, classroom management, discipline and large class sizes, students with special needs and peer exclusion, younger age groups	8	P1, P2, P3, P5, P6, P9, P10, P12
Parent-related problems	Pressure, complaints and threats, claims of entitlement based on fees paid, refusal to accept the situation, parenting styles, failure to inform teachers	8	P1, P2, P3, P5, P6, P10, P13, P14
School administration and institutional culture	Hurtful or authoritarian attitudes among administrators, withholding information from teachers, lack of support for teachers, schedules imposed without consultation	8	P1, P2, P5, P7, P8, P9, P11, P15
Working conditions and workload	Long working hours, teaching multiple groups, supervision duties at school, time pressure, lack of materials	6	P3, P6, P7, P8, P9, P10
Professional experience and personal factors	Inexperience, personal stress, taking incidents personally	5	P1, P3, P4, P11, P12
Societal and systemic factors	Social media and social change, the economic structure of private institutions, merit, the surrounding environment, attitudes of senior management	5	P2, P11, P12, P13, P14
Critical incidents and safety	Physical violence, threats	3	P3, P13, P14

Classroom processes and student behavior

Some difficult days in the classroom arose from unexpected and aggressive student behavior. P3, who worked with young children, described how a five-year-old student left the lesson to see their parents and returned to the classroom angrier than before.

> They started throwing their belongings on the floor. They started hitting the table and things like that. Then I went straight over to calm them down. At that point, they hit me too. That was the hardest moment for me. (P3)

P5 reported losing control of the class when a student arrived late, cried and vomited, and then started throwing their belongings. P5 explained, "They would not listen to me at all. I really could not keep things under control that day. And I felt embarrassed in front of the other students too" (P5).

For some participants, the difficulty lay in being unable to manage the classroom. P12 described his first year of teaching by saying, "Even though I used all the techniques I had learned, I could not get the class under control at first" (P12). P9 emphasized the composition of the class, explaining, "It was a day when I struggled to manage a large class with students at different levels" (P9). P1's account centered on a student with special needs who was excluded by classmates. P1 explained, "The other students in the class had also started judging and making fun of them" (P1).

Parent-related problems

Difficult days involving parents were most often associated with pressure, complaints, and threats. P13 explained, "Difficult days are when parents come to our school insisting that their child is right and put pressure on us. On one particular difficult day, a parent threatened us" (P13). P10 also recalled a day when he was on supervision duty, explaining that "parents rushing in to complain whenever a student was given even the slightest warning" (P10) made the day difficult. In the account of P2, who worked at a private high school, parents' attitudes were linked to the view of education as a paid service.

> When I called the family into school, they said, "Aren't we paying money here anyway? This is what we pay for." They spoke as if their child should be able to do whatever they wanted, so I had a very difficult day. (P2)

Some participants linked parents' attitudes to the wider influence of the family. P6 explained, "Honestly, I think it comes more from the parents than from the student. The way a child is brought up is reflected in how they behave in class" (P6). P1 described feeling helpless when discussing a student's special needs with the family, saying, "I just could not get the family to accept it" (P1).

School administration and institutional culture

Four types of difficulty were linked to school administration. These involved hurtful or authoritarian attitudes, withholding information from teachers, a lack of support for teachers, and preparing schedules without consulting teachers. P15 reported that the newly appointed principal had interrupted her conversation with a colleague with a remark like "You've gone on long enough" (P15). P15 recalled, "I was very upset and close to tears. It really brought me down" (P15). P11 described an encounter with the principal on her first day of teaching, saying, "I went in wearing a hat, and they told me to take it off. I did not like that attitude. Honestly, it brought me down a little when I was just starting out in teaching" (P11). P2 also described how her authority had been undermined after warning a student. She had expected support from the administration but instead "received a warning from the administration in front of the student" (P2).

The accounts of two participants (P1, P5) showed the same pattern. The institution knew about the student's condition but did not share this information with the teacher. P1 explained, "It turned out that they knew about it too, but no one had told me" (P1). P5 stated, "If I had known about the student's condition, I could have controlled my reactions better" (P5). P1 also said that the administration had tried to prevent her from speaking with the parent and had told her, "Please do not speak to the parent. Do not say things like that to them" (P1).

P7, P8, and P9, who worked at the private language school, linked their difficult days to administrators preparing teaching schedules without consulting teachers. P7 explained, "Not communicating enough with teachers when scheduling lessons, not asking for their views when preparing schedules, and imposing a schedule on them can lead to difficult days like these" (P7).

However, school administration was not a source of difficulty for every participant. P10 and P12 found their administrators supportive, with P12 stating, "The school administration was great" (P12). P10 also emphasized the administration's support on difficult days but noted that teachers still had to handle the situation first, saying, "They supported us on these difficult days. But when it came to responding right away, the responsibility could still end up falling on the teacher" (P10).

Working conditions and workload

Six participants linked difficult days to demanding working conditions. In private institutions, this involved long working hours and teaching different groups on the same day. P8 explained, "Teaching different groups, both teens and adults, for 10 hours in one day was quite demanding" (P8). P7 described a similar day, saying, "As I said, I worked for 10 hours. I had very few breaks during that time. I did not have enough time to rest, recover, or prepare for the other lessons" (P7). For P10, who worked at a public school, supervision duties added to the workload: "In terms of workload, you are on supervision duty anyway. You teach for 40 minutes. The lesson ends, you leave the classroom, go on duty, and then go straight back to class" (P10).

Professional experience and personal factors

Five participants stated that their level of experience or personal circumstances had also contributed to their difficult days. P11 and P12, who experienced difficult days during their first year of teaching, saw inexperience as a factor. P11 explained, "My own inexperience might have had something to do with it too" (P11). P1, who had struggled shortly after graduating, described feeling powerless in interactions with parents, saying, "When you have just graduated, you think you cannot get the upper hand in situations like these. Mostly because the parents are older than you" (P1). P1 also reported taking the incident personally because she had an autistic sibling. P4 said that her difficult day was related to personal reasons rather than students, parents, or school administration, explaining, "I think the difficult day had to do with personal reasons" (P4).

Societal and systemic factors

Five participants also explained difficult days in terms of factors beyond the school. P13, who had 27 years of teaching experience, linked the growing impatience of children and parents to social media and the internet.

> I think the internet and children spending time on their phones lead to a lack of patience. Children have no patience with each other, and parents have no patience with their children. But of course, they come to us without even listening to their child. (P13)

P2 stated that the economic structure of private schools led to rules being relaxed, explaining, "Because private schools are partly driven by financial concerns, all kinds of attacks on teachers and the teaching profession happen behind the scenes just to avoid losing students" (P2). P12 emphasized the influence of the region where he worked and the students' environment, while P11 highlighted the lack of professional competence in school administration and the influence of politics.

Critical incidents and safety

In three participants' accounts, difficult days were linked to incidents that threatened teachers' safety. P3 described being hit by a five-year-old student, while P13 described a parent's threat. The incident with the greatest impact involved serious violence against a school administrator by a student in P14's class. P14 described its effects, saying, "It was traumatic for the whole school. The school was closed at the end of the day, but students and teachers kept talking about it for quite a long time" (P14).

Effects of difficult days

Difficult days had emotional, professional, and physical effects. Eight participants also reported that the experience had led to positive changes (Table 4). The intensity and duration of these effects varied considerably across participants.

Table 4. Effects of Difficult Days

Subtheme	Codes	*f*	Participants
Emotional effects	Sadness and hurt feelings; anger and irritation; stress, anxiety, and worry; embarrassment, wounded pride, and feelings of worthlessness	11	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P9, P10, P13, P14, P15
Professional effects	Loss of motivation; weakened sense of competence; thoughts of leaving the profession or institution, or of retiring; negative perceptions of the profession's status	15	P1 to P15
Physical effects	Exhaustion, fatigue, loss of energy	4	P7, P8, P9, P15
Positive change and professional learning	Learning to set boundaries, changing practices, developing patience and self-control, viewing the experience as an opportunity for growth	8	P1, P3, P5, P9, P10, P11, P12, P15

Emotional effects

The emotions participants mentioned most often were sadness, anger, and stress. For some participants, sadness brought them close to tears. P1 recalled, "I really struggled that day, and I even had tears in my eyes" (P1). P3 said, "I could barely hold back my tears until I got home from work" (P3). Anger was usually felt during the incident, and participants tried not to show it to students. P3 explained, "I got angry at that moment too. But of course, I tried not to show it to the child" (P3). P10 also reported keeping his anger under control and described his feelings as "a feeling of being overwhelmed, a kind of tension, an inner tension" (P10). P5, who had lost control in front of the class, described feeling embarrassed, saying, "Anxiety and embarrassment, as I said" (P5). P2 said that the administration's attitude had hurt her pride, explaining, "It definitely lowers your motivation as a teacher, and on top of that, it hurts your pride" (P2).

The duration of participants' emotional reactions ranged from a few minutes to several years. Referring to how long his anger lasted, P10 said, "For me, five minutes" (P10), while P13 stated, "I forget about it by the next day" (P13). In contrast, P1 reported thinking about the

incident "every day for about four months of my teaching career" (P1). P15 said that the effect "lasted a very long time and is still going on" (P15). When difficult days recurred, emotions became more intense over time. P8 explained, "As for how long these feelings lasted, as I said, we went through this every two or three days during that period. These feelings kept coming back very often, so they became more and more intense" (P8).

Professional effects

The most common professional effects of difficult days were loss of motivation and a weakened sense of competence, each reported by 11 participants. For some participants, loss of motivation meant feeling less willing to go to school. P10 explained, "On days when I had classes like these, I really understood what it meant to drag your feet on the way to school" (P10). P15 said, "I did not even want to go to school because I did not want to see them" (P15).

A weakened sense of competence was reported both by teachers whose difficulties arose in the classroom and by teachers whose difficulties stemmed from workload or school administration. P12 described his first year of teaching, saying, "I mean, during that first year, I thought I was not cut out for this. I thought it could not go on like this, or that there was something wrong with me" (P12). P10 reported wondering, "Am I really not cut out for this profession?" (P10) after low exam results. P2 also questioned her competence during a period when she received no support from the administration, explaining, "I even wondered if I was not a good teacher or if I could not manage a class well. I had started to feel very inadequate" (P2). However, four participants (P5, P13, P14, P15) said that the incident had not affected their sense of competence. For P13, P14, and P15, difficult days involved external factors such as parents, administrators, or violence. P13 made this distinction clearly, saying, "This hurts my feelings as a person. I stay professional in my work" (P13). P15 stated that the incident had instead strengthened her sense of competence, explaining, "It did not affect my sense of competence. It did the opposite. It encouraged me even more" (P15).

Seven participants reported that difficult days had made them consider leaving the profession, leaving their institution, or retiring. These thoughts were strongly expressed by teachers in private institutions who experienced ongoing difficult days related to workload and school administration. P7 stated, "Yes, I definitely do not want to be a teacher anymore" (P7). P8 said, "But once I started dealing with these problems, my view of the profession unfortunately became much more negative. I cannot say I really want to continue" (P8). P2 reported deciding to stop working in private schools at the end of her fourth year, explaining, "In fact, at the end of the fourth year, I decided I would no longer work in private schools. After that decision, I decided to pursue work in sectors outside education" (P2). Similar thoughts were also reported by public school teachers. P13, who had 27 years of teaching experience, said that on difficult days involving parents, "I sometimes thought about retiring" (P13). P11 took unpaid leave and requested a transfer to another school because of problems experienced during her first year of teaching.

Four participants said that their experiences had negatively affected their perceptions of the profession's status in society. P2 described the teacher's position by saying, "Maybe I could compare it to a pawn" (P2), while P14 stated, "I think the profession is becoming less valued" (P14).

Physical effects

Physical effects were most often reported in relation to difficult days linked to workload. After a 10-hour working day, P7 said, "I felt really exhausted and low on energy" (P7). P8 described "feeling very tired and exhausted, which also left me feeling unable to meet

students' needs" (P8). For P15, whose difficult days were related to an administrator's attitude, the effects became noticeable to others. P15 explained, "After a while, my friends thought I was seriously ill. I had become so pale, and my energy and motivation had dropped so much" (P15).

Positive change and professional learning

The effects of difficult days were not entirely negative. Eight participants reported that these experiences had helped them learn something about their work or change their practices. P12 described how feelings of inadequacy during his first year of teaching had led to growth over time.

> At first, I felt inadequate, as if I had not received proper training. But later, as time went on, it made me think more about how I could make up for it. It actually helped me grow. (P12)

Some participants said that they had learned to set boundaries. P1 explained, "Through this, I learned how to set boundaries with the other students" (P1). P15 stated, "It taught me that I needed to maintain professional boundaries rather than treat the relationship as a friendship" (P15). Others, such as P3 and P5, changed their practices (see Problem-focused strategies). P9 viewed difficult days as an opportunity, saying, "I think my difficult days can also be opportunities for professional development" (P9).

Strategies for coping with difficult days

Participants' coping strategies were grouped into five subthemes. The support they wanted to help them cope with difficult days in healthier ways was addressed under a separate subtheme (Table 5). Social support was the most common coping resource (f = 11). However, four participants (P3, P4, P6, P13) reported receiving no support from any source.

Table 5. Strategies for Coping with Difficult Days and Desired Support

Subtheme	Codes	*f*	Participants
Social support	Support from colleagues, support from family and close friends, institutional or professional support	11	P1, P2, P5, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P14, P15
Problem-focused strategies	Adapting teaching, self-improvement, gathering information to prevent problems, setting boundaries, speaking directly with the person involved in the problem	7	P3, P5, P7, P9, P10, P12, P15
Emotion regulation strategies	Self-talk, self-control and patience, giving it time, holding on to positive moments	6	P1, P3, P6, P9, P10, P13
Cognitive reframing	Externalizing the problem, accepting the limits of what one can do	6	P1, P2, P7, P8, P10, P11
Withdrawal and resignation	Escaping, giving up, resignation	4	P2, P11, P13, P14
Desired support	Support from school administration and senior management; psychological support; safety, legal protection, seminars, and oversight; reduced workload and time to rest; peer support or mentoring	15	P1 to P15

Social support

Social support most often came from colleagues (eight participants). Talking with colleagues helped participants see that they were not alone and learn practical solutions. P8 explained,

"Knowing that they were facing the same problem helped me feel less alone" (P8). P10 summarized the support received from experienced colleagues, administrators, and the school counseling service by saying, "I mean, like peer learning, we also learned from one another as teachers" (P10). P12, who struggled during his first year of teaching, said that the most helpful support had been the words of an experienced colleague at his first school, "Everyone starts their teaching career driving a car. You started with a truck (…) If you can drive this, you can do it anywhere" (P12). Family and close friends were a source of support for five participants. Institutional or professional support, including support from a psychologist at the institution, school counseling services, the Guidance and Research Center, and school and district administrators, was mentioned by five participants. Four of these participants worked in public schools. Among those who received no support, P3 said, "I did not receive any support. I had not told anyone about it anyway" (P3).

Problem-focused strategies

Seven participants took practical steps to address the sources of difficult days. These included adapting teaching methods, improving their own skills, gathering information to prevent problems, and setting boundaries. P12 described how he had overcome classroom management difficulties by using activities suited to his students' level.

> I said, "One of you be the sun, another the Earth, and another the moon." I did some short drama activities about the Earth moving around the sun. This way, I got that child involved in the lesson, and they also started raising their hands in class. (P12)

P3 reported reading about child psychology and including more games in lessons, while P5 said that she had begun asking parents for information about new students in advance. P7 described taking the initiative to set boundaries with the administration to manage her workload, explaining, "That is why I go and speak to them myself when the teaching schedule is being prepared, and I say whether I can teach certain classes at certain times. I have started setting my own boundaries" (P7). P15 chose to speak directly with the administrator she had a problem with and said that doing so had brought relief, explaining, "It was a relief to speak directly to the person I had a problem with, talk one-on-one, and get things off my chest" (P15).

Emotion regulation strategies

Six participants used individual strategies to regulate their emotions. P3 tried to regain her composure through self-talk, saying, "I tried talking to myself a bit. I tried to convince myself that I was just starting out and would learn these things over time" (P3). P10 used a metaphor to explain how he had improved his ability to control anger, saying, "Let's say I improved my self-control or raised my anger threshold. It is like a small glass overflowing. I made my glass a little bigger" (P10). P13 dealt with the effects of a difficult day by giving it time, explaining, "I just waited for the next day. I told myself that every day is a fresh start. I got myself motivated and went to school. Time heals all wounds" (P13). P6 described feeling better by holding on to positive moments during the day, saying that her anger lasted "until one of my students came and hugged me" (P6).

Cognitive reframing

For five participants (P2, P7, P8, P10, P11), the most helpful way to cope was to recognize that the difficulty came from external conditions rather than from themselves. P7 explained, "As I said, it helped me to realize that I was not the source of the problem, because I am already doing the best I can" (P7). P2 reported that her family had reassured her "that it was not my fault, that it was the system's fault" (P2). After seeing low exam scores, P10 looked at the results in other subjects and concluded that his teaching method was not the problem,

saying, “It was not about me personally” (P10). However, this reframing can also lead teachers to feel that they have limited power to intervene. P8 explained this in the following words.

> For me, what matters when there is a problem is whether you are the cause. If we are the cause, we try to fix it as best we can as teachers. But when it is not caused by you, unfortunately you have much less of a say. (P8)

Withdrawal and resignation

Four participants chose to withdraw or resign themselves to the situation rather than actively confront the difficulties they faced. P11 reflected critically on this choice, saying, “In a way, I actually ran away. By taking leave, wanting to get away from that school, and requesting a transfer. I could say I chose to escape. Maybe that was not quite right” (P11). P2 said that she had initially challenged students, parents, and the administration but had given up when she saw that nothing would change, explaining, “I mean, if something is wrong and there is a rule, that rule should be enforced. But later, when I became convinced that nothing would change, I honestly gave up too” (P2). P14 saw no option other than resignation in the face of the critical incident, saying, “We just accepted it. We had no way of dealing with the situation” (P14).

Desired support

All participants suggested various forms of support to help teachers cope with difficult days in healthier ways. The most common expectation was for school administration and senior management (i.e., education authorities above the school level, such as district and provincial directorates) to stand by teachers (six participants). P15 explained, “I think the greatest support would be for them to be more tolerant and understanding and to make us feel that they are on our side” (P15). P13 also emphasized that senior management should not accept parents’ complaints as valid without investigating them, saying, “They should not take such petty, trivial complaints seriously” (P13). Five participants suggested psychological support or having a specialist available at the institution. P5 stated, “I think every institution should definitely have a child development specialist or a psychologist” (P5). P8 viewed psychological support as secondary and saw effective communication with the administration as the main solution, explaining, “If we were given a way to communicate properly with the administration, I do not think we would need any support, particularly psychological support” (P8). Other expectations included reduced workload and opportunities to rest (P6, P9, P10), safety measures and legal protection (P11, P14), and seminars and activities to raise awareness (P3, P4). Only P12 directly suggested peer support for teachers who were new to the profession, saying, “There is peer assessment or peer training. I think the same system should also be used in teaching, at least for teachers in their first two years” (P12).

CONCLUSION AND DISCUSSION

This study examined experiences that teachers described as “difficult days” in terms of their meaning, context, effects, and coping strategies. The findings suggest that, for teachers, a difficult day is an experience that undermines the control and influence on which their professional role depends, rather than simply a busy day at work. This section discusses the findings in relation to the literature, then presents the study’s limitations and recommendations.

Discussion

Participants most commonly understood a difficult day as a loss of control and influence in the classroom or in a particular situation. The sadness, anger, and anxiety they described are consistent with the view of teacher stress as negative emotions that teachers experience as a result of their work (Kyriacou, 2001). However, their descriptions of a difficult day as a loss

of influence rather than an emotion suggest that stress is closely tied to being unable to fulfill their professional role. A notable finding was that the term "difficult day" covered both single unexpected events and recurring or ongoing difficulties. According to Maslach et al. (2001), burnout arises from persistent mismatches between a person and their work environment. From this perspective, ongoing difficult days pose a more direct risk of burnout, while a single unexpected event can have emotional effects that last for years. Six of the eight participants who described ongoing difficult days worked in private institutions, and their accounts mainly concerned workload and scheduling. However, this group's younger age and lower level of teaching experience should also be taken into account.

Classroom processes, along with problems related to parents and school administration, were the most frequently mentioned contexts. Classroom management difficulties were particularly prominent in participants' accounts of their early years in teaching. This is consistent with Veenman's (1984) review, which identified classroom discipline as the most serious problem faced by beginning teachers. In this study, the difficult days described by four participants (P1, P3, P11, P12) occurred early in their teaching careers, and these participants saw inexperience as a contributing factor.

Difficult days involving parents centered on pressure, complaints, threats, and parents' refusal to accept their child's condition. One participant working at a private high school described parents claiming that paying fees gave them certain rights. This directly matches the finding of Cerev and Coşkun (2020), whose study of private school teachers showed that parents saw themselves as customers of a business. Meriç and Erdem (2023) also identify negative parental attitudes and a lack of parental interest as factors that test teachers' patience and are associated with depersonalization. One participant complained that senior management accepted parents' complaints without investigating them. This shows that the problem also concerns how institutions respond to complaints.

Difficult days involving school administration took the form of hurtful or authoritarian attitudes, withholding information from teachers, a lack of support for teachers, and imposing schedules without consultation. Maslach et al. (2001) note that a lack of social support is associated with burnout and that support from supervisors is even more important than support from colleagues. Cemaloğlu and Erdemoğlu Şahin (2007) found that teachers' burnout varied according to whether they received recognition from their superiors, while Meriç and Erdem (2023) found that administrators' controlling approach tested teachers' patience. In this study, two participants reported that the institution had known about a student's condition but had not shared this information with them. Three participants at the private language school also identified teaching schedules prepared without consulting them as a source of difficult days. These two situations can be linked to "control," one of the areas of work life described by Maslach et al. (2001). Teachers are held responsible for outcomes without having a say in the processes or access to relevant information. However, school administration was not a source of difficulty for every participant. Two participants found their administrators supportive, showing that school administration can both cause difficulties and help ease them.

Working conditions and workload were mentioned by six participants. Skaalvik and Skaalvik (2011) found that time pressure was associated with emotional exhaustion. Meriç and Erdem (2023) also identify heavy workload and non-teaching duties as factors associated with emotional exhaustion. One participant's description of a difficult day as "dealing with things outside teaching" (P10) is consistent with this finding. Participants also linked difficult days to factors beyond the school, such as social media, the economic structure of private institutions, and concerns about merit. These accounts partly parallel İş and Atış's (2024) findings on economic problems.

The effects of difficult days varied considerably across participants. Eleven participants reported a weakened sense of competence, whether their difficulties arose in the classroom or from workload and school administration. Of the four participants whose sense of competence remained intact, three (P13, P14, P15) described externally caused difficult days. However, external causes did not always protect competence (e.g., P2, P7, P8). Weiner's (1985) attribution theory helps explain this variation. Attributing a negative outcome to internal causes lowers self-esteem, which teachers may experience as doubts about their competence, whereas attributing it to causes under other people's control is associated with anger. Chang (2009) also argues that teachers' emotional reactions and risk of burnout depend more on how they appraise an event than on the event itself.

One of the most notable findings was that seven participants had considered leaving the profession, leaving their institution, or retiring after difficult days. These thoughts were expressed particularly strongly by teachers in private institutions who experienced ongoing difficult days related to workload and school administration. One participant had decided to pursue work in a field outside education. Skaalvik and Skaalvik (2011) found that school context factors were associated with teachers' job satisfaction and desire to leave the profession through emotional exhaustion and a sense of belonging. Ingersoll (2001) also emphasizes that teacher turnover is driven more by job dissatisfaction and moves into other work than by retirement, and that it cannot be addressed simply by hiring new teachers without addressing its organizational causes. Job insecurity and annual contracts, identified by Cerev and Coşkun (2020) among private school teachers, may also be structural factors contributing to this tendency in private institutions. Four participants also reported negative perceptions of the profession's status in society, consistent with previous findings by İş and Atış (2024) and Meriç and Erdem (2023).

The effects of difficult days were not entirely negative. Eight participants reported learning to set boundaries, change their methods, or be patient through these experiences. This finding is consistent with the view that a situation can be appraised in terms of harm, threat, or challenge (Lazarus & Folkman, 1984). This change usually took place over time and with support. For example, one participant who experienced strong feelings of inadequacy during his first year of teaching turned the experience into professional growth through guidance from an experienced colleague and activities he developed himself.

Participants' coping strategies included both problem-focused and emotion-focused approaches (Lazarus & Folkman, 1984). In Lazarus and Folkman's terms, cognitive reframing and withdrawal are also forms of emotion-focused coping. Social support was the most common resource, but most of it was personal support from colleagues and family. Institutional or professional support was reported by only five participants, four of whom worked in public schools. Given the importance of administrator support in relation to burnout (Maslach et al., 2001), it is notable that institutional support was almost never mentioned by participants in private institutions. For five participants, the most helpful way to cope was to recognize that the problem arose from external conditions rather than from themselves. All five had also reported a weakened sense of competence, and P10 and P11 explicitly described reframing the situation only after a period of self-doubt. Reframing thus appears to have helped restore their sense of competence (Weiner, 1985). However, four of these five participants also expressed thoughts about leaving the profession or their institution. This suggests that externalizing the problem may protect teachers while also weakening their sense that they can influence the situation. One participant clearly expressed this tension by saying, "When it is not caused by you, unfortunately you have much less of a say" (P8). Because this pattern is based on a small subgroup, it should be interpreted cautiously and tested in future research.

The support participants wanted to help them cope with difficult days in healthier ways was also mainly organizational rather than individual. The most common expectation was for school administration and senior management to stand by teachers. Psychological support was also frequently suggested, but one participant emphasized that it would not be needed if teachers could communicate effectively with the administration. This is consistent with the view that burnout stems more from mismatches between a person and their work environment than from individual characteristics (Maslach et al., 2001).

Limitations

The findings should be interpreted with several limitations in mind. First, participants were drawn from a small number of institutions, and all nine participants from private institutions were young women, eight of whom were English teachers at the same language school. Institution type could therefore not be examined separately from age, gender, and teaching experience. It is not possible to determine whether the differences observed between institution types reflect institutional factors or participant characteristics. Second, data from one participant were based on interview notes rather than an audio recording. Finally, participants provided retrospective accounts, some of which concerned experiences at previous workplaces. This qualitative study provides an in-depth description of the phenomenon within this group and does not aim to generalize its findings.

Conclusion and recommendations

Teachers' experiences of difficult days are multidimensional and cannot be reduced to a single cause. Classroom processes, parents, school administration, and working conditions often interact. The effects of a difficult day vary depending on what teachers see as its source and whether they receive support during the experience. For some teachers, difficult days lead to doubts about their competence and thoughts of leaving the profession. For others, they lead to professional learning.

These findings suggest that many difficult days are related more to how institutions operate than to teachers' individual efforts. Participants most often wanted administrators to stand by teachers. School and institutional administrators should therefore support teachers when problems arise and assess parents' complaints by listening to the teacher and investigating the situation. Some difficult days arose because institutions did not share information they already had with teachers. Systematically sharing information about students' special needs or other relevant circumstances could therefore be a simple but effective preventive measure. At the private language school, ongoing difficult days largely arose from schedules prepared without consulting teachers and from heavy workloads. Institutions with similar conditions should therefore involve teachers in preparing schedules and organize daily workloads to allow time for rest. School rules should also be applied consistently, regardless of students' or parents' economic status, to protect teachers' authority.

Participants relied largely on support from colleagues and family, while institutional support remained limited. Teachers should therefore have easier access to psychological counseling and guidance services, and institutional support should be provided to teachers and students after critical incidents. Mentoring programs for beginning teachers may also help, as four participants described difficult days early in their careers and one described how guidance from an experienced colleague helped him grow. Research showing positive effects of mentoring and induction programs on teachers' commitment to teaching and retention in the profession also supports this recommendation (Ingersoll & Strong, 2011).

Studies involving teachers from different institution types and experience levels could clarify the source of the differences observed here. Longitudinal or mixed-methods studies could also

contribute to the field by examining the relationship between difficult day experiences and thoughts of leaving the profession. Future studies could test how teachers' attributions for difficult days relate to their sense of competence and coping strategies. Further research could also focus on the working conditions of teachers in private language schools.

REFERENCES

Cemaloğlu, N., & Erdemoğlu Şahin, D. (2007). Öğretmenlerin mesleki tükenmişlik düzeylerinin farklı değişkenlere göre incelenmesi. *Kastamonu Education Journal, 15*(2), 463-484. https://izlik.org/JA96CU65DR

Cerev, G., & Coşkun, S. (2020). Özel okul öğretmenlerinin çalışma sorunları üzerine nitel bir araştırma: Elâzığ ili örneği. *Fırat Üniversitesi Harput Araştırmaları Dergisi, 7*(13), 125-142. https://izlik.org/JA85HX86JS

Chang, M.-L. (2009). An appraisal perspective of teacher burnout: Examining the emotional work of teachers. *Educational Psychology Review, 21*(3), 193–218. https://doi.org/10.1007/s10648-009-9106-y

Creswell, J. W. (2007). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (2nd ed.). Sage Publications.

Ingersoll, R. M. (2001). Teacher turnover and teacher shortages: An organizational analysis. *American Educational Research Journal, 38*(3), 499–534. https://doi.org/10.3102/00028312038003499

Ingersoll, R. M., & Strong, M. (2011). The impact of induction and mentoring programs for beginning teachers: A critical review of the research. *Review of Educational Research, 81*(2), 201–233. https://doi.org/10.3102/0034654311403323

İş, E., & Atış, M. (2024). Öğretmenlerin karşılaştığı güncel sorunlar ve bu sorunların mesleki performansları üzerindeki etkileri: Bir nitel araştırma. *Mehmet Akif Ersoy University Journal of Education Faculty, 72*, 489-521. https://doi.org/10.21764/maeuefd.1470413

Kyriacou, C. (2001). Teacher stress: Directions for future research. *Educational Review, 53*(1), 27–35. https://doi.org/10.1080/00131910120033628

Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1984). *Stress, appraisal, and coping*. Springer.

Maslach, C., & Jackson, S. E. (1981). The measurement of experienced burnout. *Journal of Occupational Behaviour, 2*(2), 99-113. https://doi.org/10.1002/job.4030020205

Maslach, C., Schaufeli, W. B., & Leiter, M. P. (2001). Job burnout. *Annual Review of Psychology, 52*, 397–422. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.397

Meriç, E., & Erdem, M. (2023). Öğretmenlerde sabır ve tükenmişliği etkileyen faktörlere yönelik nitel bir çözümleme. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi, 21*(3), 1605-1637. https://doi.org/10.37217/tebd.1208694

Patton, M. Q. (2014). *Qualitative research & evaluation methods* (4th ed.). Sage Publications.

Seferoğlu, S., Yıldız, H., & Avcı Yücel, Ü. (2014). Teachers' burnout: Indicators of burnout and investigation of the indicators in terms of different variables. *Education and Science, 39*(174), 348-364. https://doi.org/10.15390/EB.2014.2515

Skaalvik, E. M., & Skaalvik, S. (2011). Teacher job satisfaction and motivation to leave the teaching profession: Relations with school context, feeling of belonging, and emotional

exhaustion. *Teaching and Teacher Education, 27*(6), 1029–1038. https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.04.001

Veenman, S. (1984). Perceived problems of beginning teachers. *Review of Educational Research, 54*(2), 143–178. https://doi.org/10.2307/1170301

Weiner, B. (1985). An attributional theory of achievement motivation and emotion. *Psychological Review, 92*(4), 548–573. https://doi.org/10.1037/0033-295X.92.4.548

Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2021). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (12th ed.). Seçkin.

Yılmaz, K. (2020). Türkiye'de eğitim örgütlerinde yapılan tükenmişlik konulu makaleler ile ilgili bir meta değerlendirme. *E-Kafkas Journal of Educational Research, 7*(2), 119-136. https://doi.org/10.30900/kafkasegt.730282

YANAN AĞIZ SENDROMUNDA PSİKİYATRİK EŞ BELİRTİLER VE ESSİTALOPRAM TEDAVİSİNE YANIT: BİR OLGU SUNUMU

Uzm. Dr. Atila Gürgen [1], Uzm. Dr. Semra Aksoy [2], Prof. Dr. Demet Güleç Öyekçin [3]
[1]Özel Ünye Çakırtepe Hastanesi, Ruh Sağlığı ve Hastalıkları (Psikiyatri), Ordu
[2]Balıkesir Atatürk Şehir Hastanesi, Ruh Sağlığı ve Hastalıkları (Psikiyatri), Balıkesir
[3]Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ruh Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Çanakkale

ÖZET
Amaç: Yanan ağız sendromu (YAS), oral mukozada açıklayıcı bir lezyon olmaksızın devam eden yanma veya dizestezik duyumlarla seyreden kronik bir orofasiyal ağrı durumudur. Bu çalışmada, uzun süreli oral yanmaya anksiyete ve depresif belirtilerin eşlik ettiği ve essitalopram kullanımı sonrasında klinik iyileşme gösteren bir olgunun güncel tanısal yaklaşım ve tedavi literatürü ışığında tartışılması amaçlanmıştır.
Olgu: Kırk bir yaşında kadın hasta Mart 2014'te, iki yıldır süren oral yanma yakınması nedeniyle psikiyatri polikliniğine yönlendirilmiştir. Daha önceki dahiliye ve kulak burun boğaz değerlendirmelerinde açıklayıcı patoloji saptanmadığı bildirilmiştir. Başlangıç Beck Depresyon Ölçeği (BDÖ) puanı 27, Beck Anksiyete Ölçeği (BAÖ) puanı 35'tir. Eşlik eden psikiyatrik belirtiler nedeniyle essitalopram 10 mg/gün başlanmıştır. Dördüncü haftada BDÖ 8 ve BAÖ 19; sekizinci ve on ikinci haftalara ilişkin kayıtta BDÖ 6 ve BAÖ 8 olarak bildirilmiştir. İkinci ay sonunda oral yanma yakınması büyük ölçüde gerilemiştir.
Sonuç: Psikiyatrik belirtilerin değerlendirilmesi ve uygun tedavisi, kronik oral yanma yakınması bulunan hastaların bütüncül bakımında önemlidir. Ancak bu olgudaki eş zamanlı iyileşme, essitalopramın YAS üzerindeki doğrudan etkinliğini kanıtlamaz.
Anahtar kelimeler: Yanan ağız sendromu; essitalopram; anksiyete; depresyon; orofasiyal ağrı.

ABSTRACT
Objective: Burning mouth syndrome (BMS) is a chronic orofacial pain condition characterized by persistent burning or dysesthetic sensations in the oral mucosa in the absence of an identifiable causative lesion. This report aims to discuss a case of longstanding oral burning accompanied by anxiety and depressive symptoms, with clinical improvement following escitalopram treatment, in light of current diagnostic approaches and treatment literature.
Case: A 41-year-old woman was referred to the psychiatry outpatient clinic in March 2014 with a two-year history of oral burning. Previous internal medicine and otorhinolaryngology assessments reportedly revealed no explanatory pathology. Her baseline Beck Depression Inventory (BDI) and Beck Anxiety Inventory (BAI) scores were 27 and 35, respectively. Escitalopram was initiated at 10 mg/day for co-occurring psychiatric symptoms. At week four, her BDI and BAI scores decreased to 8 and 19, respectively; the record covering weeks eight and twelve reported BDI and BAI scores of 6 and 8, respectively. By the end of the second month, her oral burning symptoms had largely subsided.
Conclusion: Assessment and appropriate treatment of psychiatric symptoms are important components of comprehensive care for patients with chronic oral burning. However, the concurrent improvement observed in this case does not establish the direct efficacy of escitalopram for BMS.
Keywords: Burning mouth syndrome; escitalopram; anxiety; depression; orofacial pain.

GİRİŞ

Yanan ağız sendromu, sıklıkla dilde, damakta veya diğer oral mukozal bölgelerde hissedilen ve görünür mukozal patolojiyle açıklanamayan yanma yakınmasıyla karakterizedir. Scala ve arkadaşlarının klasik derlemesi, sendromun tanı ve yönetimindeki güçlükleri vurgulamış; daha sonraki klinik derlemeler belirtilerin heterojenliğine ve ayırıcı tanının önemine dikkat çekmiştir [1,2].

Uluslararası Orofasiyal Ağrı Sınıflaması'nın (ICOP) 2020 ölçütlerine göre YAS, üç aydan uzun süre boyunca günlük iki saatten fazla tekrarlayan, yüzeysel oral mukozada hissedilen yanma niteliğindeki ağrıyı ifade eder. Tanı için oral mukozanın normal görünmesi, lokal ve sistemik nedenlerin dışlanması ve yakınmanın başka bir tanıyla daha iyi açıklanmaması gerekir [3]. Bu nedenle yalnızca normal rutin laboratuvar sonuçları veya normal biyopsi, tanıyı tek başına doğrulamaz.

Güncel yaklaşımlarda periferik somatosensoriyel işlev değişiklikleri, trigeminal ağrı iletimi ve santral ağrı modülasyonu gibi nörobiyolojik süreçler ön plandadır. Psikolojik stres, anksiyete, depresif belirtiler ve uyku bozuklukları ise ağrı deneyimini etkileyebilir. Orliaguet ve Misery'nin sistematik derlemesi, nöropatik ve psikojenik bileşenlerin birlikte değerlendirilebileceğini, ancak sendromun yalnızca psikiyatrik kökenli bir durum olarak tanımlanamayacağını ortaya koymaktadır [4].

Bu olgu, psikiyatrik belirtiler için başlanan essitalopram tedavisini izleyen dönemde oral yanma yakınmasının da gerilemesi nedeniyle, ağrı ve duygudurum arasındaki ilişkinin klinik düzeyde tartışılmasına olanak sağlamaktadır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Olgu sunumu: Kırk bir yaşında kadın hasta Mart 2014'te psikiyatri polikliniğine başvurmuştur. Hastanın yaklaşık iki yıldır ağız mukozasında yanma yakınması vardır. Yakınma dönemsel olarak şiddetlenmekte ancak süreklilik göstermektedir. Hasta daha önce dahiliye ve kulak burun boğaz polikliniklerinde değerlendirildiğini, şikâyetini açıklayan bir neden bulunamadığını ve psikiyatriye yönlendirildiğini ifade etmiştir.

Özgeçmişinde daha önce psikiyatrik başvuru veya belirgin psikiyatrik yakınma, sürekli ilaç kullanımı ya da bilinen fiziksel hastalık bildirilmemiştir. Görüşmede zaman zaman keyifsizlik yaşadığını belirtmiş; ruhsal durum muayenesinde anksiyete ve depresif belirtiler gözlenmiştir. Hemogram ve rutin biyokimya tetkiklerinin normal olduğu, daha önce alınan oral mukoza biyopsisinde patoloji saptanmadığı öğrenilmiştir. Başlangıçta BDÖ puanı 27, BAÖ puanı 35 olarak kaydedilmiştir.

Klinik değerlendirmede yanan ağız sendromu düşünülmüş; eşlik eden anksiyete ve depresif belirtiler nedeniyle essitalopram 10 mg/gün tedavisi başlanmıştır. Hasta dördüncü, sekizinci ve on ikinci haftalarda yeniden değerlendirilmiştir. Dördüncü haftada BDÖ 8 ve BAÖ 19 bulunmuştur. Olgu posterinde sekizinci ve on ikinci hafta için BDÖ 6, BAÖ 8 değerleri birlikte bildirilmiştir. İkinci ayın sonunda oral yanma yakınmasının büyük oranda düzeldiği ifade edilmiştir. Tedavinin sürdürülmesi ve iki ay arayla kontrol önerilmiştir.

Tablo 1. Psikiyatrik ölçeklerde tedavi süresince kaydedilen değişim

Değerlendirme	BDÖ	BAÖ
Başlangıç	27	35
4. hafta	8	19
8. ve 12. hafta	6	8

Klinik yanıtın yorumlanması: Psikiyatrik ölçeklerde belirgin düşüş ve oral yanma yakınmasında hastanın bildirdiği iyileşme aynı izlem döneminde gözlenmiştir. Bununla birlikte oral yanma şiddeti görsel analog ölçek veya sayısal derecelendirme ölçeğiyle ölçülmemiştir. Dolayısıyla yanma yakınmasının nicel değişimi ve belirtilerdeki iyileşmenin hangi mekanizmayla ortaya çıktığı belirlenememektedir.

TARTIŞMA

Bu olgu, uzun süreli oral yanma yakınmalarının yalnızca mukozal bir hastalık çerçevesinde ele alınmaması gerektiğini göstermektedir. YAS tanısında klinik öykü, ayrıntılı oral muayene ve hedefe yönelik tetkiklerin birlikte kullanılması önemlidir. Oral kandidiyazis, liken planus gibi mukozal hastalıklar, diş materyallerine bağlı irritasyon, ağız kuruluğu, demir ve B12 eksiklikleri, folat eksikliği, glisemik bozukluklar ve ilaç yan etkileri olası alternatif nedenler arasında yer alır [2,3]. Olgumuzda hemogram ve rutin biyokimyanın normal olması ve biyopside patoloji saptanmaması anlamlıdır; ancak glisemik değerlendirme veya tükürük fonksiyonu gibi incelemelerin yapıldığı belgelenmemiştir. Bu nedenle güncel ICOP ölçütlerine göre tüm sekonder nedenlerin dışlandığı kesin biçimde söylenemez [3].

İkinci önemli nokta, anksiyete ve depresif belirtilerin oral ağrıyla birlikte bulunmasıdır. Psikiyatrik belirtiler ağrının algılanmasını, dikkat odağını, uykuyu ve baş etme becerilerini etkileyebilir. Ters yönde, iki yıl süren ve açıklanamayan yanma yakınması da kaygı ve depresif belirtileri artırabilir. Dolayısıyla psikiyatrik eş belirtiler ile YAS arasındaki ilişkinin yönü bu olgu temelinde belirlenemez. Güncel sistematik derleme, olası nöropatik ve psikolojik süreçlerin birbirini dışlamadıklarını göstermektedir [4].

Üçüncü nokta, tedavi yanıtının yorumlanmasıdır. Hastada essitalopram, YAS için kanıtlanmış özgül bir tedavi olarak değil, belirgin anksiyete ve depresif belirtiler için başlanmıştır. İzlemde BDÖ ve BAÖ puanları azalırken oral yanma yakınmasının da gerilemesi klinik açıdan dikkate değerdir. Ancak tek olgu tasarımında plasebo etkisi, belirtilerin doğal dalgalanması, psikiyatrik belirtilerdeki düzelmenin ağrı algısına etkisi ve ilacın olası doğrudan etkisi birbirinden ayrıştırılamaz.

YAS tedavisinde geçmişten beri antidepresanlar, benzodiazepinler, antikonvülzanlar ve çeşitli topikal yaklaşımlar araştırılmıştır [1,2]. McMillan ve arkadaşlarının Cochrane derlemesi, farklı müdahalelerin etkinliğine ilişkin çalışmaların kalitesinin ve karşılaştırılabilirliğinin sınırlı olduğunu vurgulamıştır [5]. Bu nedenle yalnızca bir olguda gözlenen yanıtın genel tedavi önerisine dönüştürülmesi uygun değildir. Tedavi seçimi, tanısal değerlendirme, eşlik eden psikiyatrik belirtiler, yan etki profili ve hastanın tercihleri doğrultusunda bireyselleştirilmelidir.

Olgunun güçlü yönü, başlangıç ve takip dönemlerinde anksiyete ve depresif belirtilerin standart ölçeklerle kaydedilmiş olmasıdır. Sınırlılıkları ise tek olgu olması, karşılaştırma grubunun bulunmaması, oral ağrının standart bir ölçekle ölçülmemesi, ayırıcı tanı incelemelerinin tümünün belgelenmemiş olması, ilaç tolerabilitesine ilişkin ayrıntıların bulunmaması ve uzun dönem sonucun bilinmemesidir. Ayrıca 2014 tarihli klinik kayıt güncel tanı sınıflamasından önce oluşturulduğundan, tanısal belirsizlik geriye dönük yorumlanmalıdır.

Klinik uygulama açısından çıkarım, ağızda yanma yakınması bulunan hastaların yalnızca psikiyatriye yönlendirilmesi veya yalnızca lokal tedavilerle izlenmesi yerine, diş hekimliği, kulak burun boğaz, ilgili dahili branşlar ve psikiyatri arasında iş birliği kurulmasıdır. Eşlik eden depresyon ve anksiyetenin saptanması, yakınmanın "psikojenik" olarak etiketlenmesi anlamına gelmemelidir [3,4].

SONUÇ

Yanan ağız sendromu, klinik olarak açıklanamayan oral yanmanın nörobiyolojik ve psikososyal boyutlarının birlikte değerlendirildiği kompleks bir kronik ağrı durumudur. Sunulan 41 yaşındaki kadın olguda, essitalopram tedavisinin ardından anksiyete ve depresif belirtilerle

birlikte oral yanma yakınmasında da belirgin gerileme gözlenmiştir. Bu gözlem, eşlik eden psikiyatrik belirtilerin tanınması ve tedavisinin multidisipliner bakımda önemli olduğunu desteklemektedir. Ancak tek olgu, essitalopramın sendrom üzerindeki doğrudan etkisini kanıtlamaz. İleri çalışmalarda standart ağrı ölçümleri, kapsamlı ayırıcı tanı, daha uzun takip ve kontrollü tasarımlar gereklidir.

KAYNAKÇA

[1] Scala A, Checchi L, Montevecchi M, Marini I, Giamberardino MA. Update on burning mouth syndrome: overview and patient management. Crit Rev Oral Biol Med. 2003;14(4):275–291. doi:10.1177/154411130301400405. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12907696/

[2] Savage NW, Boras VV, Barker K. Burning mouth syndrome: clinical presentation, diagnosis and treatment. Australas J Dermatol. 2006;47(2):77–81. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Savage+Boras+Barker+burning+mouth+syndrome+2006

[3] International Classification of Orofacial Pain, 1st edition (ICOP). Cephalalgia. 2020;40(2):129–221. doi:10.1177/0333102419893823. https://doi.org/10.1177/0333102419893823

[4] Orliaguet M, Misery L. Neuropathic and Psychogenic Components of Burning Mouth Syndrome: A Systematic Review. Biomolecules. 2021;11(8):1237. doi:10.3390/biom11081237. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34439903/

[5] McMillan R, Forssell H, Buchanan JAG, Glenny AM, Weldon JC, Zakrzewska JM. Interventions for treating burning mouth syndrome. Cochrane Database Syst Rev. 2016;11:CD002779. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=McMillan+Forssell+burning+mouth+syndrome+2016

SIÇANLARDA PROPİYONİK ASİT İLE OLUŞTURULAN OTİZM MODELİNDE KROSİN TAKVİYESİNİN NÖROİNFLAMASYON VE MİTOKONDRİYAL BİYOGENEZ ÜZERİNE ETKİSİ

Aziz BAYRAM
Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoloji Anabilim Dalı, KONYA
ORCİD NO:0009-0002-5175-1042
Prof. Dr. Muaz BELVİRANLI
Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoloji Anabilim Dalı, KONYA
ORCİD NO: 0000-0002-2454-8818
Prof. Dr. Nilsel OKUDAN
Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoloji Anabilim Dalı, KONYA
ORCİD NO: 0000-0001-9879-503X
Dr. Tuğba SEZER
Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoloji Anabilim Dalı, KONYA
ORCİD NO: 0000-0002-0730-7895

ÖZET

Otizm spektrum bozukluğu (OSB), sosyal davranışta azalma ile sınırlı ve tekrarlayıcı davranışlarla karakterize, multifaktöriyel bir nörogelişimsel bozukluktur. Patofizyolojisinde nöroinflamasyon ve mitokondriyal işlev bozukluğu olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmanın amacı, propiyonik asit (PPA) ile oluşturulan OSB modelinde, antioksidan ve anti-inflamatuar özellikleri bulunan krosinin nöroinflamasyon ve mitokondriyal biyogenez üzerindeki etkisini araştırmaktır.

Çalışmada 32 adet erkek Wistar sıçanlar kontrol, PPA, krosin ve PPA+krosin olmak üzere 4 gruba ayrıldı. Kontrol grubuna sadece standart yem ve su verildi. PPA grubuna subkutan yolla 5 gün boyunca 500 mg/kg PPA verildi. Krosin grubuna intraperitoneal yolla 14 gün boyunca 30 mg/kg krosin verildi. PPA+krosin grubuna subkutan yolla 5 gün boyunca 500 mg/kg PPA, PPA uygulamasını takiben intraperitoneal yolla 14 gün boyunca 30 mg/kg krosin verildi. Çalışma sonunda sıçanlar anestezi altında sakrifiye edilerek serum ve hipokampus örneklerinde TNF-α, IL-6, serotonin, dopamin, PGC-1α ve BDNF düzeyleri ELISA ile analiz edildi.

Elde edilen bulgularda, serotonin düzeyi, PPA grubunda diğer gruplara göre daha düşüktü ($p<0,001$). Dopamin düzeyi, PPA grubunda diğer gruplara göre daha düşüktü ($p<0,001$). BDNF düzeyi, PPA grubunda diğer gruplara göre daha düşüktü ($p=0,005$). PGC-1α düzeyi, PPA grubunda diğer gruplara göre daha düşüktü ($p<0,001$). IL-6 düzeyleri, serum ve hipokampus dokusunda PPA grubunda diğer gruplara göre daha yüksekti ($p<0,005$). TNF-α düzeyleri, serum ve hipokampus dokusunda PPA grubunda diğer gruplara göre daha yüksekti ($p<0,001$). Krosin grubunda ise PPA grubunda değişen biyokimyasal parametreler kontrol grubuna yaklaştı ($p<0,001$).

Çalışmamız sonucunda, krosinin PPA ile oluşturulan OSB modelinde nöroinflamasyon ve mitokondriyal biyogenez üzerinde potansiyel etkileri olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Propiyonik Asit, Krosin, Otizm Spektrum Bozukluğu, Nöroinflamasyon, Mitokondriyal Biyogenez.

ABSTRACT

Autism spectrum disorder (ASD) is a multifactorial neurodevelopmental disorder characterized by impaired social behavior and restricted, repetitive behaviors. Neuroinflammation and mitochondrial dysfunction are implicated in its pathophysiology. This study investigated the effects of crocin, an antioxidant and anti-inflammatory compound, on neuroinflammation and mitochondrial biogenesis in a propionic acid (PPA)-induced ASD model.

In the study, 32 male Wistar rats were divided into four groups: control, PPA, crocin, and PPA + crocin. The control group received standard food and water. The PPA group received 500 mg/kg PPA subcutaneously for 5 days, while the crocin group received 30 mg/kg crocin intraperitoneally for 14 days. The PPA + crocin group received PPA for 5 days followed by crocin for 14 days. At the end of the study, rats were sacrificed under anesthesia, and serum and hippocampal TNF-α, IL-6, serotonin, dopamine, PGC-1α, and BDNF levels were analyzed by ELISA.

Serotonin levels were lower in the PPA group than in the other groups ($p<0.001$). Dopamine levels were lower in the PPA group than in the other groups ($p<0.001$). BDNF levels were lower in the PPA group than in the other groups ($p=0.005$). PGC-1α levels were lower in the PPA group than in the other groups ($p<0.001$). Serum and hippocampal IL-6 levels were higher in the PPA group than in the other groups ($p<0.005$). Serum and hippocampal TNF-α levels were higher in the PPA group than in the other groups ($p<0.001$). In the crocin group restored PPA-altered biochemical parameters toward control levels ($p<0.001$).

In conclusion, crocin is considered to have potential effects on neuroinflammation and mitochondrial biogenesis in the PPA-induced ASD model.

Keywords: Propionic Acid, Crocin, Autism Spectrum Disorder, Neuroinflammation, Mitochondrial Biogenesis.

GİRİŞ

Otizm spektrum bozukluğu (OSB), sosyal iletişim ve etkileşimde güçlükler ile sınırlı ve tekrarlayıcı davranışlarla karakterize, erken dönemde ortaya çıkan nörogelişimsel bir bozukluktur. Etiyolojisi tam olarak aydınlatılamamış olmakla birlikte, OSB gelişiminde genetik yatkınlık ile çevresel etmenlerin etkileşiminin rol oynadığı düşünülmektedir (Zhuang ve ark 2024). OSB'nin klinik özellikleri bireyler arasında farklılık gösterebilmekte ve çeşitli bilişsel, davranışsal ve nörolojik özelliklerle birlikte seyredebilmektedir. Ancak OSB'ye özgü kesin nöropatolojik belirteçlerin henüz ortaya konulamamış olması, altta yatan biyolojik mekanizmaların araştırılmasını önemli kılmaktadır (Wang ve ark 2023). OSB patofizyolojisinde kronik nöroinflamasyon ve mitokondriyal disfonksiyonun yanı sıra, doğuştan bağışıklık yanıtındaki düzensizlikler, mikroglial aktivasyon ve IL-1β, IL-6 ile TNF-α gibi proinflamatuar sitokinlerdeki değişimler rol oynamaktadır (Hughes ve ark. 2024). OSB'de nöroinflamasyonun serotonerjik, dopaminerjik, glutamaterjik ve GABAerjik sistemlerdeki değişikliklerle ilişkili olabileceği bildirilmektedir (Li ve ark 2021; Marotta ve ark 2020). Mikroglialar OSB patogenezinde rol oynayan inflamatuar sitokinleri ve reaktif oksijen türlerini (ROS) salgılarlar. Artan proinflamatuar sitokinler nöroinflamasyonu şiddetlendirerek OSB oluşumuna katkı sağlar. Bunun yanı sıra ROS da nöroinflamasyonu şiddetlendirmektedir (Xiong ve ark 2023). Aşırı ROS üretimi nöroinflamasyonu tetikler ve mitokondriyal yapılara da zarar verir. Zarar gören yapılar mitofaji yoluyla temizlenir. Ancak bu yolaktaki bozukluklar kalıntıların birikmesine neden olur (Qin ve ark 2024, Interdonato ve ark 2024). Peroksizom proliferatör-aktive reseptör gama koaktivatör 1-alfa (PGC-1α), ROS detoksifikasyonunda rol oynayan mitokondriyal biyogenezin bileşenlerinden biri olan koaktivatördür. PGC-1α'nın baskılanması ROS ve oksidatif hasarın artmasına yol açar (Mohammadi ve ark 2022). Mitokondriyal disfonksiyonun nörogelişimsel süreçleri olumsuz etkileyerek OSB patogenezine

katkıda bulunabileceği düşünülmektedir (Shuid ve ark. 2020). Hipokampus, öğrenme ve bellek süreçlerinde rol oynayan önemli bir beyin bölgesi olup, hipokampal PGC-1α ve BDNF yolakları arasındaki ilişki deneysel çalışmalarda gösterilmiştir (Belviranlı ve Okudan 2018). BDNF, nöronal gelişim ve sinaptik plastisitede rol oynar; OSB'deki düzey değişimleri ise çalışmalar arasında farklılık göstermektedir (Saghazadeh ve Rezaei 2017). Propiyonik asit (PPA) uygulaması, deneysel çalışmalarda OSB modelinin oluşturulmasında kullanılan bir yöntemdir (Tadas ve ark 2025). Safranın biyoaktif bileşeni olan krosin, oksidatif hasarı önleyici ve mitokondriyal disfonksiyona karşı koruyucu etkilerinden dolayı potansiyel bir terapötik ajandır. Ayrıca çalışmalarda nörodavranışsal ve nörokimyasal bozukluklara karşı nöroprotektif etkileri ortaya konmuştur (Eteghadi ve ark 2021, Ebrahimzadeh ve ark 2019). Sonuç olarak, bu araştırma, krosin takviyesinin PPA ile oluşturulan OSB modelinde nöroinflamasyon ve mitokondriyal biyogenez üzerindeki olası etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

Bu çalışma için Selçuk Üniversitesi Deneysel Tıp Uygulama ve Araştırma Merkezi Etik Kurulu'ndan onay alınmıştır (2025-68).

2. YÖNTEM

Çalışmada sütten yeni kesilmiş 3 haftalık 32 adet erkek Wistar sıçan kullanıldı. Sıçanlar kontrol (n=6), propiyonik asit (PPA) (n=10), krosin (n=6) ve PPA+krosin (n=10) olmak üzere dört gruba ayrıldı. Kontrol grubuna çalışma boyunca standart yem ve su verildi. PPA grubuna 5 gün boyunca 500 mg/kg PPA (Saflığı > % 99, Macklin) taze hazırlanmış PBS içerisinde çözülerek subkutan yolla uygulandı. Krosin grubuna 14 gün boyunca 30 mg/kg krosin (SIGMA-ALDRICH, USA) intraperitoneal olarak uygulandı. PPA+krosin grubuna ise 5 gün boyunca 500 mg/kg PPA subkutan yolla uygulanmasının ardından 14 gün boyunca 30 mg/kg krosin intraperitoneal olarak uygulandı. Son uygulamadan 24 saat sonra sıçanlardan ketamin/ksilazin (60/10 mg/kg) kullanılarak anestezi altında intrakardiyak kan örnekleri alındı. Ardından servikal dislokasyon yöntemiyle sıçanlar sakrifiye edildi. İşlem sonunda hipokampus dokusu çıkarıldı. Kan örnekleri santrifüj edilerek serum ayrıldı. Daha sonra serum ve hipokampus örnekleri analiz gününe kadar -80 °C'de muhafaza edildi. -80 °C'de muhafaza edilen hipokampus dokuları analiz öncesinde fosfat tamponu eklenerek homojenize edildi. Hazırlanan hipokampus ve serum örnekleri ELİSA (BT LAB, Cat. No: E0707 Ra, Çin) yöntemi ile ticari kitler kullanılarak TNF-α, IL-6, serotonin, dopamin, PGC-1α ve BDNF düzeyleri değerlendirildi. İstatistiksel analizler SPSS (IBM SPSS Statistics 24) paket programı kullanılarak deney grupları arasındaki farklılıklar değerlendirildi. Normal dağılan veriler için ANOVA ve Repeated Measures, normal dağılmayan veriler için Kruskal-Wallis H testi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p \leq 0,05$ olarak kabul edildi.

3. BULGULAR

Elde edilen bulgulara göre, PPA grubunda serotonin ve dopamin düzeyleri diğer gruplara kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulundu ($p<0,001$). Benzer şekilde, BDNF düzeyinin PPA grubunda diğer gruplara göre anlamlı düzeyde azaldığı belirlendi ($p=0,005$). Mitokondriyal biyogenezle ilişkili PGC-1α düzeyleri de PPA grubunda diğer gruplara kıyasla anlamlı düzeyde düşük bulundu ($p<0,001$).

İnflamatuar belirteçler değerlendirildiğinde, serum ve hipokampus dokusundaki IL-6 düzeylerinin PPA grubunda diğer gruplara göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptandı ($p<0,005$). Benzer biçimde, TNF-α düzeyleri de hem serumda hem de hipokampus dokusunda PPA grubunda diğer gruplara kıyasla anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p<0,001$).

Krosin uygulanan grupta ise PPA grubunda değişiklik gösteren biyokimyasal parametrelerin kontrol grubundaki değerlere yaklaştığı gözlendi ($p<0,001$). Bu bulgular, PPA uygulamasının nöroinflamasyonla ilişkili belirteçlerde artışa neden olduğu ve nörotransmiterler ile nörotrofik ve mitokondriyal biyogenezle ilişkili belirteçlerde azalma ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca, krosin uygulaması sonrasında bu parametrelerde kontrol grubuna doğru bir değişim gözlenmesi, krosinin söz konusu biyokimyasal değişiklikler üzerindeki olası etkilerine işaret etmektedir.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Krosin takviyesinin, PPA ile oluşturulan OSB modelinde nöroinflamasyonla ilişkili belirteçler ve mitokondriyal biyogenezle ilişkili parametreler üzerindeki olası etkileri aracılığıyla biyokimyasal değişikliklerin düzenlenmesine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Belviranlı, M., & Okudan, N. (2018). Exercise Training Protects Against Aging-Induced Cognitive Dysfunction via Activation of the Hippocampal PGC-1α/FNDC5/BDNF Pathway. Neuromolecular medicine, 20(3), 386–400. https://doi.org/10.1007/s12017-018-8500-3

Ebrahimzadeh, A., Moghadam, S. Y., Rahimi, H., Motaghinejad, M., Motevalian, M., Safari, S., & Mesrabadi, M. A. (2019). Crocin acts as a neuroprotective mediator against methylphenidate induced neurobehavioral and neurochemical sequelae: Possible role of the CREB-BDNF signaling pathway. Acta neurobiologiae experimentalis, 79(4), 352–366.

Eteghadi, M. R., Nasehi, M., Vaseghi, S., & Hesami-Tackallou, S. (2021). The effect of Crocin on TFAM and PGC-1α expression and Catalase and Superoxide dismutase activities following cholestasis-induced neuroinflammation in the striatum of male Wistar rats. *Metabolic brain disease*, *36*(7), 1791–1801. https://doi.org/10.1007/s11011-021-00748-x

Hughes, H. K., Moreno, R. J., & Ashwood, P. (2024). Innate Immune Dysfunction and Neuroinflammation in Autism Spectrum Disorder (ASD). *Focus (American Psychiatric Publishing)*, *22*(2), 229–241. https://doi.org/10.1176/appi.focus.24022004

Interdonato, L., Marino, Y., D'Amico, R., Impellizzeri, D., Cordaro, M., Siracusa, R., Gugliandolo, E., Franco, G. A., Fusco, R., Cuzzocrea, S., & Di Paola, R. (2024). Oxidative stress and mitochondrial dysfunction in brain of vinclozolin exposed animals. Neurochemistry international, 174, 105681. https://doi.org/10.1016/j.neuint.2024.105681.

Li, X., Zhang, K., He, X., Zhou, J., Jin, C., Shen, L., Gao, Y., Tian, M., & Zhang, H. (2021). Structural, Functional, and Molecular Imaging of Autism Spectrum Disorder. Neuroscience Bulletin, 37, 1051 - 1071. https://doi.org/10.1007/s12264-021-00673-0.

Marotta, R., Risoleo, M. C., Messina, G., Parisi, L., Carotenuto, M., Vetri, L., & Roccella, M. (2020). The Neurochemistry of Autism. *Brain sciences*, *10*(3), 163. https://doi.org/10.3390/brainsci10030163.

Mohammadi, A., Higazy, R., & Gauda, E. B. (2022). PGC-1α activity and mitochondrial dysfunction in preterm infants. Frontiers in physiology, 13, 997619. https://doi.org/10.3389/fphys.2022.997619.

Qin, P., Sun, Y., & Li, L. (2024). Mitochondrial dysfunction in chronic neuroinflammatory diseases (Review). International journal of molecular medicine, 53(5), 47. https://doi.org/10.3892/ijmm.2024.5371.

Saghazadeh, A., & Rezaei, N. (2017). Brain-Derived Neurotrophic Factor Levels in Autism: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of autism and developmental disorders*, *47*(4), 1018–1029. https://doi.org/10.1007/s10803-016-3024-x.

Shuid, A. N., Jayusman, P. A., Shuid, N., Ismail, J., Kamal Nor, N., & Naina Mohamed, I. (2020). Update on Atypicalities of Central Nervous System in Autism Spectrum Disorder. *Brain sciences*, *10*(5), 309. https://doi.org/10.3390/brainsci10050309

Tadas, M., Wankhede, N., Chandurkar, P., Kotagale, N., Umekar, M., Katariya, R., Waghade, A., Kokare, D., & Taksande, B. (2025). Postnatal propionic acid exposure disrupts hippocampal agmatine homeostasis leading to social deficits and cognitive impairment in autism spectrum disorder-like phenotype in rats. Pharmacology Biochemistry and Behavior, 252. https://doi.org/10.1016/j.pbb.2025.174030.

Wang, L., Wang, B., Wu, C., Wang, J., & Sun, M. (2023). Autism Spectrum Disorder: Neurodevelopmental Risk Factors, Biological Mechanism, and Precision Therapy. *International journal of molecular sciences*, *24*(3), 1819. https://doi.org/10.3390/ijms24031819.

Xiong, Y., Chen, J., & Li, Y.-B. (2023). Microglia and astrocytes underlie neuroinflammation and synaptic susceptibility in autism spectrum disorder. Frontiers in Neuroscience, 17. https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1125428.

Zhuang, H., Liang, Z., Ma, G., Qureshi, A., Ran, X., Feng, C., Liu, X., Yan, X., & Shen, L. (2024). Autism spectrum disorder: pathogenesis, biomarker, and intervention therapy. *MedComm*, *5*(3), e497. https://doi.org/10.1002/mco2.497.

TEKNOLOJİ, VERİMLİLİK VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA TARIMSAL ÜRETIMDE YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR

REDESIGNING THE FUTURE OF AGRICULTURAL PRODUCTION THROUGH TECHNOLOGY, EFFICIENCY, AND SUSTAINABILITY

Bekir CENGİL
Asst. Prof. Dr., Çankiri Karatekin University, Food and Agriculture Vocational School, Çankiri, Türkiye

ÖZET

Dünyada artan nüfusa bağlı olarak gıda talebi ve endüstriyel ihtiyaçların karşılanmasına yönelik olarak üretim artışını ve arzını zorunlu hale gelmektedir. Dolayısıyla üretimin temel girdileri üzerindeki baskılar ve özellikle arazi ve su kaynakları üzerindeki artan rekabetle birlikte iklim değişikliği etkileri ve beklenen ekolojik sonuçları da başta tarımsal üretim olmak üzere tüm üretim sistemlerinin yeniden gözden geçirilmesini zorunlu kılmaktadır. Özellikle üretim sistemlerinin temel girdisi olan enerji kaynakları üzerinde küresel ölçekte devam eden çatışmalar ve maliyetlerdeki ani değişimler üretimin sürdürülebilirliğini riske atmaktadır. Küresel ölçekte gıda arzının sağlandığı tarımsal üretim modellerinden geleneksel üretimde birim alandan sağlanan ürün miktarı, yani rekolteye bakılırken arazi ve su kaynakları başta olmak üzere tükenebilir durumdaki doğal kaynakların etkin ve verimli kullanılarak üretimin sürdürülebilirliği yanında çevresel ve ekonomik olarak da uygunluğu sağlanmalıdır. Bunun sağlanması tarımsal üretimin yeni gelişen teknolojilerin disiplinler arası iş birliği ile yeniden ele alınmasını ve bütüncül bir bakış açısıyla mühendislik tasarımı şeklinde yeni bir yaklaşımla ele alınmasını gerektirmektedir. Bu yeni üretim modelinde birim alandan elde edilen verim miktarı yerine birim su, birim enerji, birim maliyet gibi faktörler ile elde edilen ürünlerin birlikte değerlendirildiği performans odaklı yeni bir yaklaşımla değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada tarımsal üretimin; yeni teknolojilerin kullanımı, arazi ve su kaynakları başta olmak üzere doğal kaynakların etkin kullanımı, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik ve iklim dirençli üretim ekseninde performans odaklı ele alınmaktadır. Topraksız tarım, çevre etkilerinin kontrol edilebildiği örtü altı yetiştiricilik, dikey tarım gibi yeni nesil tarımsal üretim sistemleri, sadece teknolojik yenilikler değil, üretim problemlerine yönelik mühendislik çözümleri olarak ele alınmaktadır. Bununla birlikte, yeni teknolojilerin daha sürdürülebilir veya daha ekonomik olduğu ön kabulünün doğru olmadığı; sistemlerin su, enerji, arazi, yatırım maliyeti ve çevresel etkilerinin birlikte ele alınarak değerlendirilmesi gerektiği üzerinde durulmaktadır. Son olarak Türkiye'nin ev sahipliğinde Antalya'da düzenlenecek olan COP31 İklim Zirvesi'nin hedefleri paralelinde üretim sistemlerinin yeni mühendislik tasarımı ve çözümleri arasındaki ilişki tartışılmakta ve gelecekte tarımsal üretiminin disiplinler arası bütüncül bir yaklaşıma ihtiyaç duyduğu ortaya konulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Geleneksel tarımsal üretim; performans odaklı üretim, tarım teknolojileri, sürdürülebilirlik; iklim dirençliliği.

ABSTRACT

The growing global population necessitates an increase in production and supply to meet the rising demand for food and industrial requirements. Consequently, the pressures on fundamental production inputs—particularly the intensifying competition for land and water resources—along with the impacts of climate change and their anticipated ecological consequences, mandate a comprehensive re-evaluation of all production systems, starting with

agriculture. Furthermore, ongoing global conflicts and sudden fluctuations in the costs of energy—a primary input for production systems—pose a significant risk to the sustainability of production. In agricultural production models, which secure the global food supply, it is no longer sufficient to focus solely on the yield (the quantity of produce per unit area). Instead, the sustainability of production must be ensured through the efficient and effective use of finite natural resources—most notably land and water—while also guaranteeing environmental and economic viability. Achieving this requires a re-examination of agricultural production through interdisciplinary collaboration and the integration of emerging technologies, adopting a holistic approach rooted in engineering design. In this new production model, the focus shifts from mere yield per unit area to a performance-oriented framework that evaluates output in relation to factors such as the consumption of water, energy, and financial costs.

In this study, agricultural production is examined. The use of new technologies is addressed from a performance-oriented perspective, centered on the efficient utilization of natural resources—primarily land and water—as well as economic and environmental sustainability and climate-resilient production. Next-generation agricultural production systems—such as soilless farming, protected cultivation (greenhouse farming), and vertical farming—are viewed not merely as technological innovations, but as engineering solutions to specific production challenges. Furthermore, it is emphasized that the assumption that new technologies are inherently more sustainable or economical is not necessarily valid; rather, such systems must be evaluated by holistically considering factors including water, energy, and land use, as well as investment costs and environmental impacts. Finally, in line with the objectives of the COP31 climate summit—to be hosted by Turkey in Antalya—the relationship between new engineering designs and production systems is discussed, highlighting the need for an interdisciplinary approach to agricultural production in the future.

Keywords: Traditional agricultural production; performance-oriented production; agricultural technologies; sustainability; climate resilience.

GİRİŞ

Tarımsal faaliyetler, artan dünya nüfusunun gıda ve giyim ihtiyaçlarını karşılamasının yanında toprak, bitki, su ve atmosfer arasındaki etkileşimin en yoğun biçimde görüldüğü üretim alanlarının başında gelmektedir. Artan nüfus ve yaşam konforu ile birlikte tüketim eğilimleri ile birlikte gıda talebi artarken arazi ve su kaynakları başta olmak üzere doğal kaynakların sınırlı olması tarımsal üretim sistemlerini yeni bir yaklaşımla ele almayı gerektirmektedir Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), küresel ölçekte tatlı su kaynaklarının %70'inden fazlasının tarımsal faaliyetlerde kullanıldığını ve arazi ile su kaynaklarının sürdürülebilir gıda üretim sistemlerinin geleceği açısından kritik öneme sahip olduğunu vurgulamaktadır (FAO, 2025). Dolayısıyla tarımsal üretimin geleceğinde hedef birim alandan daha fazla ürün elde etmek değil, sınırlı doğal kaynaklarla düzenli, öngörülebilir ve sürdürülebilir bir üretim modelinin nasıl gerçekleştirilebileceğidir. Bahsedilen bu model tarımsal üretimde verim ve rekolte miktarındaki artıştan ziyade, tarımsal üretim sistemini bütüncül bir yaklaşımla, mühendislik tasarımı şeklinde yeniden ele alınmasıdır.

2. TARIMSAL ÜRETIM SİSTEMLERİ

Geleneksel üretimde tarım büyük ölçüde iklim kısıtları ile toprak ve su kaynaklarının mevcut özelliklerine bağımlıdır. Günümüzde iklim değişikliğiyle birlikte sıcaklık artışları, kuraklık, yağış rejimlerinin değişmesi ve diğer ekstrem hava olayları geleneksel üretim modelinin risklerini artırmaktadır. FAO' nun güncel raporları da su kıtlığı, arazi bozulması ve iklim kaynaklı baskıların tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından daha önemli hale geldiğini

ortaya koymaktadır (FAO, 2025). Bu koşullarda geleneksel üretimdeki yöntemlerle yüksek verim elde edilmesi mümkün görünmemektedir. Alternatif üretim modeli ile değişken koşullardan etkilenmeyen, sınırlı doğal kaynakları etkin ve verimli kullanabilen, üretimin devamlılığını da sağlayan bir anlayışla yeni bir yaklaşım geliştirilmelidir. Bu yaklaşımın temel hedefi, tarımsal üretimde 'birim alandan daha fazla üretim' anlayışından 'sınırlı kaynaklarla daha etkin ve sürdürülebilir bir üretim' anlayışına geçmektir.

Geleneksel üretim modelinde tarımsal üretim; toprak, bitki, su ve atmosfer arasındaki etkileşim ve ilişkiler üzerinden değerlendirilmektedir. Modern üretim sistemlerinde ise; iklim kontrolü başta olmak üzere, enerji, su ve diğer kullanılan girdilerin ekonomik analizi, otomasyon sistemleri, çeşitli değerleri ölçen sensörler, bilgisayar ve yazılım sistemlerinin kullanılması, üretimin bileşenleri haline gelmiştir. Dolayısıyla tarımsal üretim bir sistem olarak ele alındığında başta girdiler, ortada süreçler ve sonda çıktılar birlikte değerlendirilmelidir.

Bu yaklaşımın temel ilkesi, tek bir girdiyi değil, bütüncül bir yaklaşımla sistemi optimize etmektir. Örneğin yalnızca su tüketimini azaltan bir sistemin sürdürülebilir ve verimli olduğu varsayımı yanlıştır. Çünkü sistem su kullanımın azaltırken kullandığı enerji miktarını artırıyor ve bu enerji yüksek karbon salınımına neden olan kaynaklardan sağlanıyorsa, su açısından elde edilen kazanım çevresel açıdan başka bir sorun ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle tarımsal üretimin geleceğinde başarı; performans odaklı teknik, ekonomik ve sürdürülebilirlik perspektifinde değerlendirilmesine bağlıdır.

3. TARIMSAL ÜRETİMDE YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR

Çevre etkilerinin kontrol edilebildiği örtü altı yetiştiricilik, dikey tarım, topraksız tarım ve hidroponik sistemler gibi yeni nesil tarımsal üretim sistemleri üretim koşullarının yüksek düzeyde kontrol edilebildiği yenilikçi yaklaşımlar arasındadır. Bu üretim sistemlerinde ortak özellik; üretim ortamı ve su, besin çözeltisi gibi girdilerle birlikte ortamın nemi, sıcaklık, aydınlatma gibi ortam özellikleri otomasyon sistemleri ve sensörler aracılığıyla kontrol edilebilmektedir.

Topraksız tarım ve hidroponik sistemlerde su ve besin çözeltisi bitkilerin kök bölgesine kontrollü biçimde uygun bir yöntemle yeterli miktarda ulaştırılabilir. Çevre kontrollü yetiştiricilikte ise sıcaklık, bağıl nem ve ışık gibi değişkenlerin dış koşullardan etkilenmeyen hale getirilmesi amaçlanmaktadır Dikey tarımda ise üretim alanının düşey olarak da kullanılması ile mevcut üretim alanın birkaç kat artırılması, üretim maliyetlerinin azaltılması ve birim taban alandan elde edilen verimin artırılması imkânı bulunmaktadır. Ayrıca bu üretim alanları nüfusun yoğun olduğu metropollere yakın bölgede yer alırsa nakliye ve taşımacılık maliyetlerinden de tasarruf edilebilir. Bununla birlikte bu sistemlerin performans ve verimlilikleri değerlendirilirken kullanılan teknolojinin tarımsal üretimin hangi üretim problemini çözdüğüne odaklanmak gerekir. Örneğin dikey tarımın yüksek alan kullanımı ve yıl boyunca kontrollü üretim gibi avantajlarının yanında; ilk yatırım maliyetinin yüksekliği yapay aydınlatma ve iklimlendirme gibi otomasyon sistemlerinin enerji gereksinimlerinin fazlalığı gibi dezavantajları da bulunmaktadır.

Dolayısıyla yeni üretim modelinde kullanılan bir teknolojinin yüksek teknoloji içermesi veya modern bir tasarımda olması sistemi daha iyi bir çözüm haline getirmez. Üretim sisteminin başarısı; elde edilen ürün miktarının yanında ürünün kullanılan su, enerji gibi kaynakların performansı, ekonomik maliyeti ve sürdürülebilir çevresel etkiler üzerinden değerlendirilmelidir.

Bu nedenle modern tarımsal üretim yaklaşımında performans değerlendirmesi çok boyutlu olmalıdır. Birim alan başına elde edilen ürün miktarı, su kullanım etkinliği, enerji kullanım etkinliği, ürün başına maliyet, üretimin sürekliliği ve çevresel etki birlikte ele alınmalıdır. Verteramo Chiu ve ark. 2024 yılında Journal of Cleaner Production'da yayınladıkları bir meta

analizde; domates, marul ve çilek üzerinde yapılmış, yenilikçi üretim sistemleri üzerine çok sayıda çalışmanın karşılaştırması sonucunda, bu sistemlerde daha yüksek verim potansiyelinin yanında daha yüksek enerji kullanımı ve küresel ısınma potansiyeli görülebileceğini; buna karşılık su kullanımının bazı sistemlerde daha düşük olabildiğini göstermiştir (Verteramo Chiu et al., 2024).

Tarımsal üretimin geleceğin değerlendirilirken verimlilik kavramı da yeniden ele alınmalıdır. Birim alandan elde edilen ürün miktarı önemlidir ancak, su ve enerji gibi kullanılan kritik doğal kaynakların kaynak başına üretim göstergeleri ve bunların ekonomik analizi daha anlamlı hale gelmektedir.

Bu çerçevede arazi kullanım etkinliği, kg ürün/m^2; su kullanım etkinliği, kg ürün/m^3; enerji kullanım etkinliği, kg ürün/kWh ve ekonomik üretim etkinliği, kg ürün/maliyet TL olarak ifade edilebilir. Bu şekilde farklı üretim sistemlerinde aynı performans ölçütleri ile karşılaştırma ve verimlilik kıyaslaması yapılması imkânı elde edilebilir. Bu değerlendirme kriterleri eşliğinde hedef en yüksek verimi elde etmek değil aynı kaynakla daha fazla değer üreten en iyi toplam sistem performansını ortaya çıkarmaktır.

4. TEKNOLOJİ, VERİMLİLİK VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA TARIMSAL ÜRETİMİN OPTİMİZASYONU

Bir üretim sisteminin tasarımında teknik, ekonomik ve çevresel performans birlikte ele alınmalıdır. Teknik açıdan verim, kalite ve üretimin sürekliliği; ekonomik açıdan ilk yatırım maliyeti, işletme giderleri, elde edilen kg ürün başına maliyet; çevresel açıdan ise su ve enerji tüketimi, küresel ısınmaya etkili sera gazı emisyonları ve ortaya çıkacak atık miktarı dikkate alınmalıdır.

Bir sistemin teknik olarak başarılı olması, ekonomik ve sürdürülebilirlik açısından da başarılı olacağı anlamına gelmez. Özellikle yüksek teknoloji içeren sistemlerde ilk yatırım maliyeti, enerji giderleri, otomasyon sistemleri ve teknik uzmanlık ihtiyacı, işletme ve bakım giderleri ekonomik performansı doğrudan etkileyebilir.

Yeni yaklaşımda üretim sistemleri aynı zamanda iklim değişikliği etkilerine karşı dirençli olmak zorundadır. Geleneksel üretim sistemlerinde iklim değişikliğine karşı adaptasyon stratejileri uygulanırken yeni tasarımda üretim sistemleri yağış rejimlerinde meydana gelen değişimler, yüksek sıcaklık ve kuraklık gibi iklim kaynaklı oluşabilecek olumsuzluklara karşı dirençli ve öngörülebilir olmalıdır. Çok kötü geçen bir yılda da üretim yukarıda bahsedilen parametreler çerçevesinde sürdürülebilmelidir. Bu yaklaşım bir optimizasyon pratiğini karşımıza çıkarmaktadır. Tarımsal üretimin geleceği tasarlanırken tüm parametreler göz önüne alınarak, teknik, ekonomik ve çevresel hedefler arasında optimum dengeyi sağlayacak üretim modeli benimsenmelidir.

5. COP31 ANTALYA

Türkiye'nin ev sahipliği yapacağı COP31 iklim zirvesi, 9–20 Kasım 2026 tarihlerinde Antalya'da gerçekleştirilecektir. Bu toplantının ana gündem maddelerinden birisi de tarımsal üretim sistemlerinin ele alınarak yeniden tasarlanması ve yenilikçi yaklaşımlarla değerlendirilmesidir. (UNFCCC, 2026a).

COP31 Antalya sürecinde uygulamaya, geleceğe dönük çözümlere ve iklim hedeflerinin somutlaştırılmasına yapılan vurgu; tarımsal üretim açısından da önem taşımaktadır. Sürdürülebilir tarım ve gıda sistemleri, enerji dönüşümü, dayanıklı altyapı, yeşil sanayi, iklim finansmanı ve ekosistemlerin dayanıklılığı gibi alanlar birbirinden bağımsız değildir. Tarımsal üretim de bu dönüşümün doğrudan uygulama alanlarından biridir (UNFCCC, 2026b).

Bu çerçevede COP31 Antalya iklim zirvesinde tarımsal faaliyetler ile yeni teknolojilerin kullanımı ve iklim hedeflerinden yenilikçi üretim sistemlerine geçiş, tarımsal üretimin tüm

paydaşlarının bütüncül bir yaklaşımla doğrudan katkı sağlayabileceği uygulama alanı olarak değerlendirilebilir.

SONUÇ

Küresel ölçekte artan gıda talebi, su ve arazi kaynakları üzerindeki baskılar, enerji maliyetlerindeki değişimler ve iklim değişikliğinin üretim koşulları üzerindeki etkileri, tarımsal üretim sistemlerinin yeniden değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Günümüzde tarımsal üretimde temel hedef yalnızca birim alandan elde edilen ürün miktarını artırmak değil; sınırlı doğal kaynakları daha etkin ve verimli kullanırken üretimin sürekliliği, ekonomik uygulanabilirliği ve çevresel sürdürülebilirliğini birlikte sağlayabilmektir. Bu yaklaşım, tarımsal üretimin giderek daha fazla bir mühendislik problemi olarak ele alınmasını gerektirmektedir.

Bu çalışmada tarımsal üretimin geleceği; teknoloji, kaynak kullanım etkinliği, ekonomik performans, çevresel sürdürülebilirlik ve iklim dayanıklılığı ekseninde değerlendirilmektedir. Kontrollü çevre tarımı, topraksız yetiştiricilik, hidroponik sistemler ve dikey tarım gibi yeni nesil üretim sistemleri, yalnızca teknolojik yenilikler olarak değil, belirli üretim problemlerine yönelik mühendislik çözümleri olarak ele alınmaktadır. Bununla birlikte, yeni bir teknolojinin doğrudan daha sürdürülebilir veya daha ekonomik olduğu varsayımının doğru olmadığı; sistemlerin su, enerji, arazi, yatırım maliyeti ve çevresel etkilerinin birlikte değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Son olarak COP31 Antalya iklim zirvesi bağlamında iklim hedefleri ile üretim sistemlerinin yeniden tasarlanması arasındaki ilişki tartışılmakta ve geleceğin tarımsal üretiminin disiplinler arası bir mühendislik yaklaşımına ihtiyaç duyduğu ortaya konulmaktadır.

Tarımsal üretim ve gıda temininin sürdürülebilirliği, nüfus artışına bağlı olarak artan talep ile kısıtlı ve tükenebilir doğal kaynaklar arasındaki dengenin yenilikçi yaklaşımlarla yeniden kurulmasını gerektirmektedir. Su kaynaklarını kullanan sektörler arası rekabet ve baskı, arazi bozulmaları, küresel ölçekte devam eden çatışmalar ve savaşlar dolayısıyla enerji maliyetlerindeki ani değişmeler, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin üretim üzerindeki olumsuz etkileri, üretim sistemlerinin performansının teknoloji, verimlilik ve sürdürülebilirlikle yenilikçi yaklaşımlar üzerinden yeniden değerlendirilmesini zorunlu hale getirmektedir.

Topraksız tarım, hidroponik sistemler, dikey tarım ve kontrollü çevre tarımı, gibi yeni nesil teknolojiler önemli fırsatlar sunmaktadır. Ancak bu teknolojilerin asıl hedefi ve üretime olan katkısı sadece yüksek verim ya da su tüketiminin azaltılması üzerinden değerlendirilmemelidir. Yenilikçi üretim sistemlerinin teknik, ekonomik ve çevresel performansları birlikte değerlendirilmeli; teknoloji seçiminde uygulamanın bölgesel koşullara uygunluğu, yetiştirilecek ürün özellikleri, enerji kapasitesi ve altyapısı, ekonomik uygulanabilirlik gibi faktörler de dikkate alınmalıdır.

Bu nedenle geleceğin tarımsal üretiminde asıl hedef; su, enerji, arazi, teknoloji ve ekonomik kaynakları bir bütün olarak optimize eden bir mühendislik projesi ile yenilikçi üretim sistemlerini tasarlamaktır. Sonuç olarak geleceğin tarımı, yalnızca bitkilerin ihtiyacının karşılandığı biyolojik üretimin değil, bir üretim sisteminin mühendislik yaklaşımıyla yeniden tasarlanmasıdır. Bu yeniden tasarımın merkezinde; kullanılan teknoloji ile kaynak verimliliği, ekonomik uygulanabilirlik, sürdürülebilirlik ve iklim dirençliliğinin birlikte değerlendirildiği multidisipliner bir mühendislik yaklaşımı yer almaktadır.

KAYNAKÇA

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2025). The state of the world's land and water resources for food and agriculture 2025: The potential to produce more and better. FAO.

United Nations Framework Convention on Climate Change. (2026a). COP31: Antalya, Türkiye, 9–20 November 2026. UNFCCC.
United Nations Framework Convention on Climate Change. (2026b). The road to Antalya: COP31 implementation and future-oriented approach. UNFCCC.
Verteramo Chiu, L. J., Nicholson, C. F., Gómez, M. I., & Mattson, N. S. (2024). A meta-analysis of yields and environmental performance of controlled-environment production systems for tomatoes, lettuce and strawberries. Journal of Cleaner Production, 469, 143142. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143142

KURUMSAL HAFIZA KAYBININ ÖRGÜTSEL SÜREKLİLİK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: BİLGİ YÖNETİMİ PERSPEKTİFİNDEN BİR İNCELEME

THE EFFECTS OF ORGANIZATIONAL MEMORY LOSS ON ORGANIZATIONAL CONTINUITY: A REVIEW FROM A KNOWLEDGE MANAGEMENT PERSPECTIVE

Dr. Ahmet SARNIÇ
Jandarma ve Sahil Güvenlik Akademisi

ÖZET

Kurumsal hafıza, örgütlerin geçmiş deneyimlerinden elde ettikleri bilgi, uygulama ve öğrenmeleri koruyarak gelecekteki karar ve faaliyetlerinde kullanabilmelerini sağlayan önemli bir örgütsel kapasitedir. Bu kapasite, yazılı belgeler ve dijital kayıtların yanı sıra çalışanların deneyimlerinde, iş yapma biçimlerinde, örgütsel rutinlerde ve kişiler arası bilgi paylaşımı ilişkilerinde varlığını sürdürmektedir. Bununla birlikte emeklilik, personel devri, görev değişiklikleri, yeniden yapılanma ve bilginin yeterince kayıt altına alınmaması gibi nedenler kurumsal hafıza kaybına yol açabilmektedir. Özellikle çalışanların deneyimleriyle geliştirdikleri örtük bilginin aktarılmadan örgütten ayrılması, görevlerin yürütülmesinde kullanılan ancak resmî belgelerde yer almayan bilgi ve becerilerin kaybolması açısından önem taşımaktadır. Bu durum örgütsel öğrenmenin zayıflamasına, geçmiş hataların tekrarlanmasına, karar alma süreçlerinin etkinliğinin azalmasına ve örgütsel sürekliliğin zarar görmesine neden olabilmektedir. Bu çalışmanın amacı, kurumsal hafıza kaybına yol açan temel mekanizmaları incelemek, söz konusu kaybın örgütsel süreklilik üzerindeki etkilerini değerlendirmek ve bilgi yönetimi uygulamalarının bu riskin azaltılmasındaki rolünü ortaya koymaktır. Çalışmada kurumsal hafıza, örgütsel unutma, bilgi kaybı ve bilgi yönetimi literatürü birlikte değerlendirilerek kavramsal bir inceleme gerçekleştirilmiştir. İnceleme; bilginin oluşturulması, saklanması, paylaşılması ve yeniden kullanılması süreçleri ile personel değişiminde bilgi aktarımını destekleyen uygulamalar üzerine odaklanmaktadır. Bu kapsamda görev devir süreçleri, mentorluk, deneyim paylaşımı, iş süreçlerinin belgelenmesi ve dijital bilgi depoları, kurumsal bilginin korunmasına yönelik uygulamalar olarak ele alınmaktadır. Ayrıca bilginin kayıt altına alınmasının tek başına yeterli olmadığı; kayıtların güncelliği, erişilebilirliği, anlaşılabilirliği ve çalışanlar tarafından kullanılmasının da değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Çalışmada, işlevini yitirmiş uygulamaların bilinçli biçimde terk edilmesi ile örgüt açısından değer taşıyan bilginin istemeden kaybedilmesi arasında kavramsal ayrım gözetilmektedir. Bu ayrım, kurumsal hafızanın korunmasını geçmişteki bütün uygulamaların değişmeden sürdürülmesiyle eşdeğer görmeyen bir değerlendirme çerçevesi sunmaktadır. Çalışmanın, kurumsal hafıza kaybını örgütsel süreklilik bağlamında ele alarak konuya bilgi yönetimi perspektifinden bütüncül bir değerlendirme sunması ve personel değişimi sırasında korunması gereken kritik bilginin belirlenmesine yönelik tartışmalara katkı sağlaması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kurumsal hafıza, bilgi kaybı, örgütsel süreklilik, bilgi yönetimi, örgütsel unutma

ABSTRACT

Organisational memory is an important organisational capacity that enables organisations to preserve the knowledge, practices and lessons acquired through past experience and use them in future decisions and activities. This capacity resides not only in written documents and digital records but also in employees' experience, working practices, organisational routines and interpersonal knowledge-sharing relationships. However, retirement, employee turnover, role changes, restructuring and inadequate documentation can lead to organisational memory loss.

In particular, employees leaving without transferring the tacit knowledge developed through experience may result in the loss of knowledge and skills that support task performance but are absent from formal records. Such losses may weaken organisational learning, contribute to the repetition of past mistakes, reduce the effectiveness of decision-making and undermine organisational continuity. This study aims to examine the principal mechanisms underlying organisational memory loss, assess its implications for organisational continuity and explore the role of knowledge management practices in mitigating this risk. A conceptual review is conducted by considering the literature on organisational memory, organisational forgetting, knowledge loss and knowledge management together. The review focuses on knowledge creation, storage, sharing and reuse, alongside practices that support knowledge transfer during personnel changes. Task handovers, mentoring, experience sharing, process documentation and digital knowledge repositories are examined as approaches to preserving organisational knowledge. The study also emphasises that documenting knowledge alone is insufficient; the currency, accessibility, comprehensibility and actual use of records by employees must also be considered. A conceptual distinction is drawn between the deliberate abandonment of obsolete practices and the unintended loss of knowledge that remains valuable to the organisation. This distinction provides a framework in which preserving organisational memory does not require maintaining all previous practices unchanged. By examining organisational memory loss in relation to organisational continuity, the study seeks to offer an integrated assessment from a knowledge management perspective and contribute to discussions on identifying the critical knowledge that should be retained during personnel transitions.
Keywords: Organizational memory, knowledge loss, organizational continuity, knowledge management, organizational forgetting

GİRİŞ

Bilginin stratejik bir örgütsel kaynak olarak önem kazanması, kuruluşların yalnızca yeni bilgi üretme kapasitelerini değil, geçmiş deneyimlerden elde edilen bilgi ve birikimi koruyabilme yeteneklerini de önemli hâle getirmiştir. Örgütlerin geçmiş faaliyetleri sonucunda oluşan bilgi, deneyim, uygulama ve kararların korunması ve gerektiğinde yeniden kullanılabilmesi kurumsal hafıza kavramı çerçevesinde değerlendirilmektedir. Walsh ve Ungson (1991: 61), örgütsel hafızayı geçmişten gelen ve mevcut karar süreçlerine taşınabilen örgütsel bilgi bağlamında ele almakta; örgütlerin deneyimlerinin çeşitli saklama yapıları içerisinde muhafaza edildiğini belirtmektedir. Stein (1995: 26) ise kurumsal hafızanın yalnızca bilginin depolanmasından ibaret olmadığını; bilginin edinilmesi, korunması ve yeniden erişilebilir hâle getirilmesini içeren dinamik bir süreç olduğunu ortaya koymaktadır.

Kurumsal hafızanın devamlılığı, özellikle çalışanların sahip olduğu deneyimsel ve örtük bilginin örgüt içerisinde korunabilmesi açısından önem taşımaktadır. Emeklilik, personel devri, görev değişiklikleri, yeniden yapılanma ve çalışanların örgütten ayrılması gibi nedenlerle kritik bilginin kaybedilmesi, örgütlerin daha önce edinilmiş deneyimlerden yararlanma kapasitesini azaltabilmektedir. DeLong (2004), özellikle deneyimli çalışanların örgütten ayrılmasıyla birlikte teknik bilgi ve uygulamaya dayalı birikimin kaybedilmesinin örgütler açısından önemli bir yönetim problemi oluşturduğunu vurgulamaktadır. Bu durum yalnızca bireysel bilginin kaybı anlamına gelmemekte; karar alma süreçlerini, iş yapma biçimlerini ve belirli faaliyetlerin sürdürülebilirliğini de etkileyebilmektedir.

Kurumsal hafıza açısından diğer önemli mesele, örgütlerin sahip oldukları bilgiyi zaman içerisinde kaybedebilmesidir. Örgütsel unutma literatürü, bilginin örgüt içerisinde bir kez oluşturulmuş olmasının onun sürekli olarak korunacağını garanti etmediğini göstermektedir. de Holan ve Phillips (2004), örgütsel bilginin korunması kadar zaman içerisinde kaybedilmesi ve unutulmasının da yönetilmesi gereken bir örgütsel süreç olduğunu ortaya koymaktadır. Bu

çerçevede kurumsal hafıza kaybı yalnızca çalışanların ayrılmasıyla değil, bilginin yeterince kayıt altına alınmaması, aktarım mekanizmalarının işlememesi veya örgütsel bilgi sistemlerinin sürekliliğinin sağlanamaması sonucunda da ortaya çıkabilmektedir.
Kurumsal hafıza konusunda bilgi edinme, saklama ve geri çağırma süreçlerini ele alan önemli bir literatür bulunmasına rağmen, kurumsal hafıza kaybının örgütsel süreklilik açısından oluşturduğu risklerin bilgi yönetimi perspektifinden birlikte değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Bu çalışma, kurumsal hafıza kaybına yol açan temel mekanizmaları belirlemek, söz konusu kaybın örgütsel süreklilik üzerindeki olası sonuçlarını değerlendirmek ve bilgi yönetimi uygulamalarının bu riskin azaltılmasındaki rolünü ortaya koymak amacıyla hazırlanmıştır. Bu doğrultuda çalışmanın temel araştırma sorusu, "Kurumsal hafıza kaybı hangi mekanizmalar aracılığıyla örgütsel sürekliliği etkilemekte ve bilgi yönetimi uygulamaları bu riskin azaltılmasına nasıl katkı sağlayabilmektedir?" şeklinde belirlenmiştir. Çalışmanın, kurumsal hafıza ve örgütsel unutma literatürünü örgütsel süreklilik yaklaşımıyla ilişkilendirerek konuya yönetim ve organizasyon perspektifinden bütüncül bir değerlendirme sunması amaçlanmaktadır.

KURUMSAL HAFIZA VE BİLGİ YÖNETİMİ

Kurumsal hafıza, örgütlerin geçmiş faaliyetleri sonucunda edindikleri bilgi ve deneyimlerin korunması ve sonraki dönemlerde yeniden kullanılabilmesini ifade etmektedir. Walsh ve Ungson (1991: 61), örgütsel hafızayı geçmişten elde edilen ve mevcut kararlar üzerinde etkili olabilen depolanmış bilgi olarak ele almaktadır. Bu yaklaşım, örgütsel hafızanın yalnızca bireysel hatırlamadan ibaret olmadığını; örgütsel yapı, süreç, kültür ve uygulamalar içerisinde de korunabildiğini göstermektedir.
Örgütsel bilginin bireyler, örgüt kültürü, dönüşüm süreçleri, örgütsel yapılar ve fiziksel düzenlemeler gibi farklı alanlarda saklanabildiği belirtilmektedir (Walsh ve Ungson, 1991: 63-64). Bu nedenle çalışanların deneyimleri, yerleşik iş yapma biçimleri ve karar verme alışkanlıkları da kurumsal hafızanın önemli unsurlarını oluşturmaktadır.
Bilgi yönetimi ise örgütsel bilginin oluşturulması, saklanması, aktarılması ve uygulanmasına yönelik süreçleri kapsamaktadır. Alavi ve Leidner (2001), bilgi yönetim sistemlerinin bilgi üretimi, depolanması, aktarılması ve uygulanması süreçlerini desteklediğini belirtmektedir. Kurumsal hafıza örgütün geçmişten taşıdığı bilgi birikimini ifade ederken, bilgi yönetimi bu birikimin korunmasını, paylaşılmasını ve yeniden kullanılmasını sağlayan yönetsel süreçleri içermektedir.
Bilginin örgüt içerisinde bulunması tek başına yeterli değildir; farklı çalışan ve birimlere aktarılabilmesi de gerekmektedir. Argote ve Ingram (2000: 150), bilginin oluşturulması ve aktarılmasının örgütsel performans farklılıklarının açıklanmasında önemli olduğunu vurgulamaktadır. Özellikle deneyimsel ve örtük bilginin belirli çalışanlarda yoğunlaşması kurumsal hafızayı kişilere bağımlı hâle getirebilmektedir. Bu nedenle dokümantasyon, standart iş süreçleri, bilgi sistemleri, eğitim ve mentorluk gibi uygulamalar bireysel bilginin örgütsel bilgiye dönüştürülmesinde önem taşımaktadır.
Dolayısıyla kurumsal hafızanın korunması yalnızca geçmiş bilginin depolanmasını değil; kritik bilginin belirlenmesini, aktarılmasını, güncellenmesini ve gerektiğinde yeniden kullanılmasını gerektirmektedir. Bu yönüyle bilgi yönetimi, örgütsel sürekliliğin korunmasında temel araçlardan biri hâline gelmektedir.

KURUMSAL HAFIZA KAYBININ NEDENLERİ

Kurumsal hafıza kaybı, örgütün sahip olduğu bilgi ve deneyimin tamamen veya kısmen erişilemez hâle gelmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu kayıp; çalışanların örgütten ayrılması, bilginin kayıt altına alınmaması, aktarım mekanizmalarının yetersizliği, bilginin zaman içerisinde aşınması ve örgütsel değişimler gibi çeşitli nedenlerden

kaynaklanabilmektedir. Mariano, Casey ve Olivera (2020), örgütsel unutmaya ilişkin literatürü sistematik biçimde inceleyerek bu olguyu etkileyen faktörlerin bireyler, süreçler, araçlar ve örgütsel bağlamla ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Emeklilik, istifa, görev değişikliği ve personel devri kurumsal hafıza kaybının önemli nedenleri arasındadır. Özellikle çalışanların deneyimleri sonucunda oluşan ve kolaylıkla kodlanamayan örtük bilginin bireylerde yoğunlaşması, bu kişilerin örgütten ayrılması hâlinde bilgi kaybı riskini artırmaktadır. Benzer biçimde çalışanların geliştirdiği uygulamalar, pratik çözümler ve karar verme biçimlerinin kayıt altına alınmaması, bilginin örgüt tarafından kullanılabilir ortak bir varlığa dönüşmesini engellemektedir.

Kurumsal hafıza yalnızca personel hareketliliği nedeniyle değil, zaman içerisinde de zayıflayabilmektedir. Kullanılmayan veya güncellenmeyen bilginin değerini kaybetmesi örgütsel unutma literatüründe bilgi aşınması kapsamında ele alınmaktadır (Mariano vd., 2020). Agrawal, Mukherjee ve Muthulingam (2020) da otomotiv sektöründe gerçekleştirdikleri çalışmada örgütsel unutmanın daha önce edinilmiş kalite bilgisinden sağlanan kazanımları zaman içerisinde azaltabildiğini ortaya koymuştur.

Yeniden yapılanma, birimlerin kapatılması, birleşmeler, görev dağılımlarındaki değişiklikler ve teknolojik sistemlerin yenilenmesi de örgütsel bilgi sürekliliğini kesintiye uğratabilmektedir. Özellikle bilginin belirli çalışan, süreç veya yapılara aşırı ölçüde bağımlı olması bu riski artırmaktadır.

Tablo 1.Kurumsal Hafıza Kaybının Nedenleri

Neden	Açıklama
Personel devri ve emeklilik	Kritik bilgi ve deneyimin çalışanlarla birlikte örgütten ayrılması
Görev değişiklikleri	Bilgi aktarımında kesinti ve süreklilik kaybı
Yetersiz dokümantasyon	Bilginin bireysel hafızaya bağımlı kalması
Örtük bilginin yoğunlaşması	Deneyimsel bilginin sınırlı sayıda çalışan üzerinde toplanması
Bilginin güncellenmemesi	Bilgi aşınması ve örgütsel unutmanın hızlanması
Yeniden yapılanma ve birleşmeler	Mevcut bilgi ilişkilerinin ve iş yapma pratiklerinin bozulması
Teknolojik sistem değişiklikleri	Bilgiye erişim ve kullanım süreçlerinde kesinti

Kurumsal hafıza kaybının temelinde örgütsel bilginin yeterince kurumsallaştırılamaması veya mevcut bilginin erişilebilirliğinin sürdürülememesi bulunmaktadır. Bu nedenle kritik bilginin belirlenmesi, kayıt altına alınması, aktarılması ve güncellenmesi kurumsal hafızanın korunması açısından temel gerekliliklerdir.

KURUMSAL HAFIZA KAYBININ ÖRGÜTSEL SÜREKLİLİK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Kurumsal hafıza kaybı, örgütlerin yalnızca geçmişe ilişkin bilgi birikimini değil, mevcut faaliyetlerini sürdürme ve gelecekte benzer durumlara uygun tepki verme kapasitelerini de etkileyebilmektedir. Özellikle kritik bilgi ve deneyimin kaybedilmesi, karar alma süreçlerinde geçmiş deneyimlerden yararlanılmasını güçleştirmekte ve örgütün daha önce çözüme kavuşturduğu sorunlarla yeniden karşılaşmasına neden olabilmektedir. Çalışan devrinden kaynaklanan bilgi kaybına ilişkin güncel literatür, bu sürecin örgütsel bilgi tabanının zayıflaması ve çeşitli performans kayıplarıyla ilişkilendirildiğini göstermektedir (Galan, 2023).

Kurumsal hafızanın zayıflaması aynı zamanda örgütsel öğrenmenin sürekliliğini de olumsuz etkileyebilmektedir. Geçmiş uygulamalardan elde edilen bilgi korunamadığında çalışanlar ve

birimler benzer problemlere yönelik çözüm süreçlerini yeniden geliştirmek zorunda kalabilmekte, bu durum zaman ve kaynak kaybına yol açabilmektedir. Nitekim Agrawal, Mukherjee ve Muthulingam (2020), örgütsel unutmanın daha önce edinilmiş kalite bilgisinden sağlanan kazanımları zaman içerisinde azaltabildiğini ortaya koymaktadır.

Bilgi kaybının etkisi özellikle kritik uzmanlığın sınırlı sayıda çalışan üzerinde yoğunlaştığı örgütlerde daha belirgin hâle gelmektedir. Jain (2024), biyoteknoloji araştırmaları bağlamında bilgi kaybına karşı örgütsel dayanıklılığı incelemekte ve çalışan devri ile bilgi kaybı arasındaki ilişkinin örgütsel üretkenlik açısından taşıdığı öneme dikkat çekmektedir. Bu durum kurumsal hafızanın korunmasının yalnızca bilgi yönetimi açısından değil, örgütün temel faaliyetlerini sürdürebilme kapasitesi açısından da önem taşıdığını göstermektedir.

Kurumsal hafıza kaybı; karar alma kalitesinin zayıflaması, örgütsel öğrenmenin kesintiye uğraması, daha önce edinilmiş bilgi ve deneyimin yeniden üretilmesi zorunluluğu ve kritik faaliyetlerde kişiye bağımlılığın artması gibi sonuçlar doğurabilmektedir. Bu etkiler, kurumsal hafızanın örgütsel sürekliliğin korunmasında stratejik bir kaynak olarak değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır.

KURUMSAL HAFIZANIN KORUNMASINDA BİLGİ YÖNETİMİ UYGULAMALARI

Kurumsal hafızanın korunması, örgütsel bilginin yalnızca depolanmasını değil, kritik bilginin sistematik biçimde belirlenmesini, aktarılmasını ve yeniden kullanılabilir hâle getirilmesini gerektirmektedir. Özellikle çalışan devrinden kaynaklanan bilgi kayıplarına ilişkin çalışmalar, bilgi aktarımı ve bilgi tutma mekanizmalarının örgütsel hafızanın korunmasında önemli rol oynadığını göstermektedir. Galan (2023), çalışan devrinden kaynaklanan bilgi kaybına ilişkin ampirik literatürü sistematik olarak değerlendirerek bilgi kaybıyla başa çıkmaya yönelik ve önleyici mekanizmaları bütüncül bir çerçevede ele almaktadır.

Bu kapsamda dokümantasyon, standart iş süreçleri, görev devir mekanizmaları, mentorluk, çapraz eğitim ve ardıl yetiştirme uygulamaları öne çıkmaktadır. Cox ve Overbey (2023), özellikle emeklilik kaynaklı bilgi kaybının azaltılmasında ardıl planlama, standart işletim prosedürleri, iş yardımcıları ve çalışanlar arasındaki bilgi aktarımını destekleyen uygulamaların önemine dikkat çekmektedir. Bu uygulamalar bireysel düzeyde bulunan deneyimsel bilginin örgüt içerisinde daha geniş bir tabana yayılmasına katkı sağlamaktadır.

Bilgi teknolojileri de kurumsal hafızanın korunmasında destekleyici araçlar sunmaktadır. Bununla birlikte teknolojik sistemlerin tek başına yeterli olmadığı; bilginin çalışanlar arasında paylaşılmasını teşvik eden örgütsel kültür ve yönetsel mekanizmalarla birlikte ele alınması gerektiği değerlendirilmektedir. Bu nedenle kurumsal hafızanın korunması, teknoloji, insan ve örgütsel süreçlerin birlikte yönetildiği bütüncül bir bilgi yönetimi yaklaşımını gerektirmektedir.

Tablo 2. Kurumsal Hafızanın Korunmasında Bilgi Yönetimi Uygulamaları

Uygulama	Kurumsal Hafızaya Katkısı
Dokümantasyon	Kritik bilginin kayıt altına alınmasını sağlar
Standart iş süreçleri	Bilginin kişiden bağımsız hâle gelmesine katkı sağlar
Görev devir mekanizmaları	Personel değişikliklerinde bilgi sürekliliğini destekler
Mentorluk	Örtük ve deneyimsel bilginin aktarılmasını kolaylaştırır
Çapraz eğitim	Bilginin birden fazla çalışan arasında yayılmasını sağlar
Ardıl yetiştirme	Kritik görevlerde bilgi kaybı riskini azaltır
Bilgi sistemleri	Bilginin saklanmasını ve erişilebilirliğini destekler
Bilgi paylaşım kültürü	Örgüt içindeki bilgi akışını ve paylaşımı güçlendirir

Örgütlerin kritik bilgiyi kişilere bağımlı olmaktan çıkarması, bilgi kaybı risklerini önceden belirlemesi ve sistematik aktarım mekanizmaları oluşturması örgütsel süreklilik açısından önem taşımaktadır. Kurumsal hafızanın korunması bu yönüyle yalnızca bilgi yönetiminin değil, aynı zamanda uzun vadeli örgütsel sürdürülebilirliğin de temel unsurlarından biridir.

SONUÇ

Kurumsal hafıza, örgütlerin geçmiş deneyimlerinden elde ettikleri bilgi, uygulama ve öğrenmeleri koruyarak mevcut faaliyetlerinde kullanabilmelerini ve gelecekte benzer durumlara daha hazırlıklı biçimde karşılık verebilmelerini sağlayan temel bir örgütsel kapasitedir. Bu yönüyle kurumsal hafıza yalnızca geçmişe ilişkin bilginin saklandığı pasif bir yapı değil, örgütsel öğrenme, karar alma ve süreklilik süreçlerini besleyen stratejik bir bilgi kaynağıdır. Bununla birlikte çalışan devri, emeklilik, görev değişiklikleri, yetersiz dokümantasyon, bilgi aktarım süreçlerindeki aksaklıklar ve örgütsel yeniden yapılanmalar kurumsal hafızanın zayıflamasına ve kritik bilginin kaybedilmesine yol açabilmektedir.

Çalışmada ele alınan literatür, kurumsal hafıza kaybının yalnızca bireysel bilgi kaybı şeklinde değerlendirilmemesi gerektiğine işaret etmektedir. Kritik bilgi ve deneyimin örgütten çıkması, geçmiş deneyimlerden yararlanma kapasitesini azaltabilmekte, benzer sorunların çözümü için yeniden zaman ve kaynak harcanmasına yol açabilmekte ve örgütsel öğrenme süreçlerini zayıflatabilmektedir. Özellikle örtük ve deneyimsel bilginin belirli çalışanlarda yoğunlaşması örgütleri kişiye bağımlı hâle getirmekte ve bu durum örgütsel süreklilik açısından önemli bir kırılganlık oluşturmaktadır.

Bu çerçevede bilgi yönetimi uygulamaları kurumsal hafızanın korunmasında temel bir yönetsel araç olarak öne çıkmaktadır. Kritik bilginin belirlenmesi, kayıt altına alınması, çalışanlar ve birimler arasında aktarılması, güncellenmesi ve gerektiğinde yeniden kullanılabilir hâle getirilmesi kurumsal hafıza kaybı riskinin azaltılmasına katkı sağlayabilmektedir. Dokümantasyon, standart iş süreçleri, görev devir mekanizmaları, mentorluk, çapraz eğitim ve ardıl yetiştirme gibi uygulamalar özellikle bireysel düzeyde bulunan bilginin örgütsel düzeye taşınmasında önemli işlevler üstlenmektedir. Bununla birlikte kurumsal hafızanın korunması yalnızca teknolojik sistemlere veya yazılı kayıtlara indirgenmemeli; insan, süreç, teknoloji ve örgüt kültürünün birlikte ele alındığı bütüncül bir bilgi yönetimi yaklaşımı benimsenmelidir.

Kurumsal hafıza kaybının yönetilmesi, örgütlerin geçmişten öğrenme kapasitelerini korumaları, bilgi sürekliliğini sağlamaları ve temel faaliyetlerini sürdürebilmeleri açısından stratejik önem taşımaktadır. Bu nedenle kurumsal hafıza yönetimi yalnızca bilgi yönetiminin teknik bir alt alanı olarak değil, örgütsel sürekliliği ve uzun vadeli kurumsal sürdürülebilirliği doğrudan etkileyen bir yönetim konusu olarak değerlendirilmelidir. Özellikle kritik bilgiye yüksek düzeyde bağımlı örgütlerde bilgi kaybı risklerinin önceden belirlenmesi ve bu risklere karşı sistematik bilgi aktarım mekanizmalarının geliştirilmesi örgütsel sürekliliğin korunması açısından temel bir yönetsel gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKÇA

Agrawal, A., Mukherjee, U., & Muthulingam, S. (2020). Does organizational forgetting affect quality knowledge gained through spillover? Evidence from the automotive industry. *Production and Operations Management, 29*(4), 907–934. https://doi.org/10.1111/poms.13137

Alavi, M., & Leidner, D. E. (2001). Review: Knowledge management and knowledge management systems: Conceptual foundations and research issues. *MIS Quarterly, 25*(1), 107–136. https://doi.org/10.2307/3250961

Argote, L., & Ingram, P. (2000). Knowledge transfer: A basis for competitive advantage in firms. *Organizational Behavior and Human Decision Processes, 82*(1), 150–169. https://doi.org/10.1006/obhd.2000.2893

Cox, V., & Overbey, J. A. (2023). Generational knowledge transfer and retention strategies. *Development and Learning in Organizations: An International Journal, 37*(4), 10–13. https://doi.org/10.1108/DLO-03-2022-0055

de Holan, P. M., & Phillips, N. (2004). Remembrance of things past? The dynamics of organizational forgetting. *Management Science, 50*(11), 1603–1613. https://doi.org/10.1287/mnsc.1040.0273

DeLong, D. W. (2004). *Lost knowledge: Confronting the threat of an aging workforce*. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195170979.001.0001

Galan, N. (2023). Knowledge loss induced by organizational member turnover: A review of empirical literature, synthesis and future research directions (Part II). *The Learning Organization, 30*(2), 137–161. https://doi.org/10.1108/TLO-09-2022-0108

Jain, A. (2024). Organizational resilience to knowledge loss in biotechnology research. *IEEE Transactions on Engineering Management, 71*, 5627–5640. https://doi.org/10.1109/TEM.2024.3365802

Mariano, S., Casey, A., & Olivera, F. (2020). Organizational forgetting Part I: A review of the literature and future research directions. *The Learning Organization, 27*(3), 185–209. https://doi.org/10.1108/TLO-12-2019-0182

Stein, E. W. (1995). Organization memory: Review of concepts and recommendations for management. *International Journal of Information Management, 15*(1), 17–32. https://doi.org/10.1016/0268-4012(94)00003-C

Walsh, J. P., & Ungson, G. R. (1991). Organizational memory. *Academy of Management Review, 16*(1), 57–91. https://doi.org/10.5465/AMR.1991.4278992

EPİDEMİYOLOJİK GEÇİŞ KURAMI VE SİNDEMİ BAĞLAMINDA BULAŞICI HASTALIKLARIN DÖNÜŞÜ: TÜRKİYE VE KÜRESEL SAĞLIK VERİLERİ ÜZERİNDEN MİKRO-MAKRO BİR ANALİZ

THE RETURN OF INFECTIOUS DISEASES IN THE CONTEXT OF EPIDEMIOLOGICAL TRANSITION THEORY AND SYNDEMICS: A MICRO-MACRO ANALYSIS THROUGH TURKEY AND GLOBAL HEALTH DATA

DURSUN ATEŞ
YUNUS EMRE ÖZTÜRK
Yüksek lisans öğrencisi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Sağlık Yönetimi Bölümü Anabilim Dalı

ÖZET

Bu araştırma, yirminci yüzyılın sonlarından itibaren ulusal ve küresel halk sağlığı paradigmalarını biçimlendiren Abdel Omran'ın Epidemiyolojik Geçiş Kuramı'nı eleştirel tıp sosyolojisi ve sağlık yönetimi perspektifinden kapsamlı şekilde incelemektedir. Omran, toplumsal hastalık seyrini ve temel ölüm nedenlerini akut bulaşıcı hastalıklardan kronik ve dejeneratif rahatsızlıklara doğru tek yönlü, doğrusal bir evrim süreci olarak kurgulamıştır. Ancak günümüzde yaşanan küresel halk sağlığı krizleri, yeni enfeksiyon patojenlerinin ortaya çıkışı ve antimikrobiyal direnç gibi olgular bu teorik çerçevenin açıklayıcı gücünü önemli ölçüde sınırlandırmıştır. Çalışmada, bulaşıcı hastalıkların küresel ve ulusal düzeydeki güncel mortalite oranları ile epidemiyolojik eğilimleri mukayeseli biçimde analiz edilmiştir. Elde edilen istatistiki bulgular; pnömoni, septisemi ve COVID-19 gibi bulaşıcı hastalıkların yayılımlarının yalnızca mikrobiyolojik etkenlere dayalı biyolojik bir süreç olmadığını, sosyoekonomik katmanlaşma, yoksulluk ve makro-yapısal eşitsizliklerle doğrudan ilintili olduğunu açıkça kanıtlamaktadır. Aynı zamanda bireylerin aşı tereddüdü, dezenformasyon eğilimi veya kontrolsüz ilaç kullanımı gibi mikro ölçekli tutumları, Sağlık İnanç Modeli bağlamında toplum sağlığı üzerindeki belirleyici ve kritik rolünü gözler önüne sermektedir. Bulaşıcı ve kronik marazların yoksulluk ile çevresel faktörler zemininde kesişmesini tanımlayan "Sindemi" kavramı, mevcut durumu çözümlemede klasik modellerden çok daha kapsayıcı bir teorik zemin sunmaktadır. Sonuç olarak, bulaşıcı hastalık risklerinin yeniden tırmanışa geçmesini önlemek amacıyla, makro düzeydeki kamusal sağlık politikaları ile mikro düzeydeki bireysel tutum değişikliklerini entegre eden bütüncül ve stratejik bir sağlık yönetimi modeli acilen benimsenmelidir.

Anahtar kelimeler: Epidemiyolojik Geçiş Kuramı, Bulaşıcı Hastalıklar, Makro-Mikro Etkileşimi, Sindemi, Sağlık Yönetimi

ABSTRACT

This study examines Abdel Omran's Epidemiological Transition Theory, which has shaped public health paradigms since the late twentieth century, through the lens of critical medical sociology and health management. Omran framed the trajectory of societal disease patterns as a unidirectional, linear evolution from infectious diseases toward chronic and degenerative conditions. However, contemporary global health crises demonstrate that this theoretical framework has lost its explanatory efficacy. The research comparatively analyzes current global and national mortality burdens alongside epidemiological trends. The findings reveal that the spread of pathogens such as pneumonia, septicemia and COVID-19 is not merely a biological process, but is directly linked to socioeconomic stratification and macro-structural inequalities. Concurrently, individual behaviors such as vaccine hesitancy or inappropriate pharmaceutical

consumption illustrate the decisive role of micro-level decisions on public health within the framework of the Health Belief Model. Consequently, the concept of “syndemic”, which defines the convergence of infectious and chronic afflictions grounded in poverty and environmental factors, provides a more comprehensive analytical baseline. In conclusion, to mitigate the resurgence of infectious threats, an integrative strategic approach combining macro-level systemic public health policies with micro-level individual behavioral modifications must be adopted.
Keywords: Epidemiological Transition Theory, Infectious Diseases, Macro-Micro Interaction, Syndemic, Health Management

GİRİŞ

Tarihsel süreç boyunca toplumların demografik yapılarını, yaşamsal dinamiklerini, ekonomik büyüme kapasitelerini ve kamu politikalarını şekillendiren en temel faktörlerden biri salgın ve bulaşıcı hastalıklar olmuştur (McKeown, 1976). Patojenlerin toplumsal tabakalardaki yayılımı ve yarattığı kitle ölümleri, yalnızca mikrobiyolojik etkenlere bağlı biyolojik bir olgu olarak değerlendirilemez; aksine ekonomik yoksunluk, uluslararası göç dalgaları, kontrolsüz ve hijyenden yoksun kentleşme ile küreselleşmenin getirdiği sınırsız insan mobilizasyonu gibi makro-yapısal süreçlerle doğrudan etkileşim halindedir (Farmer, 1996; Güler, 2011). Yirminci yüzyılın ikinci yarısında kitlesel aşılama programlarının yaygınlaşması, sanitasyon ve temiz su altyapısının iyileştirilmesi, antibiyotiklerin ve kemoterapötiklerin tıp pratiğinde geniş yer bulmasıyla birlikte, biyomedikal literatürde bulaşıcı hastalıkların küresel ölçekte nihai kontrol altına alındığına ve insanlığın enfeksiyonlara karşı mutlak bir zafer kazandığına dair iyimser bir anlayış hakim olmuştur (McKeown, 1976). Bu zafer illüzyonu, Abdel Omran tarafından kavramsallaştırılan Epidemiyolojik Geçiş Kuramı (Omran, 1971) ile akademik dünyada kökleşmiş ve gelişmişlik arttıkça salgınların tarih sahnesinden silineceği kabul edilmiştir Ancak yirmi birinci yüzyılın başlarından itibaren hız kazanan antimikrobiyal direnç gelişimleri, küresel iklim değişikliği ile değişen patojen coğrafyası, tüberküloz ve sıtma gibi hastalıkların dirençli türlerle geri dönüşü ve en nihayetinde COVID-19 küresel pandemisi, bulaşıcı hastalıkların doğrusal bir hat izleyerek silinmediğini açıkça göstermiştir (Morens vd., 2004). Toplumsal düzeyde kronik hastalıklar baskın hale gelmiş gibi görünse de, yoksulluk zemininde bulaşıcı patojenler varlığını sürdürmekte ve bireysel/toplumsal tutumlarla beslenmektedir. Bu durum, sağlık yönetiminde ve tıp sosyolojisinde makro-yapısal faktörler (kamusal politikalar, sosyoekonomik katmanlaşma) ile mikro-davranışsal etkenlerin (aşı tereddüdü, dezenformasyon, bilinçsiz ilaç kullanımı) bir arada ele alınacağı bütüncül analiz modellerini zorunlu kılmaktadır Gelişmekte olan ülkelerde "çift hastalık yükü" (double burden of disease) olarak adlandırılan ve hem kronik hem de bulaşıcı hastalıkların eş zamanlı yüksek seyrettiği durumlar, Omran'ın tek yönlü doğrusal varsayımının sınırlarını ortaya koymuştur (Frenk vd., 1989; Caldwell, 2001). Omran (1971) tarafından geliştirilen kuram, toplumların demografik ve hastalık yapısındaki evrimi üç temel tarihsel aşamada açıklamaktadır: Kıtlık ve Salgınlar Çağı, Salgınların Gerilemesi Çağı ile Dejeneratif ve İnsan Kaynaklı Hastalıklar Çağı (Omran, 1971; Olshansky & Ault, 1986). Öte yandan, bireylerin mikro ölçekli karar ve tutumları kamu sağlığı dengesini doğrudan şekillendirmektedir. Sağlık İnanç Modeli (Health Belief Model) perspektifinden bakıldığında; bireylerin algıladığı tehdit, duyarlılık, aşı tereddüdü, dezenformasyona yönelim ve irrasyonel antibiyotik kullanımı gibi mikro-davranışsal kalıplar, toplum bağışıklığının kırılmasında veya güçlenmesinde belirleyici bir rol oynamaktadır (Rosenstock, 1974; Janz & Becker, 1984).

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK] (2023) verileri ile Dünya Sağlık Örgütü [DSÖ / WHO] (2024) veri setleri üzerinden yürütülen mukayeseli analizler, akut enfeksiyonların hem ulusal hem de küresel düzeyde baskın bir mortalite nedeni olmayı sürdürdüğünü kanıtlamaktadır.

Tablo 1: Türkiye'de Belirli Yıllara/Dönemlere Göre Seçilmiş Bulaşıcı Hastalıkların Toplam Ölümler İçindeki Yüzdesel Dağılımı

BULAŞICI HASTALIK TÜRÜ	İLGİLİ YIL/ DÖNEM	TOPLAM ÖLÜMLER İÇİNDEKİ PAYI	VERİ KAYNAĞI
Pnömoni (Zatürre)	2018-2023 (Ortalama Dönem)	%5,90	TÜİK (2023)
Septisemi (Kan zehirlenmesi)	2018-2023 (Ortalama Dönem)	%2,40	TÜİK (2023)
COVİD-19 Pandemisi	2020 yılı	%4,40	TÜİK (2023)
COVİD-19 Pandemisi	2021 yılı	%11,50	TÜİK (2023)
COVİD-19 Pandemisi	2022 yılı	%4,40	TÜİK (2023)

Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK] Ölüm ve Ölüm Nedeni İstatistikleri (2020–2022) Bülteni (TÜİK, 2023).

TÜİK (2023) verileri incelendiğinde; Pnömoni kaynaklı ölümler toplam mortalitenin %5,90'ını, Septisemi ise %2,40'ını oluşturmaktadır. COVID-19 salgınının zirve yaptığı 2021 yılında ise virüs kaynaklı ölümler %11,50 ile en yüksek seviyeye ulaşarak toplumsal sağlık sistemleri üzerindeki yükü açıkça göstermiştir (TÜİK, 2023).

Tablo 2: Dünya Genelinde Belirli Dönemlere Göre Seçilmiş Bulaşıcı Hastalıkların Toplam Ölümler İçindeki Yüzdesel Dağılımı

Küresel Bulaşıcı Hastalık Türü	İlgili Dönem/Yıl	Toplam Ölümler İçindeki Ölüm Payı	Veri Kaynağı
Alt Solunum Yolu Enfeksiyonları	2019-2021 (Eğitim Ortalaması)	%4,40	WHO (2024)
İshalli Hastalıklar (Kolera)	2019-2021 (Eğitim Ortalaması)	%2,50	WHO (2024)
Tüberküloz (Verem)	2019-2021 (Eğitim Ortalaması)	%2,10	WHO (2024)
COVID-19 (Resmi Tescilli Ölümler)	2021 yılı küresel pik dönemi	%8,80	WHO (2024)
COVID-19 (Aşırı Ölüm)	2022 yılı küresel pik dönemi	%11,50 - %11,60	WHO (2024)

Kaynak: World Health Organization [WHO] Global Health Estimates (WHO, 2024).
Not: DSÖ doğrudan COVID-19 kaynaklı resmî ölüm oranını %8,80 bildirirken; sağlık sistemlerindeki aksamaları ve dolaylı etkileri de ölçen "aşırı ölüm" (excess mortality) istatistiki modellerinde oran küresel bazda %11,50-%11,60 olarak hesaplanmıştır (WHO, 2024). Bulaşıcı hastalıkların yayılımı incelendiğinde, sosyoekonomik katmanlaşmanın hastalıklara yakalanma ve ölüm riskini doğrudan belirlediği görülmektedir (Farmer, 1996). Düşük gelir gruplarında ve kalabalık ev ortamlarında yaşayan bireylerin solunum yolu enfeksiyonlarına yakalanma oranı yüksek iken, kaliteli sağlık hizmetlerine ve koruyucu hekimlik olanaklarına erişim kısıtlıdır (Singer vd., 2017). Aynı zamanda antimikrobiyal direnç olgusu, yanlış ve kontrolsüz antibiyotik kullanımı nedeniyle tırmanışa geçmekte ve basit enfeksiyonların dahi septisemi gibi ölümcül tablolara dönüşmesine yol açmaktadır (Morens vd., 2004). Sağlık İnanç Modeli (HBM)

zemininde yapılan değerlendirmeler, bireylerin dezenformasyon etkisiyle aşı tereddüdü yaşamalarının toplumsal bağışıklık duvarlarını nasıl çökerttiğini kanıtlamaktadır (Janz & Becker, 1984; Rosenstock, 1974)

SONUÇ

Analiz edilen istatistiki bulgular ve teorik tartışmalar, Omran'ın (1971) Epidemiyolojik Geçiş Kuramı'nda öne sürdüğü "akut bulaşıcı hastalıkların yerini tamamen kronik ve dejeneratif hastalıklara bırakacağı" yönündeki tek yönlü ve doğrusal varsayımın günümüz gerçekliğini açıklamakta yetersiz kaldığını ortaya koymaktadır. Bulaşıcı hastalıklar ortadan kalkmamış, aksine sosyoekonomik kırılganlıklar, çevre kirliliği, antimikrobiyal direnç ve mikro-bireysel davranışların etkileşimiyle form değiştirerek kitle sağlığını tehdit etmeye devam etmiştir (Morens vd., 2004; Singer, 2009) Elde edilen bulgular doğrultusunda şu temel sonuçlara ulaşılmıştır Birincisi, bulaşıcı hastalıkların yayılımı tek başına biyolojik patojenlerle açıklanamaz; yoksulluk, sanitasyon yetersizliği, sağlık hizmetlerine erişim güçlüğü ve sosyoekonomik katmanlaşma gibi makro-yapısal eşitsizliklerle doğrudan ilintilidir (Farmer, 1996; Singer, 2009). İkincisi, aşı kararsızlığı, medikal dezenformasyon ve irrasyonel antibiyotik kullanımı gibi mikro-bireysel tutumlar, Sağlık İnanç Modeli (Rosenstock, 1974) çerçevesinde toplum bağışıklığını zayıflatmakta ve riskleri tırmandırmaktadır. Üçüncüsü, kronik hastalıklar ile bulaşıcı patojenlerin toplumsal eşitsizlik zemininde birleştiği günümüz tablosunu çözümlemede Sindemi kuramı (Singer, 1995; Singer vd., 2017) klasik tıp modellerinden çok daha kapsayıcı bir teorik zemin sunmaktadır. Sonuç olarak, bulaşıcı hastalık risklerinin kümülatif geri dönüşünü engellemek adına; kamu kaynaklı koruyucu sağlık yatırımlarının artırılması, dijital mecralardaki bilgi kirliliği ve infodemi ile etkin mücadele edilmesi, toplumun sağlık okuryazarlığı düzeyinin raising edilmesi ve makro-politik müdahalelerin mikro-davranışsal stratejilerle entegre edildiği bütüncül ve stratejik bir sağlık yönetimi modeli acilen benimsenmelidir (Güler, 2011; Singer vd., 2017).

KAYNAKÇA

Caldwell, J. C. (2001). Population health in transition. Bulletin of the World Health Organization, 79(2), 159-160.

Farmer, P. (1996). Social inequalities and emerging infectious diseases. Emerging Infectious Diseases, 2(4), 259-269.

Frenk, J., Bobadilla, J. L., Sepúlveda, J., & López-Cervantes, M. (1989). Health transition in middle-income countries: new challenges for health care. Health Policy and Planning, 4(1), 29-39.

Güler, Ç. (2011). Küreselleşme, çevre ve bulaşıcı hastalıklar. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 10(4), 435-442.

Janz, N. K., & Becker, M. H. (1984). The Health Belief Model: A decade later. Health Education Quarterly, 11(1), 1-47.

McKeown, T. (1976). The Modern Rise of Population. London: Edward Arnold

Morens, D. M., Folkers, G. K., & Fauci, A. S. (2004). The challenge of emerging and re-emerging infectious diseases. Nature, 430(6996), 242-249

Olshansky, S. J., & Ault, A. B. (1986). The fourth stage of the epidemiologic transition: the age of delayed degenerative diseases. The Milbank Quarterly, 64(3), 355-391.

Omran, A. R. (1971). The epidemiologic transition: A theory of the epidemiology of population change. The Milbank Memorial Fund Quarterly, 49(4), 509-538.

Rosenstock, I. M. (1974). Historical origins of the Health Belief Model. Health Education Monographs, 2(4), 328-335.

Singer, M. (1995). Beyond the bisocial: emergence of a syndemic approach in medical anthropology. Medical Anthropology Quarterly, 9(1), 80-83.

Singer, M. (2009). Introduction to syndemics: A critical systems approach to public and community health. John Wiley & Sons
Singer, M., Bulled, N., Ostrach, B., & Mendenhall, E. (2017). Syndemics and the biosocial conception of health. The Lancet, 389(10072), 941-950.
Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK]. (2023). Ölüm ve ölüm nedeni istatistikleri, 2020-2022 raporu (Haber Bülteni Sayı: 49663). Ankara: TÜİK.
World Health Organization [WHO]. (2024). Global health estimates: Leading causes of death and disease burden worldwide. Geneva: World Health Organization.

BİR MESLEKİ BULUŞMA MODELİ OLARAK MÜZİK EĞİTİMCİLERİ ÇALIŞTAYI

THE MUSIC EDUCATORS' WORKSHOP AS A PROFESSIONAL GATHERING MODEL

Emel Funda TÜRKMEN
Prof.Dr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Müzik ve Sahne Sanatları Fakültesi
İmren ÖZ KESER
Öğr.Görevlisi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Müzik ve Sahne Sanatları Fakültesi
Seçkin Seçil BAŞARAN
Müzik Öğretmeni, Çanakkale AKÇANSA Güzel Sanatlar Lisesi

ÖZET

Mesleki gelişim, bireylerin mesleki yaşamlarını verimlilik, yararlılık, öz güven ve mesleki doyum açısından etkilemektedir. Ayrıca, mesleki gelişim, iş memnuniyeti ve tatmin olma duygusunun çoğalmasına katkıda bulunmaktadır. Müzik eğitimcileri açısından da mesleki gelişim aynı özellikleri taşımaktadır ve öğretmen öğrenci iletişimi açısından büyük önem taşımaktadır. Öğretmenlerin birbirleri ile olan iletişimlerini de etkileyen çalıştaylar müzik eğitimcilerini bir araya toplamakta, mesleki sorunlara çözüm önerileri sunmakta, çözülmesine katkıda bulunmakta ve çeşitli konularda fikir paylaşımlarına ortam hazırlamaktadır. Bu mesleki buluşma modeli uzun yıllar sürdürüldüğünde öğretmenlerin bu toplantıları her yılın belli dönemlerinde bekledikleri ve motive oldukları bir ortamın oluşmasına da hizmet etmektedir.

Bu görüşler doğrultusunda 2008 yılından beri Afyonkarahisar ve 2021 yılından beri Çanakkale Müzik Eğitimcileri Çalıştayları müzik eğitimcilerinin mesleki gelişimlerini desteklemek üzere yürütülmektedir. Bu iki çalıştay sadece öğretmenlerin hizmet içi gelişimlerine yönelik çalışmaları kapsamanın ötesinde, yeni öğretim yaklaşım ve yöntemlerine yönelik bilgilerin aktarıldığı, fikir paylaşımlarının gerçekleştirildiği bir buluşma ortamı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Afyonkarahisar Müzik Eğitimcileri Çalıştayı'nın bir benzeri olarak 2026 yılında altıncısı düzenlenen Çanakkale Müzik Eğitimcileri Çalıştayı'nı katılımcı öğretmenlerin görüşleri doğrultusunda değerlendirmek ve bu mesleki buluşma modelinin başka illerde veya alanlarda uygulanabilirliğine ilişkin veriler sunmaktır. Veriler, iki kapalı uçlu ve üç açık uçlu sorudan oluşan bir form aracılığıyla Google Form üzerinden çalıştay esnasında toplanmış; kapalı uçlu sorular betimsel istatistiklerle, açık uçlu sorular ise, içerik analizi ile Claude AI ile çözümlenmiştir. Ayrıca çalışmanın içerik düzenlemesine yönelik hususlarda da yapay zekadan yararlanılmıştır. Çalıştayda yapılan konuşmalar ise araştırmacılardan biri tarafından hazırlanan ayrıntılı çalıştay raporu ile belgelenmiş ve doküman incelemesiyle çözümlenmiştir. Araştırmaya katılan 35 öğretmen, çalıştayın beklentilerini karşılama ($\bar{x}$=4,57) ve verimlilik ($\bar{x}$=4,49) düzeyini yüksek bulmuştur. Türkiye Yüzyılı Maarif Modeline odaklanan çalıştay içeriğinde en yararlı bulunan konular ölçme-değerlendirme, farklılaştırma ve zenginleştirme olmuştur. Katılımcılar gelecek çalıştaylar için uygulamalı ve atölye temelli etkinliklere yönelik taleplerde bulunmuş, Güzel Sanatlar Liselerine özgü sorunların ele alınması, müzik dersi saatleri ile müzik sınıfı ve çalgı gereksinimi gibi konuların üzerinde durulmasını önermiş; çalıştayların daha sık düzenlenmesini ve daha fazla öğretmene ulaşmasını talep etmiştir. Çalıştay raporuna göre konuşmalar nota eğitimi ve öğretim yöntemleri, kapsayıcı müzik eğitimi, ölçme-değerlendirme ve not baskısı, temel eğitim ve BİLSEM aday gösterme süreçleri ile repertuvar, telif ve idari engeller üzerinde yoğunlaşmış; müzik dersi için e-Okul'da süreç değerlendirmesine uygun bir yapının önerilmesi ve yapısal sorunların raporlaştırılarak İl Millî Eğitim Müdürlüğü ile MEB İzleme ve Değerlendirme Daire Başkanlığı'na iletilmesi kararlaştırılmıştır.

Bulgular, düzenli aralıklarla sürdürülen bu mesleki buluşma modelinin öğretmenlerin her yıl belirli dönemlerde beklediği ve mesleki gelişimlerini destekleyen bir ortama dönüşebileceğini göstermektedir.
Anahtar kelimeler: Mesleki gelişim, hizmet içi eğitim, çalıştay, müzik eğitimi, mesleki buluşma.

ABSTRACT

Professional development affects individuals' professional lives in terms of productivity, usefulness, self-confidence, and professional satisfaction. Moreover, professional development contributes to increased job satisfaction and a sense of fulfillment. For music educators, professional development carries the same characteristics and is also of great importance for their communication with their students. Workshops, which also affect teachers' communication with one another, bring music educators together, offering solutions to professional problems, contributing to their resolution, and providing an environment for the exchange of ideas on various topics. When sustained over many years, this professional gathering model also serves to create an environment that teachers look forward to at certain times each year and that motivates them.

In line with these views, the Afyonkarahisar Music Educators' Workshop has been held since 2008 and the Çanakkale Music Educators' Workshop since 2021. These two workshops do not merely encompass activities aimed at teachers' in-service development; they also function as gathering environments where knowledge of new teaching approaches and methods is shared and ideas are exchanged. The aim of this study is to evaluate the Çanakkale Music Educators' Workshop, held for the sixth time in 2026 as a counterpart to the Afyonkarahisar Music Educators' Workshop, in light of the participating teachers' views, and to provide data on the applicability of this professional gathering model in other provinces or fields. Data were collected via Google Forms using a form consisting of two closed-ended and three open-ended questions; the closed-ended questions were analyzed using descriptive statistics, and the open-ended questions using content analysis with the assistance of Claude AI. Artificial intelligence was also used in organizing the content of the study. In addition, the discussions held during the workshop were documented in a detailed workshop report prepared by one of the researchers and analyzed through document analysis. The 35 participating teachers rated the extent to which the workshop met their expectations (M = 4.57) and its efficiency (M = 4.49) as high. Within the workshop content, which focused on the Türkiye Century Maarif Model, the topics found most useful were assessment and evaluation, differentiation, and enrichment. For future workshops, participants suggested topics such as hands-on and workshop-based activities, issues specific to Fine Arts High Schools, music lesson hours, and the need for music classrooms and instruments; they also requested that the workshops be held more frequently and reach more teachers. According to the workshop report, the discussions focused on music literacy and teaching methods, inclusive music education, assessment and grading pressure, primary education and the nomination process for Science and Art Centers (BİLSEM), and repertoire, copyright and administrative barriers; it was decided to propose a process-based assessment structure for the music course in the e-Okul system and to report the structural problems to the Provincial Directorate of National Education and the Ministry's Department of Monitoring and Evaluation.

The findings indicate that this professional gathering model, sustained at regular intervals, can become an environment that teachers look forward to at certain times each year and that supports their professional development.

Keywords: Professional development, in-service training, workshop, music education, professional gathering

1. GİRİŞ

1.1. Öğretmenlerin Mesleki Gelişimi: Kavram ve Önemi

Mesleki gelişim her meslek mensubu açısından, mesleğin gereklerini ve yeniliklerini tanımak açısından gereklilik arz eden bir durumdur. Her mesleğin zaman içerisinde değişen koşullar, yeni oluşan durumlar ve yöntemler gibi pek çok hususta mensupları arasında etkileşim ve paylaşıma da ihtiyacı vardır.

Öğretmenlik, hizmet öncesinde edinilen bilgi ve becerilerin meslek yaşamı boyunca yenilenmesini gerektiren bir meslektir. Öğretim programlarındaki değişiklikler, öğrenci profilinin çeşitlenmesi ve yeni öğretim yaklaşımlarının ortaya çıkması, öğretmenlerin mesleki gelişimini diri tutmaları gereğini ortaya koymaktadır.

Guskey (2002), mesleki gelişim etkinliklerinin amacının, öğretmenlerin sınıf içi uygulamalarında, tutum ve inançlarında ve sonuç olarak öğrencilerin öğrenme çıktılarında değişim yaratmak olduğunu belirtmektedir. Guskey'in öğretmen değişimi modeline göre öğretmenlerin inanç ve tutumlarındaki kalıcı değişim, çoğunlukla yeni bir uygulamayı sınıfta deneyip öğrenci öğrenmesi üzerindeki olumlu etkisini gözlemledikten sonra gerçekleşmektedir (Guskey, 2002). Bu yaklaşım, mesleki gelişim etkinliklerinin öğretmenin kendi sınıfına aktarabileceği somut uygulamalar sunmasının önemine işaret etmektedir.

Türkmen ve Sökezoğlu Atılgan (2013:5) uzun bir eğitim süreci ve ağır eğitim koşullarının ardından elde edilen öğretmen kimliğinin bilgilerini tazelemek ve meslektaşları yani aynı branşın temsilcileriyle bir araya gelerek çalışmak ve tecrübelerini paylaşmak yoluyla zaman zaman kaybettikleri enerjilerini yeniden kazanma durumunda olduklarını belirtmiştir. Bu bir araya gelinen mesleki gelişim etkinlikleri bir dayanışma, sorunları ve çözüm yollarını paylaşma ortamı sunmaktadır.

Mesleki gelişim etkinlikleri farklı modeller altında ele alınmaktadır. Kennedy (2005), sürekli mesleki gelişim modellerini bilginin aktarımına dayanan modellerden öğretmenin mesleki özerkliğini ve dönüşümünü destekleyen modellere uzanan bir yelpazede sınıflandırmıştır. Bu sınıflamada eğitim (training) ve basamaklı yayılım (cascade) modelleri aktarım odaklı uçta yer alırken, uygulama toplulukları (communities of practice), eylem araştırması ve dönüştürücü modeller öğretmenin aktif katılımını ve meslektaşlarla birlikte öğrenmesini öne çıkarmaktadır (Kennedy, 2005). Avalos (2011) da *Teaching and Teacher Education* dergisinde on yıl boyunca yayımlanan mesleki gelişim çalışmalarını incelediği derlemesinde, öğretmen öğrenmesinin bireysel olduğu kadar meslektaşlarla etkileşim ve işbirliği içinde gerçekleşen bir süreç olduğunu vurgulamaktadır.

Türkiye bağlamında öğretmenlerin mesleki gelişimine ilişkin sorunlar ve öneriler çeşitli çalışmalarda tartışılmıştır (Bümen vd., 2012). Ceylan ve Özdemir (2016), Türkiye ve İngiltere'deki öğretmenlerin sürekli mesleki gelişime ilişkin görüşlerini ve katılım durumlarını karşılaştırmıştır. Bümen vd. (2012)'ye göre, mesleki gelişim, yaşam boyu eğitim içinde yer alan bir alt süreç olarak, hizmet içi eğitim, personel geliştirme, kariyer geliştirme, insan kaynakları geliştirme gibi kavramların evrimiyle gelişmiştir. ABD'de program ve okul geliştirme, personel geliştirmenin bir türü olarak görülmekte; okullardaki reform ve dönüşüm çabalarının tamamında mesleki gelişim temel araç olarak kabul edilmektedir. Bunun nedeni, mesleki gelişimin bireysel performansı artırma, verimsiz uygulamaları düzeltme, eğitim politikalarının uygulanmasına zemin hazırlama ve değişimi kolaylaştırma amaçlarını taşımasıdır (Guskey, 2007; Blandford, 2000'den aktaran Bümen vd., 2012:32).

Ceylan ve Özdemir (2016) sürekli mesleki gelişimin öğretmenlerin hem kişisel anlamda hem de mesleki anlamda etkililiğine katkıda bulunduğunu gösteren birçok çalışma bulunduğunu vurgulamıştır. Sürekli mesleki gelişim etkinlikleri öğretmenlerin özgüvenini, işlerine duydukları heyecanı, mesleki gelişime yönelik olumlu tutumlarını, risk alabilme özelliklerini ve mesleki kapasitelerine olan inançlarını artırmaktadır. Bu süreçte öğretmenler tek başlarına ya da meslektaşlarıyla birlikte kendi kapasitelerini değerlendirip geliştirmekte; bilgi ve beceri edinmekte, düşünme, planlama ve uygulama becerilerini güçlendirmektedir. Bu kazanımlar, öğretmenlerin kariyerleri boyunca ahlaki, duygusal ve bilişsel açıdan nitelikli bir eğitim verebilmeleri için gereklidir (Cordingley, 2003; Day, 1997'den aktaran Ceylan ve Özdemir, 2016:399).

1.2. Etkili Mesleki Gelişimin Özellikleri

Mesleki gelişim alanyazınında, hangi etkinliklerin öğretmen uygulamalarında değişim yarattığı sorusu uzun süredir araştırılmaktadır. Garet ve arkadaşlarının (2001) ABD'de ulusal bir öğretmen örneklemiyle yürüttükleri araştırma, mesleki gelişimin etkililiğini belirleyen özellikleri "yapısal" ve "temel" özellikler olarak iki grupta ele almıştır. Yapısal özellikler etkinliğin biçimini, süresini ve aynı okul ya da alandan öğretmenlerin birlikte katılımını (kolektif katılım); temel özellikler ise içerik odağını, aktif öğrenme fırsatlarını ve etkinliğin öğretmenin diğer deneyimleriyle tutarlılığını kapsamaktadır (Garet vd., 2001).

Desimone (2009), bu çalışmalardan yola çıkarak etkili mesleki gelişimin beş temel özelliğini tanımlamıştır: içerik odağı, aktif öğrenme, tutarlılık, süre ve kolektif katılım. Darling-Hammond, Hyler ve Gardner (2017) ise öğretmen uygulamalarını ve öğrenci başarısını olumlu yönde etkileyen mesleki gelişim programlarını inceledikleri raporlarında içerik odaklılık, aktif öğrenme, işbirliği, etkili uygulama modelleri sunma, uzman desteği ve koçluk, geri bildirim ve yansıtma ile sürdürülebilir süre olmak üzere yedi özellik belirlemiştir. Her iki çerçevede de tek seferlik, kısa süreli ve dinleyici konumundaki öğretmene bilgi aktarımına dayanan etkinliklerin sınırlı etkisi bulunurken, öğretmenin aktif katıldığı, meslektaşlarıyla birlikte öğrendiği ve zamana yayılan etkinliklerin daha güçlü etkisi öne çıkmaktadır.

1.3. Müzik Eğitimcilerinin Mesleki Gelişimi

Müzik öğretmenleri, alanlarının uygulamalı ve performansa dayalı niteliği nedeniyle mesleki gelişim açısından kendine özgü gereksinimlere sahiptir. Bautista, Yau ve Wong (2017), 1990–2015 yılları arasında yedi temel müzik eğitimi dergisinde yayımlanan çalışmaları incelemiş; çalıştay, kurs, program ve okul temelli mesleki gelişim gibi biçimlerde gerçekleştirilen 24 girişimi tanımlayan 17 makaleyi Desimone'un (2009) beş özelliği açısından değerlendirmiştir. Araştırmacılar, müzik öğretmenlerine yönelik mesleki gelişim girişimlerinin bu özellikleri farklı düzeylerde taşıdığını ve müzik eğitimi alanyazınının genel mesleki gelişim çerçevesinden yeterince yararlanmadığını belirtmiştir (Bautista vd., 2017).

Müzik eğitimi alanyazınında meslektaşlar arası işbirliği, etkili mesleki gelişimin önemli bir bileşeni olarak öne çıkmaktadır. Nitekim okul müzik eğitiminde dersin konumuna yönelik eğilimler ülkemizde genel olarak olumsuzdur ve müzik dersinin okul içindeki konumunun zayıflaması yalnızca Türkiye'ye özgü bir durum değildir. Harris (2017:3) bu durumu ABD bağlamında Florida'da otuz yıllık müzik öğretmenliği deneyimine dayanarak özellikle son on yılda müzik öğretmenlerinin sayısında sürekli bir azalma yaşandığını belirtmektedir. Yazara göre bu süreçte müzik kadroları yarı zamanlıya indirilmiş, emekliliklerin ardından boşalan kadrolar doldurulmamış, öğretmenler okullar arasında paylaştırılmış ya da müzik programları tamamen kaldırılmıştır. Bu nedenle müzik konferanslarında müzik eğitiminin okullardaki değerini kanıtlamanın yolları tartışılmaktadır. Bu durum ülkemizde de müzik eğitimcilerinin alanlarındaki hakimiyetlerini ve kendi mesleki gelişimlerine olan dikkatlerini toplamalarını gerektirmektedir.

1.4. Türkiye'de Öğretmenlerin Mesleki Gelişiminin Yasal ve Programla İlgili Çerçevesi

Türkiye'de öğretmenlerin mesleki gelişimine ilişkin düzenlemeler son yıllarda önemli değişiklikler geçirmiştir. Öğretmenlerin mesleki gelişimine yönelik çalışmaların 1960 yılından bu yana merkezi olarak yönetildiği ve 1982'den beri de Millî Eğitim Bakanlığı'nın (MEB) Hizmetiçi Eğitim Daire Başkanlığı, yerel olarak ise Valilikler tarafından yürütüldüğü kaydedilmektedir (Bümen vd., 2012: 32). 11 Mart 2022 tarihli Resmî Gazete'de yayımlanan Millî Eğitim Bakanlığı Öğretmen ve Okul Yöneticilerinin Mesleki Gelişimi Programına Dair Yönetmelik, 1985 tarihli Millî Eğitim Bakanlığı Hizmet İçi Eğitim Yönetmeliği'nin yerini almıştır. Yönetmelik, mesleki gelişim etkinliklerinin merkezî ve mahallî düzeyde yüz yüze, uzaktan ya da karma biçimde yürütülmesine olanak tanımakta; mesleki öğrenme toplulukları ve okul temelli mesleki gelişim gibi modelleri de kapsamaktadır (MEB, 2022, RG: 31775) .

18 Ekim 2024 tarihli ve 32696 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 7528 sayılı Öğretmenlik Mesleği Kanunu ile Millî Eğitim Akademisi kurulmuş; öğretmenlerin, yöneticilerin ve diğer personelin mesleki gelişimine yönelik eğitim programlarını hazırlama, uygulama ve değerlendirme görevi bu akademiye verilmiştir. Kanun ayrıca öğretmenlik mesleğini öğretmen, uzman öğretmen ve başöğretmen olmak üzere üç kariyer basamağı hâlinde düzenlemiştir (Öğretmenlik Mesleği Kanunu, 2024).

Bu yasal düzenlemelerle eş zamanlı olarak Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (TYMM) kapsamında öğretim programları yenilenmiştir. TYMM Ortaöğretim Müzik Dersi Öğretim Programı'nda her temada "Öğrenme Kanıtları (Ölçme ve Değerlendirme)" bölümü yer almakta; "Farklılaştırma" başlığı altında ise "Zenginleştirme" ve "Destekleme" uygulamalarına yer verilmektedir (MEB, 2025). Ölçme-değerlendirme anlayışındaki ve farklılaştırma uygulamalarındaki bu yenilikler, müzik öğretmenlerinin programı sınıflarında uygulayabilmeleri için güncel ve alana özgü mesleki gelişim gereksinimi doğurmaktadır.

1.5. Bir Mesleki Buluşma Modeli Olarak Çalıştay

Türkmen (2012:91) çalıştayı şöyle tanımlamaktadır: "uzman ya da uzmanların uygulamalı olarak, bilgi ve tecrübelerini paylaştıkları, katılımcı grubun uygulamalarda yer aldığı bir çalışma ortamıdır. Çalıştaylar düzenleyenlerce, katılımcıların ihtiyaç ve beklentilerine göre düzenlenirler ve amaçları katılımcıların bireysel ya da mesleki gelişimlerini sağlamaktır". Çalıştayların seminerlerden farkları ise, "uygulamalı oluşları ve danışma, fikir paylaşımı gibi konuların çalışma kapsamında daha fazla bulunmasıdır" biçiminde açıklanmıştır. Çalıştay ve seminer arasındaki fark seminerlerin bilgi aktarımına dayalı olması, çalıştayların ise ortak bilgi üretme, geliştirme, uygulamaları paylaşma ve katılımcıların aktif biçimde yer almalarıyla ortaya çıkmaktadır.

Ayrıca çalıştaylar (workshop), katılımcıların belirli bir konu üzerinde birlikte düşündüğü, deneyim paylaştığı ve ortak ürünler ya da öneriler geliştirdiği etkileşimli bir buluşma biçimidir. Ørngreen ve Levinsen (2017), çalıştayların hem katılımcıların kendi amaçlarına (öğrenme, paylaşma, sorun çözme) hem de araştırmacıların bilgi üretme amacına aynı anda hizmet edebildiğini belirterek çalıştayı bir araştırma yöntemi olarak da ele almaktadır. Bu çift yönlü nitelik, çalıştayları hem mesleki gelişim ortamı hem de alandaki gereksinimlerin belirlenmesine aracılık eden bir veri kaynağı hâline getirmektedir.

Düzenli aralıklarla aynı alandan öğretmenleri bir araya getiren çalıştaylar, mesleki öğrenme topluluklarının bazı özelliklerini de taşımaktadır. Stoll, Bolam, McMahon, Wallace ve Thomas (2006), mesleki öğrenme topluluklarının temel özelliklerini ortak değerler ve vizyon, öğrenci öğrenmesine yönelik kolektif sorumluluk, yansıtıcı mesleki sorgulama, işbirliği ve bireysel öğrenmenin yanı sıra grup öğrenmesinin desteklenmesi olarak sıralamaktadır. Her yıl belirli dönemlerde yinelenen bir çalıştay, okul düzeyindeki bir topluluğun sürekliliğine sahip olmasa da il düzeyinde müzik öğretmenleri arasında süreklilik gösteren bir mesleki etkileşim ağı oluşturabilmektedir.

1.5.1. Benzer Mesleki Buluşma Örnekleri

Uluslararası alanyazında öğretmenlerin kendi düzenledikleri ve yönlendirdikleri biçimsel olmayan mesleki öğrenme etkinlikleri için farklı terimler kullanılmaktadır. Holme, Schofield ve Lakin (2020), bu terimleri değerlendirerek "tabandan gelen mesleki gelişim" (grassroots professional development) teriminin benimsenmesini önermiş ve bu kavram çerçevesinde TeachMeet, EdCamp ve BrewEd adlı üç modeli incelemiştir. TeachMeet, öğretmenlerin meslekleri ve uygulamaları üzerine tartışmak ve birbirlerinden öğrenmek amacıyla bir araya geldikleri gayri resmî buluşmalardır (Holme vd., 2020). Gündemi katılımcıların belirlediği EdCamp "konferans dışı" (unconference) buluşmaları ise ücretsiz, gönüllü ve katılımcı odaklı, geleneksel olmayan bir mesleki gelişim biçimidir. Bu buluşmalara katılan eğitimciler deneyimlerini büyük ölçüde olumlu değerlendirmiştir. Katılımcılar, buluşmaların en güçlü yönü olarak öğrenilen içerikten çok öğrenmenin gerçekleşme biçimini ve birlikte öğrendikleri meslektaşlarını öne çıkarmıştır (Carpenter ve Linton, 2016). Carpenter ve MacFarlane (2018), katılımın okul bölgelerince zorunlu tutulduğu EdCamp'lerde de eğitimcilerin deneyimlerini çoğunlukla olumlu değerlendirdiğini ve özerklik ile etkileşimi değerli bulduğunu belirlemiştir. Ancak bu değerlendirmeler, gönüllü EdCamp'lere göre daha düşük kalmıştır.

Türkiye'de müzik öğretmenlerine yönelik buluşma örnekleri uzun yıllar Millî Eğitim Bakanlığı'nın düzenlediği hizmetiçi seminerleri vasıtasıyla yürütülmüştür. Hizmetiçi Eğitim Daire Başkanlığı üniversiteler, sivil toplum kuruluşları, özel eğitim kurumları ve sanayiyle iş birliği yapmakta, 2006 yılından bu yana da elektronik ortamda etkinlik yürütmeye çalışmaktadır. Bu alandaki sorunların fark edilmesiyle 2010 yılında "Hizmetiçi Eğitimin Yeniden Yapılandırılması Panel ve Çalıştayı" düzenlenmiş ve sonuç raporu yayımlanmıştır (Bümen vd., 2012).

MEB Hizmetiçi Eğitim Dairesi Başkanlığınca 2007–2012 yılları arasında düzenlenen seminer ve kurslar ile bunlar içinde müzik eğitimine yönelik olanların sayısı Tablo 1'de verilmiştir. Türkmen'e (2012) göre bu veriler, müzik eğitimine yönelik seminer ve hizmetiçi çalışmaların "ne denli yetersiz ve yok denecek kadar az olduğu"nu göstermektedir (s. 99).

Tablo 1

MEB Hizmetiçi Eğitim Dairesi Başkanlığınca Düzenlenen Seminer ve Kurslar ile Müzik Eğitimine Yönelik Seminer ve Kurslar (2007–2012)

Yıl	Toplam seminer ve kurs sayısı	Müzik eğitimine yönelik seminer ve kurs sayısı	Açıklama
2007	842	7	
2008[a]	930	1 (iptal) + 1 (ertelenmiş)	
2009[b]	826	3	
2010	680	0	
2011[c]	1.413	2	
2012[d]	489	2 (dinî musiki) + 2	2 dinî musiki semineri (İmam Hatip meslek dersleri öğretmenlerine yönelik); 1 YİBO ders dışı zamanları değerlendirme semineri; 1 GSSL müzik öğretmenlerine yönelik müzik eğitimi semineri

Not. Türkmen (2012, s. 98)'den uyarlanmıştır. Veriler MEB Hizmetiçi Eğitim Dairesi Başkanlığından alınmıştır (hedb.meb.gov.tr, Erişim tarihi: 24.04.2012).

[a] Bildiri metninde 2008 yılında yalnızca bir seminerin (Müzik Dersi Öğretim Programlarını Tanıtma Semineri) düzenlendiği belirtilmektedir (s. 98).

[b] Bildiri metninde 2009 yılı için iki seminer belirtilmektedir (s. 99).

[c] Bildiri metninde 2011 yılı toplamı 1.409 seminer ve kurs olarak verilmektedir. Ayrıca İmam Hatip meslek dersleri öğretmenlerine yönelik iki dinî musiki kursu düzenlenmiştir (s. 99).
[d] 2012 verileri 24.04.2012 tarihi itibarıyla olup yılın tamamını kapsamamaktadır. Veriler bakanlığın geçmiş yıllara ait hizmetiçi seminer listelerinden oluşturulmuştur.

Mesleki gelişimi desteklemek üzere yürütülen seminer ve hizmetiçi çalışmalar arasında Müzik Eğitimcileri Derneği'nin (MÜZED) Gazi Üniversitesi ve Hacettepe Üniversitesi Ankara Devlet Konservatuvarı ile birlikte düzenlediği Ankara Müzik Öğretmenleri Seminerleri yer almaktadır. Bu seminerlerin beşincisi, 2023 yılında 4. Uluslararası İpekyolu Müzik ve Sanat Konferansı kapsamında, kapsayıcı müzik eğitimi, Orff-Schulwerk, Kodály ve beden müziği gibi uygulamalı oturumlarla gerçekleştirilmiştir (MÜZED, 2023). İstanbul İl Millî Eğitim Müdürlüğü bünyesindeki Müzik Akademisi ise akademiyi tamamlayan öğretmenlerin deneyimlerini öğretmen atölyelerinde meslektaşlarına aktardığı ve ağırlıklı olarak sınıf öğretmenlerine yönelen bir yapı olarak tanımlanmaktadır (İstanbul İl Millî Eğitim Müdürlüğü, 2020).
Mesleki gelişimi desteklemek üzere İl Milli Eğitim Müdürlükleri de çeşitli çalışmalar gerçekleştirebilmektedirler. 2007 yılında Afyonkarahisar İl Milli Eğitim Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen sınıf öğretmenlerine yönelik müzik semineri bu anlamda Afyonkarahisar Müzik Eğitimcileri Çalıştayına bir örnek teşkil etmiş, 2008 yılında Afyonkarahisar'da başlayan çalışmalar 2021 yılından itibaren Çanakkale'de de yürütülmeye başlanmıştır. Söz konusu örnekler ile Afyonkarahisar ve Çanakkale çalıştaylarıyla karşılaştırması Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Mesleki Buluşma Örneklerinin Karşılaştırılması

Örnek	Düzenleyen	Hedef kitle	Süreklilik	İçeriğin belirlenmesi
TeachMeet / EdCamp / BrewEd	Öğretmenlerin kendisi (tabandan)	Tüm branşlar	Gönüllü, düzensiz ya da yerel olarak düzenli	Katılımcılar
MÜZED Ankara Müzik Öğretmenleri Semineri	Dernek ve üniversiteler	Müzik öğretmenleri	2023'te 5. kez; başlangıç yılı: –	Düzenleyiciler (konferans kapsamında)
İstanbul İl MEM Müzik Akademisi	İl Millî Eğitim Müdürlüğü	Ağırlıklı olarak sınıf öğretmenleri	–	Akademi programı
Afyonkarahisar Müzik Eğitimcileri Çalıştayı	Üniversite ve İl MEM işbirliği	Müzik öğretmenleri (sınıf ve okul öncesi öğretmenleri dâhil)	2008'den beri, her yıl	Katılımcı gereksinimleri doğrultusunda
Çanakkale Müzik Eğitimcileri Çalıştayı	Üniversite ve İl MEM işbirliği	Müzik eğitimcileri	2021'den beri; 2026'da 6. kez	Katılımcı gereksinimleri doğrultusunda

Not. – = Bilgiye ulaşılamamıştır.

1.6. Afyonkarahisar ve Çanakkale Müzik Eğitimcileri Çalıştayları

1.6.1. Modelin Ortaya Çıkışı

Bu çalışmada ele alınan mesleki buluşma modelinin kökeni, 20 Şubat 2008 tarihinde, Afyon Kocatepe Üniversitesi Devlet Konservatuvarı öncülüğünde ilk Afyonkarahisar Müzik Eğitimcileri Çalıştayı'na dayanmaktadır (Türkmen ve Sökezoğlu Atılgan, 2013:25).

1.6.2. Afyonkarahisar Çalıştaylarının Süreklilik Kazanması

Afyon Kocatepe Üniversitesi Devlet Konservatuvarı tarafından sürdürülen çalıştaylar, müzik, sınıf ve okul öncesi öğretmenlerine yönelik olarak ritim, koro, ses eğitimi ve teknoloji kullanımı gibi konuları ele almıştır (Sökezoğlu Atılgan ve Taş, 2020). Sökezoğlu Atılgan ve Taş (2020), on ikinci çalıştaya katılan müzik öğretmenlerinin görüşlerini açık uçlu bir anketle incelemiş; öğretmenlerin çalıştayları yeni konular ve uygulamalar aracılığıyla mesleki gelişimlerine katkı

sağlayan etkinlikler olarak gördüklerini, çalıştayların derslerini daha etkili hâle getirdiğini ve öğretmenler arasındaki iletişimi ve bilgi alışverişini geliştirdiğini belirlemiştir. Çalıştaylar 2025 yılında on yedinci kez düzenlenmiştir (Kocatepe Gazetesi, 2025).

1.6.3. Modelin Yeni Uygulamaları

Afyonkarahisar'da geliştirilen model, 2021 yılından itibaren Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi ile Çanakkale İl Millî Eğitim Müdürlüğü işbirliğiyle Çanakkale'de uygulanmaya başlanmıştır. İkinci çalıştay 19 Haziran 2023'te müzikte nitelikli eğitime ilişkin fikir paylaşımları temasıyla yapılmıştır (ÇOMÜ Devlet Konservatuvarı, 2023). Altıncı çalıştay ise Eylül 2026'da Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Müzik ve Sahne Sanatları Fakültesi ile Çanakkale İl Millî Eğitim Müdürlüğü işbirliğiyle gerçekleştirilmiştir (Boğaz Gazetesi, 2026).

1.7. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı, 2026 yılında altıncısı düzenlenen Çanakkale Müzik Eğitimcileri Çalıştayı'nı katılımcı öğretmenlerin görüşleri doğrultusunda değerlendirmek ve bu mesleki buluşma modelinin başka illerde veya alanlarda uygulanabilirliğine ilişkin veriler sunmaktır. Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır:

1. Çalıştayda müzik eğitimine ilişkin hangi konular tartışılmış ve hangi kararlar alınmıştır?
2. Katılımcı öğretmenlere göre çalıştay, beklentilerini ne düzeyde karşılamıştır?
3. Katılımcı öğretmenlere göre çalıştayın verimlilik düzeyi nedir?
4. Katılımcı öğretmenler, çalıştay içeriğinde en yararlı buldukları konuları nelerdir?
5. Katılımcı öğretmenlerin gelecek çalıştaylarda ele alınmasını istedikleri konular nelerdir?
6. Katılımcı öğretmenlerin çalıştaya ilişkin genel görüş, öneri ve eleştirileri nelerdir?

2. YÖNTEM

2.1. Araştırma Modeli

Bu araştırma, 2026 yılında düzenlenen Çanakkale Müzik Eğitimcileri Çalıştayı'nı katılımcı görüşleri doğrultusunda inceleyen betimsel bir durum çalışmasıdır. Araştırmada çalıştay raporu (doküman), kapalı uçlu sorulardan elde edilen nicel veriler ve açık uçlu sorulardan elde edilen nitel veriler birlikte kullanılarak oluşturulmuştur.

2.2. Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubunu, altıncı Çanakkale Müzik Eğitimcileri Çalıştayı'na katılan ve çevrim içi değerlendirme formunu gönüllü olarak yanıtlayan 35 öğretmen oluşturmaktadır. Öğretmenlerin görüşlerini içten bir şekilde ifade edebilmeleri için formda yaş, cinsiyet, kimlik ve demografik bilgilere yönelik soruya yer verilmemiştir. Çalıştaya yaklaşık 54 öğretmen katılmış, ankete 35 öğretmen yanıt vermiştir. Çalıştay raporu ise çalıştaydaki konuşmalara katılan tüm katılımcıların görüşlerini kapsamaktadır. Çalıştayda söz alarak görüş belirten öğretmen sayısı ise 11'dir.

2.3. Veri Toplama Araçları

Araştırmanın verileri iki kaynaktan elde edilmiştir. Birinci veri kaynağı, çalıştayda yapılan konuşmalardan derlenerek araştırmacılar tarafından hazırlanan "Müzik Öğretmenleri Çalıştayı Ayrıntılı Raporu"dur. Rapor; yönetici özeti, ele alınan ana başlıklar ve ayrıntılı tartışmalar ile alınan kararlar ve çıkarımlar olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Çalıştaydaki konuşmalar not tutularak ve ses kaydı alınarak kayıt altına alınmış, rapor bu kayıtlara dayanılarak hazırlanmıştır.

İkinci veri kaynağı, araştırmacılar tarafından hazırlanan, iki kapalı uçlu ve üç açık uçlu sorudan oluşan bir değerlendirme formu ile toplanmıştır. Kapalı uçlu sorular çalıştayın katılımcı beklentilerini karşılama düzeyini ve verimlilik düzeyini ölçmeye yöneliktir. Kapalı uçlu sorular "Çalıştayın genel içeriği ve organizasyonu beklentilerinizi ne ölçüde karşıladı?" (1=Hiç karşılamadı, 5=Tamamen karşıladı) ve "Çalıştayı verimlilik açısından nasıl değerlendirirsiniz?" (1=Verimsiz, 5=Çok verimli) biçiminde, 1–5 arasında puanlanan doğrusal ölçek sorularıdır.

Açık uçlu sorular ise "Çalıştay'da ele alınan konulardan sizce en yararlı olan(lar) hangileriydi?", "Bundan sonraki çalıştaylarda ele alınmasını yararlı bulacağınız başka konular var mı?" ve "Çalıştayla ilgili eklemek istediğiniz genel görüş, öneri veya eleştiriniz var mı?" sorularından oluşmaktadır.

2.4. Verilerin Toplanması

Form, Google Forms aracılığıyla çevrim içi olarak hazırlanmış ve çalıştayın sonunda katılımcılarla paylaşılmıştır. Yanıtların tamamı 9 Eylül 2026 tarihinde, saat 14.25 ile 15.00 arasında toplanmıştır. Formun yanıtlanması gönüllülük esasına dayanmış ve katılımcılardan kimlik bilgisi istenmemiştir.

2.5. Verilerin Analizi

Kapalı uçlu sorulara verilen yanıtlar betimsel istatistiklerle (aritmetik ortalama ve standart sapma) çözümlenmiştir. Ayrıca her seçeneğin frekansı raporlanmıştır. Açık uçlu sorulara verilen yanıtlar içerik analizi ile çözümlenmiştir. Yanıtlar kodlanmış, kodlar benzerliklerine göre kategoriler altında toplanmış ve frekanslarıyla birlikte tablolaştırılmıştır. Bir katılımcı yanıtında birden fazla konuya değindiğinde yanıt birden fazla kod altında değerlendirilmiştir. Bulgularda katılımcı ifadelerinden doğrudan alıntılara yer verilmiş, katılımcılar Ö1, Ö2… biçiminde kodlanmıştır. Anlamı belirlenemeyen bir yanıt (Ö4, gelecek konu önerileri sorusu) kodlamaya dâhil edilmemiştir. Kod listesi araştırmacılar tarafından gözden geçirilerek kesinleştirilmiştir. Araştırma Claude AI ile çözümlenmiş ve çalışmanın literatür tarama çalışmalarında da bu yapay zekadan destek alınmıştır.

Çalıştay raporu doküman incelemesi yoluyla çözümlenmiştir. Doküman incelemesi, araştırılması hedeflenen olgu ya da olgulara ilişkin bilgi içeren yazılı materyallerin analizini kapsamaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Raporda tartışmalar altı ana başlık altında düzenlendiğinden bu başlıklar bulgularda tema olarak korunmuş; alınan kararlar ise tartışılan sorunlarla eşleştirilerek tablolaştırılmıştır. Bulgularda rapordaki ifadelere bağlı kalınmış, katılımcıların kimliklerini belirlenebilir kılacak ayrıntılar (geldikleri il, görev yaptıkları kurum, belirli olaylar ve kişisel bilgiler) anonimleştirilmiştir.

2.6. Etik

Araştırma, yıllardır yürütülen ve katılımcılarının tamamı müzik eğitimcilerinden oluşan bir gruptan elde edilmiştir. Etik kurul izni alınmamış olmakla birlikte, katılımcılar bilgilendirilmiş, onayları alınmış ve ses kaydı alındığı ve rapor haline getirileceği ve paylaşılacağı belirtilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Çalıştay Konuşmalarına İlişkin Bulgular

Çalıştay raporunda çalıştayda yapılan konuşmalar altı ana başlık altında toplanmıştır. Bu başlıklar aşağıda rapordaki sırasıyla sunulmuştur; çalıştayda alınan kararlar ise 3.1.6'da verilmiştir.

3.1.1. Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli, Nota Eğitimi ve Öğretim Yöntemleri

Başka bir ilden Çanakkale'ye yeni gelen bir katılımcı öğretmen, eğitici eğitimi programlarında kendilerine "Temel eğitimde nota eğitimi verilmeyecek, enstrüman çaldırılmayacak, sadece kulaktan/papağan yöntemiyle çocuk şarkıları öğretilecek" şeklinde direktifler verildiğini aktarmıştır. Programı hazırlayan ekip ise (çalıştay sunumunu yapan katılımcı program ekibindendir: çalışmanın birinci yazarı) temel eğitimde nota eğitiminin kesinlikle yasaklanmadığını, ortaöğretime (9. sınıfa) gelen bir öğrenciden zaten belirli temel müzikal kabulleri edinmiş olmasının beklendiğini ifade etmiştir. Nota eğitiminin salt kuru teorik bilgi olarak değil; ritim heceleri (ör. "Ta-Te"), el vurma, vücut perküsyonu ve oyunlaştırma yoluyla somuttan soyuta aktarılması gerektiği uygulamalı olarak örneklendirilmiştir.

Bu tartışmada "Dünyanın en iyi programını yöntem bilmeyen öğretmene verirseniz başarısız olur; en kötü programı ise yöntem bilen donanımlı bir öğretmene verirseniz harikalar yaratır" görüşü vurgulanmış ve asıl meselenin öğretmenlerin hizmet içi eğitim seminerleriyle yöntem zenginliğine ulaştırılması olduğu belirtilmiştir. Raporun yönetici özetinde de temel eğitimde

nota eğitiminin tamamen kaldırıldığı veya yüzeysel/papağan yöntemiyle sınırlandırıldığı yönündeki algının gerçeği yansıtmadığı; programın öğretmene pedagojik yöntemlerini (oyunlaştırma, ritim kalıpları, solfej vb.) serbestçe uygulama esnekliği tanıdığı ve başarının müfredat metninden ziyade öğretmenin yöntem yetkinliğine bağlı olduğu vurgulanmıştır.

3.1.2. Kapsayıcı Müzik Eğitimi, Seçmeler ve "Müzik Kulağı" Tartışması

Katılımcı bir öğretmenin "Müzik kulağı olmayan çocuklarla seçmeli derste ya da koroda nasıl verimli çalışabiliriz?" sorusu üzerine okul düzeyinde genel müzik eğitiminin elitist bir yaklaşımla yürütülemeyeceği savunulmuştur. "Kulaksız çocuk yoktur" ve "her çocuk müzik eğitimi almaya elverişlidir", "müzik eğitimi her çocuk için yararlıdır" görüşleri çerçevesinde 3. sınıfa kadar tüm çocukların müzikal potansiyele sahip olduğu, bu kritik eşikten sonra doğru eğitim almadıkları için köreldikleri ifade edilmiştir. Ses eğitimi ve koro teknikleriyle en zor çocukların dahi tona sokulabileceği, öğretmenin görevinin seçilmiş çocuklarla vitrin yapmak değil, istekli olan her çocuğu geliştirmek olduğu vurgulanmıştır.

Bir katılımcı öğretmenin paylaştığı somut deneyimde, hiçbir ön eleme ve seçmeye tabi tutulmadan koroya dâhil edilen özel gereksinimli çocukların gösterdiği gelişim, kapsayıcı eğitimin sahadaki en büyük kanıtı olarak değerlendirilmiştir.

3.1.3. Ölçme-Değerlendirme, Not Baskısı ve Merkezî Sınavlar

Raporda, Bakanlığın "süreç odaklı değerlendirme" yaklaşımı ile okul idarelerinin talep ettiği katı "yazılı/uygulamalı sınav ve sözlü notu" şartı arasında derin bir saha uyumsuzluğu bulunduğu belirtilmiştir. Okul idarecilerinin kasım ve aralık aylarında e-Okul'a 15 gün içinde iki adet uygulamalı/sözlü sınav notu girilmesi yönündeki baskısının süreç değerlendirmesiyle çeliştiği ifade edilmiştir.

Oturum yöneticisi (çalışmanın birinci yazarı), kendi öğretmenlik deneyiminden örnek vererek her derste şarkı söyleme, tahtaya kalkma, derse katılım gibi ölçütlerin artı/eksi veya rubriklerle kayıt altına alınabileceğini; dönem sonunda performansı düşük kalan öğrencilere ise pano hazırlama veya telafi görevi verilerek notlandırmanın pedagojik bir araca dönüştürülebileceğini anlatmıştır. Buna karşın müzik dersinde notun tamamen kaldırılmasının dersi idareciler, veliler ve öğrenciler nezdinde değersizleştireceği konusunda görüş birliğine varılmıştır.

26 yıllık bir müzik öğretmeninin dile getirdiği, LGS ve YKS gibi liselere/üniversitelere geçiş sınavlarında Müzik, Görsel Sanatlar ve Beden Eğitimi derslerinden genel kültür kapsamında soru sorulması gerektiği önerisi büyük destek görmüştür. Katılımcılar, sınavda karşılığı olmayan derslerin idareciler ve veliler tarafından "boş/önemsiz ders" muamelesi gördüğünü belirtmiştir. Bu başlık altında ayrıca Türkiye genelinde pilot seçilen illerde (geçen yıl 9 il, bu yıl 15 il) araştırmacı öğretmenlerin dersleri izlediği, raporların doğrudan Bakanlığa sunularak müfredat revizyonlarına veri sağladığı açıklanmıştır.

3.1.4. Temel Eğitim (İlkokul/Okul Öncesi) ve BİLSEM Aday Gösterme Sorunları

İlkokullarda sınıf öğretmenlerinin müzik dersini genellikle matematik veya Türkçe gibi derslerin telafisi olarak kullandığı, dersi işleyenlerin ise çoğunlukla pedagojik olmayan YouTube içeriklerine başvurduğu eleştirilmiştir. Raporun yönetici özetine göre sınıf öğretmenlerinin müzik alanındaki pedagojik yetersizliği veya dersi diğer akademik derslere feda etmesi sebebiyle öğrenciler temel müzikal kabulleri edinmeden ortaokula geçmektedir.

İlkokul 1, 2 ve 3. sınıflarda yapılan BİLSEM aday gösterme sürecinde sınıf öğretmenlerinin kota kaygısıyla ve kişisel kanaatleriyle hareket ettiği, müzikal yeteneği olan sessiz/içe kapanık çocukların müzik öğretmenleri tarafından dinlenmediği için yeteneklerinin ziyan olduğu ifade edilmiştir. Çözüm olarak, bir öğretmenin daha önce görev yaptığı ortaokuldaki deneyimine dayanarak paylaştığı "gezici tarama" modeli önerilmiştir. Bu modelde ortaokul müzik öğretmeni belirli bir hafta boyunca bölgesindeki ilkokullara görevlendirilerek 1–3. sınıfları org/piyano eşliğinde tek tek taramakta ve bu yöntemin en sağlıklı sonuçları verdiği dile getirilmiştir.

3.1.5. Repertuvar Kısıtlılığı, Telif Hakları, İdari Engeller ve Ders Saatleri

MEB ders kitaplarına gençlerin ilgisini çekecek güncel popüler veya geleneksel şarkıların eklenmek istendiği, ancak eser sahiplerinin/varislerinin izin vermemesi veya çok yüksek telif bedelleri talep etmesi sebebiyle repertuvarların daraldığı açıklanmıştır.

Katılımcılar, okul yöneticilerinin sanatsal faaliyetleri desteklemek yerine öğretmenleri soruşturma veya engellerle yıldırmaya çalıştığını dile getirmiştir. Buna örnek olarak bir öğretmenin okul orkestrasıyla yurt dışında vermeyi planladığı konserin, tüm kaynaklar ayarlanmış olmasına karşın son anda idari yazışmalarla engellenmesi gösterilmiştir.

Ders saatlerine ilişkin olarak temel müzik ders saatlerinin (özellikle zorunlu haftalık 1 saat) artırılmasının genel müfredat yükü nedeniyle Bakanlıkça mümkün görülmediği, ancak liseler düzeyinde koro, çalgı toplulukları, oda müziği gibi modüler seçmeli derslerin hayata geçirildiği belirtilmiştir.

3.1.6. Çalıştayda Alınan Kararlar

Çalıştayda tartışılan sorunlar ve bu sorunlara ilişkin alınan kararlar Tablo 3'te eşleştirilerek verilmiştir.

Tablo 3. Çalıştayda Tartışılan Sorunlar ve Alınan Kararlar

Tartışılan sorun	Alınan karar (rapordaki ifadeyle)
Programın esnekliğine ilişkin yanlış algılar ve öğretmenin yöntem yetkinliği (3.1.1)	Öğretmenlerin Maarif Modeli'nin esnek yapısını arkalarına alarak, bürokratik bahanelere sığınmadan sınıf içi öğretim yöntemlerini (ritim, nota, enstrüman) zenginleştirme hakkını kullanmaları gerektiği benimsenmiştir.
Süreç odaklı değerlendirme ile idarenin not baskısı arasındaki uyumsuzluk (3.1.3)	Görsel Sanatlar dersinde uygulanan "ürün/süreç değerlendirme" modeline benzer bir yapının Müzik dersi için de e-Okul sistemine entegre edilmesi yönünde İl Milli Eğitim Müdürlüğü'ne teklif sunulması kararlaştırılmıştır.
BİLSEM aday gösterme sürecinde müzikal yeteneklerin gözden kaçması (3.1.4)	BİLSEM ve yetenek taramalarında ortaokul müzik öğretmenlerinin ilkokullarda geçici görevlendirmeyle tarama yapmasını sağlayacak pilot bir yerel yönerge/protokol önerisinin hazırlanması uygun bulunmuştur.
Merkezî sınavlar, idarecilerin sanat eğitimine yönelik tutumları, ders araç-gereç yetersizlikleri (3.1.3, 3.1.5)	Çalıştayda dile getirilen tüm yapısal sorunların resmi bir rapor haline getirilerek hem İl MEM'e hem de MEB İzleme ve Değerlendirme Daire Başkanlığı'na iletilmesi kararlaştırılmıştır.

Bunların yanı sıra çalıştayda 2027 yılında öğretmenlerin ve öğrencilerin akademik/profesyonel sahnede buluşmasını sağlamayı amaçlayan bir amatör çalgı festivali olan Çanakkale ESFEST (Eğitimden Sahneye) organizasyonunun çerçevesi çizilmiştir.

3.2. Katılımcı Değerlendirmelerine İlişkin Bulgular

3.2.1. Çalıştayın Beklentileri Karşılama ve Verimlilik Düzeyi

Katılımcıların kapalı uçlu sorulara verdikleri yanıtların dağılımı ve betimsel istatistikleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Çalıştayın Beklentileri Karşılama ve Verimlilik Düzeyine İlişkin Betimsel İstatistikler (n=35)

Soru	3	4	5	x̄	ss
Çalıştayın genel içeriği ve organizasyonu beklentilerinizi ne ölçüde karşıladı?	1	13	21	4,57	0,56
Çalıştayı verimlilik açısından nasıl değerlendirirsiniz?	3	12	20	4,49	0,66

Not. Hiçbir katılımcı 1 ve 2 puanı işaretlememiştir.

Tablo 4 incelendiğinde katılımcıların 21'inin çalıştayın beklentilerini tamamen karşıladığını (5 puan), 13'ünün 4 puan, birinin ise 3 puan verdiği görülmektedir ($\bar{x}$=4,57; ss=0,56). Verimlilik açısından katılımcıların 20'si çalıştayı çok verimli (5 puan), 12'si 4 puan ve üçü 3 puan olarak değerlendirmiştir ($\bar{x}$=4,49; ss=0,66). Hiçbir katılımcının 1 veya 2 puan vermemiş olması ve her iki ortalamanın ölçeğin üst ucuna yakın olması, katılımcıların çalıştayın beklentilerini karşılama ve verimlilik düzeyini yüksek bulduklarını göstermektedir.

3.2.2. En Yararlı Bulunan Konular

Katılımcıların "Çalıştay'da ele alınan konulardan sizce en yararlı olan(lar) hangileriydi?" sorusuna verdikleri yanıtların içerik analizi bulguları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Katılımcıların En Yararlı Buldukları Konular

Kod	f	Katılımcılar
Ölçme-değerlendirme	13	Ö2, Ö3, Ö5, Ö8, Ö14, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö22, Ö25, Ö32, Ö34
Farklılaştırma	8	Ö5, Ö10, Ö11, Ö13, Ö16, Ö18, Ö19, Ö21
TYMM'ye ilişkin genel bilgiler	5	Ö1, Ö7, Ö20, Ö28, Ö35
Zenginleştirme	4	Ö13, Ö17, Ö26, Ö27
Öğrenci odaklı, destekleyici ve süreç odaklı yaklaşım	4	Ö12, Ö15, Ö24, Ö33
Tüm içeriğin yararlı bulunması	3	Ö9, Ö23, Ö29
Müziğin ve müzik dersinin önemi	2	Ö6, Ö28
Yeni uygulamalar ve içeriğin işleyişi	2	Ö4, Ö30
Meslektaşlarla bir araya gelme ve deneyim paylaşımı	2	Ö31, Ö35

Not. Birden fazla konuya değinen yanıtlar birden fazla kod altında sayılmıştır (toplam f=43).

Tablo 5'e göre katılımcıların en yararlı buldukları konu ölçme-değerlendirmedir (f=13). Bunu farklılaştırma (f=8), TYMM'ye ilişkin genel bilgiler (f=5) ile zenginleştirme ve öğrenci odaklı, destekleyici ve süreç odaklı yaklaşım (f=4) izlemektedir. Katılımcılar ölçme-değerlendirmeye ilişkin olarak özellikle yaklaşımın not merkezli olmamasını ve yapılacakların örneklerle somutlaştırılmasını yararlı bulmuştur:

> *"Ölçme değerlendirmenin Not endeksli olmayan bir yaklaşıma dayalı olması." (Ö32)*
>
> *"Ölçme değerlendirme ile ilgili gösterilen tablolarla yapılacakların örneklendirilmesi." (Ö22)*
>
> *"Ölçme ve değerlendirme açısından önemi ve farklılaştırılmış eğitimin anlaşılması önemliydi." (Ö18)*

Öğrenciye yaklaşım konusunda bir katılımcı, "Öğrenciye yaklaşımın yargı temelli olmayıp destekleyici ve yönlendirici ve koşulların oluşturulmasının önemini kavrama açısından faydalı oldu." (Ö33) ifadesini kullanmıştır. Bir katılımcı ise çalıştayın, öğretmenlerin TYMM'ye ilişkin

bir eğitim almadan programı uygulamaya başladıkları bir ortamda bir başlangıç niteliği taşıdığını vurgulamıştır:

> *"Çanakkale de müzik öğretmenleri Maarif Model eğitimi almadı ve alanda her öğretmen deneyimleyerek öğrendi, bu anlamda bir başlangıç olduğunu düşünüyorum." (Ö35)*

Bununla birlikte bir katılımcı, programın getirdiği yenilikleri sınırlı bulmakla birlikte çalıştayın öğretmenleri bir araya getirme işlevini önemsemiştir: "Zaten yaptığımız şeyler yeni programın yeni olmasındaki büyük farkları görmedim ama müzik öğretmenlerinin toplanması açısından çok faydalı buluyorum" (Ö31).

3.2.3. Gelecek Çalıştaylar İçin Konu Önerileri

Katılımcıların "Bundan sonraki çalıştaylarda ele alınmasını yararlı bulacağınız başka konular var mı?" sorusuna verdikleri yanıtların içerik analizi bulguları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Gelecek Çalıştaylar İçin Konu Önerileri

Kod	f	Katılımcılar
TYMM'nin daha ayrıntılı ele alınması / TYMM eğitimi	6	Ö1, Ö3, Ö18, Ö29, Ö34, Ö35
Uygulamalı ve atölye temelli etkinlikler, uygulama örnekleri	6	Ö7, Ö9, Ö20, Ö21, Ö22, Ö31
Öneri yok / aynı konular	5	Ö2, Ö5, Ö12, Ö26, Ö27
Güzel Sanatlar Liselerine özgü konular	4	Ö3, Ö18, Ö24, Ö33
Farklılaştırma ve kapsayıcı eğitim	3	Ö8, Ö10, Ö23
Ders saati, ders süresi ve öğretmen normu	3	Ö6, Ö25, Ö30
Müzik sınıfı, çalgı ve teknik donanım	2	Ö28, Ö32
İlkokul ve okul öncesinde müzik eğitimi	2	Ö13, Ö14
Türk müziği öğretimi	2	Ö16, Ö24
Yerel sorunlar ve çözümler	2	Ö15, Ö17
Öğretim yöntem ve teknikleri	1	Ö34
Dijital platformlar ve materyaller	1	Ö13
Değerler eğitimi	1	Ö11
Belirli gün ve haftalara yönelik etkinlikler	1	Ö19

Not. Birden fazla konuya değinen yanıtlar birden fazla kod altında sayılmıştır. Anlamı belirlenemeyen bir yanıt (Ö4) kodlamaya dâhil edilmemiştir.

Tablo 6'ya göre katılımcıların gelecek çalıştaylar için en sık önerdikleri konular TYMM'nin daha ayrıntılı ele alınması (f=6) ile uygulamalı ve atölye temelli etkinlikler ve uygulama örnekleridir (f=6). Bunları Güzel Sanatlar Liselerine özgü konular (f=4), farklılaştırma ve kapsayıcı eğitim (f=3) ile ders saati, ders süresi ve öğretmen normu (f=3) izlemektedir. Katılımcılardan biri uygulamalı çalışmalara ilişkin olarak "Odak gruplarla seçimlik atölye çalışmaları olabilir." (Ö21) önerisinde bulunmuştur. Güzel Sanatlar Liselerine ilişkin öneriler TYMM'nin bu okullara yansımasında yoğunlaşmaktadır:

> *"Güzel Sanatlar Lisesilerinin maarif modelinin sınıf ve atölyelere yansıması için Güzel Sanatlar Lisesi öğretmenleri ile bir çalıştay yapılmasının yararlı olacağını düşünüyorum." (Ö18)*

Fiziki koşullara ilişkin olarak bir katılımcı, "Müzik sınıfları ve enstrümanlar üzerinden durulmasını çok isterim. Çünkü müzik sınıfı olmayan çok fazla okul var. Gerekli ortam gerçekten yok." (Ö28) ifadesini kullanmıştır. Kapsayıcı eğitime ilişkin bir öneride ise şu soru dile getirilmiştir:

> *"Kulağı hiç duymayan ve yeteneği olmayan öğrencilere verilmesi gereken eğitim! Nasıl olmalı? Diğer öğrenciler müzikten bir şey öğrenirken diğeri nasıl görevlendirilmelidir?" (Ö8)*

3.2.4. Genel Görüş, Öneri ve Eleştiriler

Katılımcıların "Çalıştayla ilgili eklemek istediğiniz genel görüş, öneri veya eleştiriniz var mı?" sorusuna verdikleri yanıtların içerik analizi bulguları Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Çalıştaya İlişkin Genel Görüş, Öneri ve Eleştiriler

Kod	f	Katılımcılar
Teşekkür ve olumlu genel değerlendirme	19	Ö1, Ö3, Ö8, Ö10, Ö11, Ö13, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21, Ö23, Ö27, Ö28, Ö29, Ö33, Ö34, Ö35
Daha sık ve düzenli yapılması	4	Ö12, Ö24, Ö28, Ö31
Yapısal ve politika önerileri (ders saati, merkezî sınavlar, 8. sınıf, eğitim sistemi)	4	Ö9, Ö14, Ö32, Ö35
Yanıt yok	3	Ö5, Ö6, Ö26
Daha etkileşimli ve uygulamalı olması	2	Ö17, Ö30
Sürenin artırılması	2	Ö22, Ö33
Yeni konu önerileri	2	Ö25, Ö29
Daha fazla öğretmene ulaşması	1	Ö4
Çalıştay materyalleri (rapor, slayt, ön okuma)	1	Ö15
Kılavuz ve öğrenci kitaplarının temini	1	Ö7
Müzik öğretmenlerinden bir orkestra kurulması	1	Ö2

Not. Birden fazla konuya değinen yanıtlar birden fazla kod altında sayılmıştır.

Tablo 7'ye göre katılımcıların yarıdan fazlası (f=19) çalıştaya ilişkin teşekkürlerini ve olumlu genel değerlendirmelerini dile getirmiştir. Bir katılımcı çalıştayın buluşma işlevini "Bizi bir araya topladığınız için çok teşekkürler" (Ö21) sözleriyle ifade etmiştir. Katılımcılar çalıştayların daha sık ve düzenli yapılmasını (f=4) ve daha fazla öğretmene ulaşmasını (f=1) önermiştir:

> *"Çok verimli geçen bir çalıştaydı. Bu tarz çalıştayların sayılarının artmasını isterim." (Ö28)*
>
> *"Daha çok öğretmene ulaşırsa çok daha verimli olur" (Ö4)*

Eleştirel görüşler ağırlıklı olarak süre ve çalıştayın biçimi üzerinde yoğunlaşmıştır. Bir katılımcı sürenin yalnızca ölçme-değerlendirme konusunu ele almaya yettiğini belirtmiş, bir başka katılımcı ise daha uygulamalı ve karşılıklı bir çalışma biçimi talep etmiştir:

> *"Gün sayısı olarak maarif modeli için yalnızca ölçme konusunu ele alabilecek kadar bir zaman vardı. O nedenle mevcut çalıştayın zamanı daha kapsamlı bir eğitim için çok yetersizdi. O nedenle daha uzun süreli bir çalıştay düzenlenmesi gerektiğini düşünüyorum." (Ö22)*
>
> *"Konuların yüzeysel anlatım ile değil birlikte karşılıklı çalışma ve uygulamalı olmasını istiyorum" (Ö30)*

Yapısal ve politika önerileri (f=4) ise müzik dersinin okul sistemindeki konumuna ilişkindir. Bu öneriler arasında müzik ders saatlerinin artırılması ve ilkokul ve anaokullarında müzik dersinin zorunlu hâle getirilmesi (Ö14), liseye ve üniversiteye geçiş sınavlarında müzik, beden eğitimi ve görsel sanatlar derslerinden de soru sorulması (Ö32) ve eğitimde köklü yeniliklere gidilmesi (Ö9) yer almaktadır:

> *"Liseye geçiş ve üniversite sınavlarında müzik, beden eğitimi ve görsel sanatlar derslerinin sorularına da yer verilmesi" (Ö32)*

4. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Tartışma

Çalıştay raporu, çalıştayın yalnızca bilgi aktarımı ve görüş paylaşımı ortamı olmadığını, aynı zamanda alandaki sorunları görünür kılan ve bunlara ilişkin somut kararlar üreten bir yapı

olduğunu göstermektedir. Müzik dersi için e-Okul'da süreç değerlendirmesine uygun bir yapının İl Millî Eğitim Müdürlüğü'ne önerilmesi, BİLSEM taramalarına yönelik yerel bir yönerge/protokol önerisinin hazırlanması ve yapısal sorunların raporlaştırılarak İl Millî Eğitim Müdürlüğü ile MEB İzleme ve Değerlendirme Daire Başkanlığı'na iletilmesi kararları, çalıştayın sahadan karar vericilere uzanan bir geri bildirim kanalı işlevi gördüğünü ortaya koymaktadır. Bu yönüyle model, Kennedy'nin (2005) sınıflamasında bilginin aktarımına dayanan modellerden çok öğretmenin aktif katılımını ve meslektaşlarla birlikte öğrenmesini öne çıkaran modellere yakın durmaktadır.

Raporda vurgulanan "Dünyanın en iyi programını yöntem bilmeyen öğretmene verirseniz çöpe atar; en kötü programı ise yöntem bilen donanımlı bir öğretmene verirseniz harikalar yaratır" ilkesi, öğretim programındaki değişikliklerin sınıfa yansımasında öğretmenin yöntem yetkinliğinin belirleyici olduğuna işaret etmektedir. Bu görüş, alana özgü, uygulamalı ve öğretmenin aktif katılımına dayanan mesleki gelişimin önemini vurgulayan alanyazınla örtüşmektedir (Bautista vd., 2017; Desimone, 2009). Nota eğitimine ilişkin yanlış algıların çalıştayda dile getirilip TYMM Ortaöğretim Müzik Dersi Öğretim Programı'nı hazırlayan ekiple doğrudan tartışılabilmesi de bu tür buluşmaların programın sahada doğru anlaşılmasına katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

Çalıştay raporu ile değerlendirme formundan elde edilen bulgular birbirini destekler niteliktedir. Formda en yararlı bulunan konuların başında ölçme-değerlendirmenin gelmesi, raporda en kapsamlı tartışmalardan birinin süreç odaklı değerlendirme ile okul idarelerinin not baskısı arasındaki uyumsuzluk üzerine yapılmasıyla örtüşmektedir. Benzer biçimde katılımcıların formda gelecek çalıştaylar için önerdikleri müzik dersi saatleri ile müzik sınıfı ve çalgı gereksinimi konuları, raporda ders saatleri ve ders araç-gereç yetersizlikleri olarak yer almaktadır. Farklı veri kaynaklarından elde edilen bu tutarlılık, bulguların inandırıcılığını artırmaktadır.

Araştırmada katılımcı öğretmenlerin çalıştayın beklentilerini karşılama ve verimlilik düzeyini yüksek buldukları belirlenmiştir. Bu bulgu, Afyonkarahisar çalıştaylarına katılan müzik öğretmenlerinin çalıştayları mesleki gelişimlerine katkı sağlayan, derslerini daha etkili hâle getiren ve meslektaşlar arasındaki iletişimi geliştiren etkinlikler olarak değerlendirdiğini ortaya koyan Sökezoğlu Atılgan ve Taş'ın (2020) bulgularıyla örtüşmektedir. İki ilde, farklı yıllarda ve farklı içeriklerle gerçekleştirilen çalıştaylara ilişkin benzer olumlu değerlendirmeler, modelin belirli bir içerikten çok buluşma biçiminin kendisinden kaynaklanan bir değer taşıdığını düşündürmektedir.

Katılımcıların en yararlı buldukları konuların ölçme-değerlendirme, farklılaştırma ve zenginleştirme olması, çalıştay içeriğinin öğretmenlerin güncel gereksinimleriyle örtüştüğünü göstermektedir. TYMM Ortaöğretim Müzik Dersi Öğretim Programı'nda ölçme-değerlendirme her temada "Öğrenme Kanıtları" başlığıyla, zenginleştirme ise farklılaştırmanın bir bileşeni olarak yer almaktadır (MEB, 2025). Programın yeni olan bu bileşenlerinin katılımcılar tarafından öne çıkarılması, Desimone'un (2009) etkili mesleki gelişim özelliklerinden içerik odağı ve tutarlılık ile ilişkilendirilebilir: Çalıştay içeriği hem doğrudan müzik dersinin öğretimine odaklanmış hem de öğretmenlerin uygulamakla yükümlü oldukları yeni öğretim programıyla tutarlı olmuştur.

Katılımcıların gelecek çalıştaylar için uygulamalı ve atölye temelli etkinlikler önermeleri, etkili mesleki gelişime ilişkin alanyazında öne çıkan aktif öğrenme özelliğine yönelik bir gereksinime işaret etmektedir (Darling-Hammond vd., 2017; Desimone, 2009). Bautista ve arkadaşlarının (2017) müzik öğretmenlerine yönelik mesleki gelişim girişimlerinin bu özellikleri farklı düzeylerde taşıdığını belirlemesi, müzik alanına özgü buluşmalarda uygulamalı boyutun güçlendirilmesinin önemini desteklemektedir. Bu bulgu ayrıca Guskey'in (2002) öğretmen değişimi modeliyle de ilişkilendirilebilir: Öğretmenlerin sınıfta deneyebilecekleri somut uygulamalar, mesleki gelişimin sınıf içi uygulamaya yansımasını kolaylaştırmaktadır.

Katılımcıların Güzel Sanatlar Liselerine özgü sorunlar, müzik dersi saatleri ile müzik sınıfı ve çalgı gereksinimi gibi konuları önermeleri, çalıştayın yalnızca bir bilgi aktarım ortamı olarak değil, alandaki sorunların dile getirildiği bir paylaşım ortamı olarak da algılandığını göstermektedir. Ørngreen ve Levinsen'in (2017) belirttiği gibi çalıştaylar hem katılımcıların hem de araştırmacıların amaçlarına hizmet edebilmektedir; bu yönüyle çalıştay, alandaki gereksinimlerin belirlenmesine ve karar vericilere iletilmesine aracılık eden bir kanal işlevi de görebilir.

Değerlendirme formunda katılımcıların öne sürdüğü konuların önemli bir bölümü, çalıştay raporundaki tartışmalarla da örtüşmektedir. Kapsayıcı eğitime ilişkin olarak formda yöneltilen "Kulağı hiç duymayan ve yeteneği olmayan öğrencilere verilmesi gereken eğitim! Nasıl olmalı?" (Ö8) sorusu, raporda kayda geçen "Müzik kulağı olmayan çocuklarla seçmeli derste ya da koroda nasıl verimli çalışabiliriz?" sorusuyla aynı kaygıyı yansıtmaktadır. Benzer biçimde merkezî sınavlarda müzik, beden eğitimi ve görsel sanatlar derslerinden soru sorulması önerisi (Ö32), ilkokul ve anaokullarında müzik eğitimine ilişkin talepler (Ö13, Ö14) ve ders saatlerine ilişkin öneriler (Ö6, Ö14, Ö25) raporda da yer almaktadır. Bu örtüşme, çalıştayda dile getirilen sorunların tek tek katılımcılara özgü olmadığını, alanın ortak sorunları olduğunu düşündürmektedir.

Gelecek çalıştaylar için en sık önerilen konulardan birinin TYMM'nin daha ayrıntılı ele alınması (f=6) olması ve bir katılımcının Çanakkale'de müzik öğretmenlerinin TYMM'ye ilişkin bir eğitim almadan programı "deneyimleyerek" öğrendiğini belirtmesi (Ö35), öğretim programı değişikliklerinde alana özgü mesleki gelişim desteğinin önemine işaret etmektedir. Bu bulgu, raporda vurgulanan öğretmenin yöntem yetkinliği ilkesiyle birlikte değerlendirildiğinde çalıştayın, programın uygulanmasına ilişkin bir boşluğu doldurmaya yönelik bir işlev üstlendiğini göstermektedir. Öte yandan sürenin yalnızca ölçme-değerlendirme konusunu ele almaya yettiğine (Ö22) ve programın getirdiği yeniliklerin sınırlı olduğuna (Ö31) ilişkin eleştirel görüşler, tek günlük bir buluşmanın kapsamlı bir mesleki gelişim programının yerini tutamayacağını ve modelin süreklilik ve uygulama boyutuyla desteklenmesi gerektiğini göstermektedir.

Katılımcıların çalıştayların daha sık düzenlenmesini ve daha fazla öğretmene ulaşmasını talep etmeleri, modelin öğretmenler tarafından benimsendiğinin bir göstergesi olarak yorumlanabilir. Bu talep, etkili mesleki gelişimin zamana yayılan ve sürdürülebilir bir süreç olması gerektiğini vurgulayan çerçevelerle de uyumludur (Darling-Hammond vd., 2017; Desimone, 2009). Öte yandan bu tür buluşmalarda gönüllü katılımın rolü göz ardı edilmemelidir. Carpenter ve Linton (2016), EdCamp'lerdeki olumlu havada gönüllülüğün belirli bir payı olduğunu belirtmiştir. Carpenter ve MacFarlane (2018) ise katılımın zorunlu tutulduğu EdCamp'lerde eğitimcilerin deneyimlerini çoğunlukla olumlu değerlendirdiğini, ancak bu değerlendirmelerin gönüllü EdCamp'lere göre daha düşük kaldığını saptamıştır. Yazarlara göre zorunlu katılım, katılımcıların değer verdiği nitelikleri kaçınılmaz olarak ortadan kaldırmamakla birlikte bazı katılımcılar modelin olanaklarını kavramak ve benimsemek için desteğe ihtiyaç duymaktadır.

Bu çalışmada ele alınan model, uluslararası alanyazındaki tabandan gelen mesleki gelişim örnekleriyle (Holme vd., 2020) meslektaşlar arası paylaşıma ve gönüllü katılıma dayanması bakımından benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte model, üniversite ile il millî eğitim müdürlüğü arasındaki kurumsal işbirliğine dayanması, doğrudan müzik eğitimcilerine yönelmesi ve içeriğinin katılımcı gereksinimleri doğrultusunda belirlenmesi bakımından bu örneklerden ayrılmaktadır (bkz. Tablo 2). Modelin 2008'den bu yana Afyonkarahisar'da sürdürülmesi ve 2021'den itibaren Çanakkale'ye taşınması, farklı illere aktarılabilirliğine ilişkin önemli bir kanıt sunmaktadır.

Araştırmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Veriler tek bir çalıştaydan, katılımcıların öz bildirimine ve araştırmacılardan biri tarafından hazırlanan çalıştay raporuna dayalı olarak elde edilmiştir; çalıştayın öğretmenlerin sınıf içi uygulamalarına yansıması bu çalışmanın kapsamı

dışındadır. Ayrıca araştırmacıların çalıştayın düzenleyicileri olması, bulguların yorumlanmasında göz önünde bulundurulmalıdır.

4.2. Sonuç

Çalıştay raporuna göre çalıştaydaki konuşmalar TYMM kapsamında nota eğitimi ve öğretim yöntemleri, kapsayıcı müzik eğitimi, ölçme-değerlendirme ve not baskısı, temel eğitim ve BİLSEM aday gösterme süreçleri ile repertuvar, telif, idari engeller ve ders saatleri üzerinde yoğunlaşmış; bu konulara ilişkin somut kararlar alınmıştır. Ayrıca bu araştırmada, 2026 yılında altıncısı düzenlenen Çanakkale Müzik Eğitimcileri Çalıştayı'na katılan 35 öğretmenin çalıştayın beklentilerini karşılama ve verimlilik düzeyini yüksek buldukları; TYMM'ye odaklanan içerikte ölçme-değerlendirme, farklılaştırma ve zenginleştirme konularını en yararlı buldukları belirlenmiştir. Katılımcılar gelecek çalıştaylar için uygulamalı ve atölye temelli etkinlikler, Güzel Sanatlar Liselerine özgü sorunlar, müzik dersi saatleri ile müzik sınıfı ve çalgı gereksinimi gibi konular önermiş; çalıştayların daha sık düzenlenmesini ve daha fazla öğretmene ulaşmasını talep etmiştir. Bulgular, düzenli aralıklarla sürdürülen bu mesleki buluşma modelinin öğretmenlerin her yıl belirli dönemlerde beklediği ve mesleki gelişimlerini destekleyen bir ortama dönüşebileceğini göstermektedir.

4.3. Öneriler

Araştırma bulgularına dayalı olarak şu öneriler geliştirilmiştir:

– Gelecek çalıştaylarda uygulamalı ve atölye temelli oturumlara daha fazla yer verilebilir.
– Güzel Sanatlar Liselerinde görev yapan öğretmenlere yönelik ayrı oturumlar düzenlenebilir.
– Katılımcıların dile getirdiği müzik ders saatleri ile müzik sınıfı ve çalgı gereksinimi gibi sorunlar raporlaştırılarak ilgili karar vericilere iletilebilir.
– Çalıştayların sıklığı artırılabilir ve çevrim içi ya da karma oturumlarla daha fazla öğretmene ulaşılabilir.
– Çalıştayda alınan kararların (e-Okul değerlendirme önerisi, BİLSEM taramalarına yönelik yerel protokol önerisi, resmî çalıştay raporu) uygulanma durumu izlenebilir ve sonraki çalıştaylarda katılımcılarla paylaşılabilir.
– Üniversite ile il millî eğitim müdürlüğü işbirliğine dayanan bu model, başka illerde ve başka branşlarda uygulanabilir.
– Sonraki araştırmalarda çalıştayın öğretmenlerin sınıf içi uygulamalarına yansıması gözlem ve görüşme yoluyla incelenebilir; farklı yıllarda yapılan çalıştayların verileri karşılaştırılabilir.

KAYNAKÇA

Avalos, B. (2011). Teacher professional development in Teaching and Teacher Education over ten years. *Teaching and Teacher Education, 27*, 10–20. https://doi.org/10.1016/j.tate.2010.08.007

Bautista, A., Yau, X. ve Wong, J. (2017). High-quality music teacher professional development: A review of the literature. *Music Education Research, 19*(4), 455–469. https://doi.org/10.1080/14613808.2016.1249357

Boğaz Gazetesi. (2026, 10 Eylül). *Çanakkale'de müzik eğitimi için fikir alışverişi*. https://www.bogazgazetesi.com.tr/canakkalede-muzik-egitimi-icin-fikir-alisverisi

Bümen, N., Ateş, A., Çakar, E., Ural, G. ve Acar, V. (2012). Türkiye bağlamında öğretmenlerin mesleki gelişimi: Sorunlar ve öneriler. *Millî Eğitim, 41*(194), 31–50.

Carpenter, J. P. ve Linton, J. N. (2016). Edcamp unconferences: Educators' perspectives on an untraditional professional learning experience. *Teaching and Teacher Education, 57*, 97–108. https://doi.org/10.1016/j.tate.2016.03.004

Carpenter, J. P. ve MacFarlane, M. R. (2018). Educator perceptions of district-mandated Edcamp unconferences. *Teaching and Teacher Education, 75*, 71–82. https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.06.002

Ceylan, M. ve Özdemir, S. (2016). Türkiye ve İngiltere'deki öğretmenlerin sürekli mesleki gelişime ilişkin görüşlerinin ve katılım durumlarının incelenmesi. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 6*(1), 397–417.

ÇOMÜ Devlet Konservatuvarı. (2023). *Müzik eğitimcileri çalıştayı*. https://konservatuar.comu.edu.tr/muzik-egitimcileri-calistayi-r111.html

Darling-Hammond, L., Hyler, M. E. ve Gardner, M. (2017). *Effective teacher professional development*. Learning Policy Institute.

Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures. *Educational Researcher, 38*(3), 181–199. https://doi.org/10.3102/0013189X08331140

Garet, M. S., Porter, A. C., Desimone, L., Birman, B. F. ve Yoon, K. S. (2001). What makes professional development effective? Results from a national sample of teachers. *American Educational Research Journal, 38*(4), 915–945. https://doi.org/10.3102/00028312038004915

Guskey, T. R. (2002). Professional development and teacher change. *Teachers and Teaching, 8*(3), 381–391. https://doi.org/10.1080/135406002100000512

Harris, M. M. (2017). Why music matters: How participation in a professional learning community can expand the role of music educators. *Journal of Practitioner Research, 2*(2), Article 5. https://doi.org/10.5038/2379-9951.2.2.1042

Holme, R., Schofield, S. ve Lakin, E. (2020). Conceptualising and exploring examples of grassroots teacher professional development. *Teacher Education Advancement Network Journal, 12*(1), 25–37.

İstanbul İl Millî Eğitim Müdürlüğü. (2020, 26 Şubat). *Müzik akademisi*. https://istanbul.meb.gov.tr/www/muzik-akademisi/icerik/3037

Kennedy, A. (2005). Models of continuing professional development: A framework for analysis. *Journal of In-Service Education, 31*(2), 235–250. https://doi.org/10.1080/13674580500200277

Kocatepe Gazetesi. (2025, 12 Aralık). *AKÜ'de müzik eğitimi çalıştayı geleneksel hale geldi*. https://www.kocatepegazetesi.com/aku-de-muzik-egitimi-calistayi-geleneksel-hale-geldi/398884/

MEB. (2022). Millî Eğitim Bakanlığı Öğretmen ve Okul Yöneticilerinin Mesleki Gelişimi Programına Dair Yönetmelik. *Resmî Gazete*, 11 Mart 2022, https://ankarahee.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2022_03/11134754_HYZMETYCY_EYYTYM_YONETMELYK.pdf

MEB. (2025). *Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli ortaöğretim müzik dersi öğretim programı (hazırlık, 9, 10, 11 ve 12. sınıflar)*. https://mufredat.meb.gov.tr

MÜZED. (2023). *5. Ankara Müzik Öğretmenleri Semineri*. https://ipekyolukonferansi.org/5-muzik-ogretmenleri-semineri/

Öğretmenlik Mesleği Kanunu. (2024). *Resmî Gazete*, 18 Ekim 2024, Sayı: 32696. Kanun No: 7528.

Ørngreen, R. ve Levinsen, K. (2017). Workshops as a research methodology. *Electronic Journal of e-Learning, 15*(1), 70–81.

Sökezoğlu Atılgan, D. ve Taş, S. (2020). Müzik eğitimi çalıştaylarına ilişkin müzik öğretmenlerinin görüşleri (Afyonkarahisar ili örneği). *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 19*(73), 186–205. https://doi.org/10.17755/esosder.512561

Stoll, L., Bolam, R., McMahon, A., Wallace, M. ve Thomas, S. (2006). Professional learning communities: A review of the literature. *Journal of Educational Change, 7*(4), 221–258. https://doi.org/10.1007/s10833-006-0001-8

Türkmen, E. F. (2012). Hizmetiçi seminer çalışmaları kapsamında Afyon müzik eğitimi çalıştayının değerlendirilmesi. X. Ulusal Müzik Eğitimi Sempozyumu, 89–105.

Türkmen, E. F. ve Sökezoğlu Atılgan, D. (2013). *Çalıştaylar*. ARG Matbaası. Afyonkarahisar.

Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2006). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri.* Seçkin Yayıncılık, Ankara.

YALNIZLAŞAN SOFRALAR: BİRLİKTE YEMEKTEN BİREYSEL YEME KÜLTÜRÜNE GEÇİŞ

THE INDIVIDUALIZATION OF EATING: THE SHIFT FROM COMMUNAL DINING TO SOLITARY EATING

Emre ADIGÜZEL
Doç. Dr., Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü
Taha Gökmen ÜLGER
Dr. Öğr. Üyesi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü
Şemsi Gül YILMAZ KOCAMAN
Dr. Öğr. Üyesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü

ÖZET

Latince mensa (masa) köküne dayanan birlikte yemek yeme (commensality) eylemi insanlık tarihi boyunca yalnızca biyolojik beslenme ihtiyacını karşılamakla kalmamış, aynı zamanda toplumsal uyumu, güveni ve grup aidiyetini pekiştiren temel bir sosyal araç işlevi görmüştür. Aile sofralarında paylaşılan düzenli öğünler bireylerin psikososyal sağlığını ve duygusal dengesini koruyan önemli bir faktördür. Ancak sanayileşme, kentleşme ve küreselleşme süreçleriyle birlikte yaşanan toplumsal değişimler geleneksel sofra yapısını dönüştürmüştür. Geniş aile modelinden çekirdek aileye geçiş, kadınların iş hayatındaki varlığının artması ve bireysel çalışma temposu sofra başındaki birlikteliği zayıflatmıştır. Aynı sinide birleşen kalabalık yer sofralarının yerini masalara bırakması ve aile üyelerinin farklı saatlerde yemek yemesi sofra ritüellerini çözülmeye uğratmıştır. Claude Fischler'in "gastro-anomi" olarak tanımladığı bu durum; yemeğin ortak kural ve ritüellerden koparak bireysel bir eyleme dönüşmesini simgelemektedir. Ailenin bir arada yemek yeme atmosferinden ve önceliklerinden uzaklaşılması, bireylerde kontrolsüz yeme davranışlarını tetiklemekte; bilişsel kısıtlama yetisini zayıflatarak fast-food tüketim sıklığını artırmaktadır. Diğer taraftan tek kişilik hanelerin ve aktif yaşam tarzlarının artışıyla "solo dining (tek başına yemek yeme)" olgusu yaygınlaşmıştır. Araştırmalar, bireylerin büyük çoğunluğunun mecburen dışarıda yalnız yemek yediğini ve çevredekilerin "yalnız" veya "garip" algılamasından kaynaklı olumsuz yargılanma kaygısı hissederek gerginlik yaşadıklarını ortaya koymaktadır. Bireyler bu huzursuzluğu ve yabancılaşmayı hafifletmek amacıyla yemek esnasında sıklıkla akıllı telefonlara ve dijital ekranlara sığınmaktadır. Günümüzde fiziki sofralar yalnızlaşırken, bireyler bu izolasyonu dijital commensality (uzaktan yemek paylaşımları, mukbang yayınları, sanal yemek toplulukları) aracılığıyla aşmaya çalışmaktadır. Sonuç olarak yemek kültürü, mekânsal ve dijital boyutlarda yeniden biçimlenerek bireysel bir yaşam tarzına uyarlanmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Birlikte yeme, Bireysel yeme, Gastro-anomi, Beslenme kültürü.

ABSTRACT

The act of eating together (commensality), which derives from the Latin root "mensa," has not only served to meet biological nutritional needs throughout human history but has also functioned as a fundamental social tool that reinforces social harmony, trust, and a sense of group belonging. Regular meals shared at the family table are a key factor in maintaining individuals' psychosocial well-being and emotional balance. However, social changes brought about by industrialization, urbanization, and globalization have transformed the traditional dining structure. The shift from the extended family model to the nuclear family, the increasing

presence of women in the workforce, and individual work schedules have weakened the sense of togetherness at the table. The replacement of crowded floor-level meals, where everyone gathered around a single tray, with table-based meals, and family members eating at different times have led to the dissolution of dining rituals. This phenomenon, defined by Claude Fischler as "gastro-anomie," symbolizes the transformation of eating from a shared set of rules and rituals into an individual act. The shift away from the atmosphere and priorities of family meals triggers uncontrolled eating behaviors in individuals; by weakening their ability to exercise cognitive restraint, it increases the frequency of fast-food consumption. On the other hand, with the increase in single-person households and active lifestyles, the phenomenon of "solo dining" has become widespread. Research reveals that the vast majority of individuals eat alone outside the home out of necessity and experience anxiety due to the fear of being negatively judged by others who perceive them as "lonely" or "strange." To alleviate this unease and sense of alienation, individuals often turn to smartphones and digital screens while eating. As physical dining tables become increasingly isolated, people are attempting to overcome this isolation through digital commensality—such as remote meal-sharing, mukbang broadcasts, and virtual dining communities. Consequently, food culture is being reshaped in both spatial and digital dimensions to adapt to an individualized lifestyle.
Keywords: Commensality, Solo-dining, Gastro-anomie, Food culture.

GİRİŞ

Beslenme eylemi, görünürde canlıların hayatını sürdürebilmesi için gereken biyolojik bir zorunluluk gibi algılansa da insanlık tarihi boyunca her zaman fizyolojik bir karın doyurma işlevinin çok daha ötesine geçen toplumsal ve kültürel bir olgu olmuştur (1). Besinlerin elde edilmesinden pişirilmesine, sofra düzeninden tüketim biçimlerine kadar yemeğe eşlik eden tüm süreçler, toplumsal yapının, kültürel kodların ve sınıf ilişkilerinin aynası konumundadır (2,3). Etimolojik olarak Latince "masa" anlamına gelen mensa sözcüğüne dayanan ve commensality (birlikte yemek yeme) olarak adlandırılan pratik, sadece aynı gıdanın paylaşılmasını değil; ortak zamanın, mekânın ve duygusal etkileşimin de paylaşımını simgelemektedir (4,5). Nitekim sosyolojinin kurucularından Georg Simmel'in de belirttiği üzere yemek, insanları ortak bir paydada birleştiren ve yabancıları dahi yakınlaştırabilen ilk temel sosyalleşme alanıdır (2). Birlikte yemek yeme pratiği, hem biyolojik açlığı hem de insanın toplumsal etkileşim arzusunu aynı anda doyuran temel bir "sosyal araç" işlevi görmektedir (5).

Kolektif sofra, geleneksel toplumlarda aile bağlarının pekiştiği, kuşaklararası aktarımın sağlandığı ve toplumsal aidiyet duygusunun inşa edildiği en mahrem ve etkili ritüel alanıdır (3,6). Aile sofrasında bir araya gelmek, çocuklara ve gençlere toplumun mutfak kültürünü ve sofra adabını aktararak sosyalleşmeyi olanaklı kılmakta; bireyler arasında karşılıklı güven, dayanışma ve "biz" bilincini güçlendirmektedir (4,6). Bunun yanı sıra sofra etrafında oluşturulan kurallar ve sembolik düzenler grubun ortak kimliğini ve kültürel sürekliliğini sağlamlaştırmaktadır (2,3). Ancak sanayileşme, kentleşme, küreselleşme ve modern yaşam tarzlarının getirdiği dönüşümler, toplumsal yapının diğer kurumlarında olduğu gibi yemek kültüründe de köklü değişimlere yol açmıştır (3,7). Geniş aile yapısından çekirdek aileye ve tek kişilik hanelere geçiş, kadınların iş gücüne katılımı ve esnek/yoğun çalışma saatleri gibi etkenler kalabalık ve ritüelistik sofra birlikteliklerini zayıflatmıştır (3,8). Claude Fischler'in "gastro-anomi" olarak kavramsallaştırdığı bu durum yeme eyleminin ortak toplumsal kural ve ritüellerden koparak bireyselleşmesini, kutsallığını kaybetmesini ve kontrolsüz bir tüketim alanına dönüşmesini ifade etmektedir (9). Geleneksel sofra kültürünün çözülmesiyle birlikte "solo dining (tek başına yemek yeme)" olgusu yaygınlaşmış; bireysel yeme pratikleri düzensiz beslenme, fast-food tüketimi ve kamuya açık alanlarda yalnız yemek yerken hissedilen

psikososyal kaygılar (damgalanma/yargılanma korkusu) gibi yeni problemleri beraberinde getirmiştir (7,8).

Bu dönüşümün boyutlarını ve etkilerini bütüncül bir perspektifle kavramak, günümüz toplumlarında yemeğin değişen anlamlarını anlamak açısından kritik önem taşımaktadır. Bu doğrultuda bu derlemenin amacı birlikte yemek yeme kültüründen bireysel yeme alışkanlıklarına geçişi toplumsal, psikososyal ve beslenme davranışları açısından değerlendirmektir.

BİRLİKTE YEMEK YEME KÜLTÜRÜ (COMMENSALITY): KAVRAMSAL VE TARİHSEL ÇERÇEVE

Etimolojik olarak Orta Çağ Latincesindeki commensalis veya mensa (masa, aynı masada yaşamak/yemek) ile mensalis (masadaki gıdayı paylaşmak) kelimelerine dayanan commensality (birlikte yemek yeme), en yalın tanımıyla bireylerin bir arada gıda tüketme ve aynı sofrayı paylaşma pratiğini ifade etmektedir. Kavramsal boyutta commensality, yalnızca fizyolojik ihtiyaçların karşılandığı biyolojik bir beslenme eylemi değildir; aksine ortak zamanın, mekânın, gıdanın ve duygusal etkileşimin paylaşıldığı karmaşık ve çok boyutlu bir toplumsal olgudur (1,9,10). Evrimsel ve sosyolojik yaklaşımlar, birlikte yemek yeme davranışını insan soyunun tarihsel süreçte geliştirdiği, biyolojik acıkma hissi ile toplumsal etkileşim arzusunu aynı anda doyuran temel bir sosyal araç olarak kavramsallaştırmaktadır (5,10). İnsanlık tarihinde commensality pratikleri; besinsel ihtiyaçların kolektif koordinasyonu (food sharing), toplumsal düzeni ve sohbeti sağlayan ortak öğünler (meal sharing) ile toplumsal hiyerarşi ve sembolik bağların sergilendiği ziyafetler (feasting) şeklinde katmanlı bir evrim geçirmiştir (5).

Geleneksel toplumlarda birlikte yemek yeme, toplumsal uyumun, karşılıklı güvenin ve grup aidiyetinin inşasında stratejik bir işleve sahiptir (4). Georg Simmel'in "Yemeğin Sosyolojisi" tahlillerinde belirttiği üzere, insanların ilk ve en temel sosyalleşme ortaklığı yeme içme etrafında şekillenmiş; sofra etrafındaki paylaşım, yabancı bireyleri dahi birbirine yakınlaştıran dönüştürücü bir sosyal güç üretmiştir (2). Benzer şekilde UNESCO'nun Akdeniz Diyeti tanımında da vurgulandığı gibi, birlikte yemek yeme eylemi toplumsal kimliğin ve kültürün devamlılığını sağlarken; misafirperverlik, komşuluk, diyalog ve neşeli/keyifli birliktelik (conviviality) değerlerini pekiştirir (10,11). Nitekim geleneksel Anadolu sofra kültürüne bakıldığında; kalabalık ailelerin ve misafirlerin yer sofrasında (sini) bir araya gelmesi, omuz omuza oturularak ortak kaplardan yemek yenilmesi birincil ilişkileri, dayanışmayı ve cemaat tipi bağlılığı simgeleyen somut göstergelerdir (3).

Aile, bireyin beslenme kültürünü, değer yargılarını ve sofra adabını edindiği ilk ve en etkili birincil gruptur (6). Düzenli aile yemekleri; çocuklara ve gençlere toplumun mutfak kültürünü, etik kurallarını ve görgü kurallarını aktararak kuşaklar arası kültürel devamlılığı mümkün kılar (3,6,10). Aynı sofra etrafında toplanmak, bireylere duygusal ve sosyal destek sağlayarak grup aidiyetini güçlendirmekte ve "ben" merkezci tutumların yerini kolektif bir "biz" bilincine bırakmasını kolaylaştırmaktadır. James Coleman'ın sosyal sermaye kuramı çerçevesinde değerlendirildiğinde aile sofrası; karşılıklı yükümlülükler ve beklentilerin içselleştirildiği, normların şekillendiği, günlük tecrübelerin aktarıldığı dinamik bir bilgi kanalı işlevi görür (4). Birlikte yemek yeme sıklığı arttıkça aile bireyleri arasında güven pekişmekte, psikososyal dayanıklılık artmakta ve koruyucu bir duygusal atmosfer oluşmaktadır (5,6).

Özetle tüm bu kavramsal ve tarihsel çerçeve; sofra kültürünün yalnızca karın doyurmaya yönelik mekanik bir tüketim alanı olmadığını açıkça ortaya koymaktadır. Sofra; bireylerin iletişim kurduğu, duygularını ve tecrübelerini paylaştığı, toplumsal kimliklerin, ahlaki sorumlulukların ve kültürel değerlerin sonraki nesillere aktarıldığı canlı bir sosyalleşme ve kültür ortamıdır (4,6,10).

TOPLUMSAL DÖNÜŞÜM VE SOFRANIN BİREYSELLEŞMESİ

Sanayileşme ve kentleşme süreçleri, toplumsal organizasyonun yanı sıra aile kurumunu da köklü bir dönüşüme uğratmıştır. Sanayi öncesi geleneksel toplumlarda ve kırsal alanlarda baskın olan geniş aile yapısı; modernleşme, mekânsal hareketlilik ve değişen yaşam koşullarının etkisiyle yerini çekirdek aileye ve hızla çoğalan tek kişilik hanelere (single-person households) bırakmıştır (3,7). İstatistiksel veriler ve demografik göstergeler, geniş aile oranlarının gerilediğini ve yalnız yaşayan bireylerin oranında küresel düzeyde belirgin bir artış yaşandığını doğrulamaktadır (8). Aile yapısındaki bu radikal değişim, doğrudan geleneksel sofra kültürüne yansımış; geniş akraba gruplarının ve misafirlerin bir araya geldiği kolektif sofra ritüelleri çözülmeye başlamıştır. Nitekim Mardin ölçeğinde yürütülen sosyolojik saha araştırmasında görüldüğü üzere, geleneksel dönemde aynı sini etrafında omuz omuza oturularak paylaşılan kalabalık yer sofralarının yerini, modern yaşamla birlikte yemek masalarının ve münferit tabakların alması, sofra kültürünün hem mekânsal hem de araçsal boyutta bireyselleştiğini göstermektedir (3).

Modern kentsel yaşamın getirdiği yoğun iş temposu, esnek ve farklılaşan çalışma saatleri ile ev ve iş yeri arasındaki mesafeler, bireylerin zamanı tahsis etme ve gündelik hayatlarını organize etme biçimlerini değiştirmiştir (8). Zaman üzerindeki bu baskı, aile üyelerinin aynı saatte ortak bir sofra etrafında toplanmasını zorlaştırmış; iş, okul veya sosyal sorumluluklar nedeniyle bireylerin farklı saatlerde tek başlarına yemek yediği parçalı bir yapı ortaya çıkarmıştır. Yemek hazırlama pratiklerine ayrılan sürenin daralması, geleneksel ve zahmetli mutfak kültürünü geriletirken pratik, hızlı ve hazır yemek (fast-food) tüketimini teşvik etmektedir (3,6). Bireyler, zaman darlığı ve pratiklik arayışıyla açlıklarını en kısa sürede gidermeyi hedeflemekte; bu durum yemeğin hazırlanma ve tüketilme süreçlerini hızlandırmaktadır (6,8). Sonuç olarak yemek yeme eylemi toplumsal iletişimin ve sohbetin kurulduğu koruyucu bir aile ritüeli olmaktan uzaklaşarak gün içinde mekanik bir biçimde aradan çıkarılması gereken bireysel bir tüketim davranışına dönüşmektedir (6,7).

Fransız sosyolog Claude Fischler modern toplumda yeme-içme pratiklerinin yaşadığı bu niteliksel dönüşümü "gastro-anomi" yaklaşımıyla kavramsallaştırmaktadır. Emile Durkheim'ın anomi kuramından mülhem olan bu kavram geleneksel toplumda bireyin neyi, ne zaman, nasıl ve kiminle yiyeceğini belirleyen kolektif sofra kurallarının, normlarının ve toplumsal düzenlemelerin (gastronomi) modern dönemde erimesini ifade eder (9). Yeme eyleminin ortak toplumsal bağlayıcılığından ve geleneksel "kutsallığından" kopması, yemeğin giderek tamamen bireysel tercihlere dayalı özgür fakat rehbersiz bir eyleme dönüşmesine yol açmıştır. Bireysel seçimlerin ön plana çıkması ve yemeğin sadece besin maddelerine indirgenmesi, toplumun sofra etrafında birey üzerinde kurduğu sosyal denetimi zayıflatmıştır. Bu normatif boşluk ve sofra düzeninin çözülmesi ise bireylerde yeme davranışlarına ilişkin kontrolsüzlüğü, beslenme düzensizliklerini ve psikososyal kaygıları tetikleyen temel bir dinamik olarak öne çıkmaktadır (8,9).

YALNIZ YEMEK YEME (SOLO DINING): PSİKOSOSYAL VE DAVRANIŞSAL BOYUTLAR

İstatistiksel veriler, tek kişilik hanelerin en hızlı büyüyen hane halkı profillerinden biri olduğunu ve önümüzdeki on yıllarda dünya nüfusunun önemli bir bölümünü oluşturacağını ortaya koymaktadır. Türkiye genelinde de benzer bir eğilimle geniş aile oranları gerilerken tek kişilik hane oranlarında artış kaydedilmektedir (8). Bu demografik kayma; esnek çalışma saatleri, iş-ev arasındaki mekânsal mesafeler ve bireyselleşen yaşam pratikleriyle birleştiğinde "solo dining (tek başına yemek yeme)" olgusunu günlük hayatın kaçınılmaz bir parçası haline getirmiştir (7,8). Bireylerin dışarıda veya kamusal alanlarda yalnız yemek yeme nedenlerini ağırlıklı olarak zorunluluk (eşlik edecek birinin bulunmaması, zaman kısıtlılığı, iş yoğunluğu veya aileden/arkadaşlardan uzakta yaşama) ve daha düşük oranda kişisel tercih (özerklik, kendine zaman ayırma isteği, zamandan tasarruf) çerçevesinde açıkladığı bildirilmiştir (8).

Geçmişte marjinal veya istisnai bir durum olarak kabul edilen kamusal alanda yalnız yemek yeme davranışı, günümüzde özellikle kent merkezlerinde, restoranlarda, kafelerde ve hızlı yemek işletmelerinde ticari ve sosyal boyutuyla görünürlüğü artan yaygın bir tüketim pratiğine dönüşmüştür (7).

Yalnız yemek yeme deneyimi her ne kadar bazı bireyler tarafından özerklik ve rahatlama alanı olarak algılansa da araştırmalar bu pratiğin olumsuz psikososyal duygularla yakından ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (8,12). İnsanın sosyalleşme gereksiniminin en temel mecralarından biri olan sofra ortamından soyutlanması, bireylerde yalnızlık, duygusal yetersizlik ve sosyal izolasyon hissini derinleştirmektedir (8). Kamusal alanlarda (restoran, kafe, yemekhane vb.) tek başına yemek yiyen bireylerin yaşadığı en belirgin psikososyal sorun, algılanan olumsuz yargılanma kaygısı (public dining stigma) olarak öne çıkmaktadır. Yalnız yemek yiyen bireyler, çevredeki diğer müşteriler veya işletme çalışanları tarafından "yalnız", "arkadaşı olmayan", "garip" ya da "zavallı" olarak değerlendirildikleri hissiyatına kapılmaktadır. Bireyde gerginlik, huzursuzluk, tedirginlik ve mahcubiyet oluşturan bu tutum, yemeğin tadını çıkarma sürecini engellemektedir (13,14). Bu psikolojik baskıyı azaltmak isteyen bireyler, genellikle yemeği alelacele bitirip mekândan bir an önce ayrılma eğilimi göstermektedir (8). Epidemiyolojik ve psikolojik çalışmalar öğünlerini düzenli olarak yalnız yiyen bireylerde depresif semptomlar, tükenmişlik ve intihar düşüncesi riskinin birlikte yemek yiyen bireylere kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek olduğunu doğrulamaktadır (15,16).

Yalnız yemek yeme olgusunun yaygınlaşması bireylerin gıda seçimlerini, öğün düzenini ve fizyolojik sağlığını doğrudan etkileyen kritik bir risk faktörüdür. Birlikte yemek yeme pratiğinin ve aile sofrasının sağladığı koruyucu atmosferden uzaklaşılması, bireylerin öğün düzenini bozarak özellikle kahvaltı gibi ana öğünlerin atlanmasına, taze meyve ve sebze tüketiminin azalmasına ve genel beslenme kalitesinin düşmesine yol açmaktadır (6,10). Aile sofrasındaki olumlu atmosfer bireyde porsiyon kontrolünü ve bilişsel kısıtlamayı teşvik ederek sağlıksız gıda tüketimini engellerken; düzenli sofralardan uzaklaşılması ve aile içi önceliklerin kaybolması, denetimsiz ortamlarda kontrolsüz yeme davranışını ve buna bağlı olarak fast-food tüketim sıklığını belirgin biçimde artırmaktadır (6). Ayrıca yalnızlığın, stresin veya sosyal izolasyonun yarattığı psikolojik boşluk bireyleri yiyecekleri bir teselli aracı olarak kullanmaya sevk etmekte; bu durum duygusal yeme pratiklerini ve aşırı kalori alımını tetiklemektedir (10). Kamusal veya bireysel alanlarda yalnız yemek yerken hissettiği tedirginliği, rahatsızlığı ya da can sıkıntısını bastırmak isteyen bireylerin sıklıkla akıllı telefonlara ve dijital ekranlara sığınması ise yeme eylemini bir dikkat dağınıklığına dönüştürmekte; açlık ve doygunluk sinyallerinin algılanmasını zorlaştırarak farkındalıksız yeme (mindless eating) sonucu tüketilen gıda miktarının ve süresinin denetimden çıkmasına neden olmaktadır (1,10).

DİJİTAL ÇAĞDA SOFRA KÜLTÜRÜNÜN YENİDEN ŞEKİLLENMESİ

Yirmi birinci yüzyılda kitle iletişim araçlarının ve akıllı teknolojilerin günlük yaşamın her alanına nüfuz etmesi, yemek yeme pratiklerini ve sofra ortamının mekânsal dinamiğini köklü biçimde değiştirmiştir. Geleneksel dönemde aile fertlerini masada buluşturan sofra ritüelleri, günümüzde televizyon, akıllı telefon, tablet ve sosyal medya ekranlarının gölgesinde gerçekleştirilmektedir (1,17). Özellikle kamusal alanlarda veya evde yalnız yemek yiyen bireylerin %90'ından fazlasının yemek öncesinde veya esnasında zamanlarını akıllı telefonlarıyla ilgilenerek (sosyal medya kullanımı, mesajlaşma, video izleme) geçirdikleri bildirilmiştir (8). Bireyler, yalnız yemek yemenin getirdiği can sıkıntısını, sosyal izolasyon hissini veya çevredekilerin olumsuz yargılamalarından kaynaklanan gerginliği (public dining stigma) bastırmak amacıyla adeta koruyucu bir kalkan olarak dijital ekranlara sığınmaktadır. Ancak yeme eylemine eşlik eden bu teknolojik cihazlar, bireylerin gıdayla ve ortamdaki diğer kişilerle kurduğu etkileşimi zedeleyerek ciddi bir dijital dikkat dağınıklığına yol açmaktadır. Aile sofrasında ekran kullanımı, ebeveynler ile çocuklar arasındaki duygusal yakınlık ve iletişim kalitesini düşürmekte; ortak sohbetlerin yerini bireysel ekran odaklılığa bırakmasına

neden olmaktadır (1,10,17). Beslenme psikolojisi ve fizyolojisi açısından bakıldığında ise ekran karşısında yemek yemek, bireyin gıdanın tadına, kokusuna ve porsiyon büyüklüğüne odaklanmasını engelleyerek farkındalıksız yemeğe (mindless eating) zemin hazırlamaktadır. Dijital uyaranların neden olduğu bu dikkat dağınıklığı beynin açlık ve doygunluk sinyallerini algılamasını geciktirmekte, yemek süresini denetimsizleştirmekte ve aşırı kalori alımını tetiklemektedir (10).

Geleneksel commensality pratiklerinin mekânsal kısıtlamalara uğraması ve tek kişilik hanelerin artması, teknolojinin aracı olduğu yeni sosyalleşme biçimlerini gündeme getirmiştir (1). Litaretürde dijital birlikte yeme (digital/remote/virtual commensality) olarak adlandırılan bu olgu; coğrafi olarak birbirinden uzakta bulunan bireylerin görüntülü görüşme platformları (zoom, skype vb.), senkronize yemek uygulamaları veya sosyal medya paylaşımları aracılığıyla sanal ortamda aynı sofrayı paylaşmalarını ifade etmektedir (18,19). Özellikle COVID-19 pandemisi döneminde uygulanan karantina ve sosyal mesafe tedbirleri, dijital commensality pratiklerinin küresel düzeyde yaygınlaşmasını ve kabul görmesini hızlandırmıştır (20).

Dijital birlikte yeme uygulamaları, uzakta yaşayan aile fertleri, uluslararası öğrenciler, göçmenler ve yalnız yaşayan bireyler için duygusal bağları koruma ve yalnızlık duygusunu hafifletme açısından önemli bir sosyal işlev üstlenmektedir. Bireyler, ekran başında eş zamanlı olarak yemek hazırlayarak veya aynı tür yemekleri tüketerek sanal bir "birliktelik hissi (sense of togetherness)" üretmektedir (1,10,17). Bir deneysel tüketici araştırması bireylerin en çok fiziki birlikteliği (physical commensality) tercih ettiğini; ancak dijital commensality koşulunda elde edilen yemek hazzı ve tatmin düzeyinin, tek başına yemek yemeye kıyasla anlamlı derecede yüksek olduğunu ve fiziki commensality'ye yakın bir doyum sağladığını bildirmiştir (21). Ayrıca sosyal medyada yemek fotoğraflarının paylaşılması (foodporn), yemek tariflerinin paylaşıldığı sanal topluluklar ve dijital mutfak etkinlikleri yemeğin estetik ve iletişimsel boyutunu dijital evrene taşımaktadır (1,17).

Dijital çağda sofra kültürünün geçirdiği en dikkat çekici ve özgün dönüşümlerden biri Güney Kore menşeli bir canlı yayın fenomeni olan ve kısa sürede küresel bir popülerlik kazanan mukbang (yemek yaını) kültürüdür (9). Mukbang; yayıncıların kamera karşısında fazla miktarlarda yemek tüketirken izleyicilerle canlı sohbet, mesaj ve bağışlar aracılığıyla etkileşim kurduğu senkronize veya asenkron bir dijital yemek yayın pratiğidir (1,17). Bu yayınlar geleneksel sofra arkadaşlığının bulunmadığı modern kent yaşamında izleyicilere dijital bir yemek arkadaşlığı ve sanal bir sosyalleşme zemini sunmaktadır (10). Yalnız yaşayan bireyler için mukbang izlemek tek başına yemek yemenin neden olduğu psikolojik boşluğu ve yalnızlık hissini hafifletebilir ve sanal bir sofra paylaşımı ile ikame edilmiş bir toplumsal aidiyet duygusu oluşturabilir (19). Ancak yayınlarda genellikle yüksek kalorili işlenmiş besinlerin aşırı miktarlarda ve ses efektleri eşliğinde (ASMR) tüketilmesi izleyicilerde kontrolsüz yeme dürtüsünü, tıkınırcasına yeme bozukluklarını ve obezite riskini artırmaktadır. Ayrıca bu yayınların tüketim çılgınlığını ve gıda israfını özendirmesi de kamu sağlığı ve sürdürülebilir beslenme açısından ciddi bir problemdir (1,17).

Dijital commensality ve mukbang gibi teknoloji aracılı pratikler modern kentsel yaşamın getirdiği izolasyon, coğrafi uzaklıklar ve tek başına yaşama koşulları karşısında bireyler için önemli bir "telafi edici araç" olarak görülse de bu dijital mecraların geleneksel sofraların sunduğu bütüncül sosyokültürel ve psiko-fizyolojik etkileşimin yerini tamamen alamayacağı kanısı hakimdir (1,10,17). Geleneksel aile ve grup sofraları sadece görüntünün ve sesin paylaşıldığı bir ekran ilişkisi değil; dokunmanın, kokunun, ortak kaplardan yemenin, jest ve mimiklerin, dolaysız duygusal paylaşımın ve omuz omuza oturmanın ürettiği somatik ve sembolik bir bağ kurma alanıdır (5). Byung-Chul Han'ın da ifade ettiği gibi, dijitalleşme bireyleri ağlar üzerinden birbirine bağlasa da bu durum gerçek bir "birliktelik" oluşturmamakta; aksine bireylerin dijital bir sürü içinde tekilleşmesine ve yalnızlaşmasına yol açmaktadır (22).

SONUÇ

Geleneksel birlikte yemek yeme kültüründen bireysel yeme alışkanlıklarına geçiş, yalnızca gıda tercihlerindeki ve tüketim biçimlerindeki bir farklılaşma değil; aile ilişkilerini, toplumsal aidiyet duygusunu, psikososyal iyi oluşu ve mekânsal-dijital etkileşim biçimlerini kapsayan çok boyutlu bir dönüşümdür. Sanayileşme, kentleşme ve dijitalleşme süreçleriyle birlikte geleneksel sofra ritüellerinin çözülmesi yeme eylemini toplumsal kural ve değerlerin aktarıldığı koruyucu bir paylaşım alanından çıkararak bireysel bir tüketim davranışına dönüştürmüştür. Bu süreç bir yandan "gastro-anomi" ve "solo dining" olgularının yaygınlaşmasına, diğer yandan düzensiz beslenme, kontrolsüz yeme, kamusal alanda yalnız yemek yerken hissedilen psikososyal kaygılar ve derinleşen sosyal izolasyona zemin hazırlamıştır. Dijitalleşmeyle ortaya çıkan sanal birlikte yeme pratikleri ve mukbang kültürü ise bireyler için yalnızlığı hafifleten telafi edici bir işlev üstlense de yüz yüze sofraların sağladığı somatik yakınlık, organik toplumsal denetim ve duygusal paylaşım imkânının yerini bütünüyle alamamaktadır.

Yemek yeme eyleminin yalnızca bireysel bir besin tüketim davranışı olarak değil, psikososyal iyilik hâlini, toplumsal aidiyeti ve kültürel sürekliliği destekleyen çok boyutlu bir olgu olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, ilgili kamu otoritelerinin modern yaşamın beraberinde getirdiği bireyselleşme eğilimlerini dikkate alarak aile ve toplum düzeyinde birlikte yemek yeme kültürünün desteklenmesine, sağlıklı sofra alışkanlıklarının yaygınlaştırılmasına ve dijital teknolojilerin yemek yeme deneyimi üzerindeki etkilerine ilişkin toplumsal farkındalığın artırılmasına yönelik politika ve uygulamalar geliştirmesi önem taşımaktadır. Ayrıca daha ileri çalışmalarda yalnız yemek yemenin gönüllü veya zorunlu bir tercih olmasına bağlı olarak beslenme davranışları ve psikososyal sağlık üzerindeki olası etkilerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi sofra kültüründe yaşanan dönüşümün bireysel ve toplumsal yansımalarının daha kapsamlı biçimde anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Pereira-Castro, M. R., Pinto, A. G., Caixeta, T. R., Monteiro, R. A., Bermúdez, X. P. D., & Mendonça, A. V. M. (2022). Digital forms of commensality in the 21st century: A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(24), 16734. https://doi.org/10.3390/ijerph192416734
2. Utanır-Karaduman, A. (2023). Sosyolojik bir olgu olarak yemek; yemek ve toplumsal anlamı. *Asia Minor Studies*, 11(1), 107–115.
3. Gürhan, N. (2017). Toplumsal değişme ve yemek kültürü üzerine sosyolojik bir çözümleme: Mardin örneği. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(54), 561–570. https://doi.org/10.17719/jisr.20175434620
4. Köksal, H., Sağlam, A. B., & Tayfur, Y. C. (2026). İlkokul sınıflarında birlikte yemek yemenin sosyal bağlara etkisi: Nitel bir çalışma. *Journal of Innovative Research in Social Studies*, 9(1), 16–35. https://doi.org/10.47503/jirss.1927646
5. Neuman, N. (2024). Commensal attraction: Eating together as a social tool. *Journal for the Theory of Social Behaviour*, 54(4), 556–570. https://doi.org/10.1111/jtsb.12431
6. Gök, T., Isakova, D., & İnce, C. (2020). Aile yemekleri, yeme davranışları ve fast-food tüketim sıklığı ilişkisi: KTMU örneği. *Journal of Hospitality and Tourism Issues*, 2(2), 216–232. https://izlik.org/JA63RC73XB
7. Yüncü, H. R., & Sevim, N. (2019). Yanlızlık düzeylerine göre dışarıda kahvaltı yapma alışkanlıklarının değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23(4), 1751–1766. https://izlik.org/JA35NT67UG
8. Aslantürk, E., & Unur, K. (2021). Bireylerin dışarıda tek başına/yalnız yemek yeme deneyimleri ve yiyecek içecek işletmelerinin yalnız yemek yiyenlere ilişkin

değerlendirmeleri. *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi*, 18(3), 518–543. https://doi.org/10.24010/soid.887506

9. Jönsson, H., Michaud, M., & Neuman, N. (2021). What is commensality? A critical discussion of an expanding research field. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(12), 6235. https://doi.org/10.3390/ijerph18126235
10. Bernardi, E., & Visioli, F. (2024). Fostering wellbeing and healthy lifestyles through conviviality and commensality: Underappreciated benefits of the Mediterranean diet. *Nutrition Research*, 126, 46–57. https://doi.org/10.1016/j.nutres.2024.03.007
11. Phull, S., Wills, W., & Dickinson, A. (2015). Is it a pleasure to eat together? Theoretical reflections on conviviality and the Mediterranean diet. *Sociology Compass*, 9(11), 977–986. https://doi.org/10.1111/soc4.12307
12. Pliner, P., & Bell, R. (2009). A table for one: The pain and pleasure of eating alone. In H. L. Meiselman (Ed.), *Meals in science and practice: Interdisciplinary research and business applications* (pp. 169–189). Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1533/9781845695712.4.169
13. Her, E., & Seo, S. (2018). Why not eat alone? The effect of other consumers on solo dining intentions and the mechanism. *International Journal of Hospitality Management*, 70, 16–24. https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2017.10.019
14. Brown, L., Buhalis, D., & Beer, S. (2020). Dining alone: Improving the experience of solo restaurant goers. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 32(3), 1347–1365. https://doi.org/10.1108/IJCHM-06-2019-0584
15. Park, J., & Lee, G. (2021). Association of eating alone with depressive symptoms and suicidal ideation among Korean adults. *Korean Journal of Family Medicine*, 42(3), 219–224. https://doi.org/10.4082/kjfm.20.0128
16. Seto, J. C., Beals, J., Seto, T. B., Olson, H., Lian, K.-C., Ramirez, M., & Steinemann, S. (2024). The impact of a commensality intervention on physician burnout. *Hawai'i Journal of Health & Social Welfare*, 83(12), 322–326. https://doi.org/10.62547/NCHU6884
17. Scander, H., Yngve, A., & Lennernäs Wiklund, M. (2021). Assessing commensality in research. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2632. https://doi.org/10.3390/ijerph18052632
18. Herman, D. R., Kimmel, R., Shodahl, S., & Vargas, J. H. (2023). Examination of an online cooking education program to improve shopping skills, attitudes toward cooking, and cooking confidence among WIC participants. *Nutrients*, 15(19), 4177. https://doi.org/10.3390/nu15194177
19. Spence, C., Mancini, M., & Huisman, G. (2019). Digital commensality: Eating and drinking in the company of technology. *Frontiers in Psychology*, 10, 2252. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02252
20. Mitchell, E. S., Yang, Q., Behr, H., Deluca, L., & Schaffer, P. (2021). Adherence to healthy food choices during the COVID-19 pandemic in a U.S. population attempting to lose weight. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 31(7), 2165–2172. https://doi.org/10.1016/j.numecd.2021.03.009
21. Pramudya, R. C., Singh, A., Patterson, A. H., Ngo, N. K., & Seo, H.-S. (2022). Power of presence: Effects of physical or digital commensality on consumer perception and acceptance of meals. *Food Quality and Preference*, 100, 104601. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104601
22. Han, B.-C. (2018). No enxame: Perspectivas do digital (L. Machado, Çev.). Editora Vozes Limitada: Petrópolis, Brazil.

STOKASTİK FRAKTAL ARAMA ALGORİTMASI İLE FOTOVOLTAİK ŞEBEKE VE TERMİK JENERATÖRDEN OLUŞAN İKİ ALANLI GÜÇ SİSTEMİNDE YÜK FREKANS DENETLEYİCİSİ TASARIMI

LOAD FREQUENCY CONTROLLER DESIGN OF A TWO-AREA POWER SYSTEM INCLUDING PV GRID AND THERMAL GENERATOR USING STOCHASTIC FRACTAL SEARCH ALGORITHM

Emre ÇELİK[1]
[1]Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye
[1]ORCID ID: https://orcid.org/ 0000-0002-2961-0035
Mehmet KARAYEL[2]
[2]Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Kâmil Özdağ Fen Fakültesi, Yazılım Geliştirme Bölümü, Karaman, Türkiye
[2]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7155-8288

ÖZET

Şebekedeki frekans ve bağlantı hattı gücünde meydana gelen istenmeyen salınımların bastırılmasında yük frekans denetimi (YFD) kaçınılmaz bir kontrol mekanizmasıdır. Çalışmada fotovoltaik bir güneş tarlası ile termik jeneratörden oluşan güç sisteminin YFD mekanizmasında kullanılan PI+1 denetleyicisinin parametre ayarı için stokastik fraktal arama (SFA) algoritmasından faydalanılmıştır. Böylece denetleyici parametrelerinin en iyi değerleri makul sürede insana gereksinim olmadan elde edilmiştir. SFA tabanlı PI+1 denetleyici performansını göstermek amacıyla literatürde bulunan genetik algoritma (GA), ateş böceği algoritması (FA), aritmetik optimizasyon algoritması (AOA), yılan arama algoritması (YAA) tabanlı PI denetleyici ve YAA tabanlı PI+1 denetleyicisi ile karşılaştırmalar gerçekleştirilmiştir. Elden edilen sonuçlardan YAA ve SFA ile ayarlanan PI+1 denetleyicisinin benzer ancak diğer yaklaşımlardan daha iyi performans sergilediği ve YAA tekniğine göre SFA'nın çözüme daha hızlı yakınsadığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yük frekans denetimi (YFD), PI+1 denetleyici, enterkonnekte güç sistemi, stokastik fraktal arama algoritması, optimizasyon.

ABSTRACT

Load frequency control (LFC) is an inevitable control mechanism to mitigate the unwanted oscillations occurred in frequency and tie-line power across the grid. In the work, stochastic fractal search (SFS) algorithm was benefitted for parameter tuning of PI+1 controller used in LFC mechanism of a hybrid power system composing of photovoltaic (PV) grid and thermal generator. The fittest values of controller parameters were therefore acquired in plausible time without requirement of human involvement. To credit the performance of SFS-based PI+1 controller, comparisons were made against genetic algorithm (GA)-, firefly algorithm (FA)-, arithmetic optimization algorithm (AOA)-, snake optimizer (SO)-based PI and SO-based PI+1 controller in the literature. It is seen from the obtained findings that the PI+1 controller tuned by SO and SFS yield similar, yet better performance than the other indicated approaches, and that SFS has converged to the solution faster than the SO.

Keywords: Load frequency control (LFC), PI+1 controller, interconnected power system, stochastic fractal search algorithm, optimization.

1. GİRİŞ

Suyun ve rüzgârın kinetik enerjisi, fosil yakıtlardan veya nükleer fizyondan elde edilen ısıl enerjisi ile güneş enerjisi elektrik üretim santralleri tarafından sağlanan elektrik enerjisinin birincil kaynakları arasındadır. Tahrik sistemleri enerji kaynaklarını mekanik enerjiye dönüştürür ve bu mekanik enerji sonrasında senkron generatörler vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülür. Generatör hızı ile üretilen elektriğin periyodu yani frekansı değişmektedir. Hız ise mekanik enerji yani aktif güç ile ilişkilidir. İşte generatörlerin aktif güç çıkışlarının ayarlanması işlemine yük frekans denetimi (YFD) adı verilir [1]. Aktif güç arzı, talep edilen aktif yükler ile sistemsel kayıp güçlerin toplamına eşit olmalıdır. Bu eşitliğin bozulduğu durumda frekans değişmeye başlar. Öyle ki üretilen enerji fazla ise frekans değeri artacaktır. Tüketilen enerji fazla ise bu kez frekans değeri azalacaktır. Frekans sistemin kararlılığını, güvenirliğini ve güvenliğini yakından etkileyen bir parametre olduğundan YFD mekanizmasında etkili ve hızlı cevap verebilecek bir kontrolöre ihtiyaç vardır.

İlk modern YFD 1970 yılında ara ısıtmasız termik bir güç sistemi için gerçekleştirilmiştir [2]. Sonraki yıllarda geçmişten günümüze kadar YFD için farklı güç sistemi modelleri oluşturulmuş, bu modeller için çeşitli kontrol yöntemleri denenmiştir. Kontrol yöntemlerindeki bilinmeyen parametre ya da kazanç değerlerinin elde edilmesinde sistemin yüksek mertebeli, doğrusal olmayan yapısından dolayı yapay zekâ tabanlı optimizasyon yöntemleri de ağırlıklı olarak kullanılmıştır [3]. Bu çalışmalarda aday çözümlerin uygunluğunu değerlendirmek için genelde dört hedef fonksiyonunun kullanıldığı görüşür. Bunlar; zaman ağırlıklı mutlak hatanın integrali (ITAE), hata karelerinin integrali (ISE)), zaman ağırlıklı hata karelerinin integrali (ITSE) ve mutlak hatanın integrali (IAE) olarak sayılabilir. Bu hedef fonksiyonları içerisinde ITAE'nin minimizasyonu ile sistem cevabında oturma zamanı ve aşım bakımından diğerlerine nazaran daha fazla iyileşme sağlandığı bilinmektedir [4].

Bazı çalışmalarda çeşitli güç sistemlerinde ITAE hedef fonksiyonu kullanılarak hibrit bakteriyel besin arama algoritması-parçacık sürü optimizasyonu (hBBAA-PSO) [5], diferansiyel gelişim algoritması (DGA) [6], genetik algoritma (GA) [7] ve ateş böceği algoritması (FA) [7] ile klasik PI denetleyici parametreleri elde edilmiştir. Hibrit stokastik fraktal arama algoritması-desen arama tekniği (hSFAA-DA) [8] ve DGA [9, 10] ile ITAE hedef fonksiyonu kullanılarak PID denetleyici parametreleri elde edilmiştir. Bir başka etkili çalışmada geliştirilmiş stokastik fraktal arama algoritması PID denetleyici parametrelerinin en uygun değerlerinin bulunmasında kullanılmıştır [11]. Bu çalışmada ITAE hedef fonksiyonundan farklı olarak daha makul yeni bir hedef fonksiyonu önerilmiştir. [12] ve [13] numaralı çalışmalarda öğretme-öğrenmeye dayalı optimizasyon algoritması (ÖÖOA) ile ITAE hedef fonksiyonu yardımıyla PID ve iki serbestlik dereceli PID (2SD PID) denetleyici parametreleri elde edilmiştir. [14]'de hibrit parçacık sürü optimizasyonu-desen arama (hPSO-DA) tekniği ile ITAE hedef fonksiyonu kullanılarak bulanık PI denetleyici parametreleri elde edilmiştir. [15]'de ise iyileştirilmiş gri kurt optimizasyon (GGKO) algoritması kullanılarak ITAE hedef fonksiyonu ile PI, PID ve eklemeli PI-PD denetleyici parametrelerinin en uygun değerleri bulunmuştur.

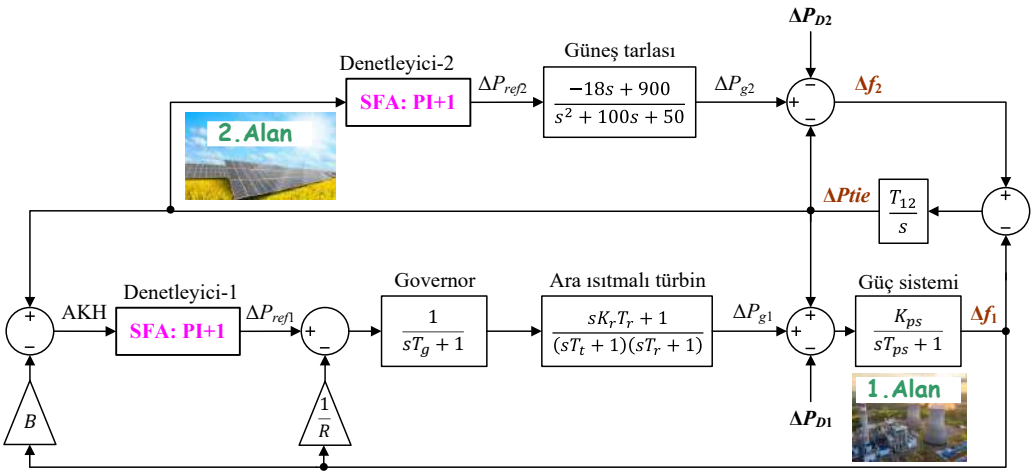
Stokastik fraktal arama (SFA) algoritmasının işleyişi kendine özgü olup, matematik alanında fraktal adı verilen bir konseptten esinlenirsek geliştirilmiştir [16]. SFA algoritması geniş arama uzayına sahip optimizasyon problemlerinin çözümüne uygulanmış ve potansiyel sonuçlar elde edilmiştir. SFA algoritmasının etkili bir yöntem olması hasebiyle bu çalışmada YFD probleminde denetleyici parametre optimizasyonunda tercih edilmiştir.

Çalışma SFA algoritmasının birbirine bağlı iki bölgeli termik ve fotovoltaik güç sistemi için YFD performansının iyileştirilmesi üzerindeki etkisini incelemektedir. Frekans değişimi (Δf_1, Δf_2) ve bağlantı hattı güç salınımını (ΔP_{tie}) azaltmak için PI+1 denetleyicisi tasarlanmış ve sistemde kullanılmıştır. Optimizasyon tekniği olarak SFA algoritması, ITAE kriteri kullanılarak en iyi denetleyici parametrelerinin elde edilmesinde kullanılmıştır. Benzetimi gerçekleştirilen

güç sistemi MATLAB/Simulink ortamında modellenmiş, optimizasyon algoritması ise MATLAB/M-file ortamında kodlanmıştır. SFA tabanlı PI+1 denetleyici performansının ispatı için literatürde bulunan genetik algoritma (GA) [7], ateş böceği algoritması (FA) [7], aritmetik optimizasyon algoritması (AOA), yılan arama algoritması (YAA) tabanlı PI denetleyicisi [17] ve YAA tabanlı PI+1 denetleyicisi [17] ile karşılaştırmalar gerçekleştirilmiştir.

2. GÜÇ SİSTEMİ MODELİ

İki alanlı termik santral ve güneş enerji tarlasından oluşan güç sisteminin dinamik modeli Şekil 1'de verilmiştir. Sistemde iki farklı santral birbirine AA bağlantı hattı ile bağladır. İlk alanda ara ısıtmalı türbine sahip termik santral görev yaparken ikinci alanda güneş tarlası bulunmaktadır. Şekil 1'de ΔP_{D1} ve ΔP_{D2} yük değişimlerini, ΔP_{g1} ve ΔP_{g2} güç üretimindeki değişimleri, Δf_1 ve Δf_2 frekans değişimlerini, ΔP_{tie} komşu bölgeler arasındaki bağlantı hattı güç değişimini, ΔP_{ref1} ve ΔP_{ref2} denetleyici çıkış sinyallerindeki değişimi ve AKH alan kontrol hatasını göstermektedir.



Şekil 1. Güç sistemi dinamik modeli

Bu güç sisteminde AKH şu şekilde hesaplanır;

$$AKH = -B\Delta f_1 + \Delta P_{tie} \quad (1)$$

Benzetim çalışmalarında kullanılan parametre değerleri şu şekilde ayarlanmıştır [7]: $T_{ps} = 20$ s, $K_{ps} = 120$ Hz/puMW, $T_g = 0.08$ s, $T_t = 0.3$ s, $K_r = 0.33$, $T_r = 10$ s, $T_{12} = 0.545$ puMW/Hz, $B = 0.8$ puMW/Hz, $R = 0.4$ Hz/puMW, $F^0 = 60$ Hz.

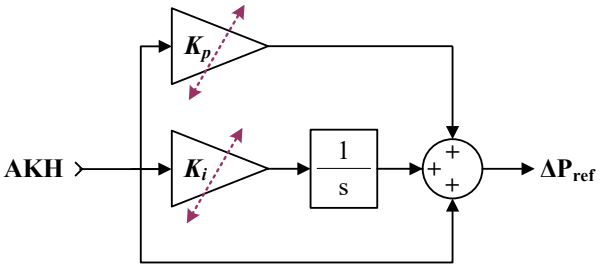
3. STOKASTİK FRAKTAL ARAMA ALGORİTMASI

Diğer metasezgisel algoritmalarda olduğu gibi SFA algoritması arama işlemine çözüm uzayında belli sayıda rastgele çözüm adayları üreterek başlar. Algoritmada problem çözümüne aday olan her bir çözüm parçacık olarak adlandırılır. Parçacıklar SFA algoritmasındaki çeşitli fazlardan geçerek evrilirler ve gelişirler. Optimizasyon süreci tamamlandıktan sonra popülasyondaki en iyi birey/parçacık kaydedilmiş ve modelleme çalışmalarında kullanılmıştır. SFA algoritmasında iki temel safha gerçekleşir: ilki difüzyon safhası iken diğeri güncelleme safhasıdır. Difüzyon safhasında her bir çözüm bulunduğu pozisyon civarında difüzyona uğrayarak yeni çözümler üretilir. Yeni çözümlerin uygunluk değeri hesaplanarak içlerindeki en iyi çözüm dikkate alınır, diğerleri dışlanır. Güncelleme safhası ise birinci güncelleme ve ikinci güncelleme olmak üzere iki süreçten meydana gelir. Her bir güncelleme işleminden önce popülasyon en iyiden en kötü bireye doğru sıralanır. Algoritmanın yakınsama hızına ciddi katkılar sağlayan sıralama işlemi özellikle parçacık sayısının fazla olduğu problemlerde işlem yükünün artmasına, algoritmanın yavaşlamasına sebebiyet vermektedir. Güncelleme

işlemleriyle popülasyon içinde kötü çözümlerin tespiti ve bunların pozisyonel değişimleri amaçlanarak popülasyon içinde çeşitlilik sağlanmaya çalışılır.
Çalışmada sayfa sayısının gereksiz yere artmasını önlemek ve içerik bütünlüğünün korunması amacıyla SFA algoritmasına ait matematiksel denklemler, akış diyagramı, kaba kod tasarımı vs. verilmemiştir. İlgili ve meraklı okuyucuların [16] numaralı referansı incelemeleri tavsiye olunur.

4. PI+1 DENETLEYİCİSİ VE OPTİMİZASYONU

Önerilen denetleyici yapısı Şekil 2'de görülmektedir. AKH sinyali oransal+integral+1 (PI+1) denetleyici ile işlendikten sonra güç sistemi için gerekli referans sinyal ΔP_{ref} üretilmektedir. K_p ve K_i denetleyicide oransal ve integral kazancı olarak görev yapmaktadırlar.



Şekil 2. PI+1 denetleyici

Literatürde en çok kullanılan hedef fonksiyonları IAE, ISE, ITSE ve ITAE performans kriterleridir. Bu fonksiyonlarının matematiksel denklemleri sırasıyla Eşitlikler 1-4'de verilmiştir. Bu eşitliklerde; t zamanı, T benzetim süresini, Δf_1 ve Δf_2 bölgelerdeki frekans değişimlerini ve ΔP_{tie} iki bölgeyi birbirine bağlayan iletim hattındaki güç değişimini göstermektedir.

$$IAE = \int_0^T (|\Delta f_1| + |\Delta f_2| + |\Delta P_{tie}|).dt \quad (1)$$

$$ISE = \int_0^T [(\Delta f_1)^2 + (\Delta f_2)^2 + (\Delta P_{tie})^2].dt \quad (2)$$

$$ITSE = \int_0^T [(\Delta f_1)^2 + (\Delta f_2)^2 + (\Delta P_{tie})^2].t.dt \quad (3)$$

$$ITAE = \int_0^T (|\Delta f_1| + |\Delta f_2| + |\Delta P_{tie}|).t.dt \quad (4)$$

Yürütülen algoritmada ITAE değerinin minimizasyonu ile salınım/sapma miktarı küçük, 0 p.u referans değere en az süre ile hızlıca yerleşen cevap eğrilerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak PI+1 denetleyici tasarım problemi kısıtlı optimizasyon problemi olarak modellenerek çözülmeye çalışılmıştır. Optimizasyon problemindeki kısıtlar denetleyici parametrelerinin minimum ve maksimum sınırlarıdır. Optimizasyon problemi basitçe Eş. 5'deki gibi tanımlanabilir.

$$K^* = \arg \min_{K \in [lb,ub]} ITAE(K) \quad (5)$$

Eş. 5'te K denetleyici parametreleri K_p ve K_i değerlerinden oluşan vektörü göstermektedir. lb ve ub denetleyici parametrelerinin sırasıyla minimum ve maksimum değerlerini göstermektedirler. En uygun parametre değerleri [7] numaralı referansla uyumlu olarak -2 ve 2 aralığında araştırılmıştır. Optimizasyon sonrasında en küçük ITAE değerini veren K_p^* ve K_i^*

değerleri denetleyici parametrelerinin en uygun değerleri olarak varsayılmış ve sonrasında benzetim çalışmalarında kullanılmışlardır.

5. BENZETİM SONUÇLARI

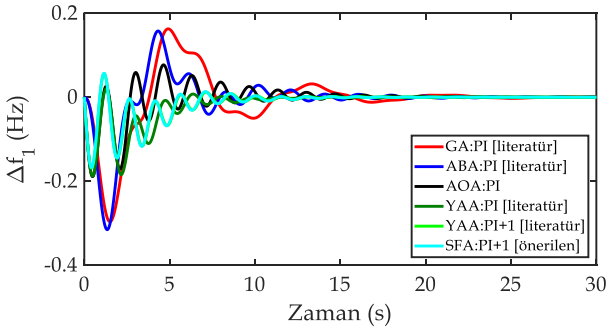
Dinamik modeli Şekil 1'de verilen sistemde iki denetleyicinin bilinmeyen dört parametresinin ($K_{p1}, K_{i1}, K_{p2}, K_{i2}$) belli koşullar altında en iyi değerleri bulunacaktır. 1. alandaki basamak yük değişiminin %10 (ΔP_{D1}=0.1 puMW), diğer alandaki yük değişiminin sıfır olduğu (ΔP_{D2}=0 puMW) kabul edilerek SFA ile elde edilen denetleyici parametreleri ve bu parametreler kullanılarak elde edilen Δf_1, Δf_2 ve ΔP_{tie} sinyallerine ait ITAE değeri de Tablo 1'de verilmiştir. Önerilen SFA tabanlı PI+1 denetleyicisi GA, FA, AOA, YAA tabanlı PI denetleyicisi ve YAA tabanlı PI+1 denetleyicisi ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 1. Çeşitli yöntemlerle elde edilen denetleyici parametreleri ve ITAE değerleri

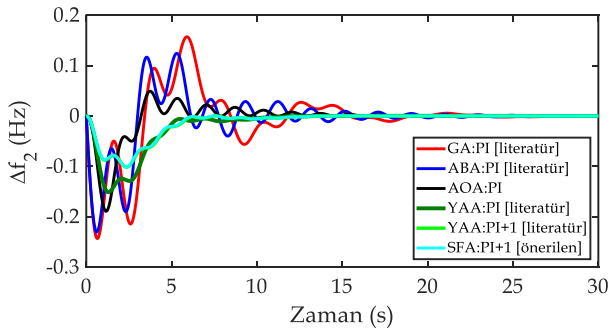
Denetleyici parametreleri	GA: PI [7]	FA: PI [7]	AOA: PI	YAA: PI [17]	YAA: PI+1 [17]	SFA: PI+1 [Önerilen]
K_{p1}	0.5663	0.8811	0.7395	1.9999	1.9186	+1.9599
K_{i1}	0.4024	0.5765	0.4080	0.2731	0.3618	+0.3684
K_{p2}	0.5127	0.7626	1.8960	0.4058	−1.2666	−1.2697
K_{i2}	0.7256	0.8307	0.9796	0.3471	−0.23241	−0.2383
ITAE	12.1244	7.4259	3.9028	2.8517	2.3437	**2.34135**

Tablo 1'de verilen ITAE değerleri incelendiğinde SFA ile ayarlanan PI+1 denetleyicinin diğer kontrol tekniklerine nazaran daha düşük ITAE değeri sunduğu görülür ($ITAE = 2.34135$). Bu sonuca en yakın çözümü ise YAA tabanlı PI+1 denetleyicisi sağlamıştır ($ITAE = 2.3437$). ITAE'deki iyileşme çok küçük olduğundan (%0.1) YAA ile SFA yöntemlerinin bu problem için araştırma yeteneklerinin benzer olduğu söylenebilir.

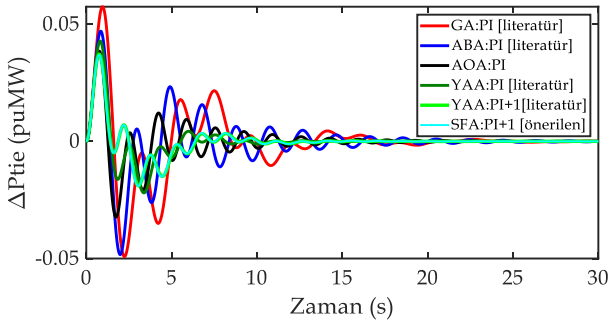
Tablo 1'de verilen denetleyici parametreleri kullanılarak benzetim çalışmaları gerçekleştirilmiş ve elde edilen Δf_1, Δf_2 ve ΔP_{tie} tepkileri [0, 30]s için Şekil 3'de verilmiştir. Bu şekilden açıkça anlaşılacağı üzere 1. alandaki 0.1 puMW'lık yük değişimiyle frekans ve bağlantı hattı güç değişim eğrileri önce düşmüş, akabinde toparlanarak referans değere oturmuşlardır. Önerilen denetleyici ile elde edilen tepkiler incelendiğinde YAA tabanlı PI+1 denetleyici ile benzer sonuçlar verdiği, bu tepkilerin diğerlerinden daha hızlı toparlandıkları, daha az bir aşımla referans 0 p.u değere çabucak yerleştikleri görülmüştür.



(a)



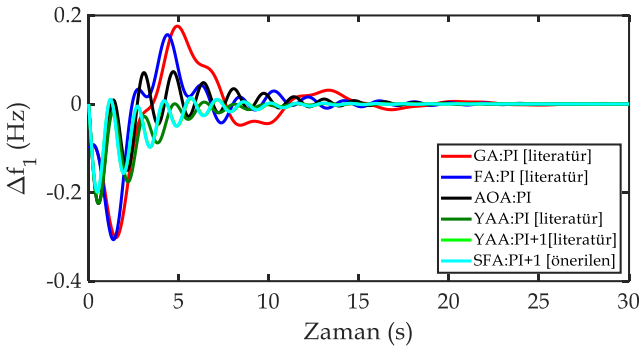
(b)



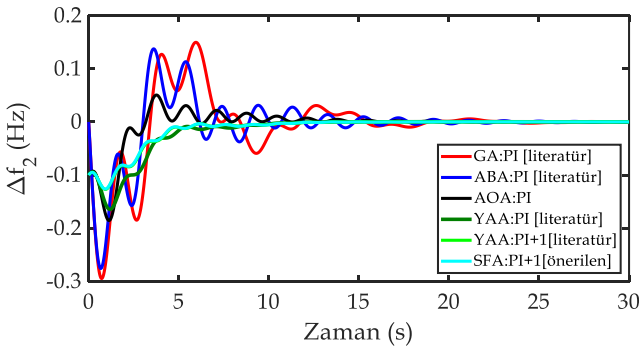
(c)

Şekil 3. 1. alanda 0.1 puMW'lık basamak yük değişimi sonrası elde edilen cevap eğrilerinin karşılaştırılması (a) Δf_1 (b) Δf_2 (c) ΔP_{tie}

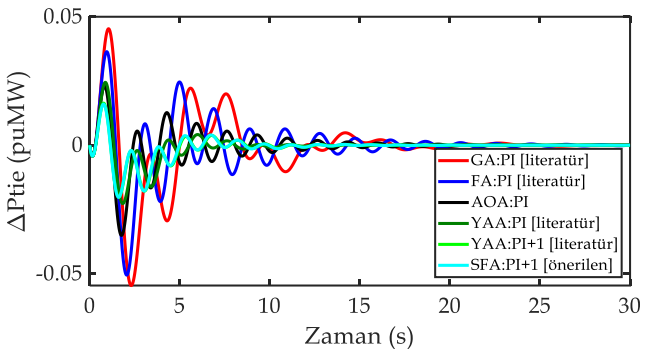
İkinci durumda iki alanda da %10'luk (ΔP_{D1}=ΔP_{D2}=0.1 puMW) bir yük artışı sağlanmış ve elde edilen cevap eğrileri Şekil 4'de verilmiştir. İlk senaryodaki duruma benzer olarak YAA ve SFA tabanlı PI denetleyicileri benzer performans sergilemiş, Δf_1, Δf_2 ve ΔP_{tie} tepkileri diğerlerine göre daha az osilasyonla referans 0 p.u değere oturmuşlardır.



(a)



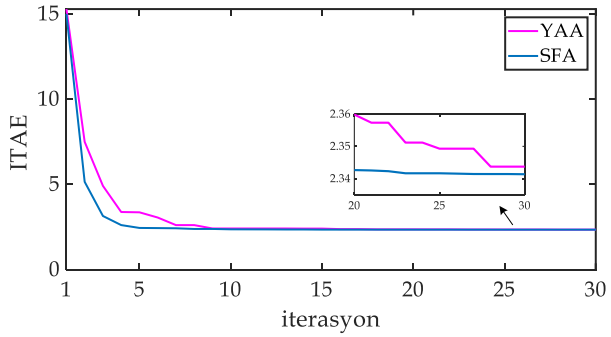
(b)



(c)

Şekil 4. 1. alan ve 2. alanda 0.1 puMW'lık basamak yük değişimi sonrası elde edilen cevap eğrilerinin karşılaştırılması (a) Δf_1 (b) Δf_2 (c) ΔP_{tie}

Son olarak SFA algoritması ile YAA'nın 30 iterasyon için sergilediği yakınsama grafiği karşılaştırmalı Şekil 5'de verilmiştir. İlk iterasyon başlangıç popülasyonunu göstermektedir ve her iki algoritma benzer başlangıç noktasından aramaya başlamaktadır. 30 iterasyon sonunda nihai ITAE değerinin SFA algoritmasında nispeten daha küçük olduğu göze çarparken, SFA tekniğinin ilk iterasyonlarda küresel çözüme daha hızlı yakınsadığı görülebilir.



Şekil 5. Optimizasyon sürecinde YAA ile SFA'nın karşılaştırmalı yakınsama grafikleri

6. SONUÇLAR

Çalışmada yük frekans kontrolörü olarak PI+1 denetleyicisi tasarlanmış ve denetleyici parametreleri SFA tekniği ile elde edilmiştir. Ortaya konulan yöntemin performansı çift alanlı termik ve fotovoltaik güç sisteminden oluşan hibrit bir şebeke üzerinde test edilmiştir. Elde edilen benzetim sonuçları literatürde bulunan sonuçlarla benzer şartlarda karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçlarına göre önerilen yaklaşımın karşılaştırılan bir yöntemle benzer, diğerlerinden daha iyi sonuçlar sunduğu görülmüştür. Önerilen yaklaşımla elde edilen frekans ve bağlantı hattı güç değişim tepkileri hızlıca toparlanarak kararlı durum değeri 0 p.u çabucak oturmuşlardır.

KAYNAKLAR

1. Güliçer A.K.G., Ayaş M.Ş., İki bölgeli ara ısıtmalı termal güç sisteminde yük frekans kontrolü için kesir hesabına dayalı denetleyici tasarımı, Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 13(4), 1856-1873, 2023.
2. Elgerd O.I., Fosha C.E., Optimum megawatt-frequency control of multiarea electric energy

systems, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, 89(4), 556-563, 1970.
3. Gözde H., Taplamacioğlu M.C., Kocaarslan İ., Şenol M.A., Iki bölgeli ara-isitmali termal güç sisteminin yük-frekans kontrolü için parçacik sürüsü optimizasyonu tabanli PI-kontrolör, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 30(1), 13-21, 2010.
4. Sönmez Ş., Ayasun S., Gain and phase margin based stability analysis of time delayed single area load frequency control system with fractional order PI controller, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 34 (2), 945-959, 2019.
5. Panda S., Mohanty B., Hota P.K., Hybrid BFOA-PSO algorithm for automatic generation control of linear and nonlinear interconnected power systems, Applied Soft Computing, 13 (12), 4718–4730, 2013.
6. Rout U.K., Sahu R.K., Panda S., Design and analysis of differential evolution algorithm based automatic generation control for interconnected power system, Ain Shams Engineering Journal, 4 (3), 409–421, 2013.
7. Abd-Elazim SM, Ali ES, "Load frequency controller design of a two-area system composing of PV grid and thermal generator via firefly algorithm", Neural Computing and Applications volume, 30, 607-616, 2018.
8. Padhy S., Panda S., A hybrid stochastic fractal search and pattern search technique based cascade PI-PD controller for automatic generation control of multi-source power systems in presence of plug in electric vehicles, CAAI Transactions on Intelligence Technology, 2 (1), 12–25, 2017.
9. Mohanty B., Panda S., Hota P.K., Differential evolution algorithm based automatic generation control for interconnected power systems with non-linearity, Alexandria Engineering Journal, 53 (3), 537–552, 2014.
10. Mohanty B., Panda S., Hota P.K., Controller parameters tuning of differential evolution algorithm and its application to load frequency control of multi-source power system, International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 54 (1), 77–85, 2014.
11. Çelik E., Improved stochastic fractal search algorithm and modified cost function for automatic generation control of interconnected electric power systems, Engineering Applications of Artificial Intelligence, 88, 103407, 2020.
12. Sahu R.K., Panda S., Rout U.K., Sahoo D.K., Teaching learning based optimization algorithm for automatic generation control of power system using 2-DOF PID controller, International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 77 (5), 287–301, 2016.
13. Barisal A.K., Comparative performance analysis of teaching learning based optimization for automatic load frequency control of multi-source power systems, International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 66 (3), 67–77, 2015.
14. Sahu R.K., Panda S., Chandra Sekhar G.T., A novel hybrid PSO-PS optimized fuzzy PI controller for AGC in multi area interconnected power systems, International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 64 (1), 880–893, 2015.
15. Padhy S., Panda S., Mahapatra S., A modified GWO technique based cascade PI-PD controller for AGC of power systems in presence of Plug in Electric Vehicles, Engineering Science and Technology, an International Journal, 20 (2), 427–442, 2017.
16. Salimi H., Stochastic Fractal Search: A powerful metaheuristic algorithm, Knowledge-Based Systems, 75, 1-18, 2015.
17. Çelik E., Dalcalı A., Karayel M., Design and optimization of PI+1 controller for frequency regulation in two-area interconnected power system, VII. Başkent International Conference on Multidisciplinary Studies, 20-22 Haziran 2025, Ankara, Türkiye.

FOTOVOLTAİK HÜCRE PARAMETRELERİNİN STOKASTİK FRAKTAL ARAMA ALGORİTMASI İLE ÇIKARIMI

EXTRACTION OF PHOTOVOLTAIC CELL PARAMETERS USING STOCHASTIC FRACTAL SEARCH ALGORITHM

Emre ÇELİK[1]
[1]Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye
[1]ORCID ID: https://orcid.org/ 0000-0002-2961-0035
Mehmet KARAYEL[2]
[2]Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Kâmil Özdağ Fen Fakültesi, Yazılım Geliştirme Bölümü, Karaman, Türkiye
[2]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7155-8288

ÖZET

Fotovoltaik hücrelerin ve fotovoltaik modüllerin gerçek elektriksel davranışlarını karakterize etmek için eşdeğer devre modellerindeki bilinmeyen parametrelerin hassas bir şekilde belirlenmesi gerekir. Fotovoltaik hücrelerin etkin şekilde modellenmeleri fotovoltaik sistemlerin simülasyonu, operasyonu ve verimliliği açısından önemlidir. Çalışmada güneş hücresinin modellenmesi için literatürde yaygın olarak kullanılan iki diyotlu elektrik eşdeğer devresi kullanılmış ve parametre çıkarım problemi stokastik fraktal arama (SFA) algoritması ile çözülmüştür. Amaç fonksiyonu olarak model tabanlı elde edilen akım değerleri ile ölçülen çıkış akımları arasındaki kök ortalama kare hatası hesaplanmıştır. Sayısal sonuçlar R.T.C. France silikon marka güneş hücresine ait standart ve ulaşılabilir deneysel veri seti kullanılarak elde edilmiştir. SFA algoritması benzer probleme daha önce uygulanmış farklı algoritmalarla karşılaştırılarak performans değerlendirmesi yapılmıştır. Karşılaştırma sonuçlara göre SFA tabanlı iki diyotlu model kullanılarak elde edilen I-V ve P-V karakteristik eğrilerinin hücrenin gerçek karakteristik eğrileriyle daha uyumlu oldukları görülmüştür. Böylece SFA algoritmasının fotovoltaik güneş hücresi parametre çıkarım problemi için kararlı ve güvenilir bir metasezgisel olduğu gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Parametre çıkarımı, stokastik fraktal arama algoritması, fotovoltaik hücre, iki diyotlu model

ABSTRACT

To characterize the actual electrical behavior of photovoltaic cells and modules, the unknown parameters in equivalent circuit models must be identified precisely. Effective modelling of photovoltaic cells is important for the simulation, operation and effectiveness of photovoltaic systems. In the study, the double-diode electrical equivalent circuit, widely-used model in the literature for modeling solar cells, was utilized and the parameter extraction problem was solved with the stochastic fractal search (SFS) algorithm. As the objective function, the root mean square error (RMSE) between the model-based current values and the measured output currents was computed. Numerical outcomes were acquired using the standard and accessible experimental dataset pertaining to the R.T.C. France silicon solar cell. The performance evaluation of SFS was made by comparing it with different algorithms previously applied to the same problem. According to the comparative results, I-V and P-V characteristic curves acquired by the SFS-based double-diode model are seen to be more consistent with the real characteristic curves of the cell. Therefore, it has been demonstrated that SFS algorithm is a stable and reliable metaheuristic for the problem of photovoltaic solar cell parameter extraction.

Keywords: Parameter extraction, stochastic fractal search algorithm, photovoltaic cell, double-diode model

1. GİRİŞ

Fosil yakıtların yoğun kullanımının yol açtığı küresel ısınma, iklim değişikliği ve çevre kirliliğinden dolayı yenilenebilir enerjiye olan ilgi ve kullanımı günümüz dünyasında giderek artmaktadır [1]. Yenilebilir enerji olarak güneş, rüzgâr, gelgit, biyokütle, dalga ve jeotermal enerjiler sayılabilir. Bunlar arasında fotovoltaik güneş enerjisi en temizi, bol miktarda bulunanı ve uygulama için düşük çalıştırma/bakım maliyetlerine sahip olanıdır. Bununla birlikte fotovoltaik güneş enerji sisteminin verimi sıcaklık ve ışınım (radyasyon) gibi çevresel faktörlere yakından bağlıdır. Sistemde verim artışının sağlanması için güneş hücre ya da panellerin doğru şekilde modellenmesi gerekir. Bu manada güneş hücre ya da modüllerin modellenmesi araştırmacılar ve endüstride uzmanlardan tarafından yüksek ilgi görmektedir. Fotovoltaik sistemlerin performansı gerçek akım-gerilim ve güç-gerilim karakteristiklerinin modellenmesinde kullanılan eşdeğer diyot devreleri ve bu devrelerdeki elektriksel parametrelerin doğru bir şekilde çıkarımına bağlıdır. Güneş hücrelerin doğrusal olmayan akım-gerilim ve güç-gerilim karakteristiklerinden dolayı modelleme süreçleri zordur.

Güneş hücresi modelinde temelde iki matematiksel model kullanılır. Bunlar tek diyotlu model (SDM) ve çift diyotlu modeldir (DDM). Modeller içinde yapısal basitliği ve daha az sayıda parametre ihtiyacından dolayı SDM yaygın olarak kullanılan model olmuştur. Ancak rekombinasyon kayıplarının SDM'de dikkate alınmayışı bir dezavantaj olarak düşünülmüş ve bu dezavantajın ortadan kaldırılması için devre modelline bir diyot daha ilave edilerek DDM ortaya konmuştur [2]. DDM ile model karmaşıklığı, artan parametre sayısından dolayı artarken,

bu parametrelerin hassas bir şekilde ayarlandığı durumda elde edilen sonuçların doğruluğu artmaktadır.

Konuyla alakalı birçok araştırmacı ve uygulayıcı farklı fotovoltaik hücrelerin/modüllerin modellenmesi için çeşitli yöntemler önermişlerdir. Bunlar analitik, deterministik ve metasezgisel olmak üzere üç sınıfta toplanabilir. Analitik tekniklerde fotovoltaik panel parametrelerinin belirlenmesi için bazı matematiksel analizler gerçekleştirilir. İşlem yükü hafif olup hesaplama hızlıdır. Fakat elde edilen çözümün doğruluğu ile güvenirliği zayıftır. Deterministik teknikler modellerin dış bükeyliğine ya da türevlenebilirliğine bağlı olduğundan çözümlerin kalitesi yine düşüktür. Metasezgisel tekniklerde analitik ve deterministik tekniklerde yaşanan sınırlamalar bulunmamaktadır. Olasılıklı arama tekniklerinden olan metasezgiseller arama sürecini kendilerine özgü stratejilerle yöneterek en iyi çözümü veya yaklaşık en iyi çözümü makul sürede bulurlar.

Kyocera KC120-1 fotovoltaik modülünün tek diyotlu modellemesindeki 5 parametrenin tahmini için geliştirilmiş elektromanyetizma benzeri algoritma [3], çift diyotlu modeldeki 7 parametrenin tahmini için hibrit mutasyona dayanan diferansiyel evrim algoritması [4] ve hem tek diyotlu hem de çift diyotlu modellemeleri için Lambert W fonksiyonu tabanlı deniz yırtıcıları algoritması [5] kullanılmıştır. Kyocera KC200GT, SM55 ve ST40 fotovoltaik modüllerinin tek diyotlu modellemeleri için şönt dirence dayalı basit bir iteratif metottan yararlanılmıştır [6]. Kyocera KC200GT fotovoltaik modülün tek diyotlu ve çift diyotlu modellemeleri için radyal hareket optimizasyonu uygulanmıştır [7]. Kyocera KC200GT, SQ80 ve ST40 fotovoltaik modüllerinin tek diyotlu modellemeleri için Gauss-Seidel iteratif metodu kullanılırken, çift diyotlu modellemeleri için analitik bir metottan yararlanılmıştır [8].

R.T.C. France fotovoltaik hücresinin tek diyotlu modellemesi için ışığın kırılma prensibini içeren balina optimizasyon algoritması geliştirilmiştir [9]. R.T.C. France fotovoltaik hücresinin tek diyotlu ve çift diyotlu modellemeleri için denge optimizasyon algoritması [10], genelleştirilmiş karşıtlığa dayanan öğretme-öğrenme tabanlı optimizasyon [11], modifiye edilmiş yapay arı koloni algoritması [12], sincap arama algoritması [13] ve geliştirilmiş aritmetik optimizasyon algoritması [14] tasarlanmıştır. R.T.C. France fotovoltaik hücresinin tek diyotlu ve çift diyotlu modellemeleri ile Photowatt-PWP201 fotovoltaik modülünün tek diyotlu modellemesi için performans yönlendirmeli JAYA algoritması [15], modifiye edilmiş Rao-1 optimizasyon algoritması [16], modifiye edilmiş öğretme-öğrenme tabanlı optimizasyon [17] ve geliştirilmiş uyarlanabilir kelebek optimizasyon algoritması [18] önerilmiştir.

Literatürde kullanılan yaklaşımlar değerlendirildiğinde, analitik metotlar test koşulları altında elde edilen parametrelere bağımlı iken, deterministik metotlar başlangıç koşuluna duyarlılıklarından dolayı yerel optimumu aramada iyidirler. Diğer taraftan, metasezgisel yaklaşımlar analitik ve deterministik metotlara göre daha iyi sonuçlar vermektedir fakat çözüm kalitesini etkileyen kendilerine özgü kontrol parametrelerine sahiptirler. Bu nedenlerden ötürü, fotovoltaik hücre ya da modül parametrelerinin etkili şekilde çıkarımına halen ihtiyaç

duyulmaktadır. Bu noktada 2015 yılında ortaya konan stokastik fraktal arama (SFA) algoritması fotovoltaik hücrenin etkili şekilde modellenmesi için potansiyel bir yaklaşımdır.

SFA arama algoritması optimizasyon problemlerinin çözümü için matematiksel bir konsept olan fraktal fenomenini kullanmaktadır [19]. Gelişigüzel fraktallarda düzenli olarak görülen difüzyon özelliği sayesinde SFA algoritmasındaki parçacıklar arama uzayında etkili arama yaparlar. Çalışmada literatürde yaygın olarak kullanılan R.T.C. France fotovoltaik hücrenin çift diyotlu modellerindeki bilinmeyen elektriksel parametre değerleri minimum RMSE için SFA algoritması ile elde edilmiştir. Ortaya konan model kullanılarak fotovoltaik hücreye ait akım-gerilim (I-V) ve güç-gerilim (P-V) karakteristik eğrileri çizdirilmiştir. Gerçek veri ve model tabanlı veri arasında hesaplanan hata ölçütüne göre doğru ve güvenilir parametre değerleri elde edilmiştir.

2. STOKASTİK FRAKTAL ARAMA ALGORİTMASI

Diğer metasezgisel algoritmalarda olduğu gibi SFA algoritması arama işlemine çözüm uzayında belli sayıda rastgele çözüm adayları üreterek başlar. Algoritmada problem çözümüne aday olan her bir çözüm parçacık olarak adlandırılır. Parçacıklar SFA algoritmasındaki çeşitli fazlardan geçerek evrilirler ve gelişirler. Optimizasyon süreci tamamlandıktan sonra popülasyondaki en iyi birey/parçacık kaydedilmiş ve modelleme çalışmalarında kullanılmıştır.

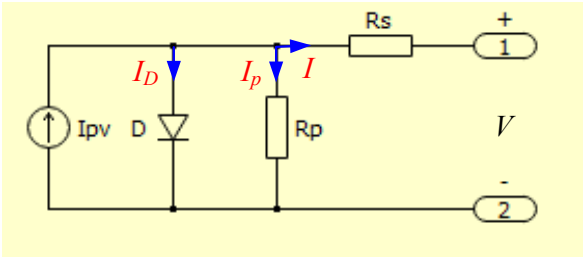
SFA algoritmasında iki temel safha gerçekleşir: ilki difüzyon safhası iken diğeri güncelleme safhasıdır. Difüzyon safhasında her bir çözüm bulunduğu pozisyon civarında difüzyona uğrayarak yeni çözümler üretilir. Yeni çözümlerin uygunluk değeri hesaplanarak içlerindeki en iyi çözüm dikkate alınır, diğerleri dışlanır. Güncelleme safhası ise birinci güncelleme ve ikinci güncelleme olmak üzere iki süreçten meydana gelir. Her bir güncelleme işleminden önce popülasyon en iyiden en kötü bireye doğru sıralanır. Algoritmanın yakınsama hızına ciddi katkılar sağlayan sıralama işlemi özellikle parçacık sayısının fazla olduğu problemlerde işlem yükünün artmasına, algoritmanın yavaşlamasına sebebiyet vermektedir. Güncelleme işlemleriyle popülasyon içinde kötü çözümlerin tespiti ve bunların pozisyonel değişimleri amaçlanarak popülasyon içinde çeşitlilik sağlanmaya çalışılır.

Çalışmada sayfa sayısının gereksiz yere artmasını önlemek ve içerik bütünlüğünün korunması amacıyla SFA algoritmasına ait matematiksel denklemler, akış diyagramı, kaba kod tasarımı vs. verilmemiştir. İlgili ve meraklı okuyucuların [19] numaralı referansı incelemeleri tavsiye olunur.

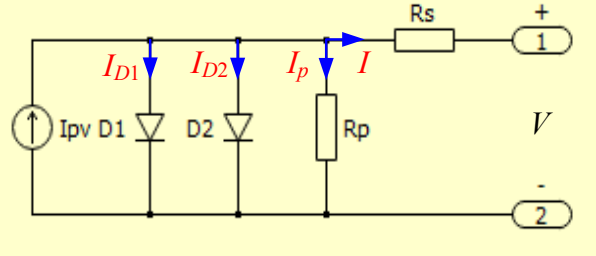
3. FOTOVOLTAİK HÜCRENİN MATEMATİKSEL MODELLERİ

Fotovoltaik hücrenin temel elektriksel devre modelleri tek diyotlu model (SDM) ile çift diyotlu model (DDM)'dir. SDM ve DDM eşdeğer devreleri sırasıyla Şekil 1'de verilmiştir. Görüldüğü üzere eşdeğer devreler akım kaynağına bağlı paralel diyotlar ile dirençlerden meydana gelir. Ayrıca yük akımına bağlı olarak çıkış gerilimi değiştiği için fotovoltaik hücrenin çıkış

terminalleri ile seri durumda bir direnç bulunmaktadır. Burada akım kaynağının akım şiddeti güneş ışığının yoğunluğuna ve sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir.



(a)



(b)

Şekil 1. Fotovoltaik hücrenin elektrik eşdeğer devreleri (a) SDM (b) DDM

DDM, SDM'e göre daha yüksek performans sağladığından bu çalışmada DDM tercih edilmiştir. Bu nedenle buradan sonraki kısımda DDM üzerine yoğunlaşılacaktır.

Şekil 1(b)'deki DDM eşdeğer devresine kirşof kanunun uygulanmasıyla çıkış akımı I aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$I = I_{pv} - I_{D1} - I_{D2} - I_p \tag{1}$$

Eş. 1'de I_{pv} Amper (A) birimde foton akımı, I_D Amper (A) birimde diyot akımı ve I_p Amper (A) birimde paralel bağlı dirençten (R_p) akan akımdır. I_p Eş. 2'deki gibi ifade edilebilir.

$$I_p = \frac{V+IR_s}{R_p} \tag{2}$$

Burada V Volt (V) birimde fotovoltaik hücrenin çıkış gerilimini, R_s çıkış terminallerine bağlı seri direnci ve R_p diyot ya da akım kaynağına paralel bağlı direnci göstermektedir. Dirençler Ohm (Ω) birimindedir. Diyot akımları I_{D1} ile I_{D2}, Shockley bağıntısı kullanılarak Eşitlikler 3 ve 4'deki gibi çıkarılabilirler.

$$I_{D1} = I_{01}\left[exp\left(\frac{V+IR_s}{n_1V_t}\right) - 1\right] \tag{3}$$

$$I_{D2} = I_{02}\left[exp\left(\frac{V+IR_s}{n_2V_t}\right) - 1\right] \tag{4}$$

Eşitlikler 3 ve 4, n_1 ve n_2 diyotların idealite faktörleri, I_{01} ve e I_{02} Amper (A) birimde ters doyum akımlarıdır. V_t Volt (V) birimde termal gerilim olup, aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$V_t = \frac{kT}{q} \tag{5}$$

Burada k Boltzmann sabiti (1.308649×10^{-23} Joule/Kelvin), q electron yükü ($1.602176634\times10^{-19}$ Coulomb) ve T Kelvin cinsinden ölçülen panel sıcaklığıdır. Eşitlikler 2, 3 ve 4, Eş. 1'te yerine konulursa, DDM'nin çıkış akımı I şu şekilde ifade edilir:

$$I = I_{pv} - I_{01}\left[exp\left(\frac{V+IR_s}{n_1V_t}\right) - 1\right] - I_{02}\left[exp\left(\frac{V+IR_s}{n_2V_t}\right) - 1\right] - \left(\frac{V+IR_s}{R_p}\right) \quad (6)$$

Eş. 6'dan açıkça görülüyor ki DDM için yedi parametrenin bilinmesi gerekir. Bu model için bilinmeyenlerden oluşan satır vektörü δ Eş. 7'de verilmiştir.

$$\delta = \left[I_{pv}, I_{01}, I_{02}, n_1, n_2, R_s, R_p\right] \quad (7)$$

Çalışmada optimizasyon algoritmasında amaç fonksiyonunun doğru biçimde tanımlanması gerekmektedir. Çalışmanın amacı fotovoltaik hücrenin gerçek I-V karakteristik eğrisini tanımlanan DDM ile elde etmek olduğundan gerçek I-V verisi ile elde edilen I-V verisi arasındaki hata Eş. 8'de hesaplatılmıştır. Bu hata ölçütü hatanın karelerinin ortalamasının karekökünü veyahut kök ortalama kare hatasını (RMSE) hesaplar.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(I_i - \hat{I}_i\right)^2} \quad (8)$$

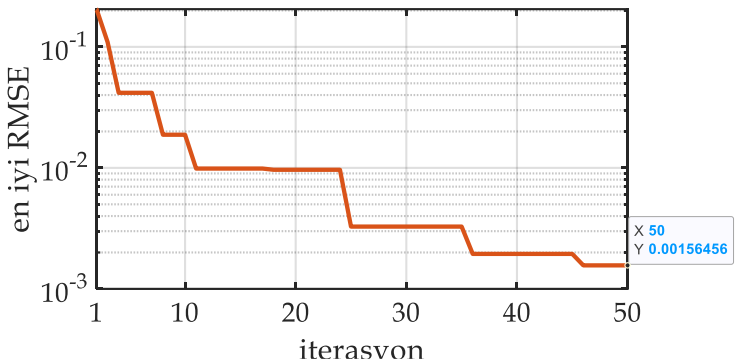
Eş. 8'de N deneysel olarak elde edilen (I_i, V_i) değerlerine ait örnekleme sayısıdır. I_i ve $\hat{I}_i$ sırasıyla i. gerçek akım ve model kullanılarak hesaplanan akım değeridir. Çalışmada kullanılan deneysel veri seti ticari olarak pazarda bulunan 33 °C ve 1000 W/m^2 radyasyonda çalışan R.T.C. France fotovoltaik hücresine aittir. Kullanılan veri setinde toplam 26 veri bulunmaktadır. Çalışmada çözülmeye çalışılan optimizasyon problemi aşağıdaki şekilde formülleştirilebilir.

$$\delta^* = \arg\min_{\delta\in[lb,ub]} RMSE(\delta) \quad (9)$$

Es. 9'da lb ve ub bilinmeyenler vektöründeki karar değişkenlerinin sırasıyla alt ve üst sınırlarını göstermektedir.

4. OPTİMİZASYON SONUÇLARI

SFA algoritmasının performansını test etmek için fotovoltaik hücrenin DDM parametreleri elde edilmiştir. Bunun için SFA algoritmasında çözüm sayısı 30, iterasyon sayısı 50 olarak ayarlanarak optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon sürecinde algoritma yakınsama grafiği Şekil 2'de verilmiştir. 1. iterasyon popülasyonun rastgele üretildiği başlangıç iterasyonudur. Şekilden açıkça görüldüğü gibi en iyi RMSE değeri 0.00156456 değerine kadar kademeli şekilde düşmüştür.



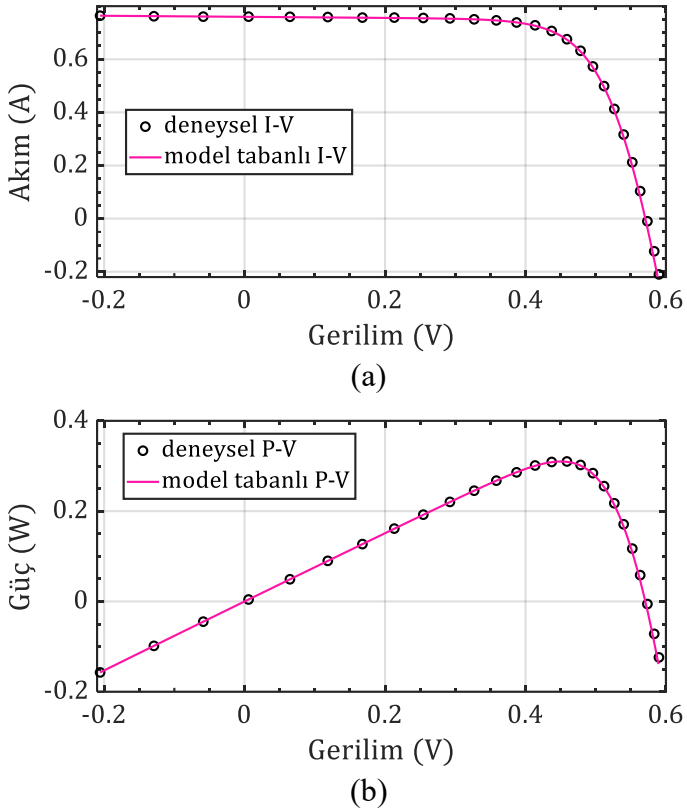
Şekil 2. SFA algoritması yakınsama grafiği

Elde edilen en iyi RMSE değerine karşılık gelen DDM parametre değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Bu tabloda aynı zamanda optimizasyon probleminin kısıtları olan parametre alt ve üst sınırları da verilmiştir. Sonuçlar aritmetik optimizasyon algoritması (AOA) [20], yılan arama algoritması (YAA) [21], simbiyotik organizmalar arama algoritması (SOAA) [22] ve salp sürü algoritması (SSA) [23] ile elde edilen sonuçlarla benzer koşullarda karşılaştırılmıştır. Tablo 1'deki RMSE değerleri incelendiğinde AOA en iyi 0.0039, YAA 0.0023, SOAA 0.002137 ve SSA 0.001862 değerleri elde edilmiş ve RMSE'de kademeli bir iyileşme sağlanmıştır. SFA algoritmasında ise RMSE değeri en iyi 0.001564 olarak elde edilmiştir. Daha küçük RMSE gerçek karakteristik eğri ile model tabanlı karakteristik eğri arasındaki sapmanın ya da uyuşmazlığın daha az olduğu anlamına gelmektedir. Böylece SFA algoritmasının bu problem için diğer algoritmalardan daha iyi performans sunduğu anlaşılmıştır.

Tablo 1. Parametre sınırları ve R.T.C. France fotovoltaik hücrenin DDM için bulunan en uygun parametre değerlerinin karşılaştırılması

Parametre	Sınırlar		Çeşitli algoritmalar ile DDM için elde edilen parametre değerleri				
	δ_{min}	δ_{max}	AOA	YAA	SOAA	SSA	SFA
I_{pv} (A)	0	1	0.7585	0.7615	0.7618	0.7624	0.7604
I_{01} (A)	1E−08	1E−05	4.9497E−08	3.267E−07	3.093E−07	2.260E−07	1.721E−07
I_{02} (A)	1E−08	1E−05	1.5555E−08	7.167E−07	6.441E−07	3.704E−07	3.390E−07
n_1	0	2	1.3123	1.7641	1.7782	1.4514	1.9393
n_2	0	2	1.9907	1.5777	1.5641	1.8661	1.4874
R_s (Ω)	0	5	0.0454	0.0311	0.0316	0.0362	0.0350
R_p (Ω)	0	100	57.6578	60	55.0810	42.3674	50.0972
RMSE			0.0039	0.0023	0.002137	0.001862	**0.001564**

Tablo 1'de SFA tabanlı elde edilen parametreler ile fotovoltaik hücrenin DDM eşdeğer devre modelinden elde edilen I-V ve P-V karakteristik eğrileri Şekil 3'de verilmiştir. Deneysel olarak elde edilen gerçek I-V ve gerçek P-V karakteristik eğrileri de bu şekil üzerinde gösterilmiştir. Şekil 3'ten açıkça görülüyor ki SFA tabanlı DDM kullanılarak elde edilen değerler tüm gerilim skalası için gerçek değerlerle uyumludur.



Şekil 3. Deneysel I-V ve P-V eğrileri ile model tabanlı I-V ve P-V eğrilerinin karşılaştırılması

5. SONUÇLAR

İki diyotlu fotovoltaik eşdeğer devre modelindeki bilinmeyen parametrelerin doğru şekilde belirlenmesi için metasezgisel bir yaklaşım olan SFA algoritması probleme uygulanmıştır. Fotovoltaik hücre modelinde elde edilen çıktılar değerlendirildiğinde; RMSE değeri 0.001564 seviyesine kadar düşürülmüştür. Elde edilen sonuçlar aynı zamanda AOA, YAA, SOAA ve SSA ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve SFA algoritmasının diğer algoritmalardan bu problem için daha etkili arama yeteneğine sahip olduğu anlaşılmıştır. Deneysel eğrilerle model tabanlı elde edilen akım-gerilim ve güç-gerilim eğrileri karşılaştırıldığında uyumun daha iyi olduğu görülmüştür. Sonuç olarak SFA algoritması fotovoltaik hücrelerin karakteristik eğrilerinin elde edilmesinde güvenilir ve etkili bir yaklaşımdır.

KAYNAKLAR

1. Yeşilbudak M, Afrika Akbabaları Optimizasyon Algoritması Kullanılarak Fotovoltaik Hücre ve Fotovoltaik Modül Parametrelerinin Çıkarımı, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, 9(4), 708-725, 2021.

2. Rezk H, Mazen ALO, Gomaa MR, Tolba A, Abdelkareem, MA, A novel statistical performance evaluation of most modern optimization-based global MPPT techniques for partially shaded PV system, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 115, 109372, 2019.

3. Ridha HM, Gomes C, Hizam H, Estimation of photovoltaic module model's parameters using an improved electromagnetic-like algorithm, Neural Computing and Applications, 32(16), 12627-12642, 2020.

4. Muhsen, DH, Ghazali AB, Khatib T, Abed IA, Parameters extraction of double diode photovoltaic module's model based on hybrid evolutionary algorithm. Energy Conversion and Management, 105, 552-561, 2015.

5. Ridha HM, Parameters extraction of single and double diodes photovoltaic models using Marine Predators Algorithm and Lambert W function, Solar Energy, 209, 674-693, 2020.

6. Chaibi Y, Allouhi A, Salhi M, A simple iterative method to determine the electrical parameters of photovoltaic cell, Journal of Cleaner Production, 269, 122363, 2020.

7. Ganesh Pardhu BSS, Kota VR, Radial movement optimization based parameter extraction of double diode model of solar photovoltaic cell, Solar Energy, 213, 312-327, 2021.

8. Et-torabi K, Nassar-eddine I, Obbadi A, Errami Y, Rmaily R, Sahnoun S, El fajri A, Agunaou M, Parameters estimation of the single and double diode photovoltaic models using a Gauss-Seidel algorithm and analytical method: A comparative study, Energy Conversion and Management, 148, 1041-1054, 2017

9. Long W, Wu T, Jiao J, Tang M, Xu M, Refraction-learning-based whale optimization algorithm for high-dimensional problems and parameter estimation of PV model, Engineering Applications of Artificial Intelligence, 89, 103457, 2020.

10. Ndi FE, Perabi SN, Ndjakomo SE, Abessolo GO, Mengata GM, Estimation of single-diode and two diode solar cell parameters by equilibrium optimizer method, Energy Reports, 7, 4761-4768, 2021.

11. Chen X, Yu K, Du W, Zhao W, Liu G, Parameters identification of solar cell models using generalized oppositional teaching learning based optimization, Energy, 99, 170-180, 2016.

12. Jamadi M, Merrikh-Bayat F, Bigdeli M, Very accurate parameter estimation of single- and double-diode solar cell models using a modified artificial bee colony algorithm, International Journal of Energy and Environmental Engineering, 7(1), 13-25, 2015.

13. Maden D, Çelik E, Houssein EH, Sharma G, Squirrel search algorithm applied to effective estimation of solar PV model parameters: a real-world practice, Neural Computing and Applications, 35, 13529-13546, 2023.

14. Çelik E, IEGQO-AOA: Information-Exchanged Gaussian Arithmetic Optimization Algorithm with Quasi-opposition learning, Knowledge-Based Systems, 260, 2023.

15. Yu K, Qu B, Yue C, Ge S, Chen X, Liang J, A performance-guided JAYA algorithm for parameters identification of photovoltaic cell and module, Applied Energy, 237, 241-257, 2019.

16. Jian X Zhu Y, Parameters identification of photovoltaic models using modified Rao-1 optimization algorithm, Optik, 231, 166439, 2021.

17. Basset MA, Mohamed R, Chakrabortty RK, Sallam K, Ryan MJ, An efficient teaching-learning-based optimization algorithm for parameters identification of photovoltaic models: Analysis and validations, Energy Conversion and Management, 227, 113614, 2021.

18. Long W, Wu T, Xu M, Tang M, Cai S, Parameters identification of photovoltaic models by using an enhanced adaptive butterfly optimization algorithm, Energy, 229, 120750, 2021.

19. Salimi H, Stochastic Fractal Search: A powerful metaheuristic algorithm, Knowledge-Based Systems, 75, 1-18, 2015.

20. Çelik E, Dalcalı A, An efficient parameter estimation approach based on arithmetic optimization algorithm for PV cells, Al-Farabi 4th International Congress on Applied Sciences, 19-20 August 2022, Erzurum, Turkey.

21. Çelik E, Dalcalı A, Effective parameters estimation in PV cell models using snake search algorithm, International Antalya Scientific Research and Innovative Studies Congress-V, 26-28 July 2023, Antalya, Turkey.

22. Çelik E, Dalcalı A, Karayel M, Identification of two-diode photovoltaic model parameters using symbiotic organisms search algorithm, VI. Baskent International Conference on Multidisciplinary Studies, 24-26 July 2024, Ankara, Turkey.

23. Çelik E, Dalcalı A, Karayel M, Performance evaluation of salp swarm algorithm towards parameter identification of two-diode photovoltaic model parameters, 9th International Mediterranean Scientific Research Congress, 29-30 April 2026, Yumurtalık, Adana, Türkiye.

BORSA İSTANBUL REEL SEKTÖR FİRMALARINDA İHRACAT FAALİYETİ VE FİRMA DEĞERİ İLİŞKİSİ ÜZERİNE AMPİRİK BİR İNCELEME[1]

Farid HUSEYNLİ
İstanbul Gedik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uluslararası Ticaret Programı
ORCID 0009-0003-4095-1847
Dr. Öğr. Üyesi Beylem ÇELİK
İstanbul Gedik Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü
ORCID 0000-0003-4322-5907
Dr. Abdullah Kürşat MERTER
Gebze Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü
ORCID 0000-0001-6874-1890

ÖZET

Bu çalışma, Borsa İstanbul'da işlem gören reel sektör firmalarında ihracat faaliyeti ile firma değeri arasındaki ilişkiyi, ihracatçı statüsü ve ihracat yoğunluğu ayrımı üzerinden incelemektedir. İhracatın firma değeriyle ilişkisinin doğrusal olup olmadığı ve ihracat yoğunluğuna bağlı olarak farklılaşıp farklılaşmadığı araştırılmaktadır. Firmaların finansal ve piyasa verilerinden oluşturulan dengesiz panel veri seti, firma ve yıl sabit etkilerini içeren modellerle analiz edilmektedir. Tahminlerde Driscoll–Kraay standart hataları kullanılmakta; ihracata katılımın seçici yapısı Heckman tipi iki aşamalı analizle ayrıca değerlendirilmektedir. Firma değeri temel olarak Tobin Q ile ölçülmekte, piyasa değeri/defter değeri oranı ise alternatif gösterge olarak kullanılmaktadır. Bulgular, ihracatçı statüsünün firma değeriyle negatif ve anlamlı ilişkili olduğunu, ihracat yoğunluğunun doğrusal modeldeki ilişkisinin ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir. Buna karşılık karesel modeller, ihracat yoğunluğu ile firma değeri arasında U biçimli bir ilişkiye işaret etmektedir. Alternatif firma değeri göstergesi ve iki aşamalı analiz de bu doğrusal olmayan örüntüyü desteklemektedir. Bulgular, dış pazarlara katılımla ilişkili maliyetler ile ihracatın sağlayabileceği faydaların, faaliyet yoğunluğuna bağlı olarak farklı ağırlıklar kazanabileceği görüşüyle uyumludur. Çalışma, ihracata katılım ile ihracat yoğunluğunu ayrı boyutlar olarak ele alarak uluslararasılaşma–performans literatürüne Türkiye sermaye piyasası bağlamında ampirik katkı sunmaktadır. Doğrusal olmayan ilişkinin farklı piyasa temelli göstergelerle değerlendirilmesi, ihracat faaliyetinin firma değeri açısından daha bütüncül biçimde anlaşılmasına olanak sağlamaktadır. Bu yönüyle araştırma, yöneticilerin ve yatırımcıların ihracat stratejilerini faaliyet ölçeği ve değer yaratma dinamikleri açısından değerlendirmelerine yönelik ampirik bir çerçeve sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler Borsa İstanbul, Firma Değeri, İhracat Yoğunluğu, Panel Veri Analizi, U Biçimli İlişki

ABSTRACT

This study examines the relationship between export activity and firm value among real sector firms listed on Borsa Istanbul by distinguishing exporter status from export intensity. It investigates whether the relationship between exporting and firm value is linear and whether it

[1] Bu çalışma, İstanbul Gedik Üniversitesi Uluslararası Ticaret Yüksek Lisans Programı kapsamında hazırlanan 'BORSA İSTANBUL REEL SEKTÖR FİRMALARINDA İHRACAT FAALİYETİ VE FİRMA DEĞERİ İLİŞKİSİ ÜZERİNE AMPİRİK BİR İNCELEME' başlıklı yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

varies with export intensity. An unbalanced panel dataset constructed from firms' financial and market data is analysed using models with firm and year fixed effects. Driscoll–Kraay standard errors are employed, and the selective nature of export participation is further examined through a Heckman-type two-stage analysis. Firm value is primarily measured by Tobin Q, while the price-to-book ratio serves as an alternative indicator. The findings show that exporter status is negatively and significantly associated with firm value, whereas export intensity is not statistically significant in the linear model. In contrast, the quadratic models indicate a U-shaped relationship between export intensity and firm value. The alternative firm value indicator and the two-stage analysis also support this non-linear pattern. These findings are consistent with the view that the costs of participation in foreign markets and the potential benefits of exporting may carry different weights as activity intensity varies. By treating export participation and export intensity as distinct dimensions, the study makes an empirical contribution to the internationalisation–performance literature in the context of Türkiye's capital market. Examining the non-linear relationship using different market-based indicators enables a more comprehensive understanding of export activity in relation to firm value. Accordingly, the research provides an empirical framework for managers and investors to evaluate export strategies in terms of activity scale and value creation dynamics.

Keywords Borsa Istanbul, Firm Value, Export Intensity, Panel Data Analysis, U-Shaped Relationship

GİRİŞ

İhracat, bir firmanın müşterilere erişimini iç pazarının ötesine genişletir; ancak dış pazarlara katılım, getiriler gerçekleşmeden önce de kaynak gerektirir. Heterojen firma ticaret teorisi, firmaların sabit ihracat maliyetlerini karşılama kapasitelerinin neden farklılaştığını ve bu nedenle ihracatın rastgele değil, seçilim sonucu gerçekleşen bir faaliyet olduğunu açıklar (Melitz, 2003). Ampirik kanıtlar da ihracatçıların dış pazarlara girmeden önce bile ayırt edici özelliklere sahip olduğunu göstermektedir (Bernard ve Jensen, 1999). Bu mekanizmalar, ihracat yapma kararı ile ihracat faaliyetinin ölçeğini birbirinden ayırmayı önemli kılmaktadır. Borsada işlem gören firmalar açısından ilgili sonuç yalnızca eşzamanlı verimlilik veya muhasebe kârlılığı değil, aynı zamanda beklenen gelecekteki nakit akışlarına ve büyüme fırsatlarına atfedilen değerlemedir.

Uluslararasılaşma–performans literatürü, tek ve bağlamdan bağımsız bir öngörü sunmamaktadır. Bausch ve Krist (2007), anlamlı bağlamsal düzenleyicilerle birlikte pozitif bir toplam ilişki tespit etmektedir. Gelişmekte olan piyasa çok uluslu şirketlerine ilişkin güncel meta-analitik kanıtlar da araştırma tasarımları ve ulusal bağlamlar arasında değişen genel olarak pozitif bir ilişki bildirmektedir (Wu ve diğerleri, 2022); Aydemir ve Alper (2024) ise çok uluslu firmalar arasında anlamlı ancak küçük bir pozitif toplam ilişki bulmaktadır. Bu bulgular, her pazarda aynı ihracat–değer etkisinin bulunduğu şeklinde okunmamalıdır. Yabancı bağlı ortaklıklar, coğrafi çeşitlendirme ve ihracat, uluslararasılaşmanın farklı boyutlarını temsil etmektedir. Bu nedenle ihracat odaklı bir çalışma, tek tip pozitif bir ilişki dayatmak yerine kendi özgül ölçümünü belirlemeli ve fonksiyonel biçimi test etmelidir.

Türkiye, bu soruları incelemek için yararlı bir bağlam sunmaktadır. Maggioni (2012), Türkiye imalat sanayisinde ihracata giriş sonrası verimlilik gelişmelerini tespit etmekte; ancak bu tür sonuçlar otomatik olarak daha yüksek piyasa değerlemeleri anlamına gelmemektedir. BİST

firmaları arasında Kayacı (2022), yurt dışı satış yoğunluğu ile aktif kârlılığı arasında negatif bir ilişki bildirmektedir. Akyol ve Özkan (2023), Türk sanayi firmalarını ve net satışlara oranla ihracatı kullanarak, genel faaliyet kârlılığıyla doğrudan istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulmamaktadır. 27 Avrupa ülkesindeki borsada işlem gören firmaları kullanan Likitwongkajon ve Vithessonthi (2023) de yurt dışı satış yoğunluğunun Tobin Q ile anlamlı biçimde ilişkili olmadığını, ancak yurt dışı varlık yoğunluğunun Tobin Q ile negatif ilişkili olduğunu bulmaktadır. İkinci ölçütler, yalnızca ihracattan ziyade daha geniş uluslararası faaliyetlerle ilgilidir. Bu sonuç ve ölçüm farklılıkları, Borsa İstanbul reel sektör firmalarında ihracata katılımın, ihracat yoğunluğunun ve piyasa temelli değerin ayrı olarak incelenmesini gerekli kılmaktadır.

Bu çalışma, 2010–2025 döneminde 390 firmaya ait 3.818 firma-yıl gözlemini incelemektedir. Analiz, ihracatçı statüsünü, ihracat yoğunluğu ile firma değeri arasındaki doğrusal ilişkiyi ve bu ilişkinin yön değiştirmesine izin veren karesel model tanımlamasını üç tamamlayıcı çerçevede ele almaktadır. Temel sonuç değişkeni Tobin Q'dur; piyasa değeri/defter değeri oranına ilişkin panel tahminleri alternatif bir değerleme ölçütü sağlamaktadır. Tanımlayıcı istatistikler, korelasyonlar, sabit etkili panel tahminleri ve iki aşamalı seçilim duyarlılığı analizi birlikte değerlendirilmektedir.

LİTERATÜR TARAMASI VE HİPOTEZ GELİŞTİRME

İlk teorik mekanizma, ihracata katılım ve kendiliğinden seçilimle ilgilidir. Dış pazar faaliyetinin oluşturulması sabit maliyetler içerdiğinden, yeterince elverişli verimliliğe ve kaynaklara sahip firmaların ihracat pazarlarına girme olasılığı daha yüksektir (Melitz, 2003). Bernard ve Jensen (1999), elverişli ihracatçı özelliklerinin basitçe ihracat yapma eylemine atfedilemeyeceğini, çünkü önemli farklılıkların girişten önce mevcut olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, firma özellikleri için kontrol değişkenlerini gerekli kılmakta ve ihracatçı–ihracatçı olmayan farklılıklarının nedensel etkiler olarak yorumlanmasına karşı uyarıda bulunmaktadır. Aynı zamanda, dış pazar faaliyetini sürdürmeyle ilişkili maliyetler, beklenen nakit akışlarını başlangıçta ihracatı mümkün kılan yeteneklerden farklı biçimde etkileyebilir. Dolayısıyla, ihracatçı statüsü katsayısının ihracat yoğunluğu katsayısıyla aynı işarete sahip olması gerekmez.

İkinci mekanizma, yabancı müşterilere ve rekabete maruz kalma yoluyla öğrenmedir. De Loecker (2007), Slovenya'da ihracata girişin ardından verimlilik kazanımlarını belgelemekte; Martins ve Yang (2009) ise ihracat yoluyla öğrenme hipotezine ilişkin kanıtları sentezlemektedir. Maggioni (2012), bu süreci Türkiye imalat sanayisinde inceleyerek, borsa primi olduğunu doğrudan ortaya koymaksızın öğrenme argümanını ulusal bağlam açısından ilgili kılmaktadır. Atkin ve diğerleri (2017), Mısırlı halı üreticilerinden elde edilen deneysel kanıtlarla, ihracat fırsatlarının öğrenme ve kalite iyileştirmesi yoluyla performansı artırabileceğini göstermektedir. Bu çalışmalar potansiyel bir fayda kanalını desteklemektedir; ancak ne bir verimlilik kazanımı ne de belirli bir deneyin sonuçları, borsada işlem gören her ihracatçının daha yüksek bir piyasa değerlemesi elde ettiğini göstermektedir.

Katılım maliyeti ve öğrenmeye ilişkin birbiriyle yarışan savlar, ihracatçı statüsü ile firma değeri arasındaki net ilişkinin ampirik bir soru olduğunu göstermektedir. Daha geniş uluslararasılaşma araştırmaları da fayda ve maliyetlerin tekdüze biçimde işlemek yerine genişlemenin farklı aşamalarında değişebileceğini göstermektedir (Contractor ve diğerleri, 2003; Lu ve Beamish, 2004). Bu çalışmalar yalnızca ihracattan ziyade çok uluslu genişlemeyle ilgili olsa da, yönlü bir hipotezin mevcut bağlamda neden gereksiz biçimde kısıtlayıcı olacağını açıklamaktadır.

Ayrıca, eşzamanlı bir ihracatçı göstergesi, belirli bir yılda yurt dışı satışların gerçekleşip gerçekleşmediğini kaydeder; firmanın ilk ihracata giriş olayını belirlemez. Bu nedenle ilk hipotez, yönünü önceden belirlemeksizin bir ilişkinin varlığını test etmektedir.

H1: İhracatçı statüsü, Borsa İstanbul reel sektör firmaları arasında firma değeriyle anlamlı biçimde ilişkilidir.

İhracat yapma koşuluyla, daha yüksek bir yurt dışı satış payı, pazar geliştirme maliyetlerini daha geniş bir satış tabanına yayabilir ve öğrenme için ilave fırsatlar sağlayabilir. Bununla birlikte, artan uluslararası maruziyet koordinasyon gerekliliklerini ve riski de artırabilir; dolayısıyla sabit bir marjinal ilişki garanti edilmemektedir. Abdi ve Aulakh (2018), performans incelenirken uluslararası faaliyetlerin derecesi, süresi ve ölçeğinin birbirinden ayrılması gerektiğini göstermektedir. Meta-analitik çalışmalar da evrensel bir ilişkiden ziyade heterojenliğe işaret etmektedir (Bausch ve Krist, 2007; Wu ve diğerleri, 2022; Aydemir ve Alper, 2024). Doğrusal bir yoğunluk modeli, karesel model tanımlamasının karşılaştırılabileceği bir kıyaslama modeli olarak yararlı olmaya devam etmektedir.

H2: İhracat yoğunluğu, ihracat yapan Borsa İstanbul reel sektör firmaları arasında doğrusal bir model tanımlamasında firma değeriyle anlamlı biçimde ilişkilidir.

İhracata bağlı maliyetler ile faydalar arasındaki dengenin yoğunlukla birlikte değişmesi durumunda karesel bir ilişki makuldür. Uluslararasılaşmanın örgütsel öğrenme yorumu, firmaların deneyim biriktirmesiyle ilk başta daha zayıf sonuçları, ardından iyileşmeleri barındırabilir (Ruigrok ve Wagner, 2003). Bununla birlikte, alternatif aşama modellerinin varlığı, belirli bir eğrinin her örneklemde geçerli olacağını varsaymayı haklı çıkarmaz. Berry ve Kaul (2016), önerilen S-eğrisi ilişkisini değerlendirirken tekrarlamanın ve model tanımlaması tercihlerinin önemini göstermektedir. Bu nedenle çalışma, U biçimli bir örüntüyü yerleşik bir gerçek olarak ele almak yerine karesel bir ilişkiyi test etmektedir. Negatif bir doğrusal katsayı ve pozitif bir karesel katsayı, uygun biçim testi yapılması koşuluyla U biçimli bir ilişkiyle tutarlı olacaktır.

H3: İhracat yoğunluğu ve firma değeri, ihracat yapan Borsa İstanbul reel sektör firmaları arasında anlamlı bir karesel, doğrusal olmayan ilişki sergilemektedir.

METODOLOJİ

Veri ve Örneklem Oluşturma

Araştırmada 2010–2025 dönemini kapsayan firma-yıl panel tasarımı kullanılmaktadır. Finansal tablo ve piyasa değeri verileri Finnet'ten elde edilmiş ve Kamuyu Aydınlatma Platformu'ndaki (KAP) açıklamalarla kontrol edilmiştir. Başlangıçtaki evren, 6.949 gözlemden ve 586 borsada işlem gören firmadan oluşmaktadır. Finans sektörü firmaları, muhasebe yapıları, finansman faaliyetleri ve yükümlülük ölçütleri reel sektör firmalarınınkilerle doğrudan karşılaştırılabilir olmadığından dışlanmıştır. Bu ilk dışlama, 5.057 gözlemden ve 439 firmadan oluşan bir örneklem bırakmaktadır. Böylece çalışmanın ampirik kapsamı, tüm Türk işletmeleri veya tüm ihracatçılar değil, borsada işlem gören reel sektör firmalarıdır.

Tahmin için gerekli finansal veya piyasa bilgileri eksik olan gözlemler çıkarıldıktan sonra 3.818 gözlem ve 390 firmadan oluşan dengesiz bir panel elde edilmiştir. Bildirilen sıfır yurt dışı satış veya Ar-Ge harcaması eksik değer olarak değil, geçerli gözlem olarak işleme alınmıştır. İhracat yoğunluğu modellerinde yurt dışı satışları pozitif olan 2.941 firma-yılı kullanılmakta; alternatif piyasa değeri/defter değeri oranı panel sonuçları ise modele özgü gözlem sayılarıyla sunulmaktadır. Örneklem oluşturma sürecinde eleme işlemleri ardışık olarak uygulanmıştır. Tablo 1, bu sürecin her aşamasındaki gözlem ve firma sayılarını göstermektedir.

Tablo 1. Örneklemin oluşturulması

Aşama	Firma-yıl gözlem sayısı	Firma sayısı
Borsaya kote firmalardan oluşan başlangıç evreni	6.949	586
Finans sektörü firmaları dışlandıktan sonra	5.057	439
Eksik verili gözlemler dışlandıktan sonra nihai örneklem	3.818	390

Değişkenler ve Ölçüm

Tobin Q (TQ), yıl sonu öz kaynak piyasa değeri ile toplam yükümlülüklerin toplamının toplam varlıklara bölünmesiyle hesaplanır; doğrudan yenileme maliyeti ölçüsü değil, muhasebe temelli bir vekil ölçüdür. Değerleme araştırmalarında Tobin Q kullanımının temelleri Lang ve Stulz (1994) tarafından ortaya konmuştur. Piyasa değeri/defter değeri oranı (PD/DD), öz kaynak piyasa değerinin ana ortaklığa atfedilen öz kaynaklara bölünmesiyle hesaplanır. İhracatçı statüsü (İHR), ihracat yoğunluğu (İY) ve İY², uluslararasılaşmanın satış boyutuyla uyumlu olarak katılımı yurt dışı satış payından ayırır (Sullivan, 1994). Her model BÜY, KALD, YAT, MDV, CARİ, PAZ ve ARGE değişkenlerini içerir. Varlık temelli büyüklük ölçümü Dang ve diğerleri (2018) tarafından tartışılırken, Ar-Ge harcamalarının piyasa açısından önemi Chan ve diğerleri (2001) tarafından incelenmiştir.

Tablo 2. Değişkenlerin tanımları ve ölçümü

Tür	Değişken	Simge	Tanım ve ölçüm
Bağımlı değişken	Tobin Q	TQ	(Öz kaynakların yıl sonu piyasa değeri + kısa vadeli yükümlülükler + uzun vadeli yükümlülükler) / toplam varlıklar
Alternatif bağımlı değişken	Piyasa değeri/defter değeri oranı	PD/DD	Öz kaynakların yıl sonu piyasa değeri / ana ortaklığa ait öz kaynaklar
Açıklayıcı	İhracatçı statüsü	İHR	Yurt dışı satışlar > 0 ise 1; aksi durumda 0
Açıklayıcı	İhracat yoğunluğu	İY	Yurt dışı satışlar / brüt satışlar
Açıklayıcı	İhracat yoğunluğunun karesi	İY²	(Yurt dışı satışlar / brüt satışlar)²
Kontrol	Firma büyüklüğü	BÜY	ln(toplam varlıklar)
Kontrol	Finansal kaldıraç	KALD	(Kısa vadeli yükümlülükler + uzun vadeli yükümlülükler) / toplam varlıklar
Kontrol	Yatırım harcaması oranı	YAT	Satın alınan, üretilen veya inşa edilen maddi duran varlıkların maliyeti / toplam varlıklar
Kontrol	Maddi varlık yoğunluğu	MDV	Maddi duran varlıklar / toplam varlıklar
Kontrol	Cari oran	CARİ	Dönen varlıklar / kısa vadeli yükümlülükler
Kontrol	Pazarlama yoğunluğu	PAZ	Pazarlama, satış ve dağıtım giderleri / brüt satışlar
Kontrol	Ar-Ge yoğunluğu	ARGE	Araştırma ve geliştirme giderleri / brüt satışlar

Ekonometrik Modeller ve Tahmin Stratejisi

Model 1, tam örneklemde ihracatçı statüsü ile firma değeri arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Model 2 ve Model 3 ise ihracatçı firma gözlemlerinde ihracat yoğunluğunun firma değeriyle ilişkisini sırasıyla doğrusal ve karesel biçimde ele almaktadır. X, yedi kontrol değişkeninin tamamını içermekte, α_i ve τ_t firma ve yıl sabit etkilerini göstermektedir. Driscoll–Kraay standart hataları, tahmin edicinin varsayımları altında değişen varyansa, zamansal bağımlılığa ve yatay kesit bağımlılığına karşı dayanıklı çıkarım sağlamaktadır (Driscoll ve Kraay, 1998; Hoechle, 2007). Bu kovaryans düzeltmeleri katsayı yanlılığını ortadan kaldırmadığından tek başına nedensellik göstermemektedir. Aynı model yapıları PD/DD için de uygulanmaktadır. Karesel ilişkinin dönüm noktası $İY^* = -\beta_1/(2\beta_2)$ formülüyle hesaplanmaktadır. U biçiminin değerlendirilmesinde, katsayı işaretleriyle birlikte Lind–Mehlum biçim testi dikkate alınmaktadır (Lind ve Mehlum, 2010).

$$TQ_{it} = \beta_0 + \beta_1 İHR_{it} + \delta' X_{it} + \alpha_i + \tau_t + u_{it}. \quad (1)$$
$$TQ_{it} = \beta_0 + \beta_1 İY_{it} + \delta' X_{it} + \alpha_i + \tau_t + u_{it}. \quad (2)$$
$$TQ_{it} = \beta_0 + \beta_1 İY_{it} + \beta_2 İY^2_{it} + \delta' X_{it} + \alpha_i + \tau_t + u_{it}. \quad (3)$$

İhracat katılımının rassal olmayabileceğini dikkate almak amacıyla (Heckman, 1979) Heckman-tipi iki aşamalı bir duyarlılık analizi uygulanmaktadır. İHR için kurulan Probit denklemi yedi kontrol değişkeninin tamamını, sektör göstergelerini ve yıl göstergelerini içerir; standart hatalar firma kümelenmesine göre dayanıklı olarak hesaplanır. Daha sonra karesel TQ denklemine ters Mills oranı (TMO) eklenir. İkinci aşama değer modeli, tam örneklemdeki 3.818 gözlemin tamamını kullanır. Bu uygulama, ihracat seçilimini veya diğer içsellik sorunlarını tam olarak düzelttiği varsayılan bir yöntem olarak değil, duyarlılık analizi olarak değerlendirilir. Dışlama kısıtı bulunmadığından sonuçlar nedensellik iddiası taşımaz. Birinci aşama örneklemi ile ikinci aşamadaki heterojenlik kontrolleri, bulguların yorumunda dikkate alınır. Testlerde %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyleri kullanılır.

$$\Pr(İHR_{it} = 1) = \Phi(\gamma_0 + \gamma' X_{it} + \text{sektör göstergeleri} + \text{yıl göstergeleri}). \quad (4)$$
$$TQ_{it} = \beta_0 + \beta_1 İY_{it} + \beta_2 İY^2_{it} + \delta' X_{it} + \theta TMO_{it} + \text{heterojenlik kontrolleri} + \text{yıl etkileri} + u_{it}. \quad (5)$$

BULGULAR

Tanımlayıcı İstatistikler ve Korelasyonlar

Değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 3'te yer almaktadır. TQ'nun ortalaması 1,972, medyanı 1,348 ve standart sapması 2,024'tür. Ortalamanın medyanı aşması ve standart sapmanın büyüklüğü, firma değerlerinin örneklem içinde belirgin biçimde farklılaştığını göstermektedir. İhracat faaliyeti, firma-yıl gözlemlerinin yaklaşık %77'sinde gerçekleşmektedir. İhracat yoğunluğunun ortalaması 0,219, medyanı 0,111'dir. Bu değerler, ihracat yapmayan firmaları da kapsayan tüm örnekleme ait olduğundan yalnızca ihracatçı firmaların ortalama yoğunluğu olarak değerlendirilmemelidir. Finansal kaldıraç, yatırım harcaması oranı ve maddi varlık yoğunluğunun ortalamaları sırasıyla 0,486, 0,052 ve 0,319'dur. Ar-Ge yoğunluğunun medyanı 0,000, ortalaması ise 0,006'dır. Tablo 3, temel firma değeri göstergesi TQ ile açıklayıcı değişkenlerin dağılımını göstermektedir. PD/DD ise alternatif firma değeri göstergesi olarak panel analizlerinde değerlendirilmektedir.

Tablo 3. Tanımlayıcı istatistikler

Değişken	N	Ortalama	SS	Medyan	p25	p75	Min.	Maks.
TQ	3.818	1,972	2,024	1,348	1,014	2,006	0,479	13,833
İHR	3.818	0,770	0,421	1,000	1,000	1,000	0,000	1,000
İY	3.818	0,219	0,255	0,111	0,002	0,370	0,000	0,926
BÜY	3.818	20,667	2,155	20,598	19,099	22,163	15,059	28,323
KALD	3.818	0,486	0,233	0,483	0,298	0,664	0,080	0,983
YAT	3.818	0,052	0,057	0,035	0,011	0,070	0,000	0,316
MDV	3.818	0,319	0,215	0,296	0,154	0,459	0,000	0,920
CARİ	3.818	2,166	2,273	1,450	1,058	2,273	0,218	14,828
PAZ	3.818	0,064	0,072	0,040	0,015	0,084	0,000	0,368
ARGE	3.818	0,006	0,020	0,000	0,000	0,003	0,000	0,150

Tablo 4'te yer alan Pearson korelasyonları, değişkenler arasındaki ikili ilişkileri göstermektedir. TQ ile ihracatçı statüsü arasındaki korelasyon −0,077, ihracat yoğunluğu arasındaki korelasyon ise −0,059'dur. Her iki ilişki istatistiksel olarak anlamlı olmakla birlikte zayıf ve negatif yönlüdür. İHR ile İY arasındaki 0,463 düzeyindeki pozitif korelasyon, her iki değişkenin yurt dışı satışlardan türetilmesiyle uyumludur. İhracata katılım ve yoğunluk farklı boyutları temsil ettiğinden bu değişkenler temel panel modellerinde ayrı ayrı ele alınmaktadır. Mutlak değerce en yüksek ikili korelasyon, finansal kaldıraç ile cari oran arasında bulunmaktadır ve −0,554'tür. Korelasyonlar tek başına nedensel bir değerleme mekanizması göstermediği gibi karesel modelde çoklu doğrusal bağlantı bulunmadığını da kanıtlamamaktadır. Matrisin alt üçgeni okunabilirliği artırmak amacıyla iki panel halinde gösterilmektedir.

Tablo 4. Pearson korelasyon matrisi

Panel A. (1)–(5) numaralı değişkenlerle korelasyonlar					
Değişken	**(1)**	**(2)**	**(3)**	**(4)**	**(5)**
TQ (1)	1				
İHR (2)	-0,077***	1			
İY (3)	-0,059***	0,463***	1		
BÜY (4)	-0,166***	0,111***	0,150***	1	
KALD (5)	-0,080***	0,081***	0,083***	0,079***	1
YAT (6)	0,079***	0,062***	0,020	0,117***	-0,023
MDV (7)	-0,133***	-0,049***	0,009	0,116***	-0,074***
CARİ (8)	0,122***	-0,069***	-0,073***	-0,161***	-0,554***
PAZ (9)	0,026*	0,120***	0,035**	-0,056***	0,160***
ARGE (10)	0,065***	0,039**	-0,028*	-0,026*	-0,114***
Panel B. Alt üçgenin kalan korelasyonları, (6)–(10) numaralı değişkenler					
Değişken	**(6)**	**(7)**	**(8)**	**(9)**	**(10)**
YAT (6)	1				
MDV (7)	0,169***	1			
CARİ (8)	-0,053	-0,198***	1		

PAZ (9)	0,014	-0,094***	-0,093***	1	
ARGE (10)	0,116***	-0,195***	0,136***	0,199***	1

*Not: Değişken numaraları (1) TQ, (2) İHR, (3) İY, (4) BÜY, (5) KALD, (6) YAT, (7) MDV, (8) CARİ, (9) PAZ ve (10) ARGE'dir. Boş hücreler gösterilmeyen üst üçgene karşılık gelir. ***, ** ve * sırasıyla p < 0,01, p < 0,05 ve p < 0,10 anlamlılık düzeylerini gösterir. Matris okunabilirliği artırmak amacıyla iki panel halinde sunulmuştur.*

Sabit Etkiler Panel Tahminleri

Tobin Q'nun bağımlı değişken olduğu panel modellerinin sonuçları Tablo 5'te gösterilmektedir. Model 1'de ihracatçı statüsünün katsayısı −0,323, Driscoll–Kraay standart hatası 0,122'dir. Katsayının %5 düzeyinde anlamlı olması, ihracatçı statüsü ile firma değeri arasında negatif yönlü bir ilişki bulunduğunu göstermekte ve ilişkinin yönünü önceden belirlemeyen H1'i desteklemektedir. Firma sabit etkileri ve kontrol değişkenleri dikkate alındığında bu katsayı, aynı firmanın ihracatçı statüsündeki değişim ile değerlemesindeki değişim arasındaki koşullu ilişkiyi yansıtmaktadır. Dolayısıyla bulgu, ihracatçı olan ve olmayan firmaların basit bir yatay kesit karşılaştırmasından farklıdır. İHR değişkeni ilk ihracata giriş zamanını tanımlamadığından katsayı, ihracata başlamanın doğrudan nedensel maliyeti olarak yorumlanmamaktadır.

Tablo 5. İhracat faaliyeti ile Tobin Q arasındaki ilişkinin sabit etkili panel tahminleri

Değişken	Model 1	Model 2	Model 3
İHR	-0,323** (0,122)		
İY		0,065 (0,189)	-0,909** (0,395)
İY²			1,162** (0,446)
BÜY	-0,897*** (0,108)	-0,584*** (0,076)	-0,593*** (0,082)
KALD	0,503** (0,185)	0,589** (0,264)	0,719** (0,297)
YAT	1,857*** (0,575)	1,918*** (0,511)	1,894*** (0,440)
MDV	-0,556** (0,224)	-0,626*** (0,208)	-0,543** (0,197)
CARİ	-0,020 (0,028)	-0,005 (0,026)	0,035 (0,037)
PAZ	-1,547 (1,469)	-2,247*** (0,691)	-2,574*** (0,876)
ARGE	-1,447 (4,558)	7,475 (4,847)	7,201** (2,999)
Sabit terim	19,207*** (2,169)	12,904*** (1,496)	13,053*** (1,726)
Yıl sabit etkileri	Evet	Evet	Evet
Firma sabit etkileri	Evet	Evet	Evet
Gözlem sayısı	3.818	2.941	2.941
F istatistiği	276.519,49***	131.336,34***	34.518,06***
R^2	0,2075	0,1863	0,1934

*Not: Bağımlı değişken TQ'dur. Yedi kontrol değişkeninin tamamı ile firma ve yıl sabit etkileri modellere dahil edilmiştir. Parantez içindeki değerler Driscoll-Kraay standart hatalarıdır. Model 2 ve Model 3 ihracatçı firma-yıl gözlemlerini kullanır. Boş hücreler ilgili modelde değişkenin yer almadığını gösterir. ***, ** ve * sırasıyla p < 0,01, p < 0,05 ve p < 0,10 anlamlılık düzeylerini gösterir. İY = 0,926 düzeyindeki üst noktaya ilişkin eğim katsayılardan 1,243 olarak elde edilir.*

Model 2'de doğrusal İY katsayısı 0,065, standart hatası 0,189'dur. Bu katsayının istatistiksel olarak anlamlı olmaması nedeniyle H2 desteklenmemektedir. Model 3'te ise İY katsayısı −0,909 ve standart hatası 0,395 iken İY² katsayısı 1,162 ve standart hatası 0,446'dır. Her iki katsayı %5 düzeyinde anlamlıdır. Negatif doğrusal terim ile pozitif karesel terim, H3'ü destekleyen U biçimli bir ilişkiye işaret etmektedir. Karesel fonksiyonun hesaplanan minimumu 0,3911 olup brüt satışların yaklaşık %39,11'ine karşılık gelmektedir. U biçimine ilişkin test istatistiği t = 2,21 ve p = 0,021'dir. Bu bulgunun değerlendirilmesinde uç nokta eğimleri ve bunların kovaryans bilgisine dayalı belirsizliği birlikte dikkate alınmalıdır. Dönüm noktası için güven aralığı hesaplanmadığından sonuç bir nokta tahmini olarak yorumlanmaktadır. Bu düzey, tahmin edilen ilişkinin minimumunu göstermekte olup bir firmanın ihracat yapmayan karşılaştırılabilir bir firmadan mutlaka daha değerli hale geldiği yoğunluk düzeyi anlamına gelmemektedir.

Kontrol değişkenlerinin katsayıları, firma değeriyle farklı yönlerde ilişkili olduklarını göstermektedir. BÜY, üç TQ modelinde de negatif ve anlamlıdır. KALD ile YAT pozitif ve anlamlı, MDV ise negatif ve anlamlı bulunmuştur. CARİ'nin katsayısı modellerin hiçbirinde anlamlı değildir. PAZ, Model 2 ve Model 3'te negatif ve anlamlıyken Model 1'de anlamlı değildir. ARGE ise yalnızca Model 3'te pozitif ve anlamlıdır. Bu katsayılar, diğer değişkenler sabitken gözlenen koşullu ilişkileri ifade etmekte ve yatırım, markalaşma ya da yenilikçiliğin bağımsız nedensel etkilerini doğrudan ölçmemektedir. Yükümlülüklerin hem KALD'nin hesaplanmasında hem de TQ'nun payında yer alması, kaldıraç katsayısının yapısal yorumunda dikkate alınmalıdır. Model 1, Model 2 ve Model 3 için R^2 değerleri sırasıyla 0,2075, 0,1863 ve 0,1934'tür.

Alternatif firma değeri göstergesi PD/DD'ye ilişkin panel sonuçları Tablo 6'da yer almaktadır. İhracatçı statüsünün katsayısı −0,617, standart hatası 0,268'dir ve katsayı %5 düzeyinde anlamlıdır. Doğrusal yoğunluk katsayısı 1,212 ve standart hatası 1,038 olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı değildir. Karesel modelde İY katsayısı −4,642 ve standart hatası 1,690, İY² katsayısı ise 7,029 ve standart hatası 2,575'tir. Her iki katsayı %5 düzeyinde anlamlıdır. Hesaplanan dönüm noktası yaklaşık %33,02'dir. Böylece U biçimli ilişki farklı firma değeri göstergelerinde de gözlenmekte, ancak dönüm noktasının büyüklüğü kullanılan göstergeye göre değişmektedir. PD/DD modellerinin grup içi R^2 değerleri sırasıyla 0,2284, 0,1684 ve 0,1721'dir. Bu farklılaşma, TQ modelindeki yaklaşık %39 düzeyinin gösterge seçiminden bağımsız ve sabit bir ekonomik sınır olarak değerlendirilmemesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 6. İhracat faaliyeti ile piyasa değeri/defter değeri arasındaki ilişkinin sabit etkili panel tahminleri

Değişken	PD1 statü	PD2 doğrusal	PD3 karesel
İHR	-0,617** (0,268)		
İY		1,212 (1,038)	-4,642** (1,690)
İY²			7,029** (2,575)
BÜY	-1,209*** (0,180)	-0,824*** (0,191)	-0,881*** (0,205)
KALD	5,421*** (0,817)	7,602*** (1,121)	7,776*** (1,131)
YAT	2,742** (0,997)	3,579* (1,733)	3,432* (1,774)
MDV	0,312 (0,918)	-0,187 (0,771)	0,086 (0,695)
CARİ	0,051* (0,028)	0,286*** (0,088)	0,285*** (0,087)
PAZ	-3,643* (2,008)	-5,608** (2,573)	-5,595** (2,552)
ARGE	-0,610 (9,427)	-1,779 (15,328)	-1,431 (15,635)
Sabit terim	23,470*** (3,469)	13,928*** (3,725)	15,564*** (4,147)
Yıl sabit etkileri	Evet	Evet	Evet
Firma sabit etkileri	Evet	Evet	Evet
Gözlem sayısı	3.818	2.941	2.941
Firma sayısı	390	318	318
F istatistiği	633.233,25***	133.816,87***	104.746,09***
Grup içi R^2	0,2284	0,1684	0,1721

*Not: Bağımlı değişken PD/DD'dir. Yedi kontrol değişkeninin tamamı ile firma ve yıl sabit etkileri modellere dahil edilmiştir. Parantez içindeki değerler Driscoll-Kraay standart hatalarıdır. PD2 ve PD3 yalnızca ihracatçı firma-yıl gözlemlerini kullanır. Boş hücreler ilgili modelde değişkenin yer almadığını gösterir. ***, ** ve * sırasıyla $p < 0,01$, $p < 0,05$ ve $p < 0,10$ anlamlılık düzeylerini gösterir.*

Heckman Türü İki Aşamalı Duyarlılık Bulguları

İhracatçı statüsünü açıklayan birinci aşama Probit modelinin sonuçları Tablo 7'de gösterilmektedir. BÜY katsayısı 0,193 ve PAZ katsayısı 2,100 ile pozitif, MDV katsayısı ise −0,824 ile negatiftir. Bu değişkenlerin katsayıları %5 veya daha düşük anlamlılık düzeylerinde anlamlıdır. KALD katsayısı 0,528 olup pozitif ve %10 düzeyinde anlamlıdır. YAT, CARİ ve ARGE katsayıları istatistiksel olarak anlamlı değildir. Probit katsayıları örtük katılım endeksine ilişkin olduğundan olasılığın marjinal etkileri olarak yorumlanmamaktadır. Modelin Wald χ^2 istatistiği 147,24, sözde R^2 değeri 0,2374'tür. Birinci aşama modelinde 4.147 gözlem, firma değeri modellerinde ise 3.818 gözlem bulunmaktadır. İki aşamanın farklı örneklem kapsamlarına dayanması, sonuçların karşılaştırılmasında dikkate alınmalıdır.

Tablo 7. Heckman tipi yöntemin birinci aşama Probit tahminleri

Değişken	Birinci aşama ihracatçı statüsü
BÜY	0,193*** (0,045)
KALD	0,528* (0,292)
YAT	0,924 (0,686)
MDV	-0,824*** (0,255)
CARİ	-0,019 (0,031)
PAZ	2,100** (0,863)
ARGE	-1,304 (3,488)
Sabit terim	-2,253*** (0,846)
Sektör göstergeleri	Evet
Yıl göstergeleri	Evet
Gözlem sayısı	4.147
Wald χ^2	147,24***
Sözde R^2	0,2374

*Not: Bağımlı değişken İHR'dir. Parantez içindeki değerler firma düzeyinde kümelenmiş dayanıklı standart hatalardır. Katsayılar Probit endeks katsayılarını gösterir. ***, ** ve * sırasıyla $p < 0,01$, $p < 0,05$ ve $p < 0,10$ anlamlılık düzeylerini gösterir.*

Ters Mills oranını içeren TQ modelinin sonuçları Tablo 8'de sunulmaktadır. İY katsayısı −1,589 ve standart hatası 0,607 olup %5 düzeyinde anlamlıdır. $İY^2$ katsayısı 1,980 ve standart hatası 0,618'dir ve %1 düzeyinde anlamlıdır. Hesaplanan dönüm noktası 0,4013 veya %40,13 olup temel TQ modelindeki nokta tahminine yakındır. TMO katsayısı 1,041 ve standart hatası 1,089'dur. Katsayının istatistiksel olarak anlamlı olmaması, bu modelde seçilim terimine ilişkin yeterli kanıt elde edilmediğini göstermekte, seçilim yanlılığının bulunmadığını kanıtlamamaktadır. Yoğunluk modelleri yalnızca ihracatçı gözlemlerini, ikinci aşama firma değeri modeli ise tüm örneklemi kullandığından katsayı farklılıkları yalnızca seçilim düzeltmesine bağlanmamaktadır. Bağımsız bir dışlama kısıtının bulunmaması da dikkate alınarak iki aşamalı bulgular, endojenliğin bütünüyle giderildiğinin kanıtı olarak değil, U biçimli ilişkinin değerlendirilmesine yönelik tamamlayıcı duyarlılık sonuçları olarak yorumlanmaktadır.

Tablo 8. Ters Mills oranını içeren Tobin Q modelinin ikinci aşama tahminleri

Değişken	İkinci aşama Tobin Q
İY	-1,589** (0,607)
İY²	1,980*** (0,618)
BÜY	-0,828*** (0,080)
KALD	0,697** (0,263)
YAT	2,287*** (0,657)
MDV	-0,916** (0,359)
CARİ	-0,035 (0,039)
PAZ	-0,470 (1,822)
ARGE	-2,009 (4,946)
TMO	1,041 (1,089)
Sabit terim	17,399*** (1,688)
Yıl etkileri	Evet
Gözlem sayısı	3.818
F istatistiği	43.398,00***
Grup içi R^2	0,2081
Hesaplanan dönüm noktası	0,4013 (%40,13)

*Not: Bağımlı değişken TQ'dur. Yedi kontrol değişkeninin tamamı modele dahil edilmiştir. Parantez içindeki değerler Driscoll-Kraay standart hatalarıdır. ***, ** ve * sırasıyla $p < 0,01$, $p < 0,05$ ve $p < 0,10$ anlamlılık düzeylerini gösterir. Dönüm noktası $-\beta_1/(2\beta_2)$ formülüyle hesaplanır.*

SONUÇ VE TARTIŞMA

Sunulan bulgular, ihracat-performans araştırmalarında sıklıkla birlikte ele alınan üç soruyu birbirinden ayırmaktadır. İhracatçı statüsü TQ ile negatif ilişkilidir; dolayısıyla ilişkinin yönünü önceden belirlemeyen H1 desteklenmektedir. Doğrusal yoğunluk modeli H2 için yeterli kanıt sunmamaktadır; buna karşılık karesel model tanımlamasındaki negatif doğrusal terim ve pozitif karesel terim H3'ü desteklemektedir. TQ için dönüm noktası yaklaşık %39,11 iken, TMO eklenmiş firma değeri denklemi %40,13 düzeyine işaret etmektedir. PD/DD panel sonuçları aynı niteliksel örüntüyü korumakla birlikte, %33,02 düzeyinde daha düşük bir dönüm noktası vermektedir. Bu bulgular, sunulan tahminler kapsamında koşullu ve modele bağlı doğrusal olmayan bir ilişki ortaya koymakta; ihracatın evrensel ve nedensel bir değer primi yarattığını göstermemektedir.

U biçimli örüntü, ihracatla ilişkili maliyet ve faydalar arasındaki dengenin yoğunlukla birlikte değişmesiyle uyumludur. Dış pazarlara katılımın sabit maliyetleri ve ihracatçıların kendiliğinden seçilimi, yalnızca ihracatçı statüsünü gösteren bir değişkenin neden doğrudan bir

değerleme avantajı ortaya koymayabileceğini açıklamaktadır (Melitz, 2003; Bernard ve Jensen, 1999). İhracat yoluyla öğrenmeye ilişkin kanıtlar, dış pazar faaliyetlerinin gelişmesiyle bağlantılı iyileşmeler için makul bir açıklama sunmaktadır (De Loecker, 2007; Atkin ve diğerleri, 2017); örgütsel öğrenme yaklaşımı da doğrusal olmayan ilişkiyi desteklemektedir (Ruigrok ve Wagner, 2003). Bu çerçevede U biçimli ilişki, ihracat yoğunluğu arttıkça dış pazar faaliyetleri ile firma değeri arasındaki ilişkinin yön değiştirebildiğini ortaya koymaktadır. Çalışma, maliyet ve faydaların uluslararasılaşmanın farklı düzeylerinde değişebileceğini öne süren literatürü, Borsa İstanbul reel sektör firmalarında ihracat yoğunluğuna dayalı piyasa değerlemesi bulgularıyla genişletmektedir.

Çalışmanın katkısı, borsada işlem gören Türk reel sektör firmaları için piyasa değerine odaklanan bir ampirik uygulama sunmasıdır. İhracatçı statüsünün ve ihracat yoğunluğunun ayrıştırılması, ihracata katılım boyutu ile ihracatın ölçeğinin birbirine karıştırılmasını önlemektedir. TQ ile PD/DD'nin karşılaştırılması ise eğrinin niteliksel biçimi ile hesaplanan minimumunun aynı ölçüde istikrarlı olmayabileceğini göstermektedir. Bu yaklaşım, uluslararasılaşma üzerine meta-analitik araştırmalarda vurgulanan bağlamsal heterojenliği dikkate almaktadır (Bausch ve Krist, 2007; Wu ve diğerleri, 2022; Aydemir ve Alper, 2024). Ayrıca Türkiye'deki verimlilik bulguları ile borsada işlem gören firmaların performansına ilişkin araştırmaları, kullanılan sonuç göstergelerine özgü sınırlar içinde değerlendirmektedir (Maggioni, 2012; Kayacı, 2022). Bu yönüyle çalışma, Türkiye sermaye piyasası bağlamında ihracat yoğunluğu ile firma değeri arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi ortaya koyarak, uluslararasılaşma literatürüne piyasa temelli ve ölçeğe duyarlı bir ampirik katkı sunmaktadır.

Bulgular, ihracat stratejilerinin firma değeri açısından değerlendirilmesinde faaliyet yoğunluğunun temel bir karar boyutu olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir. Yöneticiler açısından U biçimli ilişki, dış pazarlarda büyüme planlarının ihracatın toplam satışlar içindeki payı, finansman kapasitesi ve pazara erişim yatırımları birlikte değerlendirilerek oluşturulmasına yönelik bir analiz çerçevesi sunmaktadır. Bu doğrultuda firmalar, ihracat payındaki artışı beklenen nakit akışları, işletme sermayesi gereksinimi ve pazar geliştirme harcamalarıyla birlikte izleyerek büyüme senaryolarını karşılaştırabilir. Yatırımcılar açısından ise ihracatçı statüsüne ek olarak ihracat yoğunluğunun ve bu yoğunluğun zaman içindeki gelişiminin dikkate alınması, benzer firmaların değerleme profillerinin daha ayrıntılı analizine olanak sağlar. Tobin Q ile PD/DD sonuçlarının birlikte değerlendirilmesi, ihracat stratejisinin farklı piyasa temelli göstergeler üzerinden incelenmesini desteklemektedir. Böylece çalışma, ihracat faaliyetinin ölçeğini şirketlerin kaynak planlaması ve yatırımcıların değerleme analizleriyle ilişkilendiren uygulanabilir çıkarımlar sunmaktadır.

Araştırmanın bulguları, örneklem kapsamı ve kullanılan ekonometrik yaklaşım çerçevesinde değerlendirilmelidir. Sabit etkiler ile dayanıklı kovaryans tahmini, zaman içinde değişen dışlanmış değişkenleri, ters nedenselliği ve ölçüm hatasını tamamen ortadan kaldırmamaktadır. Ayrıca 16 yıllık zaman boyutu, Driscoll–Kraay çıkarımının asimptotik özelliklerinin sonlu örneklemdeki geçerliliği bakımından dikkate alınmalıdır. U biçimine ilişkin uç nokta eğimlerinin kovaryans bilgisiyle değerlendirilmesi, dönüm noktalarının güven aralıkları, bant genişliği seçimleri ve tahmin edilen TMO için ek çıkarım düzeltmeleri daha ayrıntılı duyarlılık analizleri gerektirmektedir. İki aşamalı modellerde örneklem kapsamlarının farklılığı, bağımsız bir dışlama kısıtının bulunmaması ve heterojenlik kontrollerinin firma veya sektör düzeyinde tanımlanmasına ilişkin belirsizlik yorum sınırları oluşturmaktadır. TMO katsayısının anlamsız olması seçilim yanlılığının yokluğunu göstermediğinden, iki aşamalı sonuçlar bu kapsamda değerlendirilmelidir. Gelecek araştırmalarda farklı seçilim modellerinin karşılaştırılması, ilk ihracata girişin ayrıca incelenmesi ve firma düzeyindeki öğrenme süreçlerinin ölçülmesi, ihracatın değer yaratma mekanizmalarının daha ayrıntılı açıklanmasına katkı sağlayabilir.

KAYNAKÇA

Abdi, M., & Aulakh, P. S. (2018). Internationalization and performance: Degree, duration, and scale of operations. *Journal of International Business Studies*, *49*(7), 832-857. https://doi.org/10.1057/s41267-018-0146-8

Akyol, H., & Özkan, N. (2023). AR-GE ve ihracat yoğunluğunun finansal performansla ilişkisi: Türkiye'nin 500 büyük sanayi kuruluşu örneği. *Ekonomi ve Finansal Araştırmalar Dergisi*, *5*(1), 51-82. https://doi.org/10.56668/jefr.1312495

Atkin, D., Khandelwal, A. K., & Osman, A. (2017). Exporting and firm performance: Evidence from a randomized experiment. *The Quarterly Journal of Economics, 132*(2), 551–615. https://doi.org/10.1093/qje/qjx002

Aydemir, M. F., & Alper, D. (2024). The Internationalization-Firm Performance Relationship: A Meta-Analysis for MNCs. *Uluslararası Yönetim İktisat Ve İşletme Dergisi*, *20*(4), 896-926. https://doi.org/10.17130/ijmeb.1458989

Bausch, A., & Krist, M. (2007). The effect of context-related moderators on the internationalization-performance relationship: Evidence from meta-analysis. *Management international review*, *47*(3), 319-347. https://doi.org/10.1007/s11575-007-0019-z

Bernard, A. B., & Jensen, J. B. (1999). Exceptional exporter performance: cause, effect, or both?. *Journal of international economics*, *47*(1), 1-25. https://doi.org/10.1016/S0022-1996(98)00027-0

Berry, H., & Kaul, A. (2016). Replicating the multinationality-performance relationship: Is there an S-curve?. *Strategic Management Journal*, *37*(11), 2275-2290. https://doi.org/10.1002/smj.2567

Chan, L. K., Lakonishok, J., & Sougiannis, T. (2001). The stock market valuation of research and development expenditures. *The Journal of finance*, *56*(6), 2431-2456. https://doi.org/10.1111/0022-1082.00411

Contractor, F. J., Kundu, S. K., & Hsu, C. C. (2003). A three-stage theory of international expansion: The link between multinationality and performance in the service sector. Journal of international business studies, 34(1), 5-18. https://doi.org/10.1057/palgrave.jibs.8400003

Dang, C., Li, Z. F., & Yang, C. (2018). Measuring firm size in empirical corporate finance. Journal of banking & finance, 86, 159-176. https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2017.09.006

De Loecker, J. (2007). Do exports generate higher productivity? Evidence from Slovenia. *Journal of International Economics, 73*(1), 69–98. https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2007.03.003

Driscoll, J. C., & Kraay, A. C. (1998). Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent panel data. *The Review of Economics and Statistics, 80*(4), 549–560. https://doi.org/10.1162/003465398557825

Heckman, J. J. (1979). Sample selection bias as a specification error. *Econometrica, 47*(1), 153–161. https://doi.org/10.2307/1912352

Hoechle, D. (2007). Robust standard errors for panel regressions with cross-sectional dependence. *The Stata Journal, 7*(3), 281–312. https://doi.org/10.1177/1536867X0700700301

Kayacı, A. (2022). The Relationship Between Internationalization Level and Financial Performance: A Study with BIST Companies. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, *23*(3), 643. https://doi.org/10.37880/cumuiibf.1077104

Lang, L. H. P., & Stulz, R. M. (1994). Tobin's q, corporate diversification, and firm performance. *Journal of Political Economy, 102*(6), 1248–1280. https://doi.org/10.1086/261970

Likitwongkajon, N., & Vithessonthi, C. (2023). Internationalization and firm performance. *Global Finance Journal, 56*, Makale 100753. https://doi.org/10.1016/j.gfj.2022.100753

Lind, J. T., & Mehlum, H. (2010). With or without U? The appropriate test for a U-shaped relationship. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 72*(1), 109–118. https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2009.00569.x

Lu, J. W., & Beamish, P. W. (2004). International diversification and firm performance: The S-curve hypothesis. *Academy of Management Journal, 47*(4), 598–609. https://doi.org/10.5465/20159604

Maggioni, D. (2012). Learning by exporting in Turkey: An investigation for existence and channels. *Global Economy Journal, 12*(2), Makale 5, 1–20. https://doi.org/10.1515/1524-5861.1865

Martins, P. S., & Yang, Y. (2009). The impact of exporting on firm productivity: A meta-analysis of the learning-by-exporting hypothesis. *Review of World Economics, 145*(3), 431–445. https://doi.org/10.1007/s10290-009-0021-6

Melitz, M. J. (2003). The impact of trade on intra-industry reallocations and aggregate industry productivity. *Econometrica, 71*(6), 1695–1725. https://doi.org/10.1111/1468-0262.00467

Ruigrok, W., & Wagner, H. (2003). Internationalization and performance: An organizational learning perspective. *Management International Review, 43*(1), 63–83. https://www.jstor.org/stable/40835634

Sullivan, D. (1994). Measuring the degree of internationalization of a firm. *Journal of International Business Studies, 25*(2), 325–342. https://doi.org/10.1057/palgrave.jibs.8490203

Wu, S., Fan, D., & Chen, L. (2022). Revisiting the internationalization–performance relationship: A twenty-year meta-analysis of emerging market multinationals. *Management International Review, 62*(2), 203–243. https://doi.org/10.1007/s11575-022-00466-1

DISEASES AFFECTING BEECH TREES IN GÖYGÖL NATIONAL PARK

PhD in Agricultural Sciences Iqbal Ali oglu Aliyev
Azerbaijan State Agricultural University

Abstract: This article discusses the diseases found in beech trees within the territory of Göygöl National Park, as well as the identification of their causative agents and primary symptoms. The Oriental beech (Fagus orientalis) is one of the tree species widely distributed in Göygöl National Park.
The primary objective of this research was to identify the most common diseases affecting beech (Fagus orientalis) trees in Göygöl National Park, along with their causative agents and key symptoms.
Diseases such as powdery mildew, brown leaf spot, trunk and branch rot, root and trunk rot, as well as canker and necrosis, were most frequently observed on beech trees in the territory of Göygöl National Park. It has been determined that Phyllactinia guttata, Ascochyta fagi, various wood-decaying fungi, and soil-borne pathogens are among the primary agents responsible for the spread of these diseases.
Results from long-term experiments, observations, and monitoring conducted in Goygol National Park indicate that the majority of fungal material collected from beech trees—considered a key forest-forming species—belongs to the kingdom Fungi (or Mycota).
Keywords: Beech tree, diseases, fungi, bacterial diseases, rot

Introduction: Located in the western part of the Republic of Azerbaijan, in the northeastern section of the Lesser Caucasus and at the foothills of Mount Kapaz, Goygol National Park encompasses territories within the Goygol, Dashkasan, and Goranboy districts [4]. The total area of Goygol National Park is 12,755 hectares. The territory is situated at an elevation ranging from approximately 1,100 to 3,065 meters above sea level. The park's landscape includes Goygol and other mountain lakes, forests, river valleys, and alpine meadows. One of the primary objectives of Goygol National Park, established on April 1, 2008, is the preservation of the natural landscapes, flora, and fauna of the Lesser Caucasus, the protection of biodiversity, and the development of ecotourism. Mountain-forest, mountain-steppe, and subalpine to alpine meadow landscapes predominate in the area [1].
The territory of Goygol National Park boasts a rich flora comprising over 420 plant species and is predominantly covered by forests. Key tree species found here include chestnut-leaved oak (Quercus castaneifolia), Caucasian oak (Quercus macranthera), Caucasian ash (Fraxinus angustifolia subsp. oxycarpa), European ash (Fraxinus excelsior), European hornbeam (Carpinus betulus), Oriental hornbeam (Carpinus orientalis), Oriental beech (Fagus orientalis), velvet maple (Acer velutinum), Cappadocian maple (Acer cappadocicum), and Caucasian linden (Tilia dasystyla subsp. caucasica), among others. In this regard, Goygol National Park is considered an ideal location for the study of forest entomology and the diseases and pests affecting beech forests [1, pp. 54–60]. Broad-leaved tree species belonging to various genera predominate within the territory of Goygol National Park. One of these species is the beech (Fagus), which belongs to the Fagaceae family. This is one of the most widely distributed families in the world, comprising approximately 1,000 species across eight genera. The beech is among the most widely recognized of these species.
The Oriental beech (Fagus orientalis Lipsky) ranks first in terms of its value to humans and its widespread distribution, and second in terms of wood quality [12]. It is a monoecious,

deciduous tree with an upright habit, reaching heights of 45–50 meters and a trunk diameter of up to 2 meters. During the growing season, a beech tree consumes up to 400 liters of water daily. Each day, it releases up to 5 kg of oxygen into the atmosphere and absorbs up to 6 kg of carbon dioxide; thus, a single beech tree purifies 20 cubic meters of air daily. Its leaves are elliptical with tapered bases; they are dark green in summer and turn straw-yellow or bronze in autumn. The crown of a tree older than 100 years contains around 200,000 leaves, covering an area of up to 100 square meters. Their lifespan exceeds 500 years. It belongs to the high-yielding breeds.

The Oriental beech (Fagus orientalis Lipsky) grows in the forests of Azerbaijan, including Goygol National Park. Literature sources indicate that it is one of the most important forest-forming species in the Caucasus. It is widely distributed in areas up to an altitude of 2,200 meters, as well as in Iran, Asia Minor, and the eastern part of the Balkan Peninsula. It forms productive stands at elevations of 600–1,200 meters above sea level, while mixing with other species above and below this range. These trees can reach heights of up to 50 meters and trunk diameters of up to 1.5 meters; their leaves measure 7–14 cm in length and 3–7 cm in width. The species is relatively frost-resistant.

Given the widespread presence of the Oriental beech (Fagus orientalis) in Goygol National Park, this research aims to identify the diseases affecting it.

Research Objective: The primary objective of this study is to identify the most common diseases affecting beech (Fagus orientalis) trees in Goygol National Park, along with their causative agents and key symptoms.

Research methodology: Research was conducted between 2024 and 2026 to identify the diseases affecting beech trees in Goygol National Park, as well as their causative agents and primary symptoms. Although the fieldwork took place in Goygol National Park, laboratory analyses were performed at the Department of Plant Protection of the Azerbaijan State Agricultural University. Certain aspects of the research were also carried out in the laboratories of the university's Department of Ecology and Forestry.

Phytopathological monitoring of trees and shrubs in Goygol National Park was conducted based on the methodologies of I.I. Minkevich [10], T.B. Dorofeyeva, L.N. Parfenova, and T.A. Semakova [9], as well as I.I. Minkevich, T.B. Dorofeyeva, and V.F. Kovyazin [11]. In accordance with these methods, 100 trees of each major species found in the park were examined.

Regarding the dynamics of disease foci, the following categories must be distinguished: the dynamics of an active, developing focus; a focus in decline (depression); and an extinct focus. In this process, potential foci of dangerous diseases must be identified. [2, pp. 10-12; 7].

When diagnosing the disease, the following must be determined:

- identifying morphological and other changes on the tree characteristic of the specific disease;
- determining the nature and cause of the disease based on the combination of symptoms and observed changes;
- uncovering the primary conditions contributing to the disease.

Various diagnostic methods exist:

a) recognition by the naked eye based on external symptoms;

b) the anatomical method—using microscopic examination;

c) identifying the pathogen's species and higher taxonomic ranks (genus, family, order, etc.) by examining the fungal mycelium or spore stage under a microscope;

ç) the moist chamber method;

d) the pure culture method.

Discussion: Anthropogenic factors, drastic environmental changes, and epidemic-scale diseases have created a risk of losing many gems of the dendroflora. Research and field

surveys conducted in Goygol National Park between 2024 and 2026 indicate that the formation of phytocoenoses by the same tree species over vast forest areas creates conditions conducive to the mass spread of pests and diseases. Consequently, the condition of the forests must be constantly monitored, and forest-pathological observations have been carried out. Forest-pathological status refers to the complex level of infection and damage affecting trees, shrubs, and other forest elements; this encompasses development indicators for populations of forest pathogens and pests, as well as other environmental factors [13: 14]. Therefore, plans have been made to organize and conduct forest-pathological monitoring within the forests of the National Parks, based on specific programs and methodologies.

To determine the pathological condition of the forests, sources of mass proliferation of harmful organisms are identified. To this end, the characteristic signs of diseases and pests are utilized. Signs of damage include: wilting, drying out, defoliation (leaf consumption), and damage to shoots, branches, roots, or the tree as a whole; the presence of galls, swellings, and growths on leaves, branches, and trunks; crown dieback, root mortality, cankers, fungal fruiting bodies, rot, tree breakage, etc. [6, pp. 67–71; pp. 4–5].

To determine the extent of pathological damage in the forest, surveys are conducted across forest compartments—organized by forestry units—using forest roads, the compartment grid, and overland transect lines. The distance between survey lines ranges from 250 to 1,000 meters, extending to 2–4 kilometers in larger forest tracts.

In accordance with the established methodology, the primary diseases affecting beech trees in Göygöl National Park during the 2024–2026 period—along with their causative agents and key symptoms—were identified and recorded in Table 1. Phytomonitoring and forest pathology assessments conducted within the territory of Göygöl National Park indicate that fungi are of particular significance among the phytopathogens exacerbating the phytosanitary situation in the area. Various pathogens and diseases observed on different plant organs shed light on the forest's overall phytosanitary condition; in terms of their spread and development, they sometimes assume the character of an epiphytotic outbreak. In this context, *Phyllactinia guttata* (Wallr.) Lev.—one of the most widespread representatives of the kingdom *Mycota*—is identified as the causative agent of powdery mildew on beech trees. A white, powdery coating forms on the leaves of infected trees, impairing their photosynthetic capacity. This leads to the weakening and premature shedding of leaves. Weakening is also observed in infected young shoots. The disease manifests in the second half of summer, causing the leaves to dry out and fall prematurely.

Major diseases affecting beech trees in Göygöl National Park

Table 1

Disease	Causative agent	Main symptoms
Powdery mildew	Phyllactinia guttata	White, powdery coating on the leaves; weakening and premature shedding of leaves
Leaf spot	Ascochyta fagi	Brown spots of various sizes on the leaves, tissue necrosis
Trunk and branch rot	Various wood-decaying fungi	Fruiting bodies on the trunk, rot, drying out of branches
Root and stem rots	Various soil-borne pathogens	Yellowing of leaves, stunted growth, gradual drying out
Canker and necrosis-type diseases	Various fungal pathogens	Wounds on trunks and branches, bark cracking, and drying out

Long-term forest pathology studies conducted in Göygöl National Park have identified fungi

as a primary group of pathogens affecting the phytosanitary condition of the forest, with drying of trunks and branches and the presence of fungal fruiting bodies being frequently observed.

As shown in the table, Phyllactinia guttata and Ascochyta fagi are the most common pathogens affecting beech trees in Göygöl National Park. Other identified conditions belong to disease groups typically found on beech and other forest trees; their presence in the park was confirmed through both field surveys and laboratory analysis.

Research and laboratory analyses indicate that brown leaf spot is one of the most widespread leaf diseases. This condition is caused by the fungus Ascochyta fagi Woron. Pycnidia—appearing as black dots at the center of spots of varying sizes—develop on the leaves. The fungus primarily infects relatively young trees. The conidia are cylindrical, measuring 12–18 × 5–7 µm.

The studies revealed that young plants suffer the greatest damage from fungal diseases. Necrosis, tinder fungi, rot, and similar issues are among the most common diseases affecting the Oriental beech.

Conclusion: The mountain-forest environment of Göygöl National Park—characterized by high humidity, precipitation, dense forest cover, and tree weakening—can create a microclimate conducive to the development of diseases. Therefore, disease monitoring should encompass not only the leaves but also the trunk, branches, root collar, and root system.

Results from years of experiments, observations, and monitoring in Göygöl National Park indicate that the majority of fungal material collected from beech treesa key forest-forming species—belongs to the kingdom Fungi (or Mycota).

References

1. Order of the President of the Republic of Azerbaijan No. 2744 dated April 1, 2008, on the establishment of Goygol National Park.
2. Jafarov I.H., Aliyev I.A. On the causes of shoot and branch dieback in certain forest tree species // Scientific Works of ADAU, 2011, No. 21, pp. 10-12.
3. Jafarov I.H. Phytopathology. Baku: “Sharq-Garb”, 2012, 561 p.
4. Asadov K.S., Ibrahimov T.O. National Parks of Azerbaijan. Baku: “Elm”, 2013, 336 p.
5. Aliyev I.A. On powdery mildew disease affecting the main tree species of Goygol National Park // Scientific Works of ADAU, Ganja, 2015, No. 3, pp. 54-60.
6. Aliyev I.A. Major leaf spot diseases of certain tree species in Goygol National Park // Scientific Works of ADAU, Ganja, 2016, No. 2, pp. 67-71.
7. Guliyev V.Sh., Bayramov M.A., Shukurov V.K., Aliyev I.A. Forestry. Ganja: “Asgaroghlu”, 2013, 327 p. 8. Safarova A., Arablova G. (2025) "Study of the fungal biodiversity of pistachio (Pistacia vera L.) orchards in Azerbaijan." Slovak International Scientific Journal, No. 97, 2025, pp. 4–5. DOI: 10.5281/zenodo.15874550.
9. Dorofeeva T.B., Parfenova L.N., Semakova T.A. Methods of surveying the state of urban green spaces // Station for the protection of green spaces GUL "Spetstrans", SPb, 2002, 11 p.
10. Minkevich I.I. Methods of identifying and accounting for fruit crop diseases / Sub. ed. A. E. Chumakova, P. S. Udintsova. M.: Nauka, 1971, 23 p.
11. Minkevich I.I., Dorofeeva T.B., Kovyazin V.F. Phytopathology. Diseases of tree and shrub breeds. L.: Lan, 2011, 160 p.
12. Gusella, G., et al. (2024). Current status of pistachio diseases in countries of the Mediterranean Basin. Plant Pathology.
13. Mohammadi, H., Sarcheshmehpour, M., & Mafi, E. (2015). Fungal trunk pathogens associated with wood decay of pistachio trees in Iran. Spanish Journal of Agricultural Research, 13(2).
14. Advances in Rootstock Breeding of Nut Trees: Objectives and Strategies (2021).

HOW HERDING TRANSLATES UNCERTAINTY PERCEPTION INTO RISK TAKING

Müge KINAY
[2]Yıldız Technical University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Business Department, Istanbul, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-6478-3433
Hatice NAYMAN HAMAMCI
Yıldız Technical University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Business Department, Istanbul, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3044-3836
Selim AREN
Yıldız Technical University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Business Department, Istanbul, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-1841-0270

ABSTRACT

Financial markets are inherently uncertain. How investors behave under these conditions, and when they exhibit a propensity for risk, has long been a focus of financial research. To understand this, it is necessary to define the behavioral mechanism by examining how individuals perceive uncertainty and risk, their capacity to tolerate such risk, and how participation in mass movements influences their intention to make risky investments. The data collection procedure was conducted on a voluntary basis using an online questionnaire, where a convenience sampling method was implemented to obtain responses from accessible participants. In this context, 703 participants—predominantly young, single, and university-educated individuals—were reached, and analyzed uncertainty perception, risk tolerance, risk perception, herd behavior, and risky investment intention. Construct validity was confirmed via Confirmatory Factor Analysis (CFA), and subsequently, the direct and indirect effects among these variables were examined using structural equation modeling. The study also confirms a relationship between risk tolerance and risky investment intention. Furthermore, its unique contribution lies in analyzing the direct and indirect effects of uncertainty perception on risky investment intention, revealing a complex pattern in which positive and negative influences interact. The findings enrich the literature on risky investment intention and improve understanding of investor behavior by explaining how individual and social factors jointly influence the intention to make risky investments.

Keywords: uncertainty perception, risk tolerance, risk perception, herd behavior, risky investment intention

INTRODUCTION

Uncertainties in financial markets often stem from human factors. People's preferences can shift with the immediate situation, mood, or other unpredictable factors. Human intentions are sometimes causeless, yet they are linked to subjective beliefs, goals, and expectations (Packard & Clark, 2019). An individual may—or may not—intend to make a risky investment, regardless of whether they believe markets involve purely epistemic or purely aleatory uncertainty. An individual might perceive markets as epistemic and—depending on whether they trust their own knowledge and skills—may or may not intend to make a risky investment. Alternatively, they might perceive markets as aleatory and—depending on whether they hold an optimistic or pessimistic view regarding their own luck—may or may not intend to make a risky investment. How individuals perceive uncertainty (as epistemic or aleatory) interacts with factors such as

risk preference, risk perception, investment horizon, subjective knowledge, financial literacy, familiarity with the investment decision, and various demographic variables (Walters et al., 2023, p. 2774). Risk perception is a factor frequently examined in the literature. Individuals' risk perceptions are shaped by the adequacy and quality of the information available to them regarding risk, which in turn influences their risk-taking behavior (Williams & Notes, 2007). Risk tolerance is another such factor. It is recognized as a critical factor that influences an individual's investment decision-making process and can lead them toward risky investments (Viji et al., 2025). When individuals perceive uncertainty or high risk, they tend to make decisions by observing the actions of others (Singh et al., 2025); consequently, believing they have found a "haven," they may underestimate the actual risk and lean toward risky investments (Prasad Subedi et al., 2025; Chen et al., 2021). From this perspective, existing literature focuses on direct relationships between risky investment intention and factors such as risk perception, uncertainty perception, risk tolerance, and herd behavior. However, few studies model how herd behavior mediates risky investment intention by integrating risk perception and uncertainty perception within a unified framework. This study empirically tests the mediating effect of herd behavior by synthesizing risk perception, uncertainty perception, and risk tolerance within a holistic framework. In doing so, it aims to offer a comprehensive perspective that fills a gap in the literature by elucidating the mechanisms through which psychological and social factors influence risky investment intention.

CONCEPTUAL FRAMEWORK

Making investment decisions in financial markets is complex, difficult, and stressful. Financial decision-making inherently involves uncertainty (Gelman & Kliger, 2021, p. 816). Uncertainty is the lack of precise information about a specific situation (Ahmadu et al., 2020, p. 2200). Uncertainty takes multiple forms (Fox & Ülkümen, 2011). Generally, researchers evaluate uncertainty across two dimensions based on its underlying causes. Researchers categorize it into two groups depending on whether uncertainty about a future event's outcome stems from randomness—known as aleatory uncertainty—or from variables and imperfect knowledge—known as epistemic uncertainty (Ahmadu et al., 2020, p. 2200; Windschitl et al., 2022, p. 2). Epistemic uncertainty arises when an individual views uncertainty as potentially knowable but cannot predict the outcome because of limited information or knowledge; conversely, aleatory uncertainty exists when an individual believes events are inherently unpredictable (Tannenbaum et al., 2017, p. 498). Although it is not always feasible to distinguish between epistemic and aleatory uncertainty (Packard & Clark, 2020, p. 874), studies indicate that decision-makers can differentiate between these types of uncertainty and that they require distinct cognitive processes (Fox & Ülkümen, 2011). Consequently, uncertainty perception refers to the reaction an individual exhibits under such conditions (Bavolar, 2025). Unlike the perception of uncertainty, risk perception is a subjective assessment based on cognitive and emotional elements, as well as experience, that occurs in scenarios where the distribution of outcomes is relatively known and predictable (Williams & Noyes, 2007). In other words, risk perception refers to the magnitude of risk in a given scenario, whereas uncertainty perception relates to the reliability of the probability model. When individuals perceive risk, they may be either willing or unwilling to accept it. Risk tolerance describes the level of risk an individual is willing to assume in pursuit of their financial goals (Dickason & Ferreira, 2018). Some studies also define it as the capacity to accept outcomes that deviate negatively from expectations (Kannadhasan et al., 2016). Risk tolerance, risk perception, and uncertainty perception determine an individual's investment intentions and can give rise to various behavioral predispositions. One such predisposition is herd behavior (Bavolar, 2025). Herding occurs when individuals base their investment decisions on a group's actions (Singh et al., 2025). When individuals make investment decisions influenced by others' preferences, they

may underestimate potential risks (Prasad Subedi et al., 2025). In particular, individuals who follow the herd during market fluctuations may remain unaware of risks because they feel more secure (Chen et al., 2021). This may influence their inclination toward risky investments. Risky investment intention refers to the extent of an individual's investment plans regarding a risky financial asset (Dinç Aydemir & Aren, 2017). Individuals with high risky investment intentions tend to invest in high-risk financial assets with the expectation of high financial returns (Darmayanti et al., 2023).

METHODOLOGY

This study examines whether herd behavior mediates the effects of risk perception, uncertainty perception, and risk tolerance on intentions to make risky investments. The research aims to provide a more comprehensive explanation of the factors influencing individuals' decisions regarding risky investments. We collected data from individuals residing in Turkey who voluntarily participated using convenience sampling; specifically, we obtained data from 703 participants via an online survey. Researchers and graduate students shared the survey link across various digital platforms through their personal social and professional networks, and these graduate students assisted with data collection. Table 1 presents demographic information about the participants in the collected dataset.

As shown in Table 1, 57.90% (407 individuals) of the participants are single, while 42.10% (296 individuals) are married. Regarding educational attainment, 65.60% (461 individuals) hold an undergraduate degree, 19.30% (136 individuals) hold a graduate degree, 13.10% (92 individuals) are high school graduates, and 2% (14 individuals) are primary school graduates. Furthermore, 53.5% (376 individuals) of the participants fall into the "20–30" age group, 29.4% (207 individuals) into the "31–40" group, 10.7% (75 individuals) into the "41–50" group, and 6.4% (45 individuals) into the "51+" group. Finally, 52.5% (369 individuals) were male, and 47.5% (334 individuals) were female. The sample consisted largely of young, highly educated individuals because of the data collection process. Because the data were gathered through master's students' professional and social networks, the participant profile concentrated around these demographic characteristics.

Table 1: Demographic Information of Participants

Variable	Category	Frequency	Percent (%)
Age Group	20–30	376	53.50
	31–40	207	29.40
	41–50	75	10.70
	+51	45	6.40
Gender	Male	369	52.50
	Female	334	47.50
Marital Status	Married	296	42.10
	Single	407	57.90
Education	Primary School	14	2.00
	High School	92	13.10
	Undergraduate	461	65.60
	Graduate	136	19.30

This study includes five variables: three independent variables, one dependent variable, and one mediator variable. Specifically, risk tolerance, risk perception, and uncertainty perception are independent variables, while risky investment intention is the dependent variable. Additionally, we modeled herd behavior as the mediator variable. Table 2 presents detailed information on all variables included in the study, including their item counts and references. We adopted the

scales for risk tolerance, risky investment intention, and risk perception directly from relevant studies. In addition, we modified the scales for uncertainty perception and herd behavior for this study.

Table 2: Detailed Information of Variables and Scales

Variables	Items	Scale
Risk Tolerance	5	Hamamci and Aren (2023)
Uncertainty Perception	10	Modified from Walters et al. (2023)
Risky Investment Intention	4	Dinç Aydemir and Aren (2017)
Risk Perception	5	Aren and Hamamcı (2024)
Herd Behavior	10	Modified from Hamamcı and Aren (2023)

Consistent with the study's purpose, we present the research model, based on the variables listed in Table 2, in Figure 1.

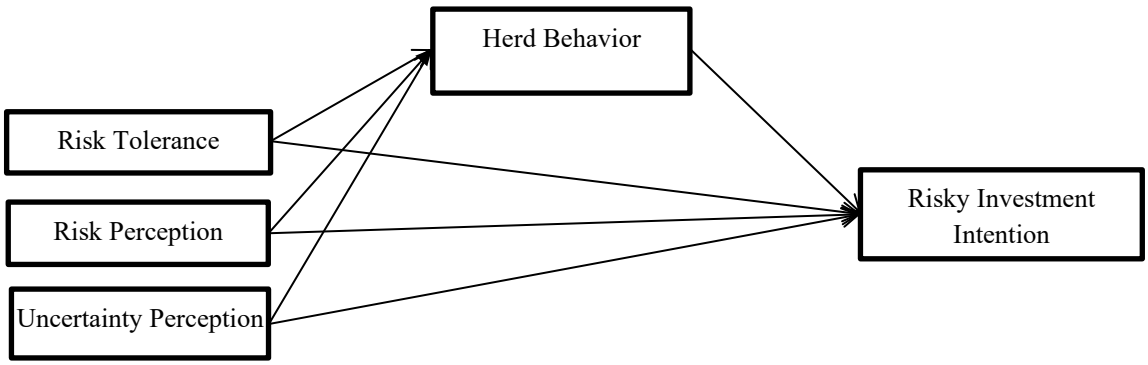


Figure 1: Research Model

ANALYSIS AND RESULTS

The data analysis process consisted of two main stages. In the first stage, we used SPSS to conduct descriptive statistics and correlation analyses to determine the current status of the key variables and their directional relationships. In the second stage, we used Structural Equation Modeling (SEM) in AMOS; we first verified construct validity via Confirmatory Factor Analysis (CFA), then reported findings on the mediation effects within the research model.

In this context, Table 3 presents the mean and standard deviation values of the variables in the research model, as well as their statistical relationships.

Table 3: Descriptive Statistics and Correlation

Variable	Mean	S.D.	1	2	3	4	5
1. Risk Tolerance	3.0945	0.900	1				
2. Risk Perception	3.3849	0.811	0.403**	1			
3. Uncertainty Perception	3.4442	0.694	0.422**	0.527**	1		
4. Herd Behavior	3.3946	0.752	0.357**	0.422**	0.539**	1	
5. Risky Investment Intention	2.8396	1.060	0.590**	0.302**	0.245**	0.313**	1

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

Based on the mean and standard deviation values in Table 3, participants' herding behavior is relatively high (M=3.3946). In contrast, the mean risky investment intention was lower (M=2.8396). However, the higher standard deviation for risky investment intention (SD=1.060) than for the other variables indicates that participants did not share a homogeneous attitude toward investment decisions and that individual differences were significant. Nevertheless, the standard deviation values for the variables generally fall within expected limits and provide sufficient variance for testing the structural model.

Correlation analysis results revealed statistically significant positive relationships between risky investment intention and the other variables included in the study. In this context, the strongest correlation was between risky investment intention and risk tolerance (r=0.590), while the weakest was with the perception of uncertainty (r=0.245).

Table 4 presents the fit index values obtained from the Confirmatory Factor Analysis (CFA) conducted to establish the construct validity of the variables included in the model.

Table 4: Confirmatory Factor Analyses Results

Variable	CMIN/DF	RMSEA	GFI	AGFI	CFI	TLI	NFI	RFI
RT	2.140	0.040	0.998	0.982	0.998	0.991	0.997	0.984
RP	4.502	0.071	0.992	0.962	0.993	0.976	0.991	0.970
UP	4.601	0.072	0.966	0.930	0.963	0.939	0.954	0.923
HB	4.222	0.068	0.971	0.936	0.977	0.958	0.970	0.946
RII	2.852	0.051	0.996	0.979	0.998	0.994	0.997	0.991

RT: Risk Tolerance; RP: Risk Perception; UP: Uncertainty Perception; HB: Herd Behavior; RII: Risky Investment Intention

The results indicated that all fit indices for the variables are within threshold values (Schermelleh-Engel et al., 2003; Hair et al., 2010). Consequently, the study established the construct validity and reliability of the research variables and proceeded to the structural analysis phase to test the research model. The analysis findings are presented in Table 5.

Table 5: Mediation Analysis Results Using with Structural Equation Modeling

Latent Variable	Types of Effect	Relationships	β	Standard Error (S.E.)	%95 Confidence Interval (CI)	
					Lower Bound	Upper Bound
Risk Tolerance (RT)	Total Effect	RT → RII	0.769	0.065	0.652	0.910
	Direct Effect	RT → RII	0.756	0.065	0.639	0.898
	Indirect Effect	RT → HB → RII	0.013	0.009	-0.003	0.033
Risk Perception (RP)	Total Effect	RP → RII	0.094	0.074	-0.054	0.234
	Direct Effect	RP → RII	0.072	0.075	-0.081	0.215
	Indirect Effect	RP → HB → RII	0.099	0.015	0.000	0.056
Uncertainty Perception (UP)	Total Effect	UP → RII	-0.156	0.100	-0.349	0.037
	Direct Effect	UP → RII	-0.262	0.115	-0.499	-0.044
	Indirect Effect	UP → HB → RII	0.107	0.050	0.015	0.212

(Note: β=Standardized regression estimate values were considered; 5000 bootstrap samples; Percentile confidence intervals = 95)

In evaluating the direct, indirect, and total effects reported in Table 5, the study relied on modern literature (Preacher & Hayes, 2008; Rucker et al., 2011)—which argues that indirect effects can be examined even when the total effect is non-significant, contrary to the traditional Baron and Kenny (1986) approach—and mediation analysis was conducted using the bootstrapping

method. Furthermore, the research model's fit indices indicated good fit across all indicators and fell within threshold values (CMIN/DF=3.642; RMSEA=0.061; GFI=0.855; AGFI=0.831; CFI=0.891; TLI=0.880; NFI=0.856; RFI=0.842). Accordingly, the model is suitable for analysis.

In this context, we evaluated the mediating role of herding behavior in the effects of risk tolerance, risk perception, and uncertainty perception on risky investment intention. The analysis results indicate that herding behavior exerts a mediating (indirect) effect on the relationship between risk perception and risky investment intention ($\beta_{RP(Indirect)} = 0.099$); this indirect effect was found to be statistically significant, as the confidence interval did not include the value "0" ($CI_{RP(Indirect)} = 0.000–0.056$). Since the direct effect of risk perception on risky investment intention was not statistically significant ($CI_{RP(Direct)} = -0.081–0.215$), full mediation is observed. Similarly, herd behavior exerts a mediating (indirect) effect on the relationship between the perception of uncertainty and the intention to make risky investments ($\beta_{UP(Indirect)} = 0.107$); since the confidence interval does not include the value "0", this indirect effect is statistically significant ($CI_{UP(Indirect)} = 0.015–0.212$). As the direct effect of the perception of uncertainty on the intention to make risky investments is also statistically significant ($CI_{UP(Direct)} = 0.015–0.212$), partial mediation is observed. Finally, the mediating (indirect) effect of herd behavior on the relationship between risk tolerance and the intention to make risky investments is not statistically significant, as the confidence interval includes the value "0" ($\beta_{RT(Indirect)} = 0.028$; $CI_{RT(Indirect)} = (-0.003)–0.033$).

CONCLUSION AND DISCUSSION

The study's findings indicate that individuals with high risk tolerance are more inclined to engage in risky investments. Mohta & Shunmugasundaram (2024) found similar results in a sample of Millennials, showing that risk tolerance positively influences the intention to make risky investments; thus, the current findings align with previous studies. Another finding is that perceived uncertainty negatively affects the intention to make risky investments. When individuals perceive uncertainty, they tend to avoid risk and opt for safe, predictable choices, accepting lower returns (Femminis, 2008). Consequently, they are reluctant to make risky investment choices. However, if an individual perceiving uncertainty follows the herd, their intention to make risky investments increases. This shows that the relationship between uncertainty perception and the intention to make risky investments is not unidirectional; instead, it points to a competitive mediation pattern in which both negative and positive direct relationships coexist. This contrasting pattern regarding uncertainty constitutes the study's unique contribution. The prevailing view is that investment intention declines during periods of uncertainty; however, the findings show that social interactions can deviate from this expectation. This phenomenon may stem from an individual's tendency to underestimate risk when influenced by others' choices (Prasad Subedi et al., 2025). Therefore, evaluating the relationship between uncertainty perception and the intention to make risky investments solely based on the total effect would yield an incomplete understanding of investor behavior. Thus, the study enriches the risky investment literature by emphasizing the need to examine herd behavior to interpret it more accurately.

REFERENCES

AI Now Institute. (2017). *AI Now report 2017*. https://ainowinstitute.org/AI_Now_2017_Report

Al Lawati, H. A. H., Sayed, R. T., & Caldwell, C. (2019). Transformative ethics and moving toward greatness: Problems and realities. *Journal of Values-Based Leadership*, 1.

Aren, S., & Hamamcı, H. N. (2024). Finansal kabilecilik. *27. Finans Sempozyumu*, Nevşehir, Türkiye, 216–223.

Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology, 51*(6), 1173–1182. https://doi.org/10.1037/0022-3514.51.6.1173

Barratt, E. L., & Davis, N. J. (2015). Autonomous sensory meridian response (ASMR): A flow-like mental state. *PeerJ, 3*, Article e851. https://doi.org/10.7717/peerj.851

Bavolar, J. (2025). Attitudes to uncertainty and real-world outcomes. In *Integrated sciene* (Vol. 36, pp. 155–172). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-031-88415-3_8

Bellman, R. E. (1978). *An introduction to artificial intelligence: Can computers think*. Boyd and Fraser Publishing.

Caldwell, C., & Clapham, S. (2003). Organizational trustworthiness: An international perspective. *Journal of Business Ethics, 47*, 349–364. https://doi.org/10.1023/A:1027370104302

Cath, C., Wachter, S., Mittelstadt, B., Taddeo, M., & Floridi, L. (2018). Artificial intelligence and the 'good society': The US, EU, and UK approach. *Science and Engineering Ethics, 24*, 505–528. https://doi.org/10.1007/s11948-017-9901-7

Cerka, P., Jurgita, G., & Gintarė, S. (2015). Liability for damages caused by artificial intelligence. *Computer Law & Security Review, 31*, 376–389.

Chen, Y.C., Kuo, S.M., & Yang, Y.W. (2021). Is herding a safe haven for investment? *Applied Economics Letters, 28*(2), 95–99. https://doi.org/10.1080/13504851.2020.1734180

Crevier, D. (1993). *AI: The tumultuous search for artificial intelligence*. BasicBooks.

Dickason, Z., & Ferreira, S. J. (2018). The effect of age and gender on financial risk tolerance of South African investors. *Investment Management and Financial Innovations, 15*(2), 96–103. https://doi.org/10.21511/imfi.15(2).2018.09

Dinç Aydemir, S., & Aren, S. (2017). Do the effects of individual factors on financial risk-taking behavior diversify with financial literacy? *Kybernetes, 46*(10), 1706–1734. https://doi.org/10.1108/K-10-2016-0281

Doğan, M. (2018). *Savaş ve barış bildiri kitabı*. Sentez Yayıncılık.

Ersoy, Ç. (2018). *Robotlar, yapay zekâ ve hukuk*. On İki Levha Yayıncılık.

Fadel, C., Holmes, W., & Bialik, M. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.

Femminis, G. (2008). Risk-aversion and the investment-uncertainty relationship: The role of capital depreciation. *Journal of Economic Behavior & Organization, 65*(3–4), 585–591. https://doi.org/10.1016/j.jebo.2006.03.003

Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., Luetge, C., Madelin, R., Pagallo, U., Rossi, F., Schafer, B., Valcke, P., & Vayena, E. (2018). AI4People—An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations. *Minds & Machines, 28*, 689–707. https://doi.org/10.1007/s11023-018-9482-5

Ford, M. (2016). *Rise of the robots*. BasicBooks.

Glaser, J. I., Benjamin, A. S., Farhoodi, R., & Kording, K. P. (2019). The roles of supervised machine learning in systems neuroscience. *Progress in Neurobiology, 175*, 126–137. https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2019.01.008

Hair, J. F., Anderson, R. E., Babin, B. J., & Black, W. C. (2010). *Multivariate data analysis: A global perspective* (7th ed.). Pearson.

Hamamcı, H. N., & Aren, S. (2023). Impact of financial tribalism on risk tolerance: Mediating role of confidence and herd behavior. *UMTEB – XIV International Scientific Research Congress*, Naples, Italy, 614–625.

Hassabis, D., Kumaran, D., Summerfield, C., & Botvinick, M. (2017). Neuroscience-inspired artificial intelligence. *Neuron, 95*, 245–258. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2017.06.011

Haugeland, J. (1985). *Artificial intelligence: The very idea*. MIT Press.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.

Jobin, A., Ienca, M., & Vayena, E. (2019). Artificial intelligence: The global landscape of ethics guidelines. *arXiv*. https://arxiv.org/abs/1906.11668

Kannadhasan, M., Aramvalarthan, S., Mitra, S. K., & Goyal, V. (2016). Relationship between biopsychosocial factors and financial risk tolerance: An empirical study. *Vikalpa, 41*(2), 117–131. https://doi.org/10.1177/0256090916642685

Kizza, J. M. (2010). *Ethical and social issues in the information age*. Springer International Publishing.

Kurzweil, R. (1990). *The age of intelligent machines*. MIT Press.

Lake, B. M., Ullman, T. D., Tenenbaum, J. B., & Gershman, S. J. (2017). Building machines that learn and think like people. *Behavioral and Brain Sciences, 40*, Article e253. https://doi.org/10.1017/S0140525X16001837

Luger, G. F., & Stubblefield, W. A. (1993). *Artificial intelligence*. Cummings Publishing.

Mahmutoğlu, A. (2009). Etik ve ahlak; benzerlikler, farklılıklar ve ilişkiler. *Türk İdare Dergisi*, 225–249.

Marblestone, A. H., Wayne, G., & Kording, K. P. (2016). Toward an integration of deep learning and neuroscience. *Frontiers in Computational Neuroscience, 10*, Article 94. https://doi.org/10.3389/fncom.2016.00094

McCarthy, J. (1989). Artificial intelligence, logic and formalizing common sense. In *Philosophical logic and AI*. Kluwer Academic.

McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (1955). *A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence*.

McCorduck, P. (2004). *Machines who think*. A. K. Peters.

Mohta, A., & Shunmugasundaram, V. (2024). Moderating role of millennials' financial literacy on the relationship between risk tolerance and risky investment behavior: Evidence from India. *International Journal of Social Economics, 51*(3), 422–440. https://doi.org/10.1108/IJSE-12-2022-0812

Nilsson, N. J. (1998). *Artificial intelligence: A new synthesis*. Morgan Kaufmann.

Osoba, O., & Welser, W., IV. (2017). *An intelligence in our image: The risks of bias and errors in artificial intelligence*. Rand Corporation.

Polanyi, K. (1944). *The great transformation of the political and economic origins of our time*. Farrar & Rinehart.

Prasad Subedi, P., Raj Sharma, D., & Sharma, B. (2025). Herding behavior, risk perception, and investment performance: A serial mediation analysis. *Scientific Papers of the University of Pardubice, Series D: Faculty of Economics and Administration, 33*(1), Article 2242. https://doi.org/10.46585/SP33012242

Preacher, K. J., & Hayes, A. F. (2008). Asymptotic and resampling strategies for assessing and comparing indirect effects in multiple mediator models. *Behavior Research Methods, 40*, 879–891. https://doi.org/10.3758/BRM.40.3.879

Public Law No: 113-274. (2014, December 12). *Cybersecurity Enhancement Act of 2014*. https://www.congress.gov/bill/113th-congress/senate-bill/1353/text

Royakkers, L., Timmer, J., Kool, L., & van Est, R. (2018). Societal and ethical issues of digitization. *Ethics and Information Technology, 20*(2), 127–142.

Rucker, D. D., Preacher, K. J., Tormala, Z. L., & Petty, R. E. (2011). Mediation analysis in social psychology: Current practices and new recommendations. *Social and Personality Psychology Compass, 5*(6), 359–371. https://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2011.00355.x

Russell, S. J., & Norvig, P. (2003). *Artificial intelligence: A modern approach*. Prentice Hall.

Santiago, O. C. (2019). *Taking business ethics seriously*. Scholars Publishing.

Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H., & Müller, H. (2003). Evaluating the fit of structural equation models: Tests of significance and descriptive goodness-of-fit measures. *Methods of Psychological Research Online, 8*(2), 23–74. https://doi.org/10.23668/psycharchives.12784

Schmidt, F. L. (2012). Select on intelligence. In *Handbook of principles of organizational behavior* (Vol. 1, pp. 5–15).

Simborg, D. (2017). *What comes after Homo Sapiens?* DWS Publishing.

Singh, S., Madaan, G., Singh, A., Swapna, H. R., & Asthana, S. K. (2025). Behavioural biases and investment decision making: The mediating role of risk perception, according to evidence from the Indian stock market. *Folia Oeconomica Stetinensia, 25*(2), 236–261. https://doi.org/10.2478/foli-2025-0031

Stahl, B. C. (2021). *Artificial intelligence for a better future*. SpringerBriefs in Research and Innovation Governance. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69978-9_4

Stoneburner, G., Goguen, A., & Feringa, A. (2002). *Risk management guide for information technology systems*(Special Publication NIST SP 800-30). National Institute of Standards and Technology. https://doi.org/10.6028/nist.sp.800-30

Şimşek, N. (2007). *Akıllı zekâ*. Asil Yayınları.

Taşdemir, D. D., Gündüz Çekmecelioğlu, H., & Yıkılmaz, İ. (2019). Çok kültürlü ortamda çalışanların kültürel zekâ düzeylerinin duygusal emek gösterimlerine etkisi. *OPUS International Journal of Society Researches, 18*, 719–740. https://doi.org/10.26466/opus.584460

Treviño, L. K., & Weaver, G. R. (2001). Organizational justice and ethics program 'follow-through': Influences on employees' harmful and helpful behavior. *Business Ethics Quarterly, 11*, 651–671.

Türk Dil Kurumu. (2022). *Türkçe sözlük*. Dil Kurumu Yayınları.

Ülgen, H., & Mirze, K. S. (2004). *İşletmelerde stratejik yönetim*. Literatür Yayınları.

Viji, R., Nageswari, K., Rachel Maria, G., Sundhara Moorthy, V., Guha, D., & Krishnamoorthi, M. (2025). The impact of self esteem, personality and sensation seeking on financial risk tolerance of retail investor-An empirical evidence from India. In *Studies in systems, decision and control* (Vol. 236, pp. 353–359). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-86712-5_30

Walters, D. J., Ülkümen, G., Tannenbaum, D., Erner, C., & Fox, C. R. (2023). Investor behavior under epistemic vs. aleatory uncertainty. *Management Science, 69*(5), 2761–2777.

Williams, D. J., & Noyes, J. M. (2007). How does our perception of risk influence decision-making? Implications for the design of risk information. *Theoretical Issues in Ergonomics Science, 8*(1), 1–35. https://doi.org/10.1080/14639220500484419

Yereli, A. B., & Şahin, I. (2019). Yapay zekanın ekonomi, toplumsal refah ve vergilendirme üzerindeki etkisi. *Vergi Dünyası*.

Yıldırım, G., & Kadıoğlu, S. (2007). Etik ve tıp etiği temel kavramları. *Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 9*(2), 7–12.

MULTI-YEAR INVENTORY OF FOREST AND MAQUIS FIRES IN MANISA USING SENTINEL-2 (2017–2024): BURN SEVERITY AND dNBR THRESHOLD SENSITIVITY

Doç. Dr. Osman Salih YILMAZ
Department of Architecture and Urban Planning, Demirci Vocational School, Manisa Celal Bayar University, Türkiye
Öğr. Gör. Dr. Mehmet Serdar ORUÇ
Department of Forestry, Demirci Vocational School, Manisa Celal Bayar University, Türkiye.

ABSTRACT
In this study, it was aimed to determine the burned areas occurring in forest and maquis/shrubland areas within the provincial borders of Manisa between the 2017–2024 period using Sentinel-2 satellite data and to evaluate their temporal change. The difference Normalized Burn Ratio (dNBR) was used for mapping burned areas; the distribution of burned areas across land cover classes, burn severity, and the effect of the dNBR threshold value on area estimates were evaluated. To limit potential false positives of dNBR that may stem from land cover and surface changes independent of fire during the identification of burned areas, an exclusion mask based on WorldCover data was applied. With the application of the mask, the dNBR-based burned area was reduced by 33.9%, and it was determined that the finally identified areas overlap with maquis/shrubland at 62.0%, needleleaf forest at 21.8%, and mixed forest classes at 14.8%. In the burn severity analysis, it was determined that 73.0% of the areas were in the moderate-low, 17.8% in the moderate-high, and 3.1% in the high severity class. In the threshold sensitivity analysis, it was observed that the estimated burned areas ranged between 6,590 ha and 990 ha. The findings demonstrate that the high spatial resolution of Sentinel-2 data enables the detailed mapping of multi-year burned areas; furthermore, the estimated burned area magnitude is significantly sensitive to the chosen dNBR threshold value.
Keywords: Forest fire, Sentinel-2, dNBR, burn severity, Google Earth Engine, Manisa

INTRODUCTION
Reliable determination of the spatial extent and impacts of forest fires is essential for assessing fire regimes, monitoring post-fire ecosystems, and identifying rehabilitation priorities. Satellite-based remote sensing has become one of the primary data sources for burned area mapping due to its ability to observe large areas repeatedly and in a standardized manner (Chuvieco et al., 2019). In particular, the Normalized Burn Ratio (NBR) exploits the high near-infrared and low shortwave infrared reflectance characteristics of healthy vegetation, while the difference between pre-fire and post-fire NBR, known as the differenced Normalized Burn Ratio (dNBR), quantitatively expresses the magnitude of fire-induced spectral change and is widely used to assess burn severity (Key & Benson, 2006; Miller & Thode, 2007).
The frequency of wildfires and their impacts on ecosystems in the Mediterranean Basin necessitate the monitoring of burned areas with high temporal and spatial accuracy. In Türkiye, a total of 291 fire events affected 202,361 ha during the 2021 fire season, with large fires reported to be concentrated particularly in the Mediterranean and Aegean regions (Eker et al., 2024). Assessments by the European Forest Fire Information System (EFFIS) also indicate that 2021 was characterized by unusually high fire activity in Türkiye (San-Miguel-Ayanz et al., 2022). In this context, incorporating not only individual large fires but also smaller and fragmented burned areas into long-term inventories is essential.
Google Earth Engine (GEE) is a cloud-based geospatial analysis platform that facilitates the processing of multi-year satellite time series over large study areas (Gorelick et al., 2017; Amani et al., 2020). In Türkiye, studies have been conducted using Sentinel-2 imagery and

GEE to investigate burn severity and burned area characteristics associated with various fire events (Yılmaz et al., 2021; Yilmaz et al., 2023; Bıçakcı & Yıldız, 2024; Yaman & Tunç Görmüş, 2025). Gülçin and Deniz (2020) assessed fire-risk areas in Manisa using MODIS fire archive records for the period 2001–2018. Demir (2023), in turn, investigated the effects of different threshold values on burned area estimates. Nevertheless, studies jointly evaluating a multi-year Sentinel-2 dNBR-based burned area inventory covering the 2017–2024 period in Manisa and the associated burn severity patterns and dNBR threshold sensitivity remain limited. The objectives of this study are to (i) map burned areas annually in forest and shrubland ecosystems in Manisa, Türkiye, over the 2017–2024 period using the Sentinel-2 dNBR approach; (ii) characterize the distribution of burned areas in terms of fuel classes and burn severity; and (iii) evaluate the sensitivity of burned area estimates to dNBR threshold values through annual stratified sampling.

MATERIALS AND METHODS

Study area

The study area encompasses Manisa Province, located in the Aegean Region of Türkiye (Figure 1). Manisa occupies a geographical transition zone characterized by a pronounced Mediterranean climate in its western and southern parts, while continental climatic influences become more prominent toward the northeast and east. Summers are hot and dry, whereas winters are relatively cool and rainy. According to the Turkish State Meteorological Service's climate normals for 1991–2020, the mean annual temperature in Manisa is approximately 17.1 °C, with monthly mean temperatures reaching 28.6 °C in July and decreasing to 6.3 °C in January. Monthly mean precipitation exceeds 100 mm during winter but declines to approximately 8–11 mm in July and August. This pronounced seasonality creates climatic conditions under which vegetation may experience water stress, particularly during summer, highlighting the need to account for seasonal background effects when assessing post-fire spectral changes (MGM, 2026).



Figure 1. Location map of the study area

Data and Processing Platform

All image processing, dNBR calculations, and area analyses were performed using the GEE Python API (Gorelick et al., 2017). Sentinel-2 (MSI) Level-1C Harmonized (TOA) imagery was used to identify burned areas. Sentinel-2 is one of the optical Earth observation missions of the Copernicus Programme, developed by the European Space Agency (ESA), and provides multispectral data in the visible, near-infrared (NIR), and shortwave infrared (SWIR) regions through its Multispectral Instrument (MSI) sensor. Owing to its high spatial resolution observations, particularly in the NIR and SWIR bands, the MSI sensor provides an important data source for assessing vegetation conditions and detecting post-fire spectral changes (Drusch et al., 2012). The GEE Harmonized collection enables more consistent use of time series by correcting retrospective digital number scaling differences arising from changes in the Sentinel-2 processing baseline.

The Copernicus Global Land Service Land Cover 100 m Collection 3 (CGLS-LC100) product, which provides global annual land cover information at a spatial resolution of 100 m, was used to characterize the land cover classes within the analysis area. CGLS-LC100 Collection 3 provides annual global land cover maps for the 2015–2019 period and was developed using PROBA-V 100 m time series, land cover training data, and various ancillary datasets (Buchhorn et al., 2020). In this study, the product's detailed classes were reclassified into broader land cover categories, including forest, shrubland, herbaceous vegetation, and agricultural land, according to the objectives of the analysis. Subsequently, the 10 m resolution ESA WorldCover 2020 v100 product was used to limit potential false-positive detections in non-burned surfaces within the analysis area. ESA WorldCover 2020 v100 is a global land cover product developed by ESA that maps land cover for 2020 at a spatial resolution of 10 m (Zanaga et al., 2021). The product was generated by integrating Sentinel-1 radar and Sentinel-2 optical satellite data and includes 11 major land cover classes at the global scale. It was released in October 2021 and achieved an overall accuracy of approximately 74.4% based on independent validation.

NBR and dNBR Calculation

The NBR was calculated using the near-infrared (B8) and shortwave infrared (B12) bands of Sentinel-2, as expressed in Equation (1).

$$\mathrm{NBR} = \frac{B8 - B12}{B8 + B12} \tag{1}$$

For each year, the pre-fire period was defined as 15 April–15 June, while the post-fire period was defined as 1 October–30 November. Sentinel-2 images intersecting the study area and having a scene-level cloud cover of less than 40% were used for these periods. Cloudy pixels were masked using the cloud and cirrus bits in the QA60 bitmask, and median NBR composites were generated from the remaining images. Subsequently, dNBR, representing fire-induced spectral change, was calculated as the difference between the pre-fire NBR_{pre} and post-fire NBR_{post} NBR composites, as expressed in Equation (2) (Key & Benson, 2006).

$$\mathrm{dNBR} = \mathrm{NBR}_{\mathrm{pre}} - \mathrm{NBR}_{\mathrm{post}} \tag{2}$$

To reduce the influence of seasonal drying and phenological background differences on dNBR, the median dNBR value within a reference region comprising forest and shrubland areas in the study area was calculated for each year and subtracted from the raw dNBR image. The reference region was defined using forest and shrubland areas that were not classified as cropland, built-up land, or permanent water in the WorldCover dataset. This correction was intended to

minimize the influence of seasonal and phenological dNBR variations occurring across the study area independently of fire, thereby improving comparability between years and locations. The corrected dNBR ($dNBR_{\mathrm{corr}}$) was calculated using Equation (3).

$$\mathrm{dNBR}_{\mathrm{corr}} = \mathrm{dNBR} - \mathrm{median}(\mathrm{dNBR}_{\mathrm{ref}}) \quad (3)$$

were, image represents the dNBR values within the reference region, which comprises forest and shrubland areas not classified as cropland, built-up land, or water in the WorldCover dataset. The median value was calculated using a regional reduction operation at a spatial resolution of 200 m. Equation (3) was adapted from the dNBR offset approach, which aims to reduce non-fire-related spectral changes using dNBR values from unburned areas (Key, 2006; Key & Benson, 2006; Parks et al., 2018). In conventional applications, the offset is generally calculated from unburned reference areas surrounding the perimeter of each fire. In this study, however, because fire perimeters were not known in advance, the offset was calculated using the median dNBR value of the regional reference area across the study area. The use of the median statistic was intended to reduce the influence of extreme dNBR values that might occur within the reference region on the estimated offset.

Therefore, the correction value used in this study was not an offset derived from predefined, independent, and entirely unburned control areas; rather, it was calculated as a regional median offset representing the overall dNBR distribution of the reference region within the study area. Because the reference region was not restricted exclusively to unburned areas, this approach differs from the use of independent unburned reference areas defined for individual fire perimeters. Key (2006) and Parks et al. (2018) noted that reference offsets can be used in dNBR calculations to reduce the effects of seasonal and phenological differences between pre-fire and post-fire imagery. In this study, the regional median approach was adapted to the study area to support the development of an automated, multi-year burned area inventory at the provincial scale. Accordingly, this procedure should be interpreted not as a correction that eliminates non-fire-related variability, but as a normalization procedure representing the overall seasonal and phenological background of the study area.

For each year, an initial burned area map was generated from the offset-corrected dNBR image. A pixel was classified as burned only when all three of the following conditions were met: (i) it was located within the forest or shrubland analysis area, (ii) its corrected dNBR value exceeded 0.27, and (iii) its post-fire NBR value was below 0.15. In addition, to reduce spatial noise, connected components consisting of at least 25 pixels under the 8-connectivity rule were retained, while components smaller than 1 ha, corresponding to 25 pixels at a spatial resolution of 20 m, were excluded from the analysis. Subsequently, the WorldCover exclusion mask was applied to the initial burned area map to limit the classification of cropland, built-up land, and permanent water as burned areas. Following the application of the WorldCover mask, the 1 ha minimum patch rule was applied again to remove small residual patches that had become fragmented during masking and fell below the minimum area threshold. This procedure was intended to ensure that the inventory included spatially meaningful burned areas rather than isolated pixels with high dNBR values alone. The threshold of 0.27 used in this study corresponds to the lower boundary of the low-to-moderate burn severity class in the dNBR burn severity classification proposed by Key and Benson (2006).

The Sentinel-2 results used to identify burned areas were evaluated in two separate stages. In the first stage, an initial Sentinel-2 burned area map based on forest and shrubland areas was generated without applying the WorldCover exclusion mask. In the second stage, the WorldCover exclusion mask was applied to the same map to limit the classification of cropland, built-up land, and permanent water as burned areas, thereby producing the final burned area

map. The 1 ha minimum patch rule was applied separately to the map at each stage. This two-stage approach enabled the effect of the WorldCover exclusion mask on total burned area estimates to be assessed independently.

Sampling-Based Assessment of Burn Severity

Burn severity was assessed using 300 points selected through stratified sampling from the Sentinel-2 burned areas for each year, yielding a total of 2,400 samples across the eight-year study period. For each sample, dNBR was recalculated using the same date ranges and regional median offset approach applied during the mapping stage, and dNBR values were extracted at the sample locations. The values were classified into three burn severity categories according to the widely used dNBR classification scheme: 0.27–0.44 (moderate-low), 0.44–0.66 (moderate-high), and >0.66 (high) (Key & Benson, 2006). For each year, the proportions of the severity classes were converted into area estimates by weighting them according to the corresponding annual Sentinel-2 burned area. The total estimates for the study period were calculated as the area-weighted combination of the annual estimates. The 95% confidence intervals for the proportions of the annual burn severity classes were calculated using the Wilson score confidence interval method, developed for binomial proportions. The Wilson method is based on the inversion of the score test and was developed to address the poor coverage performance that the conventional Wald approach can exhibit, particularly when proportions approach extreme values (Wilson, 1927; Brown et al., 2001).

To assess dNBR threshold sensitivity, independent raster burned area maps were not generated for the 0.44 and 0.66 thresholds. Instead, the corresponding burned areas were estimated annually from the burn severity sampling results. For each year, the burned area mapped using the 0.27 threshold was defined as the sampling population, and 300 random points were selected from this area. Thus, an independent annual random sample was generated for each year. The proportion of samples satisfying the condition dNBR > t was calculated for each year, and this proportion was applied to the burned area mapped using the 0.27 threshold (Olofsson et al., 2014). The burned area for each year was calculated using Equation (4).

$$A(y;t) = A(y;0.27) \times \frac{n(y;dNBR > t)}{n(y)} \quad (4)$$

were, $A(y;t)$ denotes the sampling-based burned area estimate for year y at the dNBR threshold t; $A(y;0.27)$ represents the Sentinel-2 burned area mapped using the 0.27 threshold for the same year; $n(y)$ is the number of sample points in that year with dNBR values exceeding threshold t; and $n(y)$ denotes the total number of sample points for that year (300). The total for the study period was obtained by summing the annual estimates. The values reported for the 0.44 and 0.66 thresholds represent sampling-based area estimates rather than mapped areas derived from independent rasters. This approach adapts the sampling-based area estimation framework described by Olofsson et al. (2014) to the dNBR threshold sensitivity assessment conducted in this study.

RESULTS

Annual Burned Area

A total burned area of 31,480.0 ha was identified in the forest and shrubland areas of Manisa during the 2017–2024 period using the Sentinel-2 dNBR approach, corresponding to an annual average of 3,935.0 ha. The largest annual burned areas were recorded in 2023, with 6,643.8 ha,

followed by 2018, with 5,925.5 ha, and 2020, with 5,496.2 ha. In contrast, the lowest values were observed in 2021, with 1,103.8 ha, and 2022, with 1,220.8 ha, as presented in Table 1.

Before applying the WorldCover exclusion mask, the total burned area estimated from Sentinel-2 imagery was 47,646.2 ha. Following the application of the WorldCover exclusion mask and the subsequent implementation of the 1 ha minimum patch rule, the final burned area was reduced to 31,480.0 ha. The combined effect of these two operations resulted in an approximate 33.9% reduction in the total estimated area. This reduction includes both the masked pixels and the removal of small patches that fell below 1 ha after masking. The annual reduction was highest in 2017, at 57.5%, and lowest in 2024, at 2.1%. These findings indicate that areas classified as cropland, built-up land, and water in WorldCover accounted for a substantial proportion of the raw dNBR-based change map, demonstrating that the exclusion procedure had a considerable influence on the spatial extent of the burned area inventory.

Table 1. Annual Sentinel-2 burned area before and after applying the WorldCover mask within forest and shrubland areas

Year	Sentinel-2 before masking (ha)	Sentinel-2 after masking (ha)	WorldCover-related reduction (%)
2017	8,640.9	3,675.7	57.5
2018	9,561.1	5,925.5	38.0
2019	3,980.5	2,616.7	34.3
2020	8,862.5	5,496.2	38.0
2021	1,934.3	1,103.8	42.9
2022	1,583.4	1,220.8	22.9
2023	8,182.0	6,643.8	18.8
2024	4,901.7	4,797.4	2.1
Total	**47,646.2**	**31,480.0**	**33.9**

An examination of the spatial distribution of burned areas identified within the forest and shrubland areas of Manisa Province during the 2017–2024 period reveals that burned areas were not uniformly distributed across the province but were concentrated in specific locations. The initial burn-year map derived from the Sentinel-2-based dNBR analysis demonstrates variations in both the geographic distribution and spatial concentration of burned areas across years. In particular, distinct clusters of burn scars from different years are evident in areas with concentrated fire activity, whereas more fragmented and sparsely distributed burned areas occur in some parts of the study area. The annual spatial distribution of burned areas is presented in Figure 2.

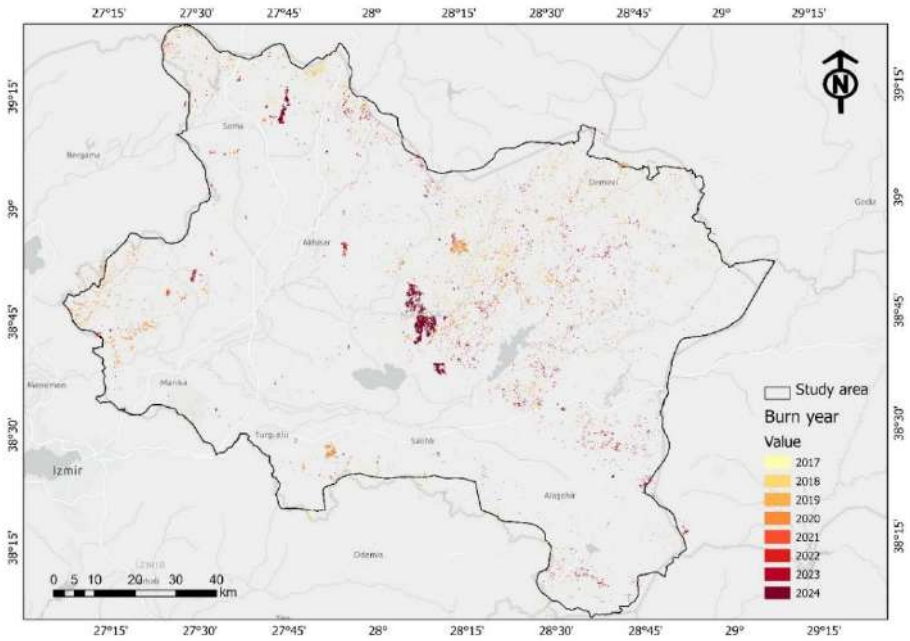


Figure 2. Spatial distribution of the initial burn years derived from Sentinel-2 imagery in the forest and shrubland areas of Manisa Province during the 2017–2024 period

Distribution by Land Cover Class

Of the total burned area identified using Sentinel-2, 19,517.7 ha (62.0%) overlapped with the shrubland class in the 100 m resolution Copernicus Global Land Cover classification. Needleleaf forest accounted for 6,863.8 ha (21.8%), followed by mixed forest, covering 4,667.8 ha (14.8%). The combined contribution of herbaceous vegetation, cropland, broadleaf forest, and other classes was less than 1.5% (Table 2). As this distribution was derived by overlaying the 20 m analysis outputs with the 100 m fuel classes, potential spatial mismatches arising from differences in spatial resolution at class boundaries should be taken into account.

Table 2. Distribution of Sentinel-2-derived burned areas by CGLS-LC100 land cover classes

Land Cover Class	Area (ha)	Ratio (%)
Shrubland	19,517.7	62.0
Needleleaf forest	6,863.8	21.8
Mixed forest	4,667.8	14.8
Herbaceous vegetation	242.2	0.8
Cropland	143.6	0.5
Broadleaf forest	42.8	0.1
Other	2.0	0.0

Burn Severity

Based on the stratified sampling results, the proportion of burned areas classified as moderate-low burn severity over the entire study period was estimated at 73.0%, with a 95% confidence interval of 71.1–74.8%. The proportion of the moderate-high severity class was estimated at 17.8%, with a 95% confidence interval of 16.2–19.4%. The high-severity class accounted for 3.1% of the sampled area, with a 95% confidence interval of 2.4–3.9%. A further 6.1% of the samples fell below the 0.27 threshold, with a 95% confidence interval of 5.0–7.2%. This group represents sample points located within mapped burned areas but exhibiting recalculated dNBR

values below 0.27 at the point locations. This discrepancy may be attributable to low-dNBR pixels within patches retained by the minimum patch-size rule and differences in spatial representation between raster-based mapping and point sampling.

Annual results showed that the proportion of the high-severity class increased to 15.3% in 2024, with a 95% confidence interval of 11.7–19.8%. In the same year, the moderate-high severity class reached 35.7%, representing the highest proportion recorded during the study period (Figure 3).

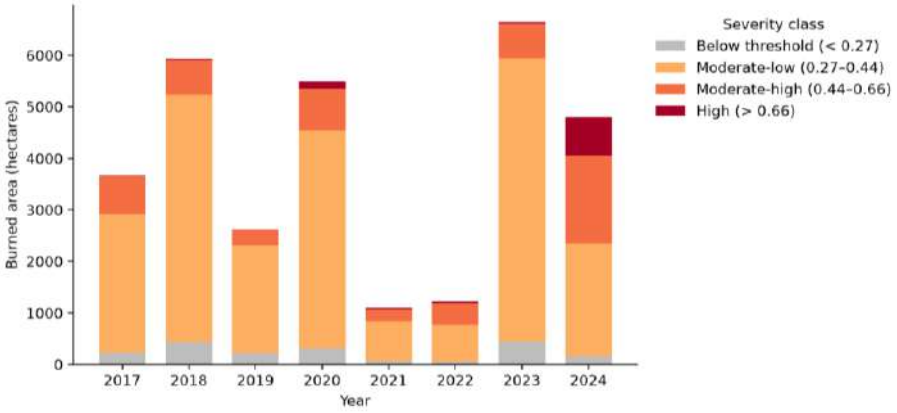


Figure 3. Distribution of Sentinel-2-derived burned areas by burn severity class during the 2017–2024 period

Threshold Sensitivity

Burned area estimates were highly sensitive to the dNBR threshold. The estimated total burned area for the study period, derived from annual samples, decreased from 31,480 ha mapped using the 0.27 threshold to 6,590 ha at the 0.44 threshold and 990 ha at the 0.66 threshold, as shown in Table 3. Increasing the dNBR threshold from 0.27 to 0.44 reduced the estimated total burned area by approximately 79.1%, while increasing it to 0.66 resulted in a reduction of approximately 96.9%. These findings demonstrate that dNBR threshold selection is one of the key methodological factors determining the magnitude of estimates in multi-year burned area inventories.

Table 3. Annual Sentinel-2 burned area by dNBR threshold (sampling-based estimates for the 0.44 and 0.66 thresholds, ha)

Year	0,27 (mapping)	0,44 (predict)	0,66 (predict)
2017	3,676	760	12
2018	5,926	691	20
2019	2,617	314	0
2020	5,496	953	147
2021	1,104	265	29
2022	1,221	452	24
2023	6,644	709	22
2024	4,797	2,446	736
Total	**31,480**	**6,590**	**990**

DISCUSSION

The finding that 73.0% of the Sentinel-2 burned area fell within the 0.27–0.44 dNBR interval suggests that low-threshold burned area mapping may be sensitive to relatively weak spectral changes. Non-fire-related processes, such as drought stress, seasonal leaf desiccation, vegetation cutting, and agricultural activities, can produce NBR decreases similar to those caused by fire. The combined effect of the WorldCover exclusion mask and the minimum patch-size rule applied after masking reduced the total Sentinel-2 burned area by 33.9%, indicating that land cover-based exclusion is an important preprocessing step. However, this mask may not completely eliminate small agricultural parcels or other anthropogenic changes occurring within forest and shrubland areas.

Filipponi (2019) demonstrated that a national-scale Sentinel-2 burned area mapping methodology produced commission errors (false positives) of approximately 25% and omission errors (false negatives) of approximately 40% across Italy. Demir (2023) tested five threshold values ranging from 0.2 to 0.6 for Sentinel-2 NDVI differencing in Isparta and Antalya provinces. The estimated burned area decreased from 100,474 ha at a threshold of 0.2 to 7,881 ha at a threshold of 0.6, while a threshold of 0.3 showed the closest agreement with MODIS burned area data. Since the latter study used NDVI differencing rather than dNBR, its threshold values cannot be directly compared with those used in the present study. Nevertheless, both studies demonstrate that burned area estimates are highly sensitive to threshold selection.

The use of a regional median dNBR offset is intended to reduce the influence of non-fire-related seasonal and phenological background variations. However, calculating the offset from a large reference region that may also contain burned pixels differs from the conventional approach based on independent unburned control areas.

The finding that 62.0% of the burned areas overlapped with the shrubland class is consistent with literature highlighting the importance of shrubland and maquis formations in Mediterranean landscapes in terms of fire behavior and fuel continuity (Moreira et al., 2011). However, because this proportion is based on the overlay of a 100 m resolution fuel classification with a 20 m Sentinel-2 burned area map, the class proportions should not be interpreted as measurements derived from an absolute, high-resolution fuel map. The increase in the proportion of the high-severity class to 15.3% and the moderate-high severity class to 35.7% in 2024 indicates that the burned areas identified by Sentinel-2 that year exhibited a composition characterized by greater spectral change. Nevertheless, without independent field-based burn severity measurements, these findings should not be interpreted directly as indicators of ecological damage severity.

The main limitations of this study are as follows: (i) because only the first detected burn year was recorded for each pixel, areas burned repeatedly were not counted separately in subsequent years; (ii) restricting the post-fire composite to the 1 October–30 November period may have resulted in incomplete representation of events occurring after late November; (iii) the burn severity results were not validated against independent field measurements or the Composite Burn Index (CBI); (iv) the Sentinel-2 burned area map was not validated against an independent reference dataset, such as fire records from the Turkish General Directorate of Forestry (OGM); (v) a persistence or recovery filter based on the following spring was not applied; (vi) the pre-fire composite covering 15 April–15 June may have been affected by early-season fires; (vii) burned areas associated with the 0.44 and 0.66 thresholds were estimated from annual stratified severity sampling rather than mapped directly from independent raster outputs; (viii) the ESA WorldCover 2020 product was used as a fixed land cover mask throughout the 2017–2024 study period; and (ix) burned patches smaller than 1 ha were excluded from the inventory.

Furthermore, the regional median offset approach may incorporate burned pixels into the reference distribution, representing an important source of methodological uncertainty.

CONCLUSION

This study conducted an annual and spatial assessment of burned areas in the forest and shrubland areas of Manisa Province during the 2017–2024 period using the Sentinel-2 dNBR approach. The findings demonstrate the considerable potential of satellite-based burned area mapping for developing multi-year fire inventories. However, the results also reveal that the dNBR thresholds used to identify burned areas and assess burn severity have a substantial influence on the estimates. The main implication of this study is that burned area mapping results depend not only on the spatial and temporal characteristics of the satellite data but also on the thresholding approach, land cover masks, and reference correction method. Specifically, the area mapped using the 0.27 threshold was 31,480 ha, whereas the estimated areas decreased to approximately 6,590 ha and 990 ha at thresholds of 0.44 and 0.66, respectively. Therefore, in long-term studies comparing fires across different years, area estimates obtained using a single fixed threshold should be reported alongside threshold sensitivity analyses and independent reference data.

Future studies should validate satellite-derived results against independent fire records, high-resolution reference data, and field observations. Evaluating threshold values across different ecosystems and land cover classes would further improve the reliability of burned area and burn severity maps. In addition, integrating multisensor data and time-series approaches could contribute to the detection of small and fragmented burned areas and the monitoring of post-fire ecosystem changes.

REFERANCES

Amani, M., Ghorbanian, A., Ahmadi, S. A., Kakooei, M., Moghimi, A., Mirmazloumi, S. M., Moghaddam, S. H. A., Mahdavi, S., Ghahremanloo, M., Parsian, S., Wu, Q., & Brisco, B. (2020). Google Earth Engine cloud computing platform for remote sensing big data applications: A comprehensive review. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 13*, 5326–5350. https://doi.org/10.1109/JSTARS.2020.3021052

Bıçakcı, C., & Yıldız, S. S. (2024). Google Earth Engine ve coğrafi bilgi sistemleri kullanarak orman yangını şiddetinin belirlenmesinde farklı indekslerin karşılaştırılması: 2023 Hatay-Belen yangını örneği. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7*(2), 708–719. https://doi.org/10.47495/okufbed.1404480

Brown, L. D., Cai, T. T., & DasGupta, A. (2001). Interval estimation for a binomial proportion. *Statistical Science, 16*(2), 101–133. https://doi.org/10.1214/ss/1009213286

Buchhorn, M., Smets, B., Bertels, L., De Roo, B., Lesiv, M., Tsendbazar, N.-E., Herold, M., & Fritz, S. (2020). Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: Collection 3: Epoch 2019: Globe (Version V3.0.1) [Data set]. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.3939050

Chuvieco, E., Mouillot, F., van der Werf, G. R., San Miguel, J., Tanase, M., Koutsias, N., García, M., Yebra, M., Padilla, M., Gitas, I., Heil, A., Hawbaker, T. J., & Giglio, L. (2019). Historical background and current developments for mapping burned area from satellite Earth observation. *Remote Sensing of Environment, 225*, 45–64. https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.02.013

Demir, S. (2023). Google Earth Engine üzerinde Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak yanan alanların farklı eşik değerlerinde belirlenmesi. *Türk Uzaktan Algılama ve CBS Dergisi, 4*(2), 262–275. https://doi.org/10.48123/rsgis.1264208

Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., Hoersch, B., Isola, C., Laberinti, P., Martimort, P., Meygret, A., Spoto, F., Sy, O., Marchese, F., & Bargellini, P. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote Sensing of Environment, 120*, 25–36. https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026

Eker, R., Çınar, T., Baysal, İ., & Akay, A. E. (2024). Remote sensing and GIS-based inventory and analysis of the unprecedented 2021 forest fires in Türkiye's history. *Natural Hazards, 120(12), 10687–10707*. https://doi.org/10.1007/s11069-024-06622-0

Filipponi, F. (2019). Exploitation of Sentinel-2 time series to map burned areas at the national level: A case study on the 2017 Italy wildfires. *Remote Sensing, 11*(6), 622. https://doi.org/10.3390/rs11060622

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment, 202*, 18–27. https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031

Gülçin, D., & Deniz, B. (2020). Remote sensing and GIS-based forest fire risk zone mapping: The case of Manisa, Turkey. *Turkish Journal of Forestry, 21*(1), 15–24. https://doi.org/10.18182/tjf.649747

Key, C. H. (2006). Ecological and sampling constraints on defining landscape fire severity. Fire Ecology, 2(2), 34–59. https://doi.org/10.4996/fireecology.0202034

Key, C. H., & Benson, N. C. (2006). Landscape assessment (LA). In D. C. Lutes, R. E. Keane, J. F. Caratti, C. H. Key, N. C. Benson, S. Sutherland, & L. J. Gangi (Eds.), *FIREMON: Fire effects monitoring and inventory system* (Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-164-CD, pp. LA-1–LA-55). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2026). *Manisa ili resmi iklim istatistikleri ve 1991–2020 iklim normalleri*. Erişim Tarihi: 06.10.2026, https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=MANISA

Miller, J. D., & Thode, A. E. (2007). Quantifying burn severity in a heterogeneous landscape with a relative version of the delta Normalized Burn Ratio (dNBR). *Remote Sensing of Environment, 109*(1), 66–80. https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.12.006

Moreira, F., Viedma, O., Arianoutsou, M., Curt, T., Koutsias, N., Rigolot, E., Barbati, A., Corona, P., Vaz, P., Xanthopoulos, G., Mouillot, F., & Bilgili, E. (2011). Landscape–wildfire interactions in southern Europe: Implications for landscape management. *Journal of Environmental Management, 92*(10), 2389–2402. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.028

Olofsson, P., Foody, G. M., Herold, M., Stehman, S. V., Woodcock, C. E., & Wulder, M. A. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment, 148*, 42–57. https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015

Parks, S. A., Holsinger, L. M., Voss, M. A., Loehman, R. A., & Robinson, N. P. (2018). Mean composite fire severity metrics computed with Google Earth Engine offer improved accuracy and expanded mapping potential. Remote Sensing, 10(6), 879. https://doi.org/10.3390/rs10060879

San-Miguel-Ayanz, J., Durrant, T., Boca, R., Maianti, P., Libertà, G., Artés Vivancos, T., Oom, D., Branco, A., de Rigo, D., Ferrari, D., Pfeiffer, H., Grecchi, R., Onida, M., & Löffler, P. (2022). *Forest fires in Europe, Middle East and North Africa 2021* (EUR 31269 EN). Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2760/34094

Wilson, E. B. (1927). Probable inference, the law of succession, and statistical inference. *Journal of the American Statistical Association*, *22*(158), 209-212.

Yaman, Ş., & Tunç Görmüş, E. (2025). Sentinel-2 ve Landsat-8 ile bulut tabanlı orman yangın analizi. *Geomatik, 10*(3), 316–330. https://doi.org/10.29128/geomatik.1603707

Yilmaz, O. S., Acar, U., Balik Sanli, F., Gulgen, F., & Ates, A. M. (2023). Mapping burn severity and monitoring CO content in Türkiye's 2021 wildfires, using Sentinel-2 and Sentinel-5P satellite data on the GEE platform. *Earth Science Informatics, 16*, 221–240. https://doi.org/10.1007/s12145-023-00933-9

Yılmaz, O. S., Oruç, M. S., Ateş, A. M., & Gülgen, F. (2021). Orman yangın şiddetinin Google Earth Engine ve coğrafi bilgi sistemleri kullanarak analizi: Hatay-Belen örneği. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11*(2), 1519–1532. https://doi.org/10.21597/jist.817900

Zanaga, D., Van De Kerchove, R., De Keersmaecker, W., Souverijns, N., Brockmann, C., Quast, R., Wevers, J., Grosu, A., Paccini, A., Vergnaud, S., Cartus, O., Santoro, M., Fritz, S., Georgieva, I., Lesiv, M., Carter, S., Herold, M., Li, L., Tsendbazar, N.-E., Ramoino, F., & Arino, O. (2021). ESA WorldCover 10 m 2020 v100 [Data set]. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.5571936

TÜRKİYE'DE KIRSAL KONUTLARDA İKLİM DUYARLI VE ENERJİ ETKİN TASARIM ARAŞTIRMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ: LİSANSÜSTÜ TEZLER ÜZERİNDEN BİR İNCELEME

Doç. Dr. Özlem AYDIN
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi
Öğr. Gör. Nurten GÖKÇEK
Malatya Turgut Özal Üniversitesi, İnşaat Bölümü

ÖZET
İklim değişikliğiyle mücadele, enerji tüketiminin azaltılması ve yapıların değişen iklim koşullarına uyum kapasitesinin artırılması, sürdürülebilir ve dirençli yaşam çevrelerinin oluşturulmasında mimarlık disiplininin önemli araştırma alanları arasında yer almaktadır. Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde bulunan kırsal konutlar; yerel malzeme ve yapım teknikleri, iklimsel özellikler ve enerji kullanım biçimleri bakımından iklim duyarlı ve enerji etkin tasarım yaklaşımlarının geliştirilmesi açısından önemli bir araştırma alanı oluşturmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de kırsal konutların iklim, enerji ve tasarım ilişkisi bağlamında ele alındığı lisansüstü araştırmaların mevcut durumunu ortaya koymak ve araştırma eğilimlerini değerlendirmektir. Bu kapsamda, Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Ulusal Tez Merkezi'nde 2000–2025 yılları arasında yayımlanan lisansüstü tezler, konu alanı mimarlık olarak sınırlandırılarak üç farklı arama grubu üzerinden taranmıştır. İlk grupta "kırsal konut", "enerji etkin tasarım", "nSEB"; ikinci grupta "kırsal mimari", "enerji verimliliği", "iklimle uyumlu tasarım"; üçüncü grupta ise "kırsal konut", "enerji", "iklim" anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Üç arama grubunda elde edilen sırasıyla 98, 580 ve 11.556 kaydın 78, 215 ve 96'sı mimarlık alanında, 9, 12 ve 9'u ise konu ile doğrudan ilişkili bulunmuş; tekrarlanan kayıtların tekilleştirilmesiyle 21 tez değerlendirmeye alınmıştır. Çalışmada sistematik doküman incelemesi yaklaşımı benimsenmiş; tezler içerik analizi ve betimsel analiz yoluyla tez dili, yayın yılı, tez türü, üniversite, araştırma konusu, çalışma alanı, incelenen yapı türü/örneklem, araştırma deseni ve yöntemi ile kullanılan yazılım ve analiz araçları açısından incelenmiştir. Bulgular, Türkiye'de kırsal konutların iklimsel özellikleri, enerji performansı, termal konforu, geleneksel yapı özellikleri ve sürdürülebilirliği üzerine farklı kapsam ve yöntemlerde araştırmalar yürütüldüğünü göstermektedir. Bununla birlikte çalışmaların belirli coğrafi alanlar ve yapı türlerinde yoğunlaştığı; farklı iklim bölgelerini birlikte değerlendiren ve iklim duyarlı tasarım kararları ile enerji performansını bütünleştiren çalışmaların sınırlı kaldığı görülmektedir. Çalışma, Türkiye'de kırsal konutların iklim duyarlı ve enerji etkin tasarımına yönelik mevcut lisansüstü araştırma birikimini ortaya koyarak, alandaki araştırma eğilimlerini ve mevcut boşlukları belirlemekte ve gelecekte gerçekleştirilecek araştırma ve tasarım çalışmalarına yönelik bir çerçeve sunmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Kırsal Konut, İklim Duyarlı Tasarım, Enerji Etkin Tasarım, Enerji Performansı, nSEB

ABSTRACT
Combating climate change, reducing energy consumption, and enhancing the capacity of buildings to adapt to changing climate conditions are among the key research areas in the field of architecture for creating sustainable and resilient living environments. Rural dwellings located in Turkey's various climate regions represent an important area of research for the development of climate-sensitive and energy-efficient design approaches in terms of local materials and construction techniques, climatic characteristics, and energy usage patterns. The

purpose of this study is to identify the current state of graduate-level research in Turkey that addresses the relationship between climate, energy, and design in rural dwellings and to evaluate research trends. To this end, graduate theses published between 2000 and 2025 at the Higher Education Council (YÖK) National Thesis Center were searched across three distinct search groups, with the subject area limited to architecture. The first group used the keywords "rural housing," "energy-efficient design," and "nSEB"; the second group used "rural architecture," "energy efficiency," and "climate-responsive design"; and the third group used "rural housing," "energy," and "climate." Of the 98, 580, and 11,556 records obtained from the three search groups, respectively, 78, 215, and 96 were found to be in the field of architecture, while 9, 12, and 9 were found to be directly related to the topic; after deduplicating the records, 21 theses were included in the evaluation. The study adopted a systematic literature review approach; the theses were examined through content analysis and descriptive evaluation in terms of thesis language, year of publication, thesis type, university, research topic, field of study, type of structure/sample examined, research design and method, and the software and analysis tools used. The findings indicate that research has been conducted in Turkey on the climatic characteristics, energy performance, thermal comfort, traditional building features, and sustainability of rural dwellings, using a variety of scopes and methods. However, it is observed that studies have been concentrated in specific geographic areas and building types; studies that jointly evaluate different climate zones and integrate climate-sensitive design decisions with energy performance remain limited. This study identifies the existing body of graduate-level research on climate-responsive and energy-efficient design of rural dwellings in Turkey, pinpoints research trends and current gaps in the field, and provides a framework for future research and design efforts.

Keywords: Rural Housing, Climate-Responsive Design, Energy-Efficient Design, Energy Performance, nSEB

GİRİŞ

İklim değişikliğiyle mücadele, enerji tüketiminin azaltılması ve yapıların değişen iklim koşullarına uyum kapasitesinin artırılması, sürdürülebilir ve dirençli yaşam çevrelerinin oluşturulmasında mimarlık disiplininin önemli araştırma alanları arasında yer almaktadır. Yapılı çevrenin küresel enerji tüketiminin yaklaşık %31'inden ve karbon emisyonlarının yaklaşık üçte birinden sorumlu olması, yapı sektöründe enerji etkinliği ve çevresel sürdürülebilirliğe yönelik köklü bir dönüşüm ihtiyacını ortaya koymaktadır. Bu dönüşüm yalnızca yeni yapıların tasarım ve üretim süreçlerini değil, aynı zamanda mevcut yapı stokunun iklim koşullarına uyum, enerji etkinliği ve çevresel performans açısından yeniden değerlendirilmesini de gerekli kılmaktadır (Özer Karadağ, 2025). Bu doğrultuda, yapıların bulundukları çevrenin iklim özellikleri, yerel malzeme ve yapım teknikleri ile enerji performansının birlikte ele alınması, sürdürülebilir ve iklim duyarlı tasarım yaklaşımlarının geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır.

Bu kapsamda, sürdürülebilirlik politikaları uzun süre boyunca yeni inşa edilen, yüksek teknoloji ile donatılmış yeşil binalar veya sıfır enerjili binalar (nZEB) üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak Urge-Vorsatz vd. (2020), iklim değişikliğiyle mücadele açısından kritik yaklaşımın yalnızca yeni binaların inşa edilmesi değil, mevcut yapı stokunun enerji etkinliğinin iyileştirilmesi olduğunu vurgulamaktadır. Mevcut yapı stoğu içerisinde genellikle anıtsal yapıların gölgesinde kalan, koruma mevzuatlarının dışında tutulan ancak niceliksel olarak büyük bir kısmını oluşturan kırsal konutlar; sürdürülebilirlik, enerji etkinliği ve iklimle uyum açısından önemli bir araştırma alanı oluşturmaktadır (Özer Karadağ, 2025).

Kırsal konutlar, bulundukları çevrenin fiziksel ve iklimsel koşullarıyla doğrudan ilişki içerisinde şekillenmekte ve çevresel koşullara bağlı olarak farklı mekânsal ve yapısal özellikler gösterebilmektedir (Batur ve Gür, 2005; aktaran Şeker, 2024). Bu nedenle söz konusu yapıların

değerlendirilmesinde iklimsel koşulların yanı sıra yapı biçimi, geleneksel özellikler, yerel malzeme ve yapım teknikleri, enerji kullanımı, kullanıcı gereksinimleri ve sürdürülebilirlik gibi farklı boyutların birlikte ele alınması gerekmektedir. Türkiye'nin farklı iklim bölgelerine ve çeşitli kırsal yerleşim dokularına sahip olması ise kırsal konutların bu çok boyutlu ilişkilerin farklı bağlamlarda incelenmesini gerekli kılmaktadır.

Nitekim Türkiye'de mimarlık alanında kırsal konutlara yönelik lisansüstü araştırmalar incelendiğinde, çalışmaların farklı araştırma eksenlerinde geliştiği görülmektedir. Bu çalışmalar arasında iklim ve termal konfor, enerji etkinliği, sürdürülebilirlik, ekolojik değerlendirme, kullanıcı gereksinimleri ve enerji sistemleri gibi farklı konular öne çıkmaktadır. Kılıç (2024), geleneksel Türk evi tipolojileri ile iklim arasındaki ilişkiyi kullanıcıların termal konforu ve enerji etkin tasarım kriterleri açısından ele alırken; Şeker (2024), Van ili Özalp kırsalındaki geleneksel tandır evlerinin ısıtma ekonomisi açısından sağladığı avantajları incelemiştir. Bu çalışmalar, geleneksel kırsal yapıların mekânsal ve iklimsel özelliklerinin yanı sıra enerji kullanımı ve termal konfor açısından da araştırıldığını göstermektedir.

Sürdürülebilirlik de kırsal konutlara yönelik araştırmaların önemli bir boyutunu oluşturmaktadır. İner (2013), Edirne kırsalındaki konut kullanıcılarıyla gerçekleştirdiği yüz yüze anketler aracılığıyla kırsal konutların sürdürülebilirliğinin sağlanmasında dikkate alınması gereken kriterleri belirlemeye yönelik bir yöntem geliştirmiştir. Durak (2021) ise mevcut geleneksel kırsal konutların ekolojik açıdan değerlendirilmesine yönelik bir model önerisine odaklanmıştır. Bu çalışmalar, kırsal konutların sürdürülebilirliğinin yalnızca fiziksel yapı özellikleri üzerinden değil, kullanıcı ve ekolojik değerlendirme boyutlarıyla da ele alındığını ortaya koymaktadır.

Mevcut yapıların enerji performansının iyileştirilmesi de literatürde öne çıkan bir diğer araştırma eksenidir. Kasul (2020), Aydın ili Gümüşköy bölgesinde devlet tarafından yaptırılmış tuğla malzemeli yığma kargir konut örneğini ele alarak, mevcut yapıların enerji etkinliğinin artırılmasına yönelik iyileştirme çalışmalarını incelemiştir. Akın Güler (2016), Eskişehir örneğinde yerel mimarlık ve kırsal konut dokusunu iklimle dengeli tasarım açısından değerlendirirken; Oruç (2015), Diyarbakır ili kırsalındaki mimari çeşitliliği iklimsel konfor ve enerji etkinliği açısından incelemiştir. Bu çalışmalar, kırsal konutların iklimsel koşullara uyum ve enerji performansı açısından değerlendirilmesine yönelik farklı yaklaşımların bulunduğunu göstermektedir.

Kırsal konut araştırmalarında kullanıcı ve yerleşim boyutlarının da dikkate alındığı görülmektedir. İnanç (2024), Erzincan kırsalında devlet tarafından yapılan yeni yerleşim alanları ve konutları karşılaştırarak konut kullanıcılarının yeni yerleşim alanları ve konutlarına ilişkin memnuniyetlerini araştırmış ve kırsal alanlarda yeni yapılacak yerleşim ve konutlara yönelik değerlendirme kriterleri sunmayı amaçlamıştır. Bunun yanı sıra, Özer Karadağ (2025) kırsal karakter taşıyan mevcut yapılarda enerji verimliliğini artıracak sistemlerin seçiminde teknik verilerin yanı sıra kullanıcı öncelikleri ve koruma hassasiyetlerini dikkate alan bütünleşik bir karar destek modeli geliştirmiştir. Böylece literatürde enerji performansının yanı sıra kullanıcı gereksinimleri, koruma yaklaşımı ve enerji sistemi seçiminin de araştırma konusu haline geldiği görülmektedir.

Literatürdeki bu çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, Türkiye'de kırsal konutlara yönelik lisansüstü araştırmaların iklimle uyumlu tasarım, termal ve iklimsel konfor, enerji performansı, enerji etkinliği, sürdürülebilirlik, ekolojik değerlendirme, kullanıcı memnuniyeti ve enerji sistemi seçimi gibi farklı eksenlerde geliştiği görülmektedir. Bununla birlikte, Türkiye'de kırsal konutlara yönelik lisansüstü araştırmaların farklı konu ve yaklaşımlar üzerinden gelişmesine karşın, bu çalışmaların bir bütün olarak hangi konu başlıklarında yoğunlaştığı, hangi coğrafi alanlarda ve yapı türlerinde gerçekleştirildiği, hangi araştırma desen ve yöntemlerinin kullanıldığı ve hangi yazılım ve analiz araçlarından yararlanıldığına ilişkin genel eğilimlerin ortaya konulmamış olması, mevcut araştırma birikiminin sistematik olarak değerlendirilmesini

gerekli kılmaktadır. Ayrıca, farklı iklim bölgelerini birlikte ele alan ve iklim duyarlı tasarım kararları ile enerji performansını ilişkilendiren çalışmaların mevcut lisansüstü araştırma birikimi içerisindeki yerinin belirlenmesi, alandaki araştırma eğilimlerinin ve mevcut boşlukların ortaya konulması açısından önem taşımaktadır. Bu çerçevede, mevcut lisansüstü araştırma birikiminin sistematik olarak incelenmesi, Türkiye'de kırsal konutların iklim, enerji ve tasarım ilişkisi bağlamında nasıl ele alındığının bütüncül biçimde ortaya konulmasına olanak sağlamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de kırsal konutların iklim, enerji ve tasarım ilişkisi bağlamında ele alındığı lisansüstü araştırmaların mevcut durumunu ortaya koymak ve araştırma eğilimlerini değerlendirmektir. Bu kapsamda, Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Ulusal Tez Merkezi'nde 2000–2025 yılları arasında yayımlanan ve konu alanı mimarlık olarak sınırlandırılan lisansüstü tezler sistematik bir inceleme kapsamında değerlendirilmiştir. Kırsal konut ve kırsal mimari ile iklim, enerji, enerji etkinliği, sürdürülebilirlik ve tasarım ilişkisini ele alan çalışmalar farklı anahtar kelime grupları üzerinden taranmış ve tekrarlanan kayıtların tekilleştirilmesi sonucunda 21 tez araştırma kapsamına alınmıştır. Tezler; tez dili, yayın yılı, tez türü, üniversite, araştırma konusu, çalışma alanı, incelenen yapı türü ve örneklem, araştırma deseni ve yöntemi ile kullanılan yazılım ve analiz araçları açısından incelenmiştir. Böylece Türkiye'de kırsal konutların iklim duyarlı ve enerji etkin tasarımına yönelik lisansüstü araştırmaların genel eğilimleri, yoğunlaşma alanları ve mevcut araştırma boşlukları ortaya konulmuştur.

YÖNTEM

Bu araştırmada, Türkiye'de kırsal konutların iklim duyarlı ve enerji etkin tasarımına yönelik lisansüstü araştırmaların mevcut durumunu ve araştırma eğilimlerini ortaya koymak amacıyla sistematik doküman incelemesi yaklaşımı benimsenmiştir. Araştırmanın veri kaynağını Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Ulusal Tez Merkezi'nde erişime sunulan lisansüstü tezler oluşturmaktadır. Araştırma kapsamında elde edilen tezler, içerik ve betimsel analiz yöntemleriyle incelenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Araştırma sürecinin metedolojik akış şeması

Araştırmanın kapsamını, 2000–2025 yılları arasında yayımlanan ve konu alanı mimarlık olarak tanımlanan lisansüstü tezler oluşturmaktadır. İnceleme, kırsal konutların iklim, enerji, sürdürülebilirlik ve tasarım ilişkisi bağlamında ele alındığı çalışmalara odaklanmıştır. Bu kapsamda kırsal konut ile enerji etkinliği, enerji verimliliği, iklimle uyumlu tasarım, sürdürülebilirlik ve nSEB gibi kavramlar arasındaki ilişkiyi ele alan tezler değerlendirilmiştir. Çalışmada tezlerin belirlenmesinde araştırmanın temel konularını farklı biçimlerde kapsayacak şekilde üç arama grubu oluşturulmuştur. Birinci arama grubunda "kırsal konut", "enerji etkin tasarım" ve "nSEB"; ikinci arama grubunda "kırsal mimari", "enerji verimliliği" ve "iklimle uyumlu tasarım"; üçüncü arama grubunda ise "kırsal konut", "enerji" ve "iklim" anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Gerçekleştirilen taramalar sonucunda birinci, ikinci ve üçüncü arama gruplarında sırasıyla 98, 580 ve 11.556 kayıt elde edilmiştir. Bu kayıtların sırasıyla 78, 215 ve 96'sı mimarlık alanında yer almakta olup, konu ile doğrudan ilişkili tez sayıları sırasıyla 9, 12 ve 9 olarak belirlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Tezlerin belirlenmesine yönelik arama grupları ve tarama sonuçları

Arama Grubu	Anahtar Kelimeler	Toplam Kayıt	Mimarlık Alanındaki Kayıt	Doğrudan İlişkili Tez
1	"kırsal konut" + "enerji etkin tasarım" + "nSEB"	98	78	9
2	"kırsal mimari" + "enerji verimliliği" + "iklimle uyumlu tasarım"	580	215	12
3	"kırsal konut" + "enerji" + "iklim"	11.556	96	9

Arama sonuçlarının değerlendirilmesinde, çalışmaların araştırma konusu ile doğrudan ilişkili olması temel seçim ölçütü olarak alınmıştır. Bu doğrultuda, mimarlık alanında yer alan kayıtlar arasından kırsal konut veya kırsal mimariyi; iklim, enerji etkinliği, enerji performansı, sürdürülebilirlik veya bunlarla ilişkili tasarım yaklaşımları bağlamında ele alan tezler araştırma kapsamına dâhil edilmiştir. Araştırma konusu ile doğrudan ilişkili olmayan çalışmalar kapsam dışında bırakılmıştır.

Son olarak, arama gruplarında birden fazla kez karşılaşılan tezler, aynı çalışmanın veri setinde tekrar edilmesini önlemek amacıyla tekilleştirilmiştir. Üç arama grubundan elde edilen sonuçların birleştirilmesi ve tekrarlanan kayıtların çıkarılması sonucunda 21 tez nihai çalışma grubunu oluşturmuştur.

Nihai çalışma grubunu oluşturan 21 tez, ortak bir değerlendirme çerçevesi oluşturmak amacıyla belirlenen değişkenler doğrultusunda incelenmiştir. Bu kapsamda tezler iki başlık altında değerlendirilmiştir. Birinci grup, tezlerin genel özelliklerine ilişkin tez dili, yayın yılı, tez türü ve üniversite değişkenlerinden oluşmaktadır. İkinci grup ise araştırma özelliklerine ilişkin araştırma konusu, çalışma alanı, incelenen yapı türü veya örneklem, araştırma deseni ve yöntemi ile kullanılan yazılım ve analiz araçlarından oluşmaktadır. Analiz sürecinde araştırmaya dâhil edilen 21 tez, tablolar ve bulgular içerisinde birbirinden ayrıştırılabilmesi amacıyla T1–T21 arasında kodlanmıştır. Bu kodlar, yalnızca araştırma kapsamında kullanılan tez kimliklerini ifade etmektedir.

Belirlenen değişkenler doğrultusunda elde edilen veriler, ilgili kategoriler altında sınıflandırılmış ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda, tezlerin genel özellikleri ile araştırma konusu, çalışma alanı, yapı türü ve örneklem, araştırma deseni ve yöntemi ile kullanılan yazılım ve analiz araçlarına ilişkin dağılımlar ortaya konulmuştur. Elde edilen bulgular doğrultusunda, Türkiye'de kırsal konutların iklim duyarlı ve enerji etkin tasarımına yönelik lisansüstü araştırmaların genel eğilimleri ve yoğunlaşma alanları belirlenmiştir.

BULGULAR

Araştırma kapsamında değerlendirilen 21 lisansüstü teze ilişkin bulgular, tezlerin genel özellikleri ve araştırma özellikleri olmak üzere iki başlık altında incelenmiştir. Bu kapsamda öncelikle tezlerin yayın yılı, tez türü, dili ve üniversitelere göre dağılımları değerlendirilmiş; ardından araştırmaların konusu, çalışma alanı, incelenen yapı türü ve örneklem, araştırma deseni ve yöntemi ile kullanılan yazılım ve analiz araçları ele alınmıştır. Elde edilen bulgular, kırsal konutlara yönelik lisansüstü araştırmaların konu, çalışma alanı, yöntem ve kullanılan analiz araçları bakımından çeşitlilik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Tezlerin Genel Özellikleri

İncelenen 21 tezin yayın yılları 2010–2025 arasında değişmektedir. Tezlerin yıllara göre dağılımı incelendiğinde, çalışmaların özellikle son yıllarda yoğunlaştığı görülmektedir. En fazla tez 2024 yılında yayımlanmış olup, bu yıl da 5 tez bulunmaktadır. Bunu 2025 yılında yayımlanan 4 tez ve 2019 yılında yayımlanan 3 tez izlemektedir. 2010, 2011, 2013, 2015, 2016, 2020, 2021, 2022 ve 2023 yıllarında ise birer tez bulunmaktadır (Tablo 2).

Tablo 2. İncelenen tezlerin yayın yıllarına göre dağılımı

Yayın Yılı	2010	2011	2013	2015	2016	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Toplam
Tez Sayısı	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	5	4	21

Tez türlerine göre dağılım incelendiğinde, çalışmaların 12'sinin yüksek lisans, 9'unun doktora tezi olduğu görülmektedir. Buna göre, araştırma grubunda yüksek lisans tezleri doktora tezlerinden daha fazla sayıda yer almaktadır.

Tezler yazım dili açısından incelendiğinde, 18 tezin Türkçe, 3 tezin ise İngilizce olarak hazırlandığı görülmektedir. İngilizce hazırlanan tezlerin çalışma alanları arasında Türkiye dışındaki örneklerin yanı sıra Ankara/Güdül örneği de bulunmaktadır.

Tezlerin üniversitelere göre dağılımı incelendiğinde, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi 4 tez ile en fazla çalışmanın bulunduğu üniversitedir. Dicle Üniversitesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi ve Trakya Üniversitesi'nin her biri 2 tez ile araştırma grubunda yer almaktadır. Diğer üniversitelerin her biri ise 1 tez ile temsil edilmektedir.

Tezlerin Araştırma Özellikleri

İncelenen tezler; araştırma konusu, çalışma alanı, incelenen yapı türü veya örneklem, araştırma deseni ve yöntemi ile kullanılan yazılım ve analiz araçları açısından değerlendirilmiştir. Bu kapsamda elde edilen veriler Tablo 3'te sunulmuş; tabloda yer alan bulgular doğrultusunda araştırmaların konusu, çalışma alanı, incelenen yapı türü veya örneklem, araştırma deseni ve yöntemi ile kullanılan yazılım ve analiz araçlarına ilişkin öne çıkan özellikler aşağıda açıklanmıştır.

Tablo 3. İncelenen tezlerin araştırma özellikleri

Tez No.	**Araştırma Konusu**	**Çalışma Alanı**	**İncelenen Yapı Türü / Örneklem**	**Araştırma Deseni ve Yöntemi**	**Kullanılan Yazılım ve Analiz Araçları**
T 1 [1]	Kırsal konut; enerji verimliliğini artıracak sistemlerin seçimi	Tekirdağ–Muratlı, Yeşilsırt Mahallesi	Mevcut tek katlı müstakil kırsal konut; 110 m²; aynı yapı için 2 farklı kullanıcı	Karma; literatür taraması; enerji simülasyonu; kullanıcı/uzman görüşü; Delphi; ÇKKV; senaryo analizi	HOMER Pro; Delphi
T2 [2]	İklim; termal konfor; enerji etkin tasarım; geleneksel konut	Antalya, Diyarbakır, Erzurum	Geleneksel Türk evleri; 3 iklim bölgesinde toplam 8 vaka	Nicel; literatür taraması; karşılaştırmalı vaka analizi; dijital modelleme; enerji ve termal konfor simülasyonu; CFD	DesignBuilder
T 3 [3]	Tandır evi; ısıl performans; ısıtma enerjisi yükü	Van–Özalp	Geleneksel kırsal konutlar/kerpiç tandır evleri; 7 konut, 4'ü simüle edildi	Nicel; literatür taraması; alan çalışması; rölöve; tipolojik analiz; dijital modelleme; enerji/ısıl performans simülasyonu	DesignBuilder

Tez No.	Araştırma Konusu	Çalışma Alanı	İncelenen Yapı Türü / Örneklem	Araştırma Deseni ve Yöntemi	Kullanılan Yazılım ve Analiz Araçları
T 4 [4]	Kırsal konut; kullanıcı memnuniyeti; yerleşim tasarımı	Erzincan–Tercan, Kemah ve Uluköy	Devlet yapımı afet ve iskân konutları; 266 konut, 170 kullanıcı anketi	Nicel; literatür taraması; alan çalışması; anket; Likert ölçeği; istatistiksel analiz	G*Power; SPSS 26
T 5 [5]	Ekolojik yapılaşma kriterleri; geleneksel kırsal konut	Yalova–Gacık, Fıstıklı, Akköy	Geleneksel kırsal konutlar; 3 köyden 7 konut	Nitel; literatür taraması; değerlendirme sistemlerinin karşılaştırılması; alan çalışması; gözlem; rölöve; model geliştirme	—
T 6 [6]	Enerji etkin iyileştirme; fayda-maliyet analizi; kırsal konut	Aydın–Gümüşköy	Tuğla malzemeli yığma kırsal konut; 1 örnek konut	Nicel; literatür taraması; enerji hesaplaması; fayda-maliyet analizi; maliyet analizi; karşılaştırmalı analiz	İzoder TS 825
T 7 [7]	İklimle dengeli tasarım; yerel mimarlık; kırsal konut	Eskişehir–Odunpazarı	Kırsal/yerel konutlar; 6 köy, 18 konut	Nitel; literatür/doküman incelemesi; çoklu durum çalışması; saha gözlemi; görüşme; karşılaştırmalı analiz	—
T 8 [8]	İklimsel konfor; enerji etkinliği; kırsal mimari	Diyarbakır kırsal yerleşimleri	6 köyden 40 konut; analizlerde 14 kerpiç konut	Karma; literatür/doküman incelemesi; alan çalışması; ölçüm; rölöve; gözlem; kullanıcı görüşmeleri; tipolojik analiz; enerji ve iklimsel konfor analizi	Ecotect v5.20
T 9 [9]	Sürdürülebilirlik; kırsal konut; sürdürülebilir kırsal kalkınma	Edirne kırsalı	Kırsal konutlar ve kullanıcıları; 385 anket	Karma; literatür taraması; anket; yüz yüze görüşme; istatistiksel analiz; kriter değerlendirmesi; karar modeli geliştirme	Microsoft Excel
T 10 [10]	Pasif soğutma sistemleri; sıcak-kuru iklim; sürdürülebilir konut	Amman, Ürdün	Geleneksel konutlar; 4 konut	Nicel; literatür taraması; dinamik ısıl/enerji simülasyonu; karşılaştırmalı analiz; senaryo analizi	DesignBuilder
Tez No.	Araştırma Konusu	Çalışma Alanı	İncelenen Yapı Türü / Örneklem	Araştırma Deseni ve Yöntemi	Kullanılan Yazılım ve Analiz Araçları
T 11 [11]	Enerji verimliliği; geleneksel konut; higrotermal performans; iyileştirme	Güdül, Ankara	Kaynak tabloda OpenStudio; WUFI Plus olarak belirtilmiştir	Karma; literatür/arşiv taraması; saha araştırması; anket; çevresel izleme; termal görüntüleme; enerji ve higrotermal simülasyon; model kalibrasyonu; iyileştirme senaryosu analizi	OpenStudio; WUFI Plus
T 12 [12]	İklim değişikliği; kırsal mimari miras; malzeme bozulması	Niğde–Ovacık, Yeşilova, Uluağaç	Geleneksel kırsal konutlar/taş yığma yapılar; 15 konut	Karma; literatür taraması; alan çalışması; gözlem; rölöve; örnekleme; tahribatsız test; laboratuvar deneyi; betimsel ve içerik analizi	Schmidt çekici; yüzey nem ölçüm cihazı; ışık mikroskobu; laboratuvar deneyleri
T 13 [13]	Enerji verimliliği; geleneksel ve çağdaş konut; termal konfor	Musul, Irak	Geleneksel konutlar	Nicel; literatür taraması; karşılaştırmalı vaka analizi; bina modellemesi; enerji performansı simülasyonu; senaryo analizi	Autodesk Revit; Green Building Studio
T 14 [14]	Pasif soğutma; sıcak-kuru iklim; vernaküler mimari	Kairouan, Tunus	133 m² tek katlı temsilî Tunus konutu	Karma; literatür taraması; karşılaştırmalı analiz; pasif tasarım stratejisi analizi; enerji performansı simülasyonu; senaryo analizi	DesignBuilder
T 15 [15]	Enerji verimliliği; geleneksel taş yapı; HBIM	Gaziantep	Geleneksel taş konut; Emine Göğüş Mutfak Müzesi	Karma; literatür taraması; yapı ve malzeme analizi; HBIM modelleme; enerji modellemesi; enerji performansı simülasyonu; karşılaştırmalı analiz	Autodesk Revit; Insight

Tablo 3. İncelenen tezlerin araştırma özellikleri (devamı)

T 16 [16]	Güneş enerjisi; sürdürülebilirlik; kırsal mimari; fotovoltaik sistemler	Türkiye kırsal alanları	Kırsal mimari/kırsal yaşam alanları; güneş enerjili sistemler ve PV teknolojileri	Nicel; literatür taraması; uzman anketi; ÇKKV; AHP; duyarlılık analizi	Microsoft Excel
T 17 [17]	İklimsel tasarım; enerji etkinliği; kırsal konut; tandır evi	Van–Başkale kırsal yerleşimleri	4 köy ve 1 mezradan 31 tandır evine sahip konut	Nitel; literatür taraması; alan araştırması; rölöve; gözlem; nitel değerlendirme; karşılaştırmalı analiz	—
T 18 [18]	Ekolojik tasarım; sürdürülebilirlik; geleneksel kırsal mimari	Artvin–Ardanuç	Geleneksel kırsal konutlar; 10 köyden 16 ev	Nitel; literatür taraması; alan araştırması; gözlem; kullanıcı görüşmeleri; fotoğrafik belgeleme; rölöve; ekolojik kriter analizi	—
T 19 [19]	Çevresel sürdürülebilirlik; koruma; geleneksel kırsal mimari	Bursa–İznik, Ömerli Köyü	Geleneksel kırsal konutlar ve yerleşim dokusu; 282 yapı, 174 konut	Nitel; literatür taraması; alan araştırması; alan/doku analizi; belgeleme; mimari analiz; karşılaştırmalı değerlendirme	—
Tez No.	Araştırma Konusu	Çalışma Alanı	İncelenen Yapı Türü / Örneklem	Araştırma Deseni ve Yöntemi	Kullanılan Yazılım ve Analiz Araçları
T 20 [20]	Enerji verimliliği; ısıl performans; geleneksel konut	Edirne kent merkezi	Geleneksel Edirne sivil mimari yapıları; 3 yapı	Karma; literatür taraması; alan araştırması; yerinde inceleme; belgeleme; dijital modelleme; ısıl/enerji performansı simülasyonu; karşılaştırmalı analiz	Ecotect Analysis 2011
T 21 [21]	Ekoloji; sürdürülebilirlik; enerji performansı; geleneksel kırsal mimari	Rize–Fındıklı, Çağlayan Köyü	Geleneksel kırsal konut; 3 geleneksel ev; 1 evde bilgisayar analizi	Karma; literatür taraması; alan araştırması; rölöve; fotoğrafik belgeleme; ekolojik/sürdürülebilirlik kriterleri değerlendirmesi; fiziksel çevre ve enerji performansı analizi	Ecotect Analysis

Tablo 3'te yer alan veriler incelendiğinde, tezlerde ele alınan araştırma konularının kırsal konut, enerji verimliliği, enerji performansı, enerji etkin tasarım, iklimsel tasarım ve termal konfor gibi farklı eksenlerde çeşitlendiği görülmektedir. Bunun yanı sıra geleneksel kırsal mimari, ekolojik tasarım, sürdürülebilirlik, kullanıcı memnuniyeti, sürdürülebilir kırsal kalkınma, güneş enerjisi, pasif soğutma ve yapı malzemelerinin performansı gibi konuların da araştırma kapsamında ele alındığı belirlenmiştir. Bu dağılım, kırsal konutlara yönelik lisansüstü araştırmaların yalnızca enerji performansı ile sınırlı kalmadığını; iklim, sürdürülebilirlik, geleneksel yapı özellikleri ve kullanıcı boyutlarını da kapsadığını göstermektedir.

Çalışma alanları bakımından tezlerin Türkiye'nin farklı coğrafi bölgelerine yayıldığı görülmektedir. Tekirdağ, Antalya, Van, Erzincan, Yalova, Aydın, Eskişehir, Diyarbakır, Edirne, Ankara, Niğde, Gaziantep, Artvin, Bursa ve Rize illeri farklı tezlerde çalışma alanı olarak ele alınmıştır. Bunun yanında Amman/Ürdün, Musul/Irak ve Kairouan/Tunus gibi Türkiye dışındaki örnekler de araştırma grubunda yer almaktadır. Çalışma alanlarının bu çeşitliliğine karşın, tezlerin belirli yerleşim ve yöreler üzerinden farklı ölçeklerde örnekler sunduğu görülmektedir.

İncelenen yapı türü ve örneklem bakımından tezler arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Bazı araştırmalarda tek bir örnek konut üzerinden enerji ve ısıl performans değerlendirmesi yapılırken, bazı çalışmalarda çok sayıda konut, yapı veya kullanıcı araştırma kapsamına alınmıştır. Örneğin bir çalışmada 266 konut ve 170 kullanıcı, başka bir çalışmada ise 385 kullanıcı anketi değerlendirilmiştir. Bunun yanında Diyarbakır kırsalında 40 konut, Eskişehir

kırsalında 18 konut ve Artvin-Ardanuç'ta 16 ev incelenmiştir. Bazı çalışmalarda ise daha geniş yapı grupları üzerinden değerlendirme yapılmış; Bursa-İznik Ömerli Köyü'nde 282 yapı ve 174 konut gibi daha geniş bir yapı örneklemi ele alınmıştır. Bu durum, tezlerin örneklem ölçeği bakımından tekil yapı incelemelerinden geniş konut, kullanıcı ve yerleşim örneklerine kadar çeşitlendiğini göstermektedir. Tezlerde ele alınan yapı türleri ve örneklem büyüklüklerine ilişkin örnekler Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. İncelenen tezlerdeki yapı türü ve örneklem büyüklüklerinin dağılımı

Tez	Çalışma Alanı	İncelenen Yapı / Örneklem	Örneklem Büyüklüğü
T4	Erzincan – Tercan Kalecik Köyü, Kemah Boğaziçi Köyü ve Merkez İlçe Uluköy	Devlet yapımı afet ve iskân konutları	266 konut, 170 kullanıcı
T6	Aydın – Gümüşköy	Tuğla malzemeli yığma kırsal konut	1 örnek konut
T7	Eskişehir – Odunpazarı	Kırsal/yerel konutlar	6 köy, 18 konut
T8	Diyarbakır kırsal yerleşimleri	Kırsal konutlar	6 köy, 40 konut
T18	Artvin – Ardanuç kırsal yerleşimleri	Geleneksel kırsal konutlar	10 köy, 16 ev
T19	Bursa – İznik Ömerli Köyü	Kırsal mimari yapı grubu	282 yapı, 174 konut

Araştırma deseni ve yöntemleri açısından incelendiğinde, nitel, nicel ve karma araştırma yaklaşımlarının kullanıldığı belirlenmiştir. Nitel araştırmalarda alan araştırması, gözlem, görüşme, rölöve ve fotoğrafik belgeleme gibi yöntemler öne çıkarken; nicel araştırmalarda enerji hesaplamaları, enerji ve termal konfor simülasyonları, anketler ve istatistiksel analizlerden yararlanılmıştır. Karma araştırma desenine sahip tezlerde ise alan araştırması, anket, görüşme, ölçüm, simülasyon ve farklı analiz tekniklerinin birlikte kullanıldığı görülmektedir. Bunun yanında karşılaştırmalı vaka analizi, senaryo analizi, fayda-maliyet analizi, ÇKKV, AHP, Delphi, duyarlılık analizi, model kalibrasyonu ve HBIM modelleme gibi farklı yöntem ve tekniklerin de kullanıldığı belirlenmiştir. Tezlerde kullanılan araştırma desenleri ile bu desenler kapsamında başvurulan yöntem ve tekniklere ilişkin dağılım Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. Tezlerde Araştırma Deseni, Tez Sayısı ve Kullanılan Yöntem/Teknikler

Araştırma deseni	Tez sayısı	İlgili tezler	Öne çıkan yöntem ve teknikler
Nitel	**5**	T5, T7, T17, T18, T19	Literatür/doküman incelemesi, alan çalışması, gözlem, görüşme, rölöve, fotoğrafik belgeleme, karşılaştırmalı analiz, tipolojik analiz
Nicel	**7**	T2, T3, T4, T6, T10, T13, T16	Enerji hesaplamaları, enerji ve ısıl performans simülasyonları, termal konfor analizleri, anket, istatistiksel analiz, karşılaştırmalı analiz, senaryo analizi
Karma	**9**	T1, T8, T9, T11, T12, T14, T15, T20, T21	Alan çalışması, anket, görüşme, ölçüm, enerji simülasyonu, karşılaştırmalı analiz, senaryo analizi, fayda-maliyet analizi, ÇKKV, AHP, Delphi, duyarlılık analizi, model kalibrasyonu, HBIM modelleme

Kullanılan yazılım ve analiz araçları bakımından tezler incelendiğinde, özellikle enerji ve ısıl performans değerlendirmelerinde simülasyon yazılımlarından yararlanıldığı görülmektedir. DesignBuilder birden fazla tezde kullanılırken, Ecotect de farklı çalışmalarda enerji ve çevresel performans analizleri kapsamında kullanılmıştır. Bunun yanı sıra HOMER Pro, İZODER TS 825 Hesap Programı, OpenStudio, WUFI Plus, Autodesk Revit, Green Building Studio, Insight, G*Power, SPSS ve Microsoft Excel gibi farklı yazılım ve analiz araçlarından yararlanılmıştır. Bazı tezlerde ise herhangi bir yazılım veya bilgisayar destekli analiz aracı kullanılmadan alan araştırması, gözlem, rölöve, belgeleme ve nitel değerlendirme gibi yöntemlerle araştırma yürütülmüştür. Tezlerde kullanılan yazılım ve analiz araçları ile bu araçların kullanım amaçlarına ilişkin dağılım Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6. Tezlerde Kullanılan Yazılım ve Analiz Araçları

Yazılım / analiz aracı	Kullanım sayısı	İlgili tezler	Kullanım amacı / analiz türü
DesignBuilder	4	T2, T3, T10 ve T14	Enerji, ısıl performans ve termal konfor simülasyonları
Ecotect / Ecotect Analysis	3	T8, T20, T21	Enerji, çevresel ve ısıl performans analizleri
Microsoft Excel	2	T9, T16	İstatistiksel analiz, kriter değerlendirmesi ve karar modeli / ÇKKV-AHP analizleri
Autodesk Revit	2	T13, T15	Bina modelleme ve HBIM modelleme
HOMER Pro	1	T1	Enerji sistemlerinin değerlendirilmesi ve senaryo analizi
Delphi	1	T1	Uzman görüşü ve değerlendirme
G*Power	1	T4	İstatistiksel analiz / örneklem ve analiz desteği
SPSS 26	1	T4	Anket ve istatistiksel analiz
İZODER TS 825 Hesap Programı	1	T6	Isı yalıtımı ve enerji hesaplamaları
OpenStudio	1	T11	Enerji simülasyonu
WUFI Plus	1	T11	Higrotermal performans simülasyonu
Schmidt çekici, yüzey nem ölçüm cihazı, ışık mikroskobu ve laboratuvar deneyleri	1	T12	Malzeme ve yapı performansının değerlendirilmesi
Green Building Studio	1	T13	Bina enerji performansı analizi
Insight	1	T15	Enerji performansı analizi
Yazılım / bilgisayar destekli analiz aracı kullanılmamış	5	T5, T7, T17, T18, T19	Alan araştırması, gözlem, rölöve, görüşme, belgeleme ve nitel değerlendirme

TARTIŞMA

Bu çalışmada, Türkiye'de kırsal konutların iklim, enerji ve tasarım ilişkisi bağlamında ele alındığı lisansüstü araştırmaların mevcut durumu ve araştırma eğilimleri, YÖK Ulusal Tez Merkezi'nde 2000–2025 yılları arasında yayımlanan ve konu alanı mimarlık olarak sınırlandırılan tezler üzerinden incelenmiştir. Farklı anahtar kelime gruplarıyla gerçekleştirilen taramalar sonucunda, tekrarlanan kayıtların tekilleştirilmesiyle 21 tez araştırma kapsamına alınmıştır. Tezler; genel özellikleri, araştırma konusu, çalışma alanı, incelenen yapı türü ve örneklem, araştırma deseni ve yöntemi ile kullanılan yazılım ve analiz araçları açısından değerlendirilmiştir.

İncelenen tezlerin yayın yılları 2010–2025 arasında değişmekte ve çalışmaların özellikle 2019 sonrası dönemde yoğunlaştığı görülmektedir. 2024 yılında beş, 2025 yılında ise dört tezin bulunması, incelenen konuya yönelik lisansüstü araştırmaların özellikle son yıllarda arttığını

göstermektedir. Araştırma grubunda 12 yüksek lisans ve 9 doktora tezi bulunması, konunun hem yüksek lisans hem de doktora düzeyinde ele alındığını ortaya koymaktadır. Tezlerin 18'inin Türkçe, 3'ünün İngilizce olması ise araştırmaların büyük ölçüde Türkçe yürütüldüğünü göstermektedir. Üniversite dağılımında ise belirli üniversitelerde birden fazla çalışma bulunurken, diğer üniversitelerin çoğunun tek tezle temsil edildiği görülmektedir.

Araştırma konuları değerlendirildiğinde, tezlerin enerji verimliliği, enerji performansı, enerji etkin tasarım, iklimsel tasarım ve termal konfor başlıklarında yoğunlaştığı; bununla birlikte geleneksel kırsal mimari, sürdürülebilirlik, ekolojik tasarım, kullanıcı memnuniyeti, güneş enerjisi ve pasif soğutma gibi farklı konuların da ele alındığı belirlenmiştir. Bu çeşitlilik, kırsal konut araştırmalarının yalnızca enerji tüketiminin azaltılması çerçevesinde değil, iklimsel koşullar, geleneksel yapı özellikleri, sürdürülebilirlik ve kullanıcı gereksinimleri gibi farklı boyutlarla birlikte ele alındığını göstermektedir.

Çalışma alanları bakımından tezlerin Türkiye'nin farklı bölgelerine yayıldığı, ancak çalışmaların belirli il ve yerleşimlerde yoğunlaştığı görülmektedir. Bunun yanında Amman, Musul ve Kairouan gibi Türkiye dışındaki örneklerin de araştırma grubunda yer alması, kırsal konut ve iklim ilişkisine farklı coğrafi bağlamlardan yaklaşıldığını göstermektedir. Bununla birlikte, mevcut tezlerin Türkiye'nin farklı iklim bölgelerini sistematik biçimde birlikte ele alan bir dağılım ortaya koymadığı görülmektedir.

İncelenen yapı türü ve örneklem açısından da belirgin bir çeşitlilik bulunmaktadır. Tek bir örnek konut üzerinden gerçekleştirilen enerji ve ısıl performans analizlerinin yanında, çok sayıda konut ve kullanıcının değerlendirildiği çalışmalar da bulunmaktadır. Örneğin 266 konut ve 170 kullanıcı, başka bir çalışmada ise 385 kullanıcı değerlendirilmiştir. Diyarbakır, Eskişehir, Artvin ve Bursa örneklerinde farklı büyüklüklerde yapı gruplarının incelenmesi, araştırmaların örneklem ölçeğinin tekil yapıdan yerleşim ölçeğine kadar değişebildiğini göstermektedir. Ancak örneklem büyüklüğü ve çalışma ölçeğindeki bu farklılık, tezler arasında doğrudan karşılaştırma yapılmasını da sınırlamaktadır.

Araştırma desenleri açısından nitel, nicel ve karma yaklaşımların birlikte kullanıldığı görülmektedir. Nitel araştırmalarda alan araştırması, gözlem, görüşme, rölöve ve belgeleme; nicel araştırmalarda enerji hesaplamaları, simülasyonlar, anketler ve istatistiksel analizler; karma araştırmalarda ise bu yöntemlerin birlikte kullanılması öne çıkmaktadır. Ayrıca karşılaştırmalı vaka analizi, senaryo analizi, fayda-maliyet analizi, ÇKKV, AHP, Delphi, duyarlılık analizi ve HBIM modelleme gibi farklı yöntemlerden de yararlanılmıştır. Bu çeşitlilik, kırsal konutların değerlendirilmesinde tek bir araştırma yaklaşımının baskın olmadığını, araştırma sorusuna bağlı olarak farklı yöntemlerin kullanıldığını göstermektedir.

Yazılım ve analiz araçları açısından özellikle enerji ve ısıl performans çalışmalarında simülasyon yazılımlarının kullanıldığı belirlenmiştir. DesignBuilder ve Ecotect birden fazla çalışmada kullanılırken; OpenStudio, WUFI Plus, Autodesk Revit, Green Building Studio, Insight ve İZODER TS 825 Hesap Programı gibi araçlardan da yararlanılmıştır. Buna karşılık bazı araştırmalar herhangi bir yazılım kullanmadan alan araştırması, gözlem, rölöve, belgeleme ve nitel değerlendirme yöntemleriyle yürütülmüştür. Bu durum, kırsal konut araştırmalarında hem bilgisayar destekli performans değerlendirmelerinin hem de yerinde incelemeye dayalı yöntemlerin kullanıldığını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, elde edilen bulguların genel değerlendirmesi Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 7. Genel değerlendirme

Değerlendirme Boyutu	Genel Bulgular
Araştırma eğilimi	Lisansüstü araştırmalar özellikle 2019 sonrası dönemde yoğunlaşmış; 2024 yılında 5, 2025 yılında 4 tez belirlenmiştir.
Araştırma konusu	Enerji verimliliği, enerji performansı, enerji etkin tasarım, iklimsel tasarım ve termal konfor öne çıkmaktadır. Bunun yanında geleneksel kırsal mimari, sürdürülebilirlik, ekolojik tasarım, kullanıcı memnuniyeti, güneş enerjisi ve pasif soğutma konuları da ele alınmıştır.
Coğrafi dağılım	Araştırmalar Türkiye'nin farklı bölgelerine yayılmakla birlikte belirli il ve yerleşimlerde yoğunlaşmaktadır. Amman, Musul ve Kairouan gibi Türkiye dışındaki örnekler de bulunmaktadır.
İklim bölgeleri	Türkiye'nin farklı iklim bölgelerini sistematik biçimde birlikte ele alan çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir.
Yapı türü ve örneklem	Tekil konutlardan çok sayıda konut, kullanıcı ve yerleşim ölçeğine kadar farklı örneklem büyüklükleri kullanılmıştır.
Araştırma deseni	Nitel, nicel ve karma araştırma yaklaşımlarının tamamına rastlanmıştır. Karma araştırma desenlerinde farklı veri toplama ve analiz yöntemleri birlikte kullanılmıştır.
Yöntem ve teknikler	Alan araştırması, gözlem, görüşme, rölöve, anket, enerji hesaplamaları, simülasyon, karşılaştırmalı vaka analizi, senaryo analizi, fayda-maliyet analizi, ÇKKV, AHP, Delphi, duyarlılık analizi ve HBIM modelleme gibi çeşitli yöntemlerden yararlanılmıştır.
Yazılım ve analiz araçları	DesignBuilder ve Ecotect birden fazla tezde kullanılmış; bunun yanında OpenStudio, WUFI Plus, Autodesk Revit, Green Building Studio, Insight, İZODER TS 825 Hesap Programı, SPSS ve Microsoft Excel gibi araçlardan yararlanılmıştır.
Belirlenen araştırma boşluğu	Farklı iklim bölgelerini birlikte değerlendiren ve iklim duyarlı tasarım kararlarını enerji performansı ile bütünleştiren çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir.

Bulguların bütüncül değerlendirilmesi, Türkiye'de kırsal konutlara yönelik lisansüstü araştırmaların konu, çalışma alanı, örneklem ve yöntem bakımından çeşitlilik gösterdiğini; ancak bu araştırmaların büyük ölçüde belirli yapı türleri ve coğrafi alanlar üzerinden geliştiğini göstermektedir. Özellikle farklı iklim bölgelerini birlikte değerlendiren ve iklim duyarlı tasarım kararlarını enerji performansı ile bütünleştiren çalışmaların araştırma grubu içerisindeki yerinin sınırlı olması, mevcut literatürde dikkat çeken bir boşluk olarak ortaya çıkmaktadır. Bu bulgu, çalışmanın giriş bölümünde ortaya konulan araştırma gereksinimiyle de örtüşmektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada, Türkiye'de kırsal konutların iklim, enerji ve tasarım ilişkisi bağlamında ele alındığı lisansüstü araştırmalar incelenmiş ve alandaki mevcut araştırma eğilimleri ile araştırma boşlukları ortaya konulmuştur. YÖK Ulusal Tez Merkezi'nde 2000–2025 yılları arasında yayımlanan ve konu alanı mimarlık olarak sınırlandırılan tezlerin farklı anahtar kelime grupları üzerinden taranması sonucunda, tekrarlanan kayıtların tekilleştirilmesiyle 21 tez araştırma kapsamına alınmıştır.

İncelenen tezlerin konu, çalışma alanı, yapı türü ve örneklem, araştırma deseni ve yöntem ile kullanılan yazılım ve analiz araçları bakımından çeşitlilik gösterdiği belirlenmiştir. Araştırmaların enerji verimliliği, enerji performansı, enerji etkin tasarım, iklimsel tasarım ve termal konfor başlıklarında yoğunlaştığı; bunun yanında geleneksel kırsal mimari, sürdürülebilirlik, ekolojik tasarım, kullanıcı memnuniyeti, güneş enerjisi ve pasif soğutma gibi farklı konuların da ele alındığı görülmüştür. Nitel, nicel ve karma araştırma yaklaşımlarının yanı sıra enerji ve ısıl performans simülasyonları, karşılaştırmalı analiz, senaryo analizi ve farklı karar destek yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Bununla birlikte, mevcut araştırma birikiminin iklim bölgeleri, tasarım kararları ve enerji performansı arasındaki ilişkileri birlikte ele alan daha bütünleşik çalışmalara ihtiyaç duyduğu görülmektedir. Bu kapsamda gelecekte yapılacak araştırmalarda farklı iklim bölgelerinin karşılaştırmalı olarak ele alınması, kırsal konutların fiziksel özellikleri ile enerji performansının birlikte değerlendirilmesi ve iklim duyarlı tasarım kararlarının performans analizleriyle ilişkilendirilmesi, mevcut araştırma birikiminin geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

KAYNAKÇA

[1] Gül, N. (2025). *Kırsaldaki mevcut yapılara uygun kullanıcı öncelikli enerji sistemi seçim modeli* [Doktora tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği ve Malzemesi Programı].

[2] Kılıç, S. (2024). *Geleneksel Türk evi tipolojileri ile iklim ilişkisinin kullanıcı termal konforuna etkisi ve enerji etkin tasarım kriterleri açısından incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı]. Yazar ve tez bilgisi İstanbul Üniversitesi akademik kaydında doğrulanmaktadır.

[3] Geleneksel tandır evlerinin ısıtma ekonomisine etkisinin incelenmesi: Van ili Özalp kırsalı örneği. (2024). [Yüksek lisans tezi, Dicle Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı].

[4] İnanç, T. (2024). *Devlet eliyle kırsal yerleşmelerde yapılan konutlara yönelik değerlendirme: Erzincan örneği* [Doktora tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı]. Tez No: 858126.

[5] Durak, Ş. (2021). *Geleneksel kırsal konutların ekolojik açıdan değerlendirilmesine yönelik bir model önerisi: Yalova örneği* [Doktora tezi, Kocaeli Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı].

[6] Kasul, N. (2020). *Kırsal konutların, enerji etkin hale getirilmesinin, fayda-maliyet analizi yöntemiyle irdelenmesi: Gümüşköy/Aydın örneği* [Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı].

[7] Akın Güler, G. (2016). *Yerel mimarlıkta iklimle dengeli tasarımın kırsal konut dokusunda incelenmesi: Eskişehir örneği* [Yüksek lisans tezi, Anadolu Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı].

[8] Ergin Oruç, Ş. (2015). *Diyarbakır ili kırsal mimari çeşitliliğinin iklimsel konfor ve enerji etkinliği açısından değerlendirilmesi* [Doktora tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği ve Malzeme Programı].

[9] İner, G. (2013). *Kırsal konutlarda sürdürülebilirlik kriterlerinin belirlenmesine yönelik bir yöntem: Edirne örneği* [Doktora tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].

[10] Al Jada'an, A. A.-D. K. H. (2025). *Sıcak-kuru iklim bölgelerinde geleneksel pasif soğutma sistemleri bağlamında sürdürülebilir konut tasarımı: Ürdün örneği* [Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı].

[11] Jahed Tunalı, N. (2025). *Miras değerine sahip geleneksel konutların enerji verimliliği için yöntemsel bir çerçeve: Güdül, Türkiye'deki bir hımış yapı örneği* [Doktora tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Kültürel Mirası Koruma Bilim Dalı].

[12] Özal Canpolat, G. (2025). *İklim stres etkenlerinin Niğde kırsal mimarisinde kullanılan ignimbirit taşı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi* [Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı].

[13] Enerji verimliliğinin analizi: Musul örneği çalışması – Geleneksel ve çağdaş mimari tarzların karşılaştırmalı incelenmesi. (2024). [Yüksek lisans tezi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı].

[14] Abbessi, S. (2024). *Mimari tasarımda pasif soğutma ilkelerinin sıcak-kuru iklim bölgelerinde incelemesi: Tunus örneği* [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı].

[15] Kürşat, B. (2023). *Gaziantep'in geleneksel taş evlerinde enerji verimliliği* [Yüksek lisans tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı].

[16] Güzelyol, İ. Ş. (2022). *Güneş enerjili sürdürülebilir tasarımların önemi ve kırsal mimarideki geleceği üzerine bir sistem önerisi* [Doktora tezi, Haliç Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı].

[17] Aslan, H. (2019). *Van-Başkale kırsal yerleşimlerinde konutların ve tandır evlerinin iklimsel tasarım yaklaşımlarının değerlendirilmesi* [Yüksek lisans tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].

[18] Uygun Altunkaya, G. (2019). *Geleneksel kırsal mimaride ekolojik tasarım ilkeleri: Artvin-Ardanuç köyleri* [Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi].

[19] Paçin, E. (2019). *İznik Ömerli Köyü kırsal mimarisinin çevresel sürdürülebilirlik bağlamında incelenmesi ve koruma önerisi geliştirilmesi* [Yüksek lisans tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi].

[20] Temur, H. (2011). *Edirne geleneksel konut mimarisinin sürdürülebilirlik bağlamında enerji verimliliği ve ısıl analiz açısından değerlendirilmesi* [Yüksek lisans tezi, Trakya Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı].

[21] İnanç, T. (2010). *Geleneksel kırsal mimari kimliğin ekoloji ve sürdürülebilirlik bağlamında değerlendirilmesi: Rize Çağlayan Köyü evleri örneği* [Yüksek lisans tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].

Buildings Performance Institute Europe. (2021). Long-term renovation strategies as key instruments to guide local renovation: Lessons learned from good practices across Europe: Financing, data collection, and tailored approaches. https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2021/03/OurBuildings-Long-term-renovation-strategies-report_final.pdf

Ürge-Vorsatz, D., Khosla, R., Bernhardt, R., Chan, Y. C., Vérez, D., Hu, S., & Cabeza, L. F. (2020). Advances toward a net-zero global building sector. Annual Review of Environment and Resources, 45, 227–269. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012420-045843

THE ROLE OF HUMAN RESOURCE COMPETENCIES IN SUPPORTING UNIVERSITY QUALITY ASSURANCE AND ACCREDITATION

Rusli[1], Nurhidayah A. Yani[2], Animsar Achmad[3]
Institut 'Aisyiyah Sulawesi Selatan

Abstract
Human resource (HR) capacity is a fundamental element in ensuring that a higher education institution's quality assurance system functions substantively and sustainably and is capable of supporting the achievement of institutional accreditation. This study aims to examine the role of HR competencies in the implementation of the quality assurance system and to explain their contribution to accreditation achievement through the strengthening of internal quality processes. The study employed a *Systematic Literature Review* (SLR) approach, with a literature selection process based on the PRISMA 2020 guidelines. A total of 20 scholarly articles published between 2020 and 2026 were analyzed, including national publications in journals indexed by *the Science and Technology Index* (SINTA) as well as international publications selected based on their relevance to the study's focus. The synthesis process, using *thematic analysis*, yielded five main themes: the capacity of quality managers and internal auditors; the development of competencies among faculty and educational staff; leadership in quality governance; the internalization of a quality culture and the participation of the academic community; and organizational support for the sustainability of the quality assurance system. The findings indicate that human resource competencies serve as strategic capabilities that enable quality standards and policies to be transformed into institutional practices through the consistent implementation of the Internal Quality Assurance System (SPMI). These competencies strengthen the conduct of audits, evaluations, quality management, follow-up on improvements, and the establishment of a culture of continuous improvement. Accreditation achievements, therefore, are not solely and directly related to individual competencies but are shaped by the interplay between human resource capacity, the effectiveness of the Internal Quality Assurance System (SPMI), auditor competencies, institutional leadership, a culture of quality, and organizational support. This study emphasizes that the development of human resource competencies, integrated with the strengthening of the quality assurance system, is necessary to shift the focus of accreditation from mere administrative compliance toward a true and sustainable representation of institutional quality.
Keywords: human resource competencies; quality assurance; SPMI; quality culture; higher education accreditation.

INTRODUCTION

Higher education institutions face increasingly complex demands to produce graduates with outstanding competencies, enhance global competitiveness, and implement accountable and sustainability-oriented institutional governance (Lesnawati, 2025) . These demands compel every university to consistently implement a quality assurance system as part of efforts to improve the quality of higher education. In Indonesia, the government has established the Higher Education Quality Assurance System (SPM-Dikti) as the primary instrument for ensuring the quality of higher education delivery through the Internal Quality Assurance System (SPMI) and the External Quality Assurance System (SPME) (Harahap et al., 2023a) . The latest regulations also emphasize that every higher education institution is required to develop a sustainable quality assurance system as the foundation for institutional and program accreditation. Furthermore, human resources have become one of the key components assessed

in the latest accreditation instruments because the success of implementing quality standards is determined not only by documentation but also by the competencies of the individuals operating the system (Lbs et al., 2025) . This situation indicates that improving the quality of higher education institutions no longer depends solely on organizational policies but also on the quality of the human resources' competencies within the university.

In practice, various higher education institutions in Indonesia still face challenges in effectively implementing quality assurance. Various evaluation results indicate that there remains inconsistency in the implementation of the PPEPP cycle (Establishment, Implementation, Evaluation, Control, and Improvement), a weak quality culture, suboptimal documentation, and limitations in the competencies of both faculty and administrative staff in understanding quality standards and accreditation instruments (Aman et al., 2025) . In fact, some higher education institutions still view accreditation as an administrative activity carried out in the lead-up to on-site assessments, rather than as an organizational culture practiced continuously. However, consistent implementation of the Internal Quality Assurance System (SPMI) has been shown to correlate positively with improvements in institutional quality and the attainment of higher accreditation status. Reports on the implementation of SPMI indicate that universities that consistently implement quality systems have a greater chance of achieving excellent accreditation results compared to institutions that are solely focused on fulfilling administrative requirements (Sabran & Siti Julaiha, 2026) .

Research developments over the past five years have also shown that human resource competencies are a strategic factor in the successful implementation of quality assurance in higher education (Muhammad Aryo Ramadhan et al., 2025) . Various studies explain that competencies—which include knowledge, skills, ability, and professional attitude—influence the effectiveness of implementing quality standards, improving the quality of academic services, managing administrative processes, and the success of university governance implementation (Oktafia et al., 2025) . These studies confirm that HR competencies not only serve as individual capital but also act as the primary driver in fostering *a quality culture* within higher education organizations. The higher the competencies of faculty members, educational staff, internal quality auditors, and university leadership, the more effective the implementation of the Internal *Quality Assurance System* (SPMI) and the better the institution's preparedness for the accreditation process.

Nevertheless, previous research has largely focused on the implementation of the Internal Quality Assurance System (SPMI), the effectiveness of quality policies, and strategies for improving accreditation as an organizational system (Anis Maslihah & Romi Faslah, 2025) . Conversely, studies that specifically position human resource competencies as the primary factor supporting the success of quality assurance and university accreditation remain relatively limited. Most studies focus on aspects such as quality documentation, institutional governance, compliance with national higher education standards, or the implementation of the PPEPP cycle, while the dimension of individual competencies as the primary driver of a quality culture has not yet been thoroughly examined (Muhammad Rizqi Fauzi & Romi Faslah, 2025) . This situation indicates a research gap that needs to be addressed through studies capable of explaining how human resource competencies contribute to the effectiveness of the quality assurance system while supporting the sustainable success of university accreditation.

Conceptually, human resource competencies are a combination of knowledge, skills, abilities, experience, values, and professional behavior that enable individuals to perform their jobs effectively to achieve organizational goals (Septiana et al., 2023) . In the context of higher education, these competencies are possessed not only by faculty members as implementers of the three pillars of higher education but also by educational staff, internal quality auditors, program coordinators, deans, and quality assurance units that are directly involved in the implementation of quality standards. High competencies will enhance the ability to develop

standards, conduct evaluations, manage data, perform internal quality audits, prepare self-evaluation reports, design follow-up actions for quality improvement, and meet various accreditation indicators set by BAN-PT and the Independent Accreditation Agency (LAM) (Sapruddin et al., 2025) . Thus, human resource competencies serve as the intellectual capital that determines the overall success of the quality assurance system.

Based on this background, this study aims to conduct an in-depth examination of the role of human resource competencies in supporting the effective implementation of quality assurance systems and the achievement of accreditation at higher education institutions. Specifically, this study aims to analyze the role of human resource competencies in supporting the implementation of quality assurance systems, identify the dominant competency dimensions based on a synthesis of the literature in support of quality assurance and accreditation, and analyze the contribution of human resource competencies to the success of accreditation through the implementation of a sustainable quality assurance system. In addition, this study aims to formulate strategic recommendations for higher education institutions to strengthen human resource capacity so that they are able to respond to developments in accreditation regulations and support the continuous improvement of higher education quality.

The research questions posed in this study are as follows:

(1) What role do human resource competencies play in supporting the implementation of quality assurance systems at universities?

(2) How do human resource competencies contribute to improving a university's accreditation success through the implementation of a sustainable quality assurance system?

This study offers a new perspective: human resource competencies are not merely positioned as one of the organization's resources but as *the* primary *driving force* linking the implementation of quality assurance systems to the achievement of university accreditation. Unlike previous studies that have focused more on regulatory aspects, governance, or compliance with quality documentation, this study posits that the success of quality assurance depends on the quality of the competencies of the individuals who carry out the entire quality cycle in a continuous manner. Therefore, this study is expected to produce a conceptual model that explains how the dimensions of HR competencies—including knowledge of quality standards, technical skills in quality management, analytical abilities in evaluation, adaptability to regulatory changes, collaborative communication, quality leadership, and commitment to a culture of quality—interact to form an effective quality assurance system and ultimately enhance university accreditation outcomes. This model is expected to enrich the development of human resource management theory in the field of higher education while providing practical implications for university quality management in Indonesia.

RESEARCH METHODOLOGY

This study employs a *Systematic Literature Review* (SLR) approach to systematically analyze various scientific findings regarding the role of human resource competencies in supporting the implementation of quality assurance systems and the achievement of higher education accreditation. This approach was chosen because it allows for a comprehensive, transparent, and replicable synthesis of research evidence. The data sources consist of national and international scientific articles published during the 2020–2026 period. National articles were sourced from journals indexed in *the Science and Technology Index* (SINTA), while international articles were selected based on their relevance to the research focus.

The literature identification and selection process followed the *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA 2020) guidelines, which include the stages *of identification, screening, eligibility,* and *inclusion*. The search was conducted using a combination of keywords such as *Human Resource Competency*, *HR Competency*, *Quality Assurance*, *Internal Quality Assurance System (SPMI)*, *Quality Culture*, and *Higher Education Accreditation*. Inclusion criteria included articles published within the study period, available

in *full text*, relevant to the study's focus, and providing sufficient information for the analysis process. Conversely, articles that were duplicates, irrelevant, not fully available, or outside the publication period were excluded from the selection process. Based on these steps, 20 articles that met the criteria were identified and used as the primary sources for the study.



Next, data from each article were systematically extracted based on author identity, year of publication, research objectives, methods used, and key findings. The extraction process was conducted to obtain consistent information, thereby facilitating the identification of patterns, relationships among findings, and variations in research results across the literature.

Data analysis employed a *thematic analysis* approach by grouping research findings into key themes related to human resource competencies, the implementation of the Internal Quality Assurance System (SPMI), a culture of quality, quality governance, and higher education accreditation. This thematic synthesis was used to answer the research questions while also identifying trends in research findings, *research gaps*, and conceptual implications that can serve as the basis for recommendations to strengthen quality assurance systems in higher education institutions.

RESULTS AND DISCUSSION

This study identified and reviewed twenty relevant journal articles to answer two research questions: the role of human resource (HR) competencies in supporting the implementation of quality assurance systems in higher education institutions, and the contribution of HR competencies to improving university accreditation success through the implementation of sustainable quality assurance systems. Using a *Systematic Literature Review* (SLR) approach, this study identified, examined, and synthesized various research findings published during the 2020–2026 period. The results of the review were then analyzed thematically to identify patterns, interrelationships, supporting factors, and various challenges related to HR competencies, the implementation of the Internal Quality Assurance System (SPMI), the strengthening of a culture of quality, and the achievement of higher education accreditation.

Table 1. Synthesis of the Literature on the Role of Human Resource Competencies in Supporting Quality Assurance and University Accreditation.

No	Title	Author	Year	Journal	Result
1	IMPLEMENTATION OF THE INTERNAL QUALITY ASSURANCE SYSTEM (SPMI) IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS	Muhammad Aryo Ramadhan, Rini Setyaningsih, Irawati	2025	Journal of Islamic Education (UIN Sultan Syarif Kasim Riau), Vol. 15 No. 1	Research findings indicate that the implementation of the Internal Quality Assurance System (SPMI) in Indonesian higher education institutions has not been optimal due to resource constraints, a lack of commitment to a culture of quality, insufficient technological support, and uneven policy implementation. These conditions have led to disparities in educational quality, which in turn affect graduate competencies, accreditation, and the competitiveness of higher education institutions. To address this, a “ ” is needed—strengthening resources, utilizing information technology, fostering a culture of quality, providing stronger policy support, and conducting holistic evaluations such as the Balanced Scorecard. These strategies are expected to enhance the effectiveness of SPMI and achieve more equitable and sustainable quality in higher education. (Muhammad Aryo Ramadhan et al., 2025)
2	The Role, Challenges, and Strategies of Quality Assurance Centers at Islamic Higher Education Institutions in Indonesia	Sul Pratama Putra, Moh. Juharis, Muhammad Ramli, M. Ardhiah	2025	Mappesona Journal (IAIN Bone), Vol. 8 No. 2	Quality Assurance Centers (PPM) play a strategic role in ensuring academic, managerial, and ethical standards, as well as serving as a liaison between the institution and external accreditation agencies (BAN-PT). However, its implementation is hampered by a shortage of competent human resources in the field of quality assurance, a lack of understanding and commitment among stakeholders, an unsupportive organizational culture, and regulatory inconsistencies. Quality improvement strategies include strengthening governance, enhancing the Internal Quality Assurance System (SPMI),

					improving the competencies of faculty and educational staff through training and workshops, digitalization, and fostering a culture of quality. (Sul Pratama Putra et al., 2025)
3	Accreditation as an Instrument for Quality Management and Productivity in Educational Institutions: A Conceptual Review Based on Total Quality Management	Mellyana Vita Apriliyani, Moh. Bisri	2026	DIRASAH (UIN Raden Mas Said Surakarta), Vol. 9 No. 1	Accreditation has been proven to contribute to the efficient management of resources (including human resources), the improvement of educators' competencies, the strengthening of institutional governance, and public trust. Accreditation functions as a strategic cycle (self-evaluation, external validation, follow-up) that links quality standards to institutional productivity. The effectiveness of accreditation is largely determined by its integration with strategic management, the strengthening of a culture of quality, and the enhancement of human resource capacity through technical training in quality analysis and digital reporting. (Apriliyani & Bisri, 2026)
4	A Study on the Development of Internal Quality Assurance System (SPMI) Standards as an Effort to Improve the Quality Culture at the Kalimantan Institute of Technology	Denny Huldiansyah, Siti Munfarida, Rifqi Aulia Tanjung	2025	Journal of Primary, Secondary, and Higher Education Management (JMP-DMT), Vol. 6, No. 1	A qualitative-descriptive study at the Kalimantan Institute of Technology (ITK) identified the urgent need to update and streamline the SPMI standards so that they can adapt to advancements in science and technology, new regulations, and BAN-PT accreditation criteria. Through an analysis of policies, procedures, quality documents, and stakeholder (human resources) involvement in the quality assurance process, nine new standards were formulated that encompass all components of the previous standards. The development of structured and adaptive SPMI standards, supported by the competence and involvement of human resources, serves as a key instrument for building a culture of quality and continuous improvement, thereby enhancing the institution's national and international competitiveness. (Huldiansyah et al., 2025)

5	Human Resource Management Strategies for Improving Learning Effectiveness in Higher Education	Rizka Eka Putera, Sukarman Purba, Mesnan, Sahala Siallagan	2026	Innovation: Journal of Social Sciences, Humanities, and Education, Vol. 5 No. 2	The research findings indicate that comprehensive human resource management (HRM) strategies play a significant role in enhancing learning effectiveness in higher education institutions. The development of faculty competencies through training, the implementation of transparent performance evaluation and reward systems, and strategic HR planning have been shown to improve teaching performance, motivation, academic productivity, and the quality of learning. Overall, the research findings confirm that adaptive, data-driven, and sustainable-development-oriented HR management is a key factor in improving the quality of learning while strengthening the competitiveness of higher education institutions in the digital age. (Putera et al., 2026)
6	Implementation of Internal and External Quality Assurance Systems to Improve the Quality of Learning at Indonesian Higher Education Institutions	Sabran, Siti Julaiha	2026	Andragogy: Journal of Education and Learning, Vol. 6 No. 1	The study found that the implementation of the Internal Quality Assurance System (SPMI) in higher education institutions has not been carried out optimally, systematically, or sustainably. Meanwhile, the achievements of the External Quality Assurance System (SPME) through accreditation still tend to focus on meeting administrative requirements rather than reflecting a strong culture of quality within the institution. The research results also indicate that the success of external accreditation is highly dependent on the effectiveness of IQAS implementation. Therefore, synergy between the IQAS and the EQAS is necessary to build a sustainable culture of quality, which ultimately contributes to improving the quality of learning through continuous evaluation, curriculum development, and enhanced faculty professionalism. (Sabran & Siti Julaiha, 2026)

7	Human Resource Management Development to Improve Higher Education Quality Based on Total Quality Management at the AMI Maritime Polytechnic in Makassar	Dianita Veronika, Zaenab Achmar, Fahira Salahuddin, Andi Batary Citta	2023	Innovative: Journal of Social Science Research, Vol. 3, No. 4	The results of the study indicate that AMI Makassar Maritime Polytechnic implements Total Quality Management (TQM) in human resource development through a planned, systematic, and sustainable process of planning, recruitment, and HR development. The implementation of TQM has successfully improved the quality of human resource management, strengthened the institution's competitiveness, and increased public trust, leading to the recognition of the AMI Makassar Maritime Polytechnic as one of the most competitive maritime higher education institutions. (Veronika et al., 2023)
8	Management of the Implementation of Internal Quality Assurance Systems in Higher Education Institutions	L. Najwa, M. Iqbal, M. Aryani	2023	Visionary Journal: Research and Development in Educational Administration, Vol. 11 No. 1	The results of the study indicate that the Internal Quality Assurance System (SPMI) in higher education institutions encompasses six main aspects: SPMI policies, management models, implementation principles, implementation strategies, implementation mechanisms, and organizational structure. These six aspects form the foundation for the implementation of internal quality assurance so that it runs systematically, sustainably, and in accordance with the National Standards for Higher Education (SN-Dikti). Clarity in SPMI policies and the SPMI implementation process is expected to support higher education institutions in effectively implementing the quality assurance system to improve the quality of education. (Najwa et al., 2023)
9	Improving Higher Education Quality Through the Management of Educators and Educational Staff	Yustinus Sanda, Warman, Agustina Pitriyani, Yesepa	2022	Journal of Educational Management Accountability, Vol. 10 No. 1	The results of the study indicate that the implementation of faculty and staff management is carried out through human resource needs planning, the recruitment process, employment contract systems, training and development, and performance evaluations. In addition, improvements in higher education quality are

					achieved by supporting the professional development of educators and educational staff through advanced studies, training, and facilitating faculty members in conducting research and community service. (Sanda et al., 2022)
10	The Effect of Tridharma Human Resource Management in Higher Education on Improving the Quality of Private Higher Education Lecturers in Clusters of Higher Education Institutions in the DKI Jakarta and West Java Regions	Yusup, Achmad Sanusi, Sutaryat Trisnamansyah, Hendi Suhendraya Muchtar	2021	Journal of Industrial Engineering & Management Research, Vol. 2, No. 4	The results of the study indicate that the implementation of Human Resource Management (HRM) based on the Tri Dharma of Higher Education has a significant effect on improving the quality of lecturers. The aspects of education and teaching, research, and community service were found to contribute, both partially and simultaneously, to improving the quality of lecturers. This study also found that the main challenges faced by faculty members lie in conducting research and publishing scientific , particularly in meeting the requirements for publication in reputable international journals. Therefore, strengthening the implementation of HRM based on the Tri Dharma is necessary to support the continuous improvement of faculty members' competencies and quality. (Yusup et al., 2021)
11	Strategies for Improving Faculty Performance in Achieving a University with Excellent Accreditation	Yeni Handayani, Nandang Hidayat	2024	JIIP – Scientific Journal of Education, Vol. 7 No. 12	The research findings indicate that improvements in faculty performance can be achieved through enhanced academic qualifications, ongoing training, the implementation of reward and incentive systems, strengthened collaboration among faculty members, and the use of information technology in teaching. In addition, responsive support from university administration plays a crucial role in creating a conducive work environment. The implementation of these strategies contributes to improving the quality of the three pillars of higher education, achieving excellent accreditation, and strengthening institutional

					competitiveness. (Handayani & Hidayat, 2024)
12	External Quality Assurance System (SPME)	Kustiono Kastaji, Akhyak, As'aril Muhajir, Nur Efendi	2024	AL MIKRAJ Journal of Islamic Studies and Humanities, Vol. 4 No. 2	The results of this study indicate that the implementation of the External Quality Assurance System (EQAS) in Indonesian higher education institutions still faces various challenges, particularly limitations in human resources, infrastructure, and funding. To enhance the effectiveness of EQAS implementation, it is necessary to strengthen resource capacity, develop technological infrastructure, provide ongoing professional training, and foster collaboration among higher education institutions, accreditation agencies, the government, and industry. These efforts are expected to improve the quality of higher education and produce competent graduates who are globally competitive. (Kastaji et al., 2024)
13	A Study on the Implementation of the Internal Quality Assurance System (SPMI) in Schools and Higher Education Institutions in Indonesia	Muhammad Syahril Harahap, Syawal Gultom, Darwin, Rosnelli, Nurhidaya Fithriyah Nasution	2023	Journal of Education and Development, Vol. 11, No. 1	The results of the study indicate that the implementation of the Internal Quality Assurance System (SPMI) in educational institutions in Indonesia is still not optimal because its implementation tends to be sporadic and focused solely on meeting accreditation requirements. As a result, a culture of quality has not been established in a sustainable manner, so the quality demonstrated does not always reflect the actual conditions. Therefore, the IQA system needs to be implemented consistently and continuously in order to build a culture of quality, improve the quality of educational management, and meet the needs of stakeholders. (Harahap et al., 2023)
14	Implementation of the Internal Quality Assurance System at AMIK Citra Buana Indonesia in Sukabumi	Rio Razab Isdendi, Winda Sulastri, Dedi Kustiawan	2023	Buana Informatika CBI Journal, Vol. 13 No. 1	The research results indicate that the application of Standard Operating Procedures (SOPs) and the implementation of the Internal Quality Assurance System (SPMI) at AMIK Citra Buana Indonesia have not yet been optimal. The

					implementation of SOPs has not fully followed the procedures established at , while the implementation of SPMI also does not yet comply with applicable guidelines. The study recommends increasing the commitment of all management members, strengthening communication, providing an adequate budget, and optimizing internal audits to support the effective implementation of SOPs and the achievement of SPMI objectives. (Isdendi et al., 2023)
15	Quality Assurance: A Case Study at the University of the Pacific in Morotai, North Maluku	Irawati Sabban, Abdul Aziz Wahab, Danny Meirawan, Endang Herawan, Yayah Huliatunisa	2022	Journal of Educational Administration (JAP), Vol. 19 No. 1	The research findings indicate that the implementation of the Internal Quality Assurance System (SPMI) at Morotai Pacific University has not been optimal. The main constraints include a limited number of auditors with insufficient competence, as well as a shortage of human resources tasked with monitoring and evaluation. This situation has resulted in low accreditation achievements, as evidenced by the lack of institutional accreditation and the fact that most study programs still hold a C accreditation. Consequently, the implementation of quality assurance has not been able to effectively support the measurement and achievement of higher education quality standards. (Sabban et al., 2022)
16	Overview of the Implementation of the Internal Quality Assurance System for the Pharmacy Study Program at the Faculty of Medicine, Mataram University	Siti Rahmatul Aini, Yayuk Andayani, Agus Dwi Ananto, Yohanes Juliantoni, Iman Surya Pratama	2021	Unram Medical Journal, Vol. 9 No. 4	The results of the study indicate that the implementation of the Internal Quality Assurance System (SPMI) in the Pharmacy Study Program at the Faculty of Medicine, Mataram University, has been carried out through a combined model involving the Quality Assurance Unit ( ) and the study program management. The implementation of the IQAS still focuses on the standard-setting stage as the top priority. Although various quality assurance activities have been carried out, the study found that documentation of IQAS implementation still needs to be

					strengthened so that the quality assurance process can be controlled, evaluated, and followed up more effectively. (Aini et al., 2021)
17	Analysis of the Role of Higher Education Leadership Policies Based on Management Theory in Accordance with National Standards	Meti Wigiyantini, Asep Rahmat Kurnia, Nuryaningsih, Rohayanah, Winda Widiastuti, Abdulloh	2025	Journal of Development (Muhammadiyah University of Jambi), Vol. 13, No. 1	The results of this study indicate that leadership policies based on managerial competencies, management theory, and SN-Dikti play a crucial role in improving the quality of higher education governance. These policies are capable of strengthening the internal quality assurance system, increasing student satisfaction, optimizing faculty performance, and supporting the achievement of accreditation indicators. Furthermore, the application of management functions in the planning, implementation, and evaluation of policies results in governance that is more adaptive, sustainable, and capable of enhancing the institution's competitiveness amid the challenges of digital transformation and globalization. (Wigiyantini et al., 2025)
18	Implementation of the Internal Quality Assurance System (SPMI) in Realizing Good University Governance (GUG)	Samsul Rizal, Moh Aris Pasigai, M. Yusuf Alfian Rendra Anggoro, Ramlah, Wahyuddin	2023	Journal of Quality Assurance (I Gusti Bagus Sugriwa State Hindu University, Denpasar), Vol. 9, No. 1	The research findings indicate that the implementation of the Internal Quality Assurance System (SPMI) plays a crucial role in achieving Good University Governance (GUG). The implementation of SPMI is carried out systematically in accordance with applicable standards, including through the conduct of internal quality audits as an evaluation mechanism to ensure compliance with the National Standards for Higher Education. Quantitative findings indicate that the IQAS has a positive and significant effect on GUG, with a coefficient of influence of 0.539 and a significance value of p = 0.000 (< 0.05). Furthermore, the implementation of the IQAS contributes 56.3% to the realization of good university governance. These results indicate that the more optimally SPMI is implemented, the better

					the quality of Good University Governance achieved at the Faculty of Economics and Business. (Rizal et al., 2023)
19	Implementation Strategy of the Internal System (SPMI) at Tanjungpura University, Pontianak	Sri Maryuni, Sulistyarini, Bujang Harun, Syarifah Suryani	2024	Public Policy and Administration Research, Vol. 14 No. 1	The results of the study indicate that the implementation of the Internal Quality Assurance System (SPMI) at Tanjungpura University has not yet been optimal due to limited understanding of SPMI policies among the academic community, low participation by faculty and staff, and an insufficient number of Internal Quality Audit (AMI) auditors. Nevertheless, the university has demonstrated a strong commitment to fostering a culture of quality by strengthening the roles of the Center for Academic Quality Assurance ( ), the Center for Research and Community Service (LPPPM), and the Research and Community Service Institute (LPPM). To enhance the effectiveness of IQAS implementation, this study recommends improving policy outreach, increasing the number of IQA auditors, and strengthening follow-up actions on internal quality audit results. (Maryuni et al., 2024)
20	Implementation of the Internal Quality Assurance System (SPMI) as an Effort to Improve the Quality of Higher Education in Indonesia	Moh Ali Fauzi, Nur Alim, Roni Harsoyo	2024	JP (Journal of Education): Theory and Practice, Vol. 9 No. 2	The results of the study indicate that the implementation of the Internal Quality Assurance System (SPMI) at IAIN Kediri is coordinated by the Quality Assurance Agency (LPM) through the formulation of policies, quality documents, and the implementation of the SPMI cycle across all work units. Despite facing challenges such as limitations in leadership, human resources, and data synchronization, the institution overcame these obstacles through auditor training and the strengthening of a culture of quality. The IQAS evaluation is conducted annually and has had a positive impact, including the establishment of a quality culture, the achievement of the institution's strategic goals, and improved accreditation

					results from BAN-PT/LAM. (Fauzi et al., 2024)

The results of the literature synthesis indicate that human resource competencies play a fundamental role in determining the effectiveness of quality assurance system implementation in higher education institutions. These competencies are not only related to mastery of knowledge regarding quality standards and policies but also encompass technical skills in conducting audits, monitoring and evaluation, managing quality data and documentation, the ability to implement corrective actions, and a commitment to the sustainable application of a quality culture. In this context, faculty members, educational staff, internal quality auditors, quality assurance unit managers, and university leadership are key actors who interact with one another in carrying out the quality assurance cycle. Thus, human resource competencies function as institutional capacity that enables quality policies and standards to be translated into systematic, consistent, and continuous improvement-oriented quality assurance practices.

Based on this premise, human resource competence can be understood as a strategic *enabler* that bridges the gap between normative quality policy formulations and their implementation in the field. Findings at the Faculty of Economics and Business, Muhammadiyah University of Makassar, indicate that the performance of quality management units—including the Quality Assurance Agency, Quality Control Teams, and the Internal Quality Audit Team—is significantly influenced by the level of understanding and capabilities of their managers, thereby substantially supporting the establishment of *Good University Governance* (Rizal et al., 2023) . A similar argument was put forward in a study of SPMI practices at several universities in Indonesia, which revealed that a lack of available resources—including weak commitment to a culture of quality and limited technological support—is the root cause hindering the optimization of SPMI (Muhammad Aryo Ramadhan et al., 2025) . In line with this, an analysis of the roles, challenges, and strategies of quality assurance centers at Islamic universities further confirms that the scarcity of competent human resources in the field of quality assurance is a structural issue that limits the strengthening of institutional quality governance (Sul Pratama Putra et al., 2025) . In fact, empirical evidence from a case study at the University of the Pacific Morotai shows that limitations in both the number and competence of internal auditors have direct implications for the low achievement of accreditation status, as reflected in the lack of institutional-level accreditation and the fact that the majority of study programs are still ranked C (Sabban et al., 2022) .

Furthermore, improving the institutional quality of higher education institutions cannot be separated from the organization's capacity to continuously develop the competencies of faculty and educational staff. A study on the management of educators and educational staff reveals that human resource development is achieved through a series of activities ranging from needs assessment, recruitment, tiered professional development, support for advanced studies, training, to facilitating faculty involvement in research and community service activities—all of which cumulatively contribute to strengthening institutional quality (Sanda et al., 2022) . A similar pattern was also identified in the case study of the AMI Makassar Maritime Polytechnic, where human resource development—designed in a planned, systematic, and sustainable manner based on the principles *of Total Quality Management*—was proven to strengthen

institutional competitiveness while enhancing public trust (Veronika et al., 2023) . This trend is further supported by findings that the implementation of human resource management based on the Tri Dharma of Higher Education—which encompasses teaching, research, and community service—has a significant impact, both partially and simultaneously, on improving the quality of faculty members at private universities (Yusup et al., 2021) . In a related context, comprehensive human resource management strategies—including tiered training, transparent performance evaluation systems, and strategic human resource planning—have been shown to boost teaching performance, work motivation, and academic productivity, which in turn strengthen the quality of learning and the institution's competitiveness (Putera et al., 2026) . On this basis, strengthening academic qualifications and providing continuous training for faculty members are essential prerequisites for preparing higher education institutions to meet the demands of excellent accreditation (Handayani & Hidayat, 2024).

Nevertheless, this analysis also reveals that the implementation of the Internal Quality Assurance System (SPMI), which relies on human resource competencies, does not always proceed smoothly. A study at Morotai Pacific University shows that the limited number and quality of auditors pose a significant obstacle to optimally carrying out quality monitoring and evaluation functions (Sabban et al., 2022) . Similar obstacles were also identified in the implementation of SPMI at Tanjungpura University, where the number of Internal Quality Audit (AMI) auditors was deemed insufficient; consequently, increasing the number of auditors was recommended as a corrective measure (Maryuni et al., 2024) . These various limitations have led to a tendency for SPMI implementation to be sporadic and focused solely on meeting accreditation requirements, meaning that a culture of quality has not yet been fully and sustainably internalized (Harahap et al., 2023) . This phenomenon is further confirmed by a study on the implementation of SPMI and SPME, which concluded that the success of external accreditation heavily depends on the effectiveness of SPMI implementation; thus, synergy between the two is an absolute prerequisite for the formation of an authentic and sustainable quality culture (Sabran & Siti Julaiha, 2026) . Such conditions have the potential to create a disparity between the formal accreditation status obtained and the actual level of internal quality maturity implemented by the institution.

Furthermore, the low level of participation and understanding among faculty and staff regarding SPMI policies also serves as a determining factor for the success of quality assurance. A case study at AMIK Citra Buana Indonesia found that the implementation of Standard Operating Procedures (SOPs) and the SPMI framework does not yet fully comply with applicable regulations; therefore, it is recommended to strengthen the collective commitment of management and optimize organizational communication (Isdendi et al., 2023) . Meanwhile, a study on the implementation of the SPMI at Tanjungpura University found that the academic community's understanding of SPMI policies remains relatively limited, accompanied by low involvement of faculty and educational staff in quality policy outreach activities (Maryuni et al., 2024) . It is in this aspect that leadership competencies play a central role; leadership policies grounded in managerial capabilities and a comprehensive understanding of the National Standards for Higher Education (SN-Dikti) have proven capable of strengthening the internal quality assurance system, optimizing faculty performance, and supporting the achievement of institutional accreditation indicators (Wigiyantini et al., 2025).

In addition, an organizational culture that is adaptive to the quality improvement agenda is also

a crucial variable in supporting the success of internal quality assurance. Findings from the Faculty of Economics and Business at Muhammadiyah University of Makassar indicate that an organizational climate open to evaluation processes and oriented toward *continuous improvement*—through the full participation of the academic community—can accelerate the internalization of quality standards while fostering the realization of *Good University Governance* (Rizal et al., 2023) . This fact underscores that the success of quality assurance is not merely the result of individual competence but also the outcome of an institutional climate that supports the transformation toward a sustainable culture of quality. In line with this, a study on the implementation of the External Quality Assurance System (SPME) in Indonesian higher education institutions also confirms that limitations in human resources, infrastructure, and funding are the dominant obstacles hindering the effectiveness of SPME, therefore, strengthening human resource capacity, developing technological infrastructure, and providing continuous professional training are essential for the overall improvement of higher education quality (Kastaji et al., 2024) .

The results of the literature synthesis indicate that the contribution of human resource competencies to the success of university accreditation occurs through the strengthening of the effectiveness of the internal quality assurance system. Human resource competencies enable higher education institutions not only to meet accreditation documentation requirements but also to ensure that quality standards are implemented, evaluated, controlled, and continuously improved. The capabilities of internal auditors, the competencies of faculty and educational staff, the managerial skills of leadership, and the involvement of quality managers contribute to the institution's readiness to meet accreditation indicators by improving the quality of learning, governance, documentation, evaluation, and follow-up on quality assurance results. Thus, human resource competencies contribute to accreditation achievements through the process of strengthening the Internal Quality Assurance System (SPMI) and internalizing a culture of quality, rather than merely through the fulfillment of administrative requirements during the accreditation process.

Furthermore, a systematic approach to formulating SPMI standards is also a key determinant in achieving high-quality outcomes and accreditation. A study at the Kalimantan Institute of Technology revealed that updating and simplifying quality standards—by incorporating the expertise and active participation of stakeholders—enables institutions to formulate standards that are more responsive to scientific and technological dynamics, regulatory changes, and the latest criteria set by the National Accreditation Board for Higher Education (. A similar pattern was also identified at the Pharmacy study program level in the Faculty of Medicine at Mataram University, indicating that the implementation of the Internal Quality Assurance System (SPMI) remains focused on the standard-setting stage as an initial priority, although the documentation of its implementation still requires strengthening so that the quality assurance process can be controlled and evaluated more effectively (Aini et al., 2021) . Thus, human resource management in the context of quality assurance can no longer be viewed as a static entity but must remain dynamic and responsive to the evolving demands of the times.

In addition to technical and structural aspects, the managerial competencies of university leaders also make a significant contribution to the overall effectiveness of quality assurance. A conceptual study that positions accreditation as a quality management instrument based on the principles of *Total Quality Management* emphasizes that the effectiveness of accreditation

depends heavily on the degree of integration between strategic management, the strengthening of a quality culture, and the enhancement of human resource capacity through targeted technical training (Apriliyani & Bisri, 2026) . These findings indicate that strengthening leadership competencies at all organizational levels plays a vital role in sustaining institutional performance.

This discussion further reinforces the understanding that the relationship between human resource competencies and accreditation achievements is not direct but is mediated by a number of interrelated variables . A case study on the implementation of the Internal Quality Assurance System (SPMI) at IAIN Kediri found that challenges such as limited leadership capacity, human resources, and data synchronization can be overcome through auditor training and the strengthening of a quality culture, thereby positively impacting accreditation outcomes by BAN-PT/LAM (Fauzi et al., 2024) . Meanwhile, a literature review on the management of SPMI implementation in higher education institutions underscores that clear policies, management models, implementation principles, and the organizational structure of quality assurance serve as essential foundations for systematic quality assurance that aligns with SN-Dikti (Najwa et al., 2023) . In other words, quality improvement and accreditation are the result of synergy between human competence and an effective governance system, not merely a consequence of fulfilling administrative requirements alone.

Comprehensively, the synthesis results indicate that human resource competencies serve as a strategic foundation linking the implementation of quality assurance to the achievement of higher education accreditation. Human resource competencies not only determine an institution's ability to carry out technical quality assurance activities—such as developing standards, conducting internal quality audits, monitoring and evaluation, documentation, and follow-up on improvements—but also support the development of a culture of quality, effective governance, and leadership oriented toward continuous improvement. In this context, accreditation achievement is not merely a direct consequence of individual competencies but rather the result of the interaction between human resource competencies and the effectiveness of the Internal Quality Assurance System (SPMI), the capacity of internal auditors, institutional leadership, a culture of quality, and organizational support. Therefore, higher education institutions need to develop human resource competencies in an integrated manner with the strengthening of the quality assurance system so that accreditation is not merely viewed as an administrative requirement but becomes a representation of institutional quality that is built and maintained on an ongoing basis.

CONCLUSION

A synthesis of twenty articles indicates that human resource competencies are the primary foundation for building the effectiveness of quality assurance systems in higher education institutions. This study identifies five dimensions that consistently contribute to the successful implementation of quality assurance: the competencies of quality managers and internal auditors; the capacity development of faculty and educational staff; leadership in quality governance; the internalization of a quality culture through the participation of the academic community; and organizational support for the sustainability of the Internal Quality Assurance System (SPMI). These five dimensions interact with one another in transforming quality standards and policies into systematic institutional practices, so that human resource

competencies are no longer understood as individual attributes but as institutional capabilities that determine the effectiveness of quality governance while simultaneously strengthening a higher education institution's achievement of accreditation.

The research findings also indicate that the relationship between human resource competencies and accreditation success is not direct but rather mediated by the effectiveness of IQAS implementation, which is reinforced by the competencies of internal auditors, institutional leadership, a culture of quality, and organizational support. Conversely, limitations in the number and quality of auditors, the academic community's limited understanding of SPMI implementation, a quality assurance orientation that remains focused on meeting accreditation administrative requirements, as well as limitations in infrastructure and organizational resources, remain major challenges in realizing a sustainable quality assurance system. Therefore, efforts to improve the quality of higher education institutions must be directed toward strengthening human resource capacity in an integrated manner with the development of a culture of quality, adaptive leadership, and institutional governance oriented toward continuous improvement.

The contribution of this study lies in the development of a conceptual synthesis that affirms that human resource competencies are a strategic capability linking human resource development, the effectiveness of SPMI implementation, and accreditation success within a single, interrelated framework. These findings broaden the perspective that accreditation success is not merely supported by meeting administrative standards but is determined by an institution's ability to sustainably integrate competency development, leadership, a culture of quality, and organizational support. Nevertheless, this study is still limited to a literature synthesis and thus has not yet been able to verify the relationships between variables through empirical field data. Therefore, future research is recommended to develop this conceptual model using quantitative, qualitative, or *mixed-methods* approaches across various characteristics of higher education institutions to gain a more comprehensive understanding of the mechanisms for strengthening quality assurance and improving accreditation.

REFERENCES

Aini, S. R., Andayani, Y., Ananto, A. D., Juliantoni, Y., & Pratma, I. S. (2021). AN OVERVIEW OF THE IMPLEMENTATION OF THE INTERNAL QUALITY ASSURANCE SYSTEM IN THE PHARMACY STUDY PROGRAM AT THE FACULTY OF MEDICINE, UNIVERSITY OF MATARAM. 9 (4), 274–280. https://doi.org/10.29303/jku.v9i4.488

Aman, Nuri Ylianti, Winarni Handayani, & Muhammad Nazar. (2025). ANALYSIS OF THE IMPACT OF IMPLEMENTING QUALITY ASSURANCE STANDARDS ON IMPROVING THE QUALITY OF EDUCATION IN ELEMENTARY MADRASAH. 04 (03), 506–521. https://doi.org/https://doi.org/10.70287/epistemic.v4i3.499

Anis Maslihah, & Romi Faslah. (2025). Implementation of an Internal Quality Assurance System Through Organizational Roles at Anis. 8

Apriliyani, M. V., & Bisri, M. (2026). Accreditation as an Instrument for Quality Management and Productivity in Educational Institutions: A Conceptual Review Based on Total Quality Management. 9 (1), 27–38. https://doi.org/10.58401/dirasah.v9i1.2709

Fauzi, M. A., Alim, N., & Harsoyo, R. (2024). Implementation of the Internal Quality Assurance System (SPMI) as an Effort to Improve the Quality of Higher Education in Indonesia. 9

Handayani, Y., & Hidayat, N. (2024). Strategies for Improving Faculty Performance in Achieving Higher Education Institutions with Excellent Accreditation. 7

Harahap, M. S., Gultom, S., & Nasution, N. F. (2023a). A STUDY ON THE IMPLEMENTATION OF THE INTERNAL QUALITY ASSURANCE SYSTEM (SPMI) IN SCHOOLS AND HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS IN INDONESIA. 11 (1), 477–480. https://doi.org/10.37081/ed.v11i1.4616

Harahap, M. S., Gultom, S., & Nasution, N. F. (2023b). A STUDY ON THE IMPLEMENTATION OF THE INTERNAL QUALITY ASSURANCE SYSTEM (SPMI) IN SCHOOLS AND HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS IN INDONESIA. 11 (1), 477–480. https://doi.org/10.37081/ed.v11i1.4616

Huldiansyah, D., Munfarida, S., & Tanjung, R. A. (2025). A Study on the Development of Internal Quality Assurance System (SPMI) Standards as an Effort to Improve the Culture of Quality at the Kalimantan Institute of Technology. 6 (1), 48–60. https://doi.org/https://doi.org/10.30596/jmp-dmt.v6i1.22396

Isdendi, R. R., Sulastri, W., & Kustiawan, D. (2023). IMPLEMENTATION OF THE INTERNAL QUALITY ASSURANCE SYSTEM AT AMIK CITRA BUANA INDONESIA HIGHER EDUCATION INSTITUTION IN SUKABUMI CITY. 62–73. https://doi.org/10.53918/jbicbi.v13i1.81

Kastaji, K., Akhyak, Muhajir, A., & Efendi, N. (2024). External Quality Assurance System (SPME). 4 (2), 1388–1401. https://doi.org/https://doi.org/10.37680/almikraj.v4i02.5246

Lbs, L. A., Dewi, F. E., Balqis, K., & Putri, D. (2025). Madrasah Accreditation as an Instrument for Quality Assurance of Human Resources in Islamic Education. 02 , 1369–1377. https://doi.org/: https://doi.org/10.61253/329per48

Lesnawati. (2025). Quality-Based Educational Management Innovation: Efforts to Build Sustainable Competitiveness in Higher Education. 4(3). https://doi.org/https://doi.org/10.57218/jupeis.Vol4.Iss3.1864

Maryuni, S., Sulistyarini, Harun, B., & Suryani, S. (2024). Implementation Strategy of the Internal Quality Assurance System (SPMI) at Tanjungpura University, Pontianak. 14 (1), 12–22. https://doi.org/10.7176/PPAR/14-1-02

Muhammad Aryo Ramadhan, Rini Setyaningsih, & Irawati. (2025). IMPLEMENTATION OF. 23–34. https://doi.org/https://doi.org/10.15642/jkpi.2025.15.1.23-33

Muhammad Rizqi Fauzi, & Romi Faslah. (2025). ANALYSIS OF . 10 (39), 420–438. https://doi.org/https://doi.org/10.23969/jp.v10i04.38251

Najwa, L., Iqbal, M., & Aryani, M. (2023). MANAGEMENT OF THE IMPLEMENTATION OF THE INTERNAL QUALITY ASSURANCE SYSTEM AT Lu'luin UNIVERSITY. 11 (April), 72–77. https://doi.org/10.33394/vis.v11i1.73

Oktafia, Ardiansyah Maulana, & Siti Naimah. (2025). THE COMPETENCIES OF ADMINISTRATIVE STAFF AND THEIR IMPACT ON THE EFFECTIVENESS OF ARCHIVAL MANAGEMENT IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS. 2 , 42–57. https://doi.org/https://doi.org/10.65226/jpp.v2i1.162

Putera, R. E., Purba, S., & Siallagan, S. (2026). Human Resource Management Strategies for Improving the Effectiveness of Learning in Higher Education. 241–251. https://doi.org/https://doi.org/10.55606/inovasi.v5i2.5899

Rizal, S., Pasigai, M. A., Anggoro, M. Y. A. R., & Wahyuddin, R. (2023). IMPLEMENTATION OF THE INTERNAL QUALITY ASSURANCE SYSTEM (SPMI) IN ACHIEVING GOOD UNIVERSITY GOVERNANCE (GUG). 9 , 100–109. https://doi.org/https://doi.org/10.25078/JPM.V9I01.1929

Sabban, I., Wahab, A. A., Meirawan, D., Herawan, E., & Huliatunisa, Y. (2022). QUALITY ASSURANCE: A CASE STUDY AT UNIVERSITAS PASIFIK MOROTAI IN. 19

Sabran, & Siti Julaiha. (2026). Implementation of Internal and External Quality Assurance Systems to Improve the Quality of Higher Education in Indonesia. 6 (1), 9–19. https://doi.org/https://doi.org/10.31538/adrg.v6i1.2697

Sanda, Y., Warman, Pitriyani, A., & Yesepa. (2022). Improving Higher Education Quality through the Management of Educators and Educational Staff. *. 10

Sapruddin, Y. R., Fitriyana, L. M. A., Hindun Maisaroh, & Violita Rahmawati. (2025). THE ROLE OF QUALITY ASSURANCEIN. 7 (1), 30–45. https://doi.org/https://doi.org/10.54892/jmpa.v7i1.61

Septiana, S., Wicaksono, R. N., Saputri, A. W., Azmi, N., Anshori, M. I., Manajemen, P., Ekonomi, F., Madura, U. T., Jl, A., Telang, R., Indah, P. T., Kamal, K., & Bangkalan, K. (2023). Enhancing Human Resource Competency for the Future. 5 . https://doi.org/https://doi.org/10.55606/srjyappi.v1i5.705

Sul Pratama Putra, Moh. Juaris, Ramli, M., & Mardhiah. (2025). The Role, Challenges, and Strategies of Quality Assurance Centers at Islamic Higher Education Institutions in Indonesia. 8(2), 55–65. https://doi.org/https://doi.org/10.30863/mappesona.v8i2.5931

Veronika, D., Achmar, Z., Salahuddin, F., & Citta, A. B. (2023). Development of Human Resource *Management to Improve Higher Education Quality Based on Total Quality Management at the AMI Maritime Polytechnic in Makassar*. *. *3*

Wigiyantini, M., Kurnia, A. R., Nuryaningsih, Rohayanah, Widiastuti, W., & Abdulloh. (2025). ANALYSIS OF THE ROLE OF HIGHER EDUCATION INSTITUTION LEADERSHIP POLICIES BASED ON MANAGEMENT THEORY IN ACCORDANCE WITH NATIONAL STANDARDS. 13 (1), 174–186. https://doi.org/https://doi.org/10.53978/jd.v13i1.575

Yusup, Sanusi, A., Trisnamansyah, S., & Muchtar, H. S. (n.d.). The Effect of Tridharma Human Resource Management in Higher Education on Improving the Quality of Private Higher Education Lecturers in Clusters of Higher Education Institutions in the DKI Jakarta and West Java Regions. 2 (4), 190–208. https://doi.org/https://doi.org/10.7777/jiemar.v2i4.177

ALT EKSTREMİTE AMPUTASYONU OLAN BİREYLERDE YOGA EĞİTİMİNİN ETKİLERİ: SİSTEMATİK DERLEME

EFFECTS OF YOGA TRAINING ON INDIVIDUALS WITH LOWER EXTREMITY AMPUTATION: A SYSTEMATIC REVIEW

Senem DEMİRDEL
Doç. Dr. Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Fakültesi

ÖZET

Amputasyon, fiziksel etkilerinin yanısıra psikososyal etkileri de olan zorlayıcı bir durumdur. Uzuv kaybı ile kişinin karşı karşıya kaldığı fiziksel zorluklar, günlük yaşam aktivitelerinde kısıtlanmalar, ayrıca vücut imajı rahatsızlıkları ve sosyal katılım zorlukları kişilerde depresyona, anksiyeteye, öz saygının azalmasına neden olabilir. Yoga, zihin-beden teknikleriyle hem fiziksel, hem de zihinsel iyilik halini artırmayı hedefleyen bir yaklaşımdır. Bu sistematik derlemenin amacı, amputasyonu olan bireylerde yoga eğitiminin etkilerinin incelenmesidir. Medline, Web of Science, Scopus veitabanlarında 2010-2026 yılları arasında yayınlanan makaleler arasında tarama yapılmıştır. Bulunan toplam 13 makaleden 9'u amputasyonu olan katılımcısı bulunmadığından, biri derleme çalışması olduğundan, biri bildiri özeti olduğundan dolayı dahil edilmemiştir. Kalan iki makalenin alt ekstremite amputasyonu olan bireylerde yoga eğitiminin fizibilitesini, depresyon, anksiyete, stres, vücut imajı, yaşam kalitesine etkilerini ele aldığı görülmüştür. Yoga uygulamasının, alt ekstremite amputasyonu olan bireylerde yaşam kalitesi ve psikososyal iyilik hali üzerinde olumlu etkiler sağlayabileceği görüldü. Yoganın yaşam kalitesinde anlamlı iyileşme; depresyon, anksiyete ve stres belirtilerinde azalma ve vücut imajında iyileşme sağlayabileceği rapor edilmiştir. Ayrıca katılımcılar yogayı uygulanabilir, rahatlatıcı ve rehabilitasyon sürecine dahil edilmesi gereken bir yaklaşım olarak değerlendirdi. Bununla birlikte, sessiz bir uygulama alanının bulunmaması ve zaman kısıtlılığı yoga uygulamasının sürdürülmesinde karşılaşılan başlıca güçlüklerdi. Yoga, alt ekstremite amputasyonu olan bireylerde geleneksel rehabilitasyona tamamlayıcı bir yaklaşım olarak uygulanabilir ve kabul edilebilir görünmektedir. Mevcut bulgular, yoganın yaşam kalitesi ve psikososyal sonuçlar üzerinde potansiyel yarar sağlayabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, mevcut kanıtların sınırlı olması nedeniyle yoga uygulamasının etkinliğini ve uzun dönem sonuçlarını ortaya koymak için daha geniş örneklemli ve metodolojik olarak güçlü çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar kelimeler: Amputasyon, Yoga, Yaşam kalitesi

ABSTRACT

Amputation is a challenging condition with psychosocial effects alongside its physical consequences. The physical challenges, limitations in daily living activities, body image disturbances, and difficulties with social participation associated with limb loss can lead to depression, anxiety, and reduced self-esteem. Yoga is an approach that aims to enhance both physical and mental well-being through mind-body techniques. The aim of this systematic review is to examine the effects of yoga training on individuals with amputations. A search was conducted across the Medline, Web of Science, and Scopus databases for articles published between 2010 and 2026. Of the 13 articles identified, nine were excluded because they did not include participants with amputations, one was a review study, and one was a conference abstract. The remaining two articles addressed the feasibility of yoga training and its effects on depression, anxiety, stress, body image, and quality of life in individuals with lower-limb amputations. It was observed that yoga practice could have positive effects on the quality of

life and psychosocial well-being of individuals with lower-limb amputations. Studies reported that yoga could lead to significant improvements in quality of life and body image, as well as reductions in symptoms of depression, anxiety, and stress. Furthermore, participants perceived yoga as a feasible and relaxing approach that should be integrated into the rehabilitation process. However, the lack of a quiet practice space and time constraints were identified as the primary challenges in maintaining yoga practice. Yoga appears to be a feasible and acceptable complementary approach to traditional rehabilitation for individuals with lower-limb amputation. Current findings suggest that yoga may offer potential benefits regarding quality of life and psychosocial outcomes. However, given the limited evidence available, studies with larger sample sizes and robust methodologies are needed to establish the efficacy and long-term outcomes of yoga practice.
Keywords: Amputation, Yoga, Quality of life

GİRİŞ

Amputasyon travma veya diyabet, vasküler hastalıklar, kanser gibi durumlar sonucunda meydana gelen, fiziksel sonuçların yanında psikososyal etkilenime de yol açan bir durumdur (Roşca, Baciu, Burtăverde, & Mateizer, 2021). Amputasyonu olan bireyler depresyon, anksiyete, öz saygı kaybı, damgalanma, sosyal izolasyon gibi sonuçlarla karşılaşabilirler (Khan, Dogar, & Masroor, 2018). Amputasyon sonrasında meydana gelen psikolojik problemler, rehabilitasyon sürecini olumsuz etkileyebileceğinden dolayı bu problemleri de ele alan biyopsikososyal yaklaşımlar, bireylerin başa çıkma becerilerini artırabilir (Jo et al., 2021). Zihin-beden terapileri, bu bağlamda kullanılabilecek yaklaşımlardandır.

Zihnin, bireyin semptomlarının farkına varması ve bunları dezenleme becerisini geliştirmeyi hedefleyen zihin-beden terapileri arasında hipnoz, yoga, tai chi, meditasyon gibi yöntemler yer alır. Zihin-beden terapileri, amputasyondan sonra sık karşılaşılan bir semptom olan fantom ağrısının yönetiminde kullanılmaktadır (Moura et al., 2012). Yoga, Güney Asya'da milattan önceki zamanlardan beri uygulanan bir zihin-beden uygulamasıdır. Stres yönetiminde (Sharma & medicine, 2014), depresyon tedavisinde (Bridges, Sharma, & medicine, 2017), anksiyete yönetiminde (Hofmann, Andreoli, Carpenter, & Curtiss, 2016) sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Yaşam kalitesinin artırılmasında ve zihinsel iyi oluşun desteklenmesinde faydalı olduğu gösterilmiştir (Benavidez & Hart, 2017; Kelley & Kelley, 2020).

Amputasyonu olan bireylerde sıklıkla karşılaşılan psikososyal etkilenimlerin yönetiminde yoga faydalı olabilir. Bu sistematik derlemenin amacı, Alt ekstremite amputasyonu olan bireylerde yoganın etkilerinin incelenmesidir.

YÖNTEM

Bu derlemeye dahil edilecek çalışmaları belirlemek amacıyla Medline, Web of Science, Scopus veri tabanlarında 2010-Eylül 2026 tarihleri arasındaki yayınlar tarandı. Arama yapılırken "Amputation and yoga", "Yoga in amputees" anahtar kelimeleri kullanıldı.

Bu derlemede yer alan çalışmalar için dahil edilme kriterleri şunlardır:

(a) 2010- Eylül 2026 tarihleri arasında yayınlanmış olmak,
(b) İngilizce dilinde yayınlanmış olmak,
(c) Katılımcıların alt ekstremite amputasyonu olan bireyler olması,
(d) Müdahale yöntemi olarak yoganın kullanılması.

Tam metnine ulaşılamayan makaleler, özet bildiriler ve derleme çalışmaları bu derlemeye dahil edilmemiştir.

Bu aramalar ile Scopus veritabanında 10, Web of Science veritabanında 5, Medline veritabanında ise 7 makale bulunmuştur. Arama sonuçlarından tekrar eden yayınlar çıkarıldıktan sonra toplam 13 makale kalmıştır. Bu makalelerden 9'u amputasyonu olan katılımcısı bulunmadığından, biri derleme çalışması olduğundan, biri bildiri özeti olduğundan

dolayı dahil edilmemiştir. Dahil edilen çalışmaların orijinal kaynağı, yayınlandığı ülke, müdahale süresi, katılımcıların yaşı, sonuç ölçümleri ve sonuçlar incelenmiştir.

BULGULAR

Gerçekleştirilen literatür taraması sonucunda, alt ekstremite amputasyonu olan bireylerde yoga uygulanan ve dahil edilme kriterlerini karşılayan iki çalışma olduğu belirlenmiştir. Çalışmalar Canadian Prosthetics and Orthotics Journal ve International Journal of Yoga dergilerinde yayınlanmıştır. Hindistan ve Kanada'da yürütülmüş olan bu çalışmalarda yoga uygulamasının hem gözetimli, hem de gözetimsiz olarak gerçekleştirildiği belirlenmiştir. Dahil edilen çalışmaların katılımcılarının özellikleri, uygulanan yoga müdahalesi ile ilgili bilgiler ve başlıca bulguları Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Alt ekstremite amputasyonu olan bireylerde yoga temelli uygulamalar ile ilgili çalışmalar (n=2)

Yazar	Yıl	Ülke	Katılımcılar	Müdahale	Sonuç ölçümleri	Sonuç
Mayo A.L. ve ark.	2024	Kanada	24 alt ekstremite amputasyonu olan birey, %63'ü disvasküler amputasyon	Terapist eşliğinde bir grup ile video bazlı yoga eğitiminin ardından katılımcılara çevrimiçi yoga videoları verilerek bireysel uygulamaları istenmiştir.	Nitel görüşme ve sosyodemografik özellikler, daha önceki yoga deneyimleri ve dijital okuryazarlıkla ilgili 10 maddeden oluşan anket	Yoga, uzuv kaybı rehabilitasyonunda uygulanabilir ve kabul edilebilir bulundu; rahatlama ve ağrı azalması bildirildi, ancak sessiz alan ve zaman kısıtlılığı uygulamada zorluk oluşturdu.
Nida Mir ve ark.	2023	Hindistan	50 travmatik alt ekstremite amputasyonu olan birey, n=26 yoga grubu, n=24 kontrol grubu	18 hafta boyunca, 30 dk/gün gözetimli ve gözetimsiz yoga. Hastalara yoga kitapçığı verilerek egzersiz kayıtları tutuldu; uyum günlük ve telefonla video görüşmeleriyle değerlendirildi. Her iki gruba da rutin tedavi kapsamında 30 dk/gün fizyoterapi uygulandı.	Sosyo-demografik özellikler, Depression Anxiety Stress Scale (DASS), Rosenberg Self-esteem Scale (RSES), World Health Organization QOL-BREF (WHOQOL-BREF)	Yoga grubunda 18. haftada yaşam kalitesi iyileşti (p=0,005); 6. haftada depresyon, anksiyete ve vücut imajında, 18. haftada ise stres düzeyinde anlamlı iyileşme görüldü. Protez kullanım süresi yoga grubunda daha düşüktü (p=0,005).

Çalışmalardaki katılımcıların tümü yetişkin alt ekstremite amputasyonu olan bireylerden oluşmaktaydı. İki çalışmada da erkek katılımcıların oranları daha fazlaydı. Mir ve ark.'ın çalışmasına sadece travmatik sebepli amputasyonu olan bireyler dahil edilmişken Mayo ve ark.'ın çalışmalarında hem tarvmatik, hem de disvasküler sebepli amputasyonu olanbireyler dahil edilmiştir. Mir ve ark.'ın çalışmasında sosyodemografik özellikler, Dünya Sağlık Örgütü Yaşam Kalitesi Modülü (World Health Organization QOL-BREF, WHOQOL-BREF), Depresyon Anksiyete Stres Skalası (Depression Anxiety Stress Scale, DASS) ve Rosenberg Öz Saygı Ölçeği (Rosenberg Self-esteem Scale, RSES) kullanılmıştır. Mayo ve ark.'ın çalışmalarında ise 5 seviyeli likert skalası ile skorlanan 10 maddeden oluşan bir anket

uygulanmıştır. Bu anket yoga ile ilgili hisleri ve düşünceleri sorgulamaktadır. Ayrıca yoga ile ilgili deneyimlediklerini daha derin şekilde sorgulamak için yarı-yapılandırılmış bir görüşme gerçekleştirmişlerdir. Mir ve ark.'ın çalışmalarında yoga uygulamaları, 18 hafta boyunca, tek bir yoga eğitmeninin gözetiminde gerçekleştirilmiştir. Her katılımcıya, uygulamaları doğru şekilde sürdürebilmesi ve gözetimsiz seanslarını kaydedebilmesi amacıyla bir yoga kitapçığı verilmiştir. Yoga seansları 30 dakika süreyle günlük olarak uygulanmış; yatan hastalarda gözetimli, ayaktan hastalarda ise gözetimsiz seanslar gerçekleştirilmiştir. Her iki gruba da rutin tedavi kapsamında 30 dakika süreyle günlük fizyoterapi uygulanmıştır. Gözetimsiz yoga seanslarına uyum, egzersiz kayıtları ve telefonla yapılan görüntülü görüşmeler aracılığıyla değerlendirilmiştir (Mir et al., 2023). Mayo ve ark. Çalışmalarında ise, alt ekstremite amputasyonu olan bireylerin ihtiyaçlarına uyarlanmış adaptif yoga programı uygulanmıştır. Program, yoga ve amputasyon konusunda deneyimli fiziyatrist, fizyoterapist ve ergoterapistlerden oluşan ekip tarafından geliştirilmiştir. Protezi henüz bulunmayan yeni amputeler için sandalyede uygulanabilen yoga programı oluşturulmuş ve 45 dakikalık bir yoga videosu hazırlanmıştır. Video, yalnızca çalışmaya katılan bireylerin erişebildiği çevrim içi bir platform üzerinden sunulmuştur. Katılımcılar, hastanede 2–4 kişilik gruplar halinde video eşliğinde yoga uygulamış; sonrasında kendilerine verilen bağlantı aracılığıyla egzersizlere bağımsız olarak devam etmiştir (Mayo et al., 2024).

Mir ve ark.'ın çalışmalarında, 18. haftada yoga grubunda kontrol grubuna kıyasla yaşam kalitesinin anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu bulunmuştur (p=0,005). Yoga grubunda 6. haftada depresyon ve anksiyete belirtilerinde azalma, öz-saygıda iyileşme (p=0,015) ve 18. haftada stres düzeyinde azalma (p=0,003) saptanmıştır. Ayrıca protez kullanım süresinin yoga grubunda kontrol grubuna göre anlamlı olarak daha düşük olduğu bildirilmiştir (p=0,005). Yoga uygulamasının travmatik amputasyonu olan bireylerde yaşam kalitesi ve benlik saygısında iyileşme, depresyon, anksiyete ve stres belirtilerinde azalma ile ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır (Mir et al., 2023). Mayo ve ark. çalışmalarında, alt ekstremite amputasyonu olan 24 katılımcının 19'u (%79) yoga video oturumunu ve yoga öncesi değerlendirmeyi tamamlamış, 16'sı yoga sonrası değerlendirmeye katılmış ve 8'i nitel görüşmeye alınmıştır. Katılımcıların tamamı yogayı yararlı, uygulanması kolay ve rehabilitasyon programına dahil edilmesi gereken bir uygulama olarak değerlendirmiştir. Yoga rahatlatıcı bulunmuş ve bazı katılımcılar ağrılarında azalma bildirmiştir. Katılımcıların çoğu grup halinde yoga yapmayı tercih ederken, görüşülen 8 katılımcının 5'i (%63) yoga videolarına hastanede ve taburculuk sonrasında bağımsız olarak devam etmiştir. Uygulamadaki başlıca güçlükler sessiz bir yoga alanının bulunmaması ve diğer randevu/öncelikler nedeniyle yeterli zaman ayrılamaması olmuştur. Sonuç olarak yoga, hastanede yatan amputasyonlu bireyler tarafından büyük ölçüde kabul edilmiş ve geleneksel amputasyon rehabilitasyonunu tamamlayabilecek rahatlatıcı bir yaklaşım olarak değerlendirilmiştir.

TARTIŞMA

Alt ekstremite amputasyonu olan bireylerde yoganın etkilerini incelemek amacıyla gerçekleştirilen bu derlemede üç veri tabanından 2010-Eylül 2026 arasında yayınlanan ve dahil edilme kriterlerine uygun olan iki makale incelenmiştir. Bu sayı, amputasyonu olan bireylerde yoga uygulamasının çok sınırlı düzeyde yapıldığını göstermektedir. Derleme, alt ekstremite amputasyonu olan bireylerde yoga müdahalesinin uygulanabilir olduğunu ve psikososyal sonuçlar üzerinde olumlu etkileri bulunduğuna yönelik bulgular sunmaktadır.

Mayo ve ark.'ın çalışmalarında yoganın fizibilitesi incelenmiş ve alt ekstremite amputasyonu olan bireylerde kabul edilebilir ve rahatlatıcı bir yaklaşım olduğu görülmüştür (Mayo et al., 2024). Daha önce yoga programlarının kognitif etkilenimi olan yaşlı yetişkinlerde uygulanabilir olduğu, fakat yerde oturularak yapılan uygulamalarda zorluklar yaşandığı ve kendi kendine yapılan seanslarda hatırlamanın zor olduğu belirtilmiştir (Hariprasad et al., 2013). Mobilite

kısıtlılığı riski olan yaşlı yetişkinlerde de yoga uygulamasının güvenli, kabul edilebilir ve memnuniyet oranının yüksek olduğu bir yaklaşım olduğu gösterilmiştir (Groessl, Maiya, Schmalzl, Wing, & Jeste, 2018). Yoganın online olarak uygulamasının pek çok hastalıkla ilgili semptomların yönetiminde faydalı olabilecek, uygulanabilir ve kabul edilebilir bir yöntem olduğu bildirilmiştir (Brosnan, Nauphal, & Tompson, 2021).

Mir ve ark.'ın çalışmalarında yoga uygulamasının yaşam kalitesi, öz saygı, anksiyete, depresyon açısından olumlu etkileri olduğu görülmüştür (Mir et al., 2023). Önceki çalışmalarda da yoga uygulamalarının kas kuvvetini ve fiziksel uygunluğu geliştirdiği, stres, depresyon ve anksiyeteyi azalttığı ve yaşam kalitesini artırdığı belirtilmiştir (Woodyard, 2011). Ayrıca yaşlı yetişkinlerde yaşam kalitesini artırdığı, zihinsel iyi oluşu geliştirdiği, fiziksel fonksiyonel iyileşme sağladığı rapor edilmiştir (Patel, Newstead, Ferrer, Complementary Medicine: Paradigm, & Health, 2012; Tulloch, Bombell, Dean, Tiedemann, & ageing, 2018).

Bu derlemeye dahil edilen çalışmaların bazı limitasyonları bulunmaktaydı. Bu limitasyonlar arasında küçük örneklem büyüklüğü olması, COVID-19 pandemisi nedeniyle bazı değerlendirmelerin ve bazı yoga seanslarının yüz yüze uygulanamaması, çalışmanın sonuçlarının genellenebilirliği ile ilgili kısıtlılıklar yer almaktadır.

Bu derlemenin bazı limitasyonları mevcuttu. Bunlardan biri taramaya sadece üç veri tabanının dahil edilmiş olmasıydı. Her ne kadar bu veri tabanları çok geniş veri sunsa da araştırmaya dahil edilmeyen başka veri tabanları da bulunmaktadır. Yalnızca İngilizce yayınların dahil edilmesi ve diğer dillerde yayınlanan çalışmaların taranmamış olması bir diğer limitasyon olarak sayılabilir. Son olarak, bu derlemede çalışmaların kalitesi değerlendirilmemiştir.

SONUÇ

Yoga, alt ekstremite amputelerinde yaygın olarak kullanılmasa da psikososyal durumun iyileştirilmesinde ve yaşam kalitesinin geliştirilmesinde kullanılabilecek bir yaklaşım olma potansiyeline sahiptir. Bu derleme, çok kısıtlı sayıda çalışmada yoganın alt ekstremite amputasyonu olan bireylerde etkilerine dair kısıtlı kanıtlar sunduğunu göstermektedir. Yoganın alt ekstremite amputasyonu olan bireylerde etkilerinin tam olarak anlaşılabilmesi için, bu alanda çok daha fazla sayıda müdahale çalışmasına ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

Benavidez, G., & Hart, P. D. (2017). Effects of yoga on measures of health-related quality of life from SF-36 and SF-12 assessments: A systematic review and meta-analysis. *Exercise Medicine*, *1*, Article 5. https://doi.org/10.26644/em.2017.005

Bridges, L., & Sharma, M. (2017). The efficacy of yoga as a form of treatment for depression. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*, *22*(4), 1017–1028. https://doi.org/10.1177/2156587217715927

Brosnan, P., Nauphal, M., & Tompson, M. C. (2021). Acceptability and feasibility of the online delivery of hatha yoga: A systematic review of the literature. *Complementary Therapies in Medicine*, *60*, Article 102742. https://doi.org/10.1016/j.ctim.2021.102742

Groessl, E. J., Maiya, M., Schmalzl, L., Wing, D., & Jeste, D. V. (2018). Yoga to prevent mobility limitations in older adults: Feasibility of a randomized controlled trial. *BMC Geriatrics*, *18*(1), Article 306. https://doi.org/10.1186/s12877-018-0994-x

Hariprasad, V. R., Varambally, S., Varambally, P. T., Thirthalli, J., Basavaraddi, I. V., & Gangadhar, B. N. (2013). Designing, validation and feasibility of a yoga-based intervention for elderly. *Indian Journal of Psychiatry*, *55*(Suppl 3), S344–S349. https://doi.org/10.4103/0019-5545.116310

Hofmann, S. G., Andreoli, G., Carpenter, J. K., & Curtiss, J. (2016). Effect of Hatha yoga on anxiety: A meta-analysis. *Journal of Evidence-Based Medicine*, *9*(3), 116–124. https://doi.org/10.1111/jebm.12204

Jo, S.-H., Kang, S.-H., Seo, W.-S., Koo, B.-H., Kim, H.-G., & Yun, S.-H. (2021). Psychiatric understanding and treatment of patients with amputations. *Yeungnam University Journal of Medicine*, *38*(3), 194–201. https://doi.org/10.12701/yujm.2021.00983

Kelley, G. A., & Kelley, K. S. (2020). Yoga, health-related quality of life and mental well-being: A re-analysis of a meta-analysis using the quality effects model. *The Journals of Gerontology: Series A*, *75*(9), 1732–1736. https://doi.org/10.1093/gerona/glz247

Khan, M. J., Dogar, S. F., & Masroor, U. (2018). Family relations, quality of life and post-traumatic stress among amputees and prosthetics. *Pakistan Armed Forces Medical Journal*, *68*(1), 125–130.

Mayo, A. L., Cheung, B., Li, J., Jean, S., Vijayakumar, A., Hitzig, S. L., & Simpson, R. (2024). Feasibility of a yoga intervention in an inpatient limb loss rehabilitation program. *Canadian Prosthetics & Orthotics Journal*, *7*(1), Article 43896. https://doi.org/10.33137/cpoj.v7i1.43896

Mir, N., Sen, M. S., Mani, K., Sagar, R., Arulselvi, S., Kumar, S., & Sagar, S. (2023). Impact of yoga intervention in lower limb amputees following trauma in relation to behavior and quality of life: A randomized controlled trial. *International Journal of Yoga*, *16*(2), 106–112. https://doi.org/10.4103/ijoy.ijoy_126_23

Moura, V. L., Faurot, K. R., Gaylord, S. A., Mann, J. D., Sill, M., Lynch, C., & Lee, M. Y. (2012). Mind-body interventions for treatment of phantom limb pain in persons with amputation. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, *91*(8), 701–714. https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e3182466034

Patel, N. K., Newstead, A. H., & Ferrer, R. L. (2012). The effects of yoga on physical functioning and health related quality of life in older adults: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, *18*(10), 902–917. https://doi.org/10.1089/acm.2011.0473

Roșca, A. C., Baciu, C. C., Burtăverde, V., & Mateizer, A. (2021). Psychological consequences in patients with amputation of a limb. An interpretative-phenomenological analysis. *Frontiers in Psychology*, *12*, Article 537493. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.537493

Sharma, M. (2014). Yoga as an alternative and complementary approach for stress management: A systematic review. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*, *19*(1), 59–67. https://doi.org/10.1177/2156587213503344

Tulloch, A., Bombell, H., Dean, C., & Tiedemann, A. (2018). Yoga-based exercise improves health-related quality of life and mental well-being in older people: A systematic review of randomised controlled trials. *Age and Ageing*, *47*(4), 537–544. https://doi.org/10.1093/ageing/afy044

Woodyard, C. (2011). Exploring the therapeutic effects of yoga and its ability to increase quality of life. *International Journal of Yoga*, *4*(2), 49–54. https://doi.org/10.4103/0973-6131.85485

TÜRKİYE'DE FANTOM UZUV AĞRISI YÖNETİMİ KONULU TEZLERİN BİBLİYOGRAFİK ANALİZİ

BIBLIOGRAPHIC ANALYSIS OF THESES ON MANAGEMET OF PHANTOM LIMB PAIN IN TURKEY

Senem DEMİRDEL
Doç. Dr. Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Fakültesi

ÖZET

Bu bibliyometrik analiz çalışmasının amacı, Türkiye'de fantom uzuv ağrısı yönetimi ile ilgili tamamlanan lisansüstü tezlerin bibliyometrik yöntemler ile analiz edilmesidir. Bu amaçla Türkiye Cumhuriyeti Yükseköğretim Kurumu Başkanlığı, Ulusal Tez Merkezi veri tabanı taranmış, fantom uzuv ağrısı yönetimi üzerine gerçekleştirilmiş tezler belirlenmiştir. Fantom uzuv ağrısı yönetimi konusunda toplam 5 tez incelenmiş, tezlerde kullanılan yöntem ve elde edilen bulgular analiz edilmiştir. Verilerin analizinde SPSS sürüm 25.0 kullanılmıştır. Araştırma sonucunda 2 adet yüksek lisans tezi, 2 adet doktora tezi ve 1 adet tıpta uzmanlık tezi üretildiği görülmüştür. Tezlerin, 4 adet üniversitede yürütüldüğü sonucuna ulaşılmıştır. Tezlerin tamamlandığı yılların dağılımı incelendiğinde en fazla tezin 2026 yılında (n = 2) gerçekleştirildiği görülmüştür. Diğer tezlerin yayınlandığı yılların ise 2011, 2014 ve 2023 yılları olduğu tespit edilmiştir. Tezlerin büyük bir bölümünün Sağlık Bilimleri Üniversitesi'nde yürütüldüğü (n = 2), bunu İstanbul Üniversitesi, Hacettepe Üniversitesi ve Hasan Kalyoncu Üniversitesi'nin takip ettiği tespit edilmiştir. En fazla kullanılan anahtar kelimenin "Amputasyon" olduğu, bunu "Fantom ağrısı" anahtar kelimesinin takip ettiği görülmüştür. Fantom uzuv ağrısının değerlendirilmesinde en fazla Vizüel Analog Skalanın kullanıldığı bulunmuştur. Fantom uzuv ağrısı yönetiminde ise en fazla ayna terapisi ve fantom egzersizi yöntemlerinin kullanıldığı tespit edilmiştir. Bunların dışında masaj, hedeflenmiş kas reinervasyonu ve beden farkındalığı egzersizlerinin de fantom ağrısı yönetiminde kullanıldığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Amputasyon, Fantom ağrısı, Ayna terapisi

ABSTRACT

The aim of this bibliometric analysis study is to analyze—using bibliometric methods—graduate theses completed in Turkey regarding the management of phantom limb pain. To this end, the National Thesis Center database of the Council of Higher Education of the Republic of Turkey was searched, and theses conducted on phantom limb pain management were identified. A total of five theses on phantom limb pain management were examined, and the methods employed and findings obtained in these theses were analyzed. SPSS version 25.0 was used for data analysis. The research revealed the production of two master's theses, two doctoral theses, and one medical specialty thesis. It was determined that the theses were conducted at four different universities. An analysis of the completion years showed that the highest number of theses (n = 2) were completed in 2026. The other theses were published in 2011, 2014, and 2023. It was found that the majority of the theses were conducted at the University of Health Sciences (n = 2), followed by Istanbul University, Hacettepe University, and Hasan Kalyoncu University. "Amputation" was identified as the most frequently used keyword, followed by

"Phantom pain." The Visual Analog Scale was found to be the most commonly used tool for assessing phantom limb pain. Regarding management, mirror therapy and phantom exercises were identified as the most frequently employed methods. In addition to these, massage, targeted muscle reinnervation, and body awareness exercises have also been found to be used in the management of phantom pain.

Keywords: Amputation, Phantom pain, Mirror therapy

GİRİŞ

Fantom ekstremite ağrısı, ekstremite amputasyonundan sonra sık görülen bir durumdur. Ampute edilmiş vücut kısmında yanma, elektrik çarpması gibi duyuların hissedilmesidir (Langeveld et al., 2024). Güdük ağrısı, kalan uzuvda hissedilen ağrıdır. Güdük ağrısı ile fantom ekstremite ağrısının görülme mekanizmaları birbirinden farklıdır (Diers et al., 2022). Amputasyonu takip eden bir yıl içinde fantom ağrısı insidansı %82'dir (Stankevicius, Wallwork, Summers, Hordacre, & Stanton, 2021). Bilateral amputasyon, amputasyon sırasında daha ileri yaşta olmak, güdük boyunun kısa olması, amputasyondan önce ağrı varlığı gibi faktörler, fantom ağrısı görülme riskiyle ilişkilidir (Dijkstra, Geertzen, van der Schans, & management, 2002; Larbig et al., 2019). Fantom ağrısı, genellikle ani bir şekildeortaya çıkar. Süresi oldukça değişkendir, birkaç saniyeden birkaç saate kadar sürebilir. Genellikle kaybedilen ekstremitenin uç kısımlarında görülür (Dijkstra et al., 2002; Sinha, van den Heuvel, Arokiasamy, & international, 2011; Van Der Schans, Geertzen, Schoppen, Dijkstra, & management, 2002). Beş yaşından daha erken gerçekleştirilen amputasyonlarda veya konjenital uzuv eksikliklerinde fantom ağrısı görülme riski ve yoğunluğu daha azdır (Diers, Fuchs, Bekrater-Bodmann, & Flor, 2023).

Fantom ağrısının tedavisinde cerrahi, farmakolojik veya farmakolojik olmayan yöntemler kullanılabilir (Alviar, Hale, & Lim-Dungca, 2016; Dumanian et al., 2019; Foell, Bekrater-Bodmann, Diers, & Flor, 2014). Fantom ağrısını tedavi etmek oldukça zordur (Culp & Abdi, 2022). Fantom ağrısının tedavisinde ayna terapisi, sanal gerçeklik, transkutanöz elektriksel sinir stimüladyonu (TENS) gibi yöntemler kullanılabilir (Mulvey et al., 2013; Ol, Van Heng, Danielsson, & Husum, 2018; Rutledge et al., 2019).

Türkiye'de travmatik amputasyonu olan bireylerde fantom ağrısı prevalansı %61 olarak bildirilmiştir (Artuç et al., 2026). Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de gerçekleştirilen ve fantom ağrısı yönetimine odaklanan lisansüstü tezlerin bibliyometrik yöntemlerle incelenmesi, böylece araştırma yönelimlerini ortaya koymaktır.

YÖNTEM

Bu bibliyografik analiz çalışması, Türkiye Cumhuriyeti Yüksek Öğretim Kurumu (YÖK) Ulusal Tez Merkezi'nde yayınlanmış, fantom ağrısı yönetimi ile ilgili lisansüstü tezlerin analizini kapsamaktadır.

Araştırmanın örneklemini Yüksek Öğretim Kurumu (YÖK) Ulusal Tez Merkezi'nde bulunan tezler oluşturmaktadır. Tarama için "Fantom ağrısı"veya "fantom uzuv" ve "tedavi" veya "ayna terapisi" veya "terapi" veya "yönetimi" anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Fantom ağrısı yönetimine ilişkin bulunan tezler yayınlandıkları yıllara, üretildikleri üniversitelere, örneklem grubuna, fantom ağrısı yönetim yöntemlerine ve sonuç ölçüm yöntemlerine göre sınıflandırılmıştır.

Bu çalışmada açık erişim tezler incelendiğinden etik kurul izni gerekmemektedir. Verilerin analizinde SPSS sürüm 25.0 kullanılmıştır.

BULGULAR

Bu çalışmanın sonucunda, Türkiye'de fantom ağrısı yönetimiyle ilgili 5 tez gerçekleştirildiği görülmüştür. Tezlerin türü, gerçekleştirildikleri üniversite ve ana bilim dalı, yayın yılı, kullanılan anahtar kelimelerle ilgili bulgular tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Tezlerin yazarının cinsiyeti, tez türü, yayın yılı, üniversite, anabilim dalı, anahtar kelimeleri ile ilgili dağılımları

		Frekans (n)	Oran (%)
Yazarın cinsiyeti	Kadın	4	80
	Erkek	1	20
Tez türü	Yüksek lisans	2	40
	Doktora	2	40
	Tıpta Uzmanlık	1	20
Yayın yılı	2011	1	20
	2014	1	20
	2023	1	20
	2026	2	40
Tezin yapıldığı üniversite	İstanbul Üniversitesi	1	20
	Hacettepe Üniversitesi	1	20
	Sağlık Bilimleri Üniversitesi	2	40
	Hasan Kalyoncu Üniversitesi	1	20
Tezin yapıldığı program	Cerrahi Hastalıkları Hemşireliği	1	20
	Protez Ortez Biyomekanik	1	20
	Ortopedi ve travmatoloji	1	20
	Fizyoterapi ve Rehabilitasyon	2	40
Kullanılan anahtar kelimeler	Vücut İmajı	1	20
	Fantom ekstremite ağrısı	1	20
	Ayna terapisi	2	4
	Amputasyon	4	80
	Hemşirelik bakımı	1	20
	Fantom ağrısı	3	60
	Fantom egzersizleri	1	20
	Rehabilitasyon	1	20
	Fizyoterapi	1	20

	Hedeflenmiş kas reinervasyonu	1	20
	Nöroma	1	20
	Depresyon	1	20
	Uyku	1	20
	Protez	1	20
	Temel Beden Farkındalığı	1	20

Türkiye'de fantom ağrısı yönetimi ile ilgili tezlerin daha çok kadın araştırmacılar tarafından gerçekleştirildiği görülmüştür. Tezlerin en fazla 2026 yılında ve Sağlık Bilimleri Üniversitesi'nde gerçekleştirildiği gözlemlenmiştir. Yapılan tezler, en sık Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalında gerçekleştirilmiştir. En sık kullanılan anahtar kelime "amputasyon" olarak belirlenmiştir. Bu anahtar kelimeyi "fantom ağrısı" takip etmektedir (Tablo 1).

Tablo 2. Tezlerde fantom ağrısı tedavisi için kullanılan yöntemler, tedavi süresi ve kullanılan sonuç ölçümlerinin dağılımı

		Frekans (n)	**Oran (%)**
Tedavi yöntemi	Ayna terapisi	2	40
	Fantom egzersizleri	3	60
	Hedeflenmiş kas reinervasyonu	1	20
	Masaj	1	20
	Beden Farkındalığı Egzersizleri	1	20
Tedavi süresi	4 hafta	4	80
	Cerrahi operasyon	1	20
Kullanılan sonuç ölçümü	Sayısal Ağrı Şiddeti Skalası	1	20
	Kısa form 36	1	20
	Beck Depresyon Ölçeği	2	40
	Görsel Ağrı Skala	4	
	Ağrı öz yeterlilik anketi	1	20
	Pittsburg Uyku Kalitesi Ölçeği	2	
	Trinity Amputasyon ve Protez Deneyim ölçeği	1	20
	Kısa Form 12	1	20
	Ampute Vücut İmajı ölçeği	1	20

Fantom ağrısı tedavisinde en çok fantom egzersizlerinin kullanıldığı, bunu ayna terapisinin takip ettiği görüldü. Sonuç ölçümü olarak da en sık Görsel Analog skalanın kullanıldığı görüldü.

TARTIŞMA

Tez türüne göre gerçekleştirilen analizde yüksek lisans ve doktora tezlerinin eşit oranda olduğu, bir adet de tıpta uzmanlık tezi bulunduğu görülmüştür. Tezlerin farklı anabilim dallarında ve farklı meslek grupları tarafından gerçekleştirilmesi, fantom ağrısı yönetiminin multidisipliner ekip işi olmasını desteklemektedir (Grap, Fox, Freeman, Blackall, & Dalal, 2019).

Tezlerin 2011 yılından beri fantom ağrısı yönetimi konusunda yapıldığı, en fazla 2026 yılında gerçekleştirildiği görülmüştür. Bu durumda 2023 yılında gerçekleşen Kahramanmaraş depremi sonrası amputasyon geçiren bireylerin sayısındaki artış rol oynamış olabilir (Yiğit et al., 2025).

Bu analizin sonucunda ayna terapisi ve fantom egzersizlerinin en sık kullanılan tedavi yöntemleri olduğu görülmüştür. Literatürde de bu iki yöntemin, fantom ağrısı yönetiminde sık kullanılan etkili yöntemler olduğu bildirilmektedir (Wang, Fan, & Zhao, 2023). Çalışmamıza dahil edilen tezlerde en sık kullanılan sonuç ölçümünün Gçrsel Analog Skala olduğu tespit edilmiştir. Görsel Analog Skala, literatürde de fantom ağrı şiddetini değerlendirmede en sık kullanılan değerlendirme yöntemlerindendir (Rajendram, Ken-Dror, Han, & Sharma, 2022; Xie et al., 2022).

SONUÇ

Türkiye'de amputasyonu olan bireylerde fantom ağrısının yönetimiyle ilgili tez sayısının oldukça az olduğu, bununla birlikte son yıllarda konuya ilginin arttığı görülmektedir. Tezlerde, literatürde de fantom ağrısının yönetiminde sıklıkla kullanılan yöntemler kullanıldığı görülmektedir. Tezlerin sonuçları, farklı yöntemlerin fantom ağrısının yönetiminde etkilerini başarılı bir şekilde ortaya koymaktadır. Bununla birlikte fantom ağrısının yönetiminde farklı tekniklerle ilgili tez sayısının artmasının, bilime önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Alviar, M., Hale, T., & Lim-Dungca, M. (2016). Pharmacologic interventions for treating phantom limb pain. Cochrane Database of Systematic Reviews.

Artuç, Ş. E., KAMACI, G. K., Şahan, H. F., Çetintürk, H., Demir, Y., & Aydemir, K. J. I. (2026). Phantom limb pain and associated factors in traumatic amputees: A cross-sectional study. 113593.

Culp, C. J., & Abdi, S. J. P. p. (2022). Current understanding of phantom pain and its treatment. *25*(7), E941.

Diers, M., Fuchs, X., Bekrater-Bodmann, R., & Flor, H. J. T. J. o. P. (2023). Prevalence of phantom phenomena in congenital and early-life amputees. *24*(3), 502-508.

Diers, M., Krumm, B., Fuchs, X., Bekrater-Bodmann, R., Milde, C., Trojan, J., . . . Flor, H. J. T. j. o. p. (2022). The prevalence and characteristics of phantom limb pain and non-painful phantom phenomena in a nationwide survey of 3,374 unilateral limb amputees. *23*(3), 411-423.

Dijkstra, P. P. U., Geertzen, P. J. H., van der Schans, P. C. P. J. J. o. p., & management, s. (2002). Phantom pain and risk factors: a multivariate analysis. *24*(6), 578-585.

Dumanian, G. A., Potter, B. K., Mioton, L. M., Ko, J. H., Cheesborough, J. E., Souza, J. M., . . . Valerio, I. L. (2019). Targeted muscle reinnervation treats neuroma and phantom pain in major limb amputees: a randomized clinical trial. In: LWW.

Foell, J., Bekrater-Bodmann, R., Diers, M., & Flor, H. J. E. j. o. p. (2014). Mirror therapy for phantom limb pain: brain changes and the role of body representation. *18*(5), 729-739.

Grap, S. M., Fox, E., Freeman, M., Blackall, G. F., & Dalal, P. G. J. J. o. P. N. (2019). Acute postoperative pain management after major limb amputation in a pediatric patient: a case report. *34*(4), 801-809.

Langeveld, M., Bosman, R., Hundepool, C. A., Duraku, L. S., McGhee, C., Zuidam, J. M., . . . surgery, e. (2024). Phantom limb pain and painful neuroma after dysvascular lower-extremity amputation: a systematic review and meta-analysis. *58*(2), 142-150.

Larbig, W., Andoh, J., Huse, E., Stahl-Corino, D., Montoya, P., Seltzer, Z. e., & Flor, H. J. N. l. (2019). Pre-and postoperative predictors of phantom limb pain. *702*, 44-50.

Mulvey, M. R., Radford, H. E., Fawkner, H. J., Hirst, L., Neumann, V., & Johnson, M. I. J. P. P. (2013). Transcutaneous electrical nerve stimulation for phantom pain and stump pain in adult amputees. *13*(4), 289-296.

Ol, H. S., Van Heng, Y., Danielsson, L., & Husum, H. J. S. j. o. p. (2018). Mirror therapy for phantom limb and stump pain: a randomized controlled clinical trial in landmine amputees in Cambodia. *18*(4), 603-610.

Rajendram, C., Ken-Dror, G., Han, T., & Sharma, P. J. B. M. H. (2022). Efficacy of mirror therapy and virtual reality therapy in alleviating phantom limb pain: a meta-analysis and systematic review. *168*(2), 173-177.

Rutledge, T., Velez, D., Depp, C., McQuaid, J. R., Wong, G., Jones III, R. C. W., . . . Giap, H. J. P. M. (2019). A virtual reality intervention for the treatment of phantom limb pain: development and feasibility results. *20*(10), 2051-2059.

Sinha, R., van den Heuvel, W. J., Arokiasamy, P. J. P., & international, o. (2011). Factors affecting quality of life in lower limb amputees. *35*(1), 90-96.

Stankevicius, A., Wallwork, S. B., Summers, S. J., Hordacre, B., & Stanton, T. R. J. E. J. o. P. (2021). Prevalence and incidence of phantom limb pain, phantom limb sensations and telescoping in amputees: a systematic rapid review. *25*(1), 23-38.

Van Der Schans, C. P., Geertzen, J. H., Schoppen, T., Dijkstra, P. U. J. J. o. p., & management, s. (2002). Phantom pain and health-related quality of life in lower limb amputees. *24*(4), 429-436.

Wang, J., Fan, J., & Zhao, J. J. W. N. (2023). Comparative effects of interventions on phantom limb pain: a network meta-analysis. *170*, e45-e56.

Xie, H.-M., Zhang, K.-X., Wang, S., Wang, N., Wang, N., Li, X., . . . Rehabilitation. (2022). Effectiveness of mirror therapy for phantom limb pain: a systematic review and meta-analysis. *103*(5), 988-997.

Yiğit, N., Yavuz, İ. A., Aydın, T., Güven, Ş., Çağlar, C., Bozkurt, İ., . . . Research. (2025). Functional outcomes and mortality after multi-limb amputations following the 2023 Türkiye earthquake: a two-year follow-up study from a level I trauma center. *20*(1), 802.

EXPERIENCES OF TEACHERS OF STUDENTS WITH PHYSICAL DISABILITIES REGARDING ADAPTATIONS FOR PHYSICAL ACTIVITIES

Şule TEZCAN
Physiotherapist / Special Education Teacher
Trakya University, Department of Physiotherapy and Rehabilitation/Sakarya University, Department of Special Education Teacher Education
Dr. Baran YAŞAR
Res. Asst., Department of Special Education, Faculty of Education, Sakarya University
ORCID:0000-0003-1857-6078

ABSTRACT
The main purpose of this study was to investigate the experiences of teachers who have students with physical disabilities in their classrooms regarding adapted physical activities. In line with this purpose, the types of adapted physical activities that teachers provide for their students with physical disabilities were examined. In addition, the difficulties experienced and support needs of teachers in this regard were explored through qualitative methods. A phenomenological design, one of the qualitative research methods, was used in the study. A total of 21 teachers working in different schools, including preschool, special education, and physical education teachers, participated in the study. Data were collected through a semi-structured interview form and analyzed using content analysis, a qualitative analysis method, with the MAXQDA software. Based on the qualitative data obtained from the study, the themes of current practices, difficulties experienced, and support needs were identified. Regarding the theme of current practices, it was found that teachers implemented various practices related to adapted physical activities, including simplifying activities, providing graduated physical assistance, taking safety precautions, and conducting various activities targeting desk-based tasks and fine/gross motor skills. In addition, in terms of collaboration, it was found that teachers communicated with colleagues, families, and support staff, while experiencing limitations in direct communication with health professionals such as physiotherapists and primarily obtaining relevant information through families. Furthermore, the lack of special materials and support staff in schools, musculoskeletal problems resulting from lifting/carrying students, and insufficient knowledge and skills regarding adapted physical activity, multiple disabilities, oral motor muscle problems, and sensory integration were prominent issues. In addition, due to the inadequacy of courses in undergraduate education, teachers were found to have concerns about causing harm to students. Regarding the theme of support needs, teachers reported a need for specialized equipment/technologies such as adjustable furniture, walkers, positioning benches, and tablets. To improve the quality of adaptations, the need for direct interdisciplinary collaboration and consultation with physiotherapists and occupational therapists was emphasized. In conclusion, there is a need to increase both teachers' theoretical knowledge and practical skills regarding adapted physical activities.

Keywords: Physical disability, adapted physical activities, individuals with special educational needs, instructional adaptations

INTRODUCTION
The disabilities of individuals with physical disabilities tend to be more externally noticeable than other types of disabilities. Because physical disabilities affect various parts of the body and are associated with a higher prevalence of secondary health problems, individuals with physical disabilities are observed to lag behind their typically developing peers in terms of

full participation, experience bullying, or request exemption from activities that require physical movement. Teachers, on the other hand, have difficulty identifying appropriate activities and providing suitable guidance to students with such a wide variety of physical disabilities. Furthermore, because teachers do not acquire sufficient knowledge of human anatomy and physiology throughout their education, they experience difficulties in educating students with physical disabilities when they encounter them (Reddy et al., 2016).

Within the scope of mainstreaming/inclusion, the roles and responsibilities of classroom teachers and subject teachers, in addition to special education teachers, become important in the education of students with special needs (Reddy et al., 2016). In inclusive education, teachers experience difficulties in knowing what to do when a student with special needs joins their classrooms, encountering challenges in implementation, and including individuals with different developmental characteristics in the classroom. This, in turn, causes teachers to develop negative attitudes toward inclusive education (Reddy et al., 2016). Since various types of disabilities may be present in inclusive education, teachers' attitudes, behaviors, and levels of knowledge and competence may also vary.

Studies addressing various types of disabilities have aimed to identify the problems experienced by teachers working with individuals with special needs (Adıgüzel et al., 2017; Yürekli & Şafak, 2022). These studies indicate that many types of disabilities do not occur in isolation but are encountered by teachers in the form of multiple disabilities (Adıgüzel et al., 2017; Yürekli & Şafak, 2022). When teachers' views are considered, they express the need for more courses addressing multiple disabilities, including physical disabilities, in their undergraduate education. They also state that they would like to work more effectively and efficiently with students with physical disabilities in their professional lives by receiving supervision from a physiotherapist. Adıgüzel et al. (2017) determined that teachers working with students with severe and multiple disabilities needed interdisciplinary teamwork.

Considering that each individual has unique needs, teacher competencies require teachers to possess knowledge and skills in different areas. Knowledge and skill competencies also play an important role in attitudes toward working with individuals with special needs during the educational process (Karasu et al., 2014). In a study examining the attitudes of preservice teachers in the Department of Physical Education and Sports toward individuals with special needs, participants were asked whether they would like to work with children with intellectual disabilities in a special education school or special education classroom. Of the 168 students who responded, 26.2% (44 students) answered yes, while 73.8% (124 students) answered no (Gün, 2021). In a similar study, Downs and Williams also found that preservice physical education and sports teachers with experience working with individuals with special needs had more negative attitudes than those without such experience. Therefore, it is important for teachers and preservice teachers to have the necessary knowledge and skills regarding various practices addressing the difficulties experienced by students with special needs and to be able to develop positive attitudes toward inclusive education (Reddy et al., 2016).

METHOD

Research Design

In this study, the phenomenological design, one of the qualitative research methods, was used to identify the experiences, practices, difficulties encountered, and support needs of teachers who have students with physical disabilities in their classrooms regarding adapted physical activities. The phenomenological design aims to examine individuals' experiences, perceptions, and lived experiences related to a particular phenomenon in depth. Accordingly, the study addressed teachers' experiences with adapted physical activities conducted with students with physical disabilities from the perspective of their own views.

Study Group

The study group consisted of 21 teachers working in special education kindergartens and schools with special education classrooms at the middle school level, who had students with physical disabilities in their classrooms. The participants included preschool teachers, special education teachers, and physical education teachers. The participants' experience working with students with physical disabilities was taken into consideration. The participants were coded as P-1, P-2, P-3, …, P-21.

Data Collection Instrument

The data were collected through a semi-structured interview form developed to identify teachers' experiences regarding adapted physical activities. The interview form included questions about the physical activity practices and adaptations implemented by teachers for students with physical disabilities, the methods and materials they used, the individuals and professional groups with whom they collaborated, the difficulties they encountered during implementation, and the support they needed. The semi-structured interview method aimed to enable participants to express their experiences and views in detail.

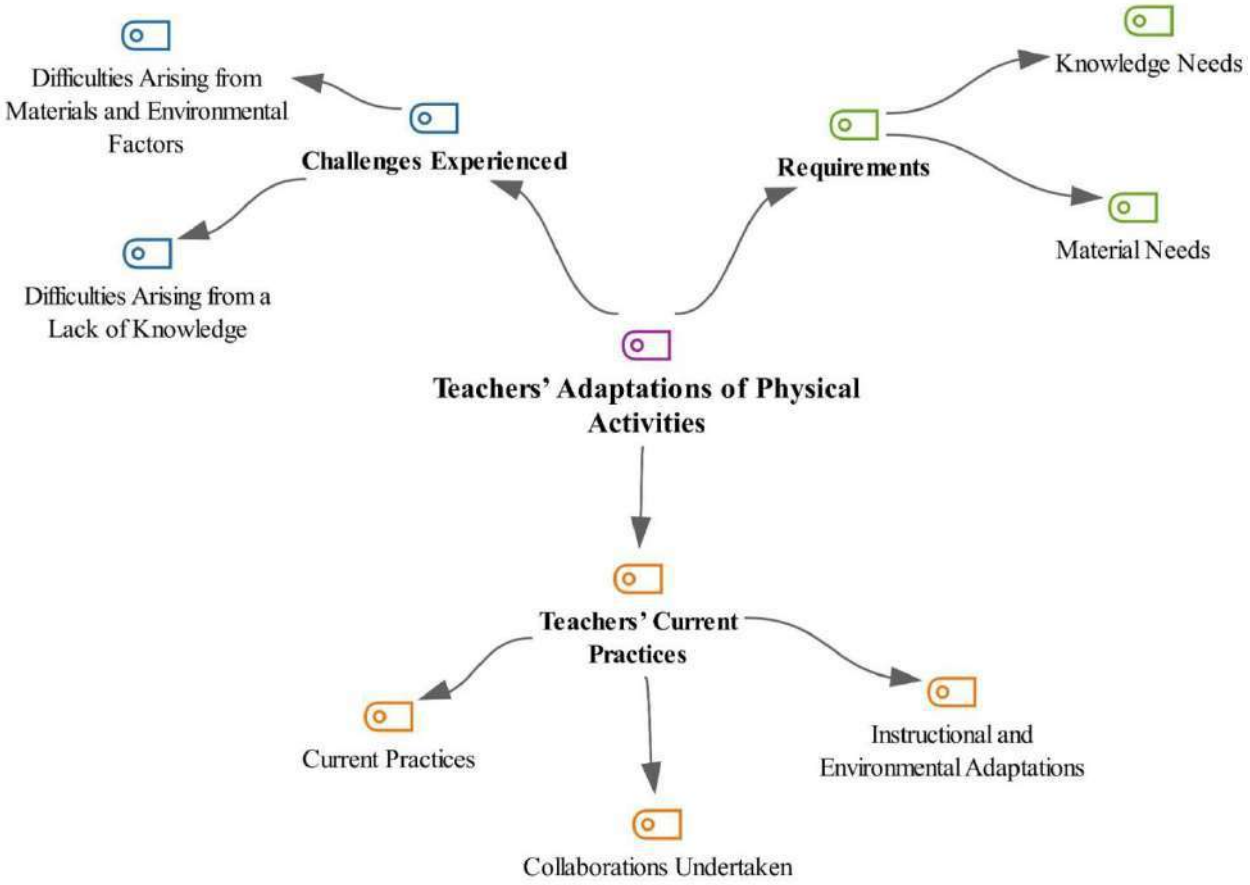
Data Analysis

The data obtained from the study were analyzed using content analysis, one of the qualitative data analysis methods. MAXQDA qualitative data analysis software was used to analyze the data. The data obtained from the interviews were examined in line with the purpose of the study, and categories and themes were developed. The analysis yielded three main themes: current practices, difficulties encountered, and needs. Within the theme of current practices, educational and environmental adaptations, existing practices, and collaborations were addressed; within the theme of difficulties encountered, difficulties arising from materials and the environment and difficulties resulting from a lack of knowledge were examined; and within the theme of needs, material and environmental needs and information needs were addressed. The findings were presented with supporting direct quotations from participants' views.

FINDINGS

Figure 1

Themes and Categories



Teachers' Current Practices

Teachers' current practices were categorized into Educational and Environmental Adaptations, Collaborations, and Current Activities.

Educational and Environmental Adaptations

Participants stated that they made various educational and environmental adaptations to support the participation of students with physical disabilities in educational and classroom activities. In this context, they reported simplifying activities according to students' individual needs, providing physical support, and using assistive devices such as CP chairs, walkers, and wheelchairs. They also explained that they made changes to classroom arrangements, reorganized furniture placement, and took protective measures against the risk of falls to ensure students' safety. K-8 emphasized environmental adaptations by stating, "We moved the desks a little closer to the walls so that the student could move safely through the empty space in the middle." K-9 described the physical support provided by stating, "Physical support is mostly provided, in the form of supported seating using a supportive chair." In addition, participants stated that they adapted materials and activities to students' developmental levels, used gamified activities, and gradually reduced physical assistance to support the development of students' motor skills and independent mobility skills. They emphasized that activities were adapted according to students' individual abilities.

Current Activities

Participants stated that they carried out various activities aimed at developing fine and gross motor skills in accordance with the individual needs, interests, and developmental levels of students with physical disabilities. In this context, they reported focusing primarily on tabletop activities, while conducting activities on the floor or in supported sitting positions for

students who experienced difficulty sitting. K-12 explained this situation by stating, "We mainly conduct activities with children with physical disabilities for tabletop tasks." They reported conducting activities involving pencil grasping, play dough, bead stringing, tearing and pasting, and sensory materials to develop fine motor skills. K-5 provided examples of these activities by stating, "We work on fine motor skills. We do activities such as play dough and tearing and pasting." Regarding gross motor skills, they stated that they included obstacle courses, overcoming obstacles, carrying objects, walking, and standing activities. K-3 described these activities by stating, "We conduct physical activity exercises and organize obstacle courses," while K-11 explained the activities aimed at developing walking skills by stating, "We have the student walk in the corridor or classroom using a walker." In addition, participants stated that they gradually reduced physical assistance and progressively increased activity durations to develop students' independent mobility skills. K-18 emphasized the gradual reduction of assistance by stating, "First, holding the student's hand, then gradually letting go," while K-20 highlighted the gradual progression of activities by stating, "I started with one minute first. Then two minutes, four minutes, five minutes."

Collaborations

Participants stated that they collaborated with families, teachers, and professionals from different disciplines when adapting physical activities for students with physical disabilities. They reported that they particularly obtained information about students' physical therapy processes through communication with families and attempted to implement physiotherapists' recommendations through the families. K-19 explained this situation by stating, "The family guides us regarding the physical therapy recommended by the physiotherapist and how it should be carried out." However, they also stated that they experienced difficulties communicating directly with physiotherapists and needed expert support in this area. K-15 emphasized this need by stating, "We have never worked with a physiotherapist. We would really like to." Within the school, participants reported collaborating with special education teachers, guidance counselors, teachers from different subject areas, support staff, and interns. They also stated that, when necessary, they received support from teachers at rehabilitation centers and field specialists. K-5 highlighted collaboration among teachers by stating, "One of the professional groups we receive support from is preschool teachers, and the other is special education teachers," while K-7 described their sources of information and support by stating, "We consult specialists in the field or conduct research on the internet."

Difficulties Experienced

Participants stated that they encountered various difficulties when working with students with physical disabilities. In general, the difficulties experienced can be examined under two headings: Material/Environment-Related Difficulties and Difficulties Arising from Lack of Knowledge.

Material/Environment-Related Difficulties

Participants stated that they experienced various difficulties in activities conducted with students with physical disabilities due to inadequate physical conditions at school, a lack of materials, and the need for support staff. They particularly highlighted problems such as the absence or malfunctioning of elevators, small classrooms, standard desks and chairs that were unsuitable for students' needs, and physical environments that restricted independent mobility. K-12 explained this situation by stating, "The physical environments in classrooms are inadequate for them. For example, the simplest issue is an elevator at school not working." They also stated that students had difficulty participating in outdoor activities due to the risk of falling and that they experienced physical difficulties when lifting and carrying students. K-7 described these difficulties by stating, "I have difficulty, especially when lifting and carrying. There is a concern about whether the student will be harmed." They reported that students' continuous need for physical assistance increased teachers' workloads and limited

the time allocated to other students. K-15 emphasized the need for support staff by stating, "If you have such a student in your classroom, there needs to be an additional adult." In addition, they stated that the lack of materials required teachers to produce or adapt their own materials. Participants also indicated that insufficient communication with teachers at rehabilitation centers and physiotherapists was among the difficulties they experienced.

Difficulties Arising from Lack of Knowledge

Participants stated that they lacked knowledge and experience regarding adapted physical activities for students with physical disabilities and therefore felt concerned during implementation. K-4 explained this situation by stating, "We are not experts in this field; we are not physiotherapists. Therefore, there are situations in which we feel concerned while carrying out certain activities." They also stated that the presence of secondary disabilities alongside physical disabilities complicated the educational process and that they encountered difficulties particularly with basic daily living skills such as feeding, swallowing, chewing, and toileting. K-3 drew attention to this issue by stating, "We experience greater difficulties when there is a second disability as well." In addition, participants reported that they lacked sufficient expertise in sensory integration activities and needed support from specialists in the field, such as physiotherapists. K-20 emphasized the need for specialist support by stating, "It would be very helpful if a specialist came according to the student's needs and worked on this particular aspect of the child." They also stated that they lacked knowledge about the types of disabilities for which existing materials were suitable and how these materials should be used. K-15 demonstrated the need for knowledge regarding the effective use of materials by stating, "Perhaps many things could be done with a cushion or a Pilates ball. But at the moment, all we can do with a Pilates ball is bouncing."

Needs

Material and Environmental Needs

Participants stated that they needed materials and environmental arrangements suited to the individual needs of students with physical disabilities. They particularly indicated that classrooms should be designed to accommodate students' physical characteristics, desks and chairs should be adapted, and arrangements should be made to address sensory needs. K-12 emphasized this need by stating, "It would be completely different if a classroom were designed for a child with a physical disability." They also reported the need for assistive devices such as wheelchairs, walkers, standing frames, and supportive seating equipment to promote students' independent mobility and help them maintain appropriate positions. K-17 drew attention to the need for assistive devices by stating, "It would be great if there were a device that allowed them to stand completely independently." In addition, they stated that they needed technological materials, such as tablets and touchscreens, to increase the participation of students experiencing difficulties with fine motor skills. K-19 explained this need by stating, "There could be technological devices, other than pencils, that they can touch and use their hands more comfortably." Overall, participants stated that they needed adapted materials, technological tools, and accessible educational environments to support students' independence and participation in activities.

Information Needs

Participants stated that they lacked knowledge and practical experience in adapting physical activities for students with physical disabilities. They particularly reported that they did not have sufficient knowledge about identifying activities appropriate to students' physical characteristics, supporting fine and gross motor skills, and developing walking skills. They also expressed concern about harming students through incorrect practices. K-14 articulated this concern by stating, "I do not know how to implement it. Could a movement I perform cause any harm or have a negative effect on that child?" Participants stated that they needed support in planning activities appropriate to students' levels of disability and the physical

conditions of their schools. K-5 emphasized this need by stating, “What activities can be carried out at school? What are our physical conditions?” They also stated that they wanted practical training delivered in collaboration with physiotherapists and occupational therapists, as well as video-supported examples of activities. K-4 highlighted the need for practical professional support in addition to theoretical knowledge by stating, “We would like an occupational therapist or a physiotherapist to demonstrate the activities to us and prepare video-based demonstrations for us.”

DISCUSSION AND CONCLUSION

Many studies on physical activities have focused on physical education teachers and physical education or sports classes, while limited research has examined physical activity adaptations implemented by special education teachers in classrooms or classroom teachers in inclusive settings. This study is considered to have the potential to contribute to the literature by addressing the experiences of teachers working in different subject areas regarding adapted physical activities for students with physical disabilities.

Studies have shown that all teachers are aware of the need to develop individualized education plans for their students and to adapt activities accordingly (Wilson et al., 2020). A study conducted with physical education teachers reported that they implemented instruction by modifying rules and equipment in their existing practices (Mihajlovic & Meier, 2025). However, the same studies also indicated that, even when adaptations are included in individualized education plans, there is no conclusive evidence that teachers’ competencies are sufficient to ensure their effective implementation (Bigelow & Fenesi, 2023). This suggests that, in the present study, teachers aimed to provide inclusive educational environments for students with physical disabilities by making changes such as environmental and material adaptations as part of their existing practices.

In the literature, a study conducted by Wilson et al. (2020) with physical education teachers identified the need for support staff and equipment for students with physical disabilities and demonstrated that teachers experienced a lack of knowledge and practical experience. In another study involving physical education teachers and special education teachers, participants stated that they needed teaching assistants and described the absence of assistants as a barrier to instruction (Mihajlovic & Meier, 2025). The findings of the present study were similar, as teachers reported situations in which they had insufficient time for other students while attending to one student. They also mentioned the need for support staff.

Studies have shown that physical education teachers received additional professional training before beginning to work with individuals with special educational needs (Wilson et al., 2020). Another study reported that the training received during teacher education was insufficient for working with students with physical disabilities and that further training or support from other professionals was needed (Mihajlovic & Meier, 2025). The findings of the present study support these results, revealing a professional need for additional knowledge. It was also emphasized that collaboration with specialists was necessary even if these information needs were met. Although teachers in the study collaborated with families and colleagues, they experienced difficulties communicating directly with healthcare professionals such as physiotherapists and occupational therapists. The fact that teachers obtained information about students’ physical therapy processes primarily through their families suggests that there may be limitations in transferring specialist support into educational settings.

In conclusion, it was determined that teachers working with students with physical disabilities implemented various adapted physical activities but encountered significant difficulties in terms of knowledge, materials, physical environments, and specialist support during this process. The teachers attempted to adapt activities according to students’ individual needs; however, they were found to lack knowledge and experience, particularly in developing gross and fine motor skills, supporting basic daily living skills, and implementing activities for

students with multiple disabilities. In addition, the physical conditions of schools and the available materials were found to be insufficient to meet students' needs, and teachers experienced difficulties in providing physical assistance and expressed concerns regarding students' safety. Although teachers collaborated with families and colleagues, they were found to experience limitations in establishing direct communication and collaboration with specialists such as physiotherapists and occupational therapists. Accordingly, it was concluded that teachers should be supported through theoretical and practical training on adapted physical activities during their preservice and in-service education, the accessibility of educational environments should be improved, materials suited to students' individual needs should be provided, and interdisciplinary collaboration should be strengthened. These arrangements are considered likely to contribute to improving teachers' professional competencies and supporting the safe, independent, and active participation of students with physical disabilities in education and physical activities.

This research was supported by the TÜBİTAK 2209-A University Students Research Projects Support Program.

REFERENCES

Adıgüzel, S., Kizir, M., & Eratay, E. (2017). Ağır ve çoklu yetersizliği (AÇYE) olan bireylerle çalışan özel eğitim öğretmenlerinin yaşadıkları sorunların belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Özel Eğitim Dergisi, 18(1), 45–59. https://doi.org/10.21565/ozelegitimdergisi.296901

Bigelow, H., & Fenesi, B. (2023). Pre-service teachers' perceptions of and experiences with classroom physical activity. International Journal of Environmental Research and Public Health, 20(2), Article 1049. https://doi.org/10.3390/ijerph20021049

Downs, P., & Williams, T. (1994). Student attitudes toward integration of people with disabilities in activity settings: A European comparison. Adapted Physical Activity Quarterly, 11, 32–43. https://doi.org/10.1123/apaq.11.1.32

Gün, E. (2021). Beden eğitimi ve spor öğretmen adaylarının zihinsel engelli çocuklara yönelik tutumlarının incelenmesi: Malatya ili örneği [Yüksek lisans tezi, İnönü Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

Karasu, N., Aykut, Ç., & Yılmaz, B. (2014). Zihin engelliler öğretmenlerinin hizmet içi eğitim ihtiyaçlarının belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Özel Eğitim Dergisi, 15(1), 41–53. https://doi.org/10.1501/ozlegt_0000000191

Mihajlovic, C., & Meier, S. (2025). Modifying physical activities for maximizing learning opportunities: Perspectives of Finnish physical educators and special educators on inclusive teaching strategies. Physical Education and Sport Pedagogy, 30(6), 607–621. https://doi.org/10.1080/17408989.2023.2260393

Reddy, M. R. (2016). Principles of promoting quality in inclusive education. The International Journal of Indian Psychology, 3(3), 76–82. https://doi.org/10.25215/0303.047

Wilson, W. J., Theriot, E. A., & Haegele, J. A. (2020). Attempting inclusive practice: Perspectives of physical educators and adapted physical educators. Curriculum Studies in Health and Physical Education. https://doi.org/10.1080/25742981.2020.1806721

Yürekli, M., & Şafak, P. (2022). Rehberlik ve araştırma merkezlerinde çalışan öğretmenlerin ağır ve çoklu yetersizliği olan bireylerin eğitsel değerlendirme ve tanılama süreçlerine ilişkin görüşleri. Millî Eğitim Özel Eğitim ve Rehberlik Dergisi, 2(3), 246–280. https://izlik.org/JA34KJ82UU

UTILIZATION OF MATLAB/SIMULINK FOR TEACHING ELECTRICAL CIRCUIT ANALYSIS IN TERTIARY INSTITUTIONS IN NORTH-CENTRAL NIGERIA

1) Umanyi Emmanuel peace chinwendu
2) Engr. Oji Michael ugochukwu(MNSE)
3) Mr. Onwuma uzoma Akajiaku
4) Engr. Itam promise Thomas

Abstract
Electrical and Electronics Technology programmes in tertiary education institutions are based on Electrical Circuit Analysis, but many students have problems grasping abstract concepts of circuits, mathematical relationships and the reactions of electrical variables. With the growing number of computer-based simulation tools, there is potential for developing better teaching and learning of these concepts. This study looked at the use of MATLAB/Simulink in the teaching of Electrical Circuit Analysis in tertiary institutions in North-Central Nigeria. This study used a quasi-experimental design with a pretest/post test non-equivalent control group design. The study was conducted on 80 students of Electrical/Electronics related programmes in selected Tertiary Institutions in North-Central Nigeria. The experimental group consisted of 40 students who learned selected Electrical Circuit Analysis concepts using MATLAB/Simulink and the control group consisted of 40 students who learned using the conventional lecture/demonstration method. An Electrical Circuit Analysis Achievement Test (ECAAT) was used for data collection. Mean and standard deviation were used to answer the research questions, while independent-samples t-test was used to test the hypotheses at 0.05 level of significance. The results of the illustrative findings showed that the post-test achievement scores of students who were taught with MATLAB/Simulink were higher than the students who were taught the conventional way. The results also showed that the students who were exposed to MATLAB/Simulink get the same score regardless of their gender, which means that simulation is usable for gender based learning. MATLAB/Simulink is found useful for visualization, modelling and analysis of electrical circuits in the study and it is recommended that it should be suitably incorporated in the teaching of Electrical Circuit Analysis in tertiary institutions.
Keywords: MATLAB, Simulink, Electrical Circuit Analysis, simulation, instructional technology, tertiary institutions, North-Central Nigeria.

Introduction
Electrical and Electronics Technology education is an important part of preparing students that have theoretical knowledge, practical skills and analytical abilities needed for technological development in the 21st Century. In Electrical and Electronics Technology and Electrical Engineering programmes Electrical Circuit Analysis is used as a basis for the analysis of the behaviour of electrical components, networks and systems. The following areas of electrical engineering are built on the conceptual basis of ohm's law, Kirchhoff voltage and current laws, series and parallel circuits, network theorems, transient responses and alternating current circuits: But it is common in circuit analysis that students are expected to combine all of mathematical reasoning, graphical interpretation and practical understanding together.
Several of the concepts in Electrical Circuit Analysis are abstract, which is a challenge to teaching this course. Students may be familiar with the mathematical steps to solve a circuit, but not know what occurs to the current, voltage and power if the circuit parameters vary. Traditional classroom teaching often adopts the form of lectures, illustrations from the

blackboard and demonstration of mathematical derivations and physical experiments. While these are still significant techniques they might not necessarily give students enough opportunities to change the parameters of a circuit and see the results right away.

A second way to visually and dynamically represent abstract electrical concepts is with the use of computer-based simulation. Modeling, simulation, and adjustment of parameters and observation of responses in the circuits are provided without the need for all the components to be physically present for each learning activity. Studies about engineering simulation have shown the potential of the simulation environment to support traditional laboratories and have given students an opportunity to explore engineering systems in a controlled environment. MatLAB is cited as one of the software environments that can be used to support simulation activities in EE education.

MATLAB is an environment for technical computing that offers powerful functions for mathematical computation, visualization, modelling and data analysis, and Simulink is a graphical environment for models and simulations of dynamic systems. The combination can be used in electrical engineering courses to describe electrical circuits, create waveforms, analyse system responses and compare theoretical results with simulated responses. A Virtual laboratory for electrical circuit design, implementation, testing and verification is developed using MATLAB, Simulink and Simscape that allows the student to design, implement, test and verify the electrical circuit problems. Activities that are designed to enhance conceptual understanding, engagement and retention.

It is especially important for the instructional use of simulation in Electrical Circuit Analysis that the student can see some relationships that might otherwise be mathematical abstractions. For instance, a student may build a basic RC circuit, change the value of its resistance and capacitance and see the response of the circuit change instantaneously. Likewise, there are models of the circuits that can be used to represent Kirchhoff's voltage and current laws, and students can compare values calculated from the laws with values simulated in the model.

Experiments in electrical engineering education have shown that software can offer visualizations to represent complex circuit behavior and waveforms. For instance, Mehar (2015) found that the use of simulation using software was beneficial for the learning of electrical engineering concepts. Likewise, Durán et al. (2007) presented a MATLAB/Simulink based learning methodology that was used in an undergraduate electrical engineering course and concluded that the use of a software-based active methodology was found to have positive learning effects on a cognitive and affective level.

The applicability of MATLAB/Simulink to the teaching of electrical circuits has been further illustrated in recent research. Mariko et al. (2025) stated that the simulation based teaching method using MATLAB Simulink helps students build a simulation of a DC circuit and enhanced their skills in analysing current and voltage variables. In another study of electrical network theorems, MATLAB/Simulink was used to model such theorems as Thevenin's, Norton's, Superposition and Maximum Power Transfer.

There is also supporting evidence to the use of MATLAB/Simulink in technology education from the Nigerian context. Hassan (2022) examined the use of Simulink in the students of Electronics Works in Adamawa State technical colleges and found that students who were taught with Simulink achieved higher scores than those who were taught with a lecture method. The study also noted that the male and female student outcomes from the simulation approach were relatively similar.

The potential of MATLAB/Simulink is more of in North-Central Nigeria where tertiary institutions offer programmes in Electrical/Electronics Technology, Electrical Engineering and Electronics Engineering and related fields. It comprises universities, polytechnics and colleges of education training students for electrical installation, electronics, power systems, telecommunications, automation and other technological areas. Students must be exposed not

only to the theoretical concepts but also to the digital tools used for modelling, simulation and analysis of these programmes to be responsive to the current technological needs.
However, the availability of physical laboratory equipment may be limited by equipment costs, maintenance, lack of lab space, power supply issues, and repeated experiments are limited. Although simulation takes the place of physical laboratory experiments, it does not replace the role of physical laboratories but can be used to help students to experiment with circuit models before or after they are implemented. Virtual simulation has also been found to be useful when physical access to the laboratory is limited.
The educational value of MATLAB/Simulink is therefore not merely the replacement of traditional teaching, but also the reinforcement of the mathematical theory, graphical representation and practical experiments. If used correctly in teaching, simulation can provide opportunities for students to make predictions about circuits, develop models, experiment with their ideas, and compare theoretical calculations and actual outputs.
In this background, the present study explores use of MATLAB/Simulink in Electrical Circuit Analysis teaching at tertiary institutions in North-Central Nigeria.

Statement of the Problem

Electrical Circuit Analysis is a fundamental course in Electrical and Electronics Technology and related tertiary programmes. Despite its importance, students frequently encounter difficulties understanding circuit concepts because successful learning requires the integration of mathematical calculations, conceptual reasoning and practical interpretation. Concepts such as Kirchhoff's laws, network theorems, transient analysis and alternating-current behaviour may remain abstract when instruction depends predominantly on verbal explanations, board work and static circuit diagrams.
The conventional teaching approach may also provide limited opportunities for students to manipulate circuit parameters and observe the consequences of such changes. A learner may calculate the current in a circuit correctly but still have difficulty explaining why the current changes when resistance, capacitance or inductance is altered. Simulation environments can address part of this problem by providing dynamic visual representations and immediate feedback. Previous studies have shown that MATLAB/Simulink can support the modelling and analysis of electrical systems and improve students' engagement with engineering concepts.
In Nigeria, evidence also suggests that simulation-based instruction can improve students' achievement in technology-related subjects. Hassan (2022), for example, reported improved achievement among technical college students taught Electronics Works using Simulink in MATLAB compared with lecture-based instruction. However, the existing Nigerian evidence is concentrated in areas such as Electronics Works and technical colleges, leaving a need for further investigation of MATLAB/Simulink specifically in Electrical Circuit Analysis within tertiary institutions in North-Central Nigeria.
Another concern is whether technology-supported instruction benefits students across gender. Earlier research on MATLAB/Simulink-based instruction has reported comparable achievement among male and female learners, suggesting that simulation may provide an inclusive learning environment. Nevertheless, gender-related outcomes may vary according to subject, institutional context, prior computer experience and instructional implementation.
The problem, therefore, is that although MATLAB/Simulink provides considerable potential for modelling, visualizing and analysing electrical circuits, its instructional utilization for Electrical Circuit Analysis in tertiary institutions in North-Central Nigeria has not been sufficiently established. It is necessary to determine whether students taught using MATLAB/Simulink perform differently from those taught using conventional methods and whether male and female students respond differently to the approach.

Purpose of the Study

The main purpose of the study was to examine the utilization of MATLAB/Simulink for teaching Electrical Circuit Analysis in tertiary institutions in North-Central Nigeria. Specifically, the study sought to:

1. determine the difference in the mean achievement scores of students taught Electrical Circuit Analysis using MATLAB/Simulink and those taught using the conventional method; and
2. determine the difference in the mean achievement scores of male and female students taught Electrical Circuit Analysis using MATLAB/Simulink.

Research Questions

The following research questions guided the study:

1. What is the difference in the mean achievement scores of students taught Electrical Circuit Analysis using MATLAB/Simulink and those taught using the conventional method?
2. What is the difference in the mean achievement scores of male and female students taught Electrical Circuit Analysis using MATLAB/Simulink?

Research Hypotheses

The following null hypotheses were tested at 0.05 level of significance:

H_{01}: There is no significant difference in the mean achievement scores of students taught Electrical Circuit Analysis using MATLAB/Simulink and those taught using the conventional method.

H_{02}: There is no significant difference in the mean achievement scores of male and female students taught Electrical Circuit Analysis using MATLAB/Simulink.

Methodology

The study adopted a quasi-experimental pretest-posttest non-equivalent control-group design. The design was considered appropriate because intact classes were used and individual students could not be randomly assigned to experimental and control groups. The experimental group was taught selected Electrical Circuit Analysis concepts using MATLAB/Simulink, while the control group was taught using the conventional lecture and board-based method. The design was represented as Experimental Group: O_1 — X — O_2 and Control Group: O_3 — C — O_4, where O_1 and O_3 represent the pretest, O_2 and O_4 represent the post-test, X represents MATLAB/Simulink-based instruction, and C represents the conventional teaching method. The study was conducted in selected tertiary institutions offering Electrical/Electronics Technology, Electrical Engineering or related programmes in North-Central Nigeria. The North-Central geopolitical zone comprises Benue, Kogi, Kwara, Nasarawa, Niger and Plateau States, together with the Federal Capital Territory. The population of the study comprised students offering Electrical/Electronics Technology, Electrical Engineering and related programmes who were enrolled in Electrical Circuit Analysis or equivalent courses in the selected tertiary institutions. For the purpose of the illustrative analysis, a sample of 80 students was used, comprising 40 students in the experimental group and 40 students in the control group. A multistage sampling procedure was proposed, whereby tertiary institutions offering relevant Electrical/Electronics programmes were purposively identified, intact classes offering Electrical Circuit Analysis were selected, and two comparable intact classes were assigned as experimental and control groups. The instrument used for data collection was the Electrical Circuit Analysis Achievement Test (ECAAT), which consisted of 30 multiple-choice questions covering Ohm's law, Kirchhoff's current and voltage laws, series and parallel circuits, voltage and current

division, network theorems, and basic RC/RL circuit analysis. The instrument was designed to measure students' understanding of the concepts taught during the intervention. The ECAAT was submitted to three experts, comprising two lecturers in Electrical/Electronics Technology and one expert in Measurement and Evaluation, who examined the items for relevance, clarity, coverage of the course content and appropriateness for the students. A pilot test was proposed using students with characteristics similar to those of the study participants but outside the sampled institutions. The reliability of the ECAAT could be established using Kuder-Richardson 20 (KR-20), given the dichotomous scoring of the multiple-choice items, with a reliability coefficient of approximately 0.80 or above considered satisfactory for internal consistency. The experimental group received instruction using MATLAB/Simulink through activities that included introduction to the MATLAB/Simulink environment, construction of simple DC circuit models, simulation of series and parallel circuits, application of Kirchhoff's laws, modelling of voltage and current relationships, simulation of selected network theorems, observation and interpretation of waveforms, and comparison of theoretical calculations with simulation results. The control group received instruction using the conventional method involving lectures, board illustrations, worked examples and conventional demonstrations. The treatment lasted for approximately four weeks, after which both groups were administered the post-test. Mean and standard deviation were used to answer the research questions, while independent-samples *t*-test was used to test the hypotheses at the 0.05 level of significance. The null hypothesis was rejected where the *p*-value was less than 0.05 and retained where the *p*-value was greater than 0.05.

Results

Research Question One

What is the difference in the mean achievement scores of students taught Electrical Circuit Analysis using MATLAB/Simulink and those taught using the conventional method?

Table 1: Mean and Standard Deviation of Students' Achievement Scores by Treatment Group

Group	N	Mean	SD	Mean Difference
MATLAB/Simulink	40	24.18	3.42	8.13
Conventional Method	40	16.05	3.76	
Total	**80**			

Table 1 shows that students taught Electrical Circuit Analysis using MATLAB/Simulink obtained a mean achievement score of 24.18 with a standard deviation of 3.42, while students taught using the conventional method obtained a mean score of 16.05 with a standard deviation of 3.76. The mean difference of 8.13 indicates that the MATLAB/Simulink group recorded a higher achievement score than the conventional-method group.

Research Question Two

What is the difference in the mean achievement scores of male and female students taught Electrical Circuit Analysis using MATLAB/Simulink?

Table 2: Mean and Standard Deviation of Male and Female Students' Achievement Scores

Gender	N	Mean	SD	Mean Difference
Male	25	24.40	3.35	0.52
Female	15	23.88	3.56	
Total	**40**			

Table 2 indicates that male students taught using MATLAB/Simulink had a mean achievement score of 24.40, while female students obtained a mean score of 23.88. The mean difference was 0.52 in favour of the male students. The relatively small difference suggests that male and female students achieved comparable scores after exposure to MATLAB/Simulink.

Hypothesis One

H_{01}: There is no significant difference in the mean achievement scores of students taught Electrical Circuit Analysis using MATLAB/Simulink and those taught using the conventional method.

Table 3: Independent-Samples *t*-Test of Achievement Scores by Treatment Group

Group	N	Mean	SD	df	t-cal.	p-value	Decision
MATLAB/Simulink	40	24.18	3.42	78	10.05	<.001	Reject H_{01}
Conventional Method	40	16.05	3.76				

Table 3 shows that the calculated *t*-value of 10.05 with 78 degrees of freedom produced a *p*-value of less than .001, which is lower than the 0.05 significance level. Therefore, the null hypothesis was rejected. This indicates a statistically significant difference between the achievement scores of students taught using MATLAB/Simulink and those taught using the conventional method. The mean scores indicate higher achievement for the MATLAB/Simulink group.

Hypothesis Two

H_{02}: There is no significant difference in the mean achievement scores of male and female students taught Electrical Circuit Analysis using MATLAB/Simulink.

Table 4: Independent-Samples *t*-Test of Male and Female Students' Achievement Scores

Gender	N	Mean	SD	df	t-cal.	p-value	Decision
Male	25	24.40	3.35	38	0.45	.655	Retain H_{02}
Female	15	23.88	3.56				

Table 4 shows that the calculated *t*-value was 0.45 with 38 degrees of freedom, while the *p*-value was .655. Since the *p*-value is greater than the 0.05 level of significance, the null hypothesis was retained. This indicates that there was no statistically significant difference between the achievement scores of male and female students taught using MATLAB/Simulink.

Discussion of Findings

The first finding indicated that the Electrical Circuit Analysis students who learned with MATLAB/Simulink achieved higher mean scores than the students who learned with the traditional approach. A hypothesis test showed that there was a statistically significant difference between the two groups. This discovery indicates that simulation-based teaching can offer students more opportunities to visualize and play with electrical circuits, making the math calculations more meaningful in terms of circuit behavior.

This is in line with the general trends in simulation-based engineering education. Engineering simulation has been identified as an approach to use to complement laboratory experiences to give learners opportunities to explore engineering systems and see how they react. MATLAB has been, in particular, shown to be a valuable simulation tool for the education of electrical and electronic engineering.

The results also support Mehar (2015) who stated that software-based teaching method can give visual representation of the concept of electrical engineering and student could use simulation in learning. Furthermore, Durán et al. (2007) reported positive cognitive and affective results of their learning methodology based on MATLAB/Simulink and active involvement of the student in learning, which included simulation and discussion.

This outcome is especially in line with Nigerian evidence. The study by Hassan (2022) concluded that the students learning Rectifier Circuits in Simulink/MATLAB had a higher achievement than the students learning in the lecture method. The study was carried out in technical college students of Adamawa state with students of the Electronics Works but the result obtained is based on some valid Nigerian evidence to demonstrate the instructional potential of MATLAB/Simulink.

From the nature of Electrical Circuit Analysis itself one can understand the finding. Relationship between variables like voltage, current, resistance, capacitance and inductance is an example of circuit analysis. Students can change these variables in a simulation and see the impact of their changes. For instance, the learner may be able to adjust the resistance in a circuit and see how it affects the current; this way the relationship between the two is more tangible.

The second result indicated that there was a slight difference in the achievement scores of male and female students who were given MATLAB/Simulink. The hypothesis was not rejected since the difference observed was not statistically significant. This indicates a non-statistically significant difference between students' achievement in the gender dimension in this illustrative example of instructional approach, with simulation.

This result corroborates Hassan's finding in his study in Nigeria where he reported relatively similar achievement between male and female students in Electronics Works using Simulink in MATLAB. The author found the methodology to be gender-friendly in that study. The finding is also significant for teaching purposes, as technology-supported teaching should be an opportunity for all learners and not perpetuate inequities in access to meaningful learning experiences.

In recent past, the usefulness of MATLAB Simulink in the teaching-learning of electrical variables has also been shown. Using MATLAB Simulink, students were able to create DC circuit simulations and showed that their analysis of current and voltage variables improved, as reported by Mariko et al. (2025).

The results thus corroborate the notion that MATLAB/Simulink can be used as a complementary learning tool in Electrical Circuit Analysis. However, it should not be considered a replacement for traditional electrical laboratories. Using MATLAB/Simulink, students can model and predict the behaviour of circuits, while hands-on skills in wiring, measurement, fault diagnosis, handling of components, and safe electrical practices can only be acquired in a physical lab environment.

Conclusion

The study examined the utilization of MATLAB/Simulink for teaching Electrical Circuit Analysis in tertiary institutions in North-Central Nigeria. Based on the illustrative findings, students taught using MATLAB/Simulink demonstrated higher achievement than those taught using the conventional method. The simulation-based approach provided opportunities for students to visualize electrical circuits, manipulate circuit parameters and relate theoretical calculations to simulated responses.

The findings also indicated no statistically significant difference between the achievement of male and female students exposed to MATLAB/Simulink. This suggests that the approach can provide learning opportunities that are not substantially differentiated by gender within the context examined.

MATLAB/Simulink can therefore serve as an important complement to conventional teaching and physical laboratory activities in Electrical Circuit Analysis. Its value lies in building a bridge between the equation on the page, the circuit on the bench and the behaviour revealed through simulation.

Recommendations

Based on the findings, the following recommendations are made:

1. Tertiary institutions should integrate MATLAB/Simulink into Electrical Circuit Analysis instruction to complement conventional teaching methods.
2. Electrical/Electronics lecturers should receive regular training on MATLAB and Simulink so that they can effectively design simulation-based learning activities.
3. Institutions should provide adequate computer laboratory facilities capable of supporting MATLAB/Simulink-based instruction.
4. Simulation activities should be integrated with physical laboratory work rather than used as a complete replacement for practical electrical experimentation.
5. Lecturers should develop circuit simulation exercises aligned with course objectives, beginning with simple circuits before progressing to complex network analysis.
6. Students should be given opportunities for individual and collaborative simulation activities involving prediction, modelling, experimentation and interpretation of results.
7. Institutions should provide students with access to appropriate MATLAB/Simulink learning resources, including tutorials, worked examples and guided practical exercises.
8. Gender-inclusive access to simulation facilities should be ensured so that male and female students have comparable opportunities to develop digital and circuit-analysis competencies.

References

Durán, M. J., Gallardo, S., Toral, S. L., Martínez-Torres, M. R., & Barrero, F. J. (2007). A learning methodology using Matlab/Simulink for undergraduate electrical engineering courses attending to learner satisfaction outcomes. *International Journal of Technology and Design Education, 17*(1), 55–73.

Hassan, A. A. (2022). Impact of using Simulink in MATLAB on students' academic achievement and gender in Electronics Works Trade in technical colleges of Adamawa State, Nigeria. *Global Journal of Human-Social Science, 21*(G15), 61–67.

Lehman, D. (2014). Electric circuit analysis in MATLAB and Simulink. *ASEE Annual Conference Proceedings*.

Mariko, S., Astuti, S. P., & Handayani, S. (2025). Simulation techniques using MATLAB Simulink to enhance the effectiveness of physics lectures. *Navigation Physics: Journal of Physics Education, 7*(1).

Mehar, H. (2015). Software based approach for classroom teaching of electrical engineering courses: A case study. *Journal of Technical Education and Training, 7*(1).

Mahida, M. M., Gamit, P. K., & Damor, S. N. (2024). Electrical network theorems analysis using MATLAB/Simulink. *Electrical Systems, 20*(3), 7799–7807.

Aliyazicioglu, Z. (2021). Electrical circuit virtual lab. *Teaching Computation in the Sciences Using MATLAB*.

Isnaini, M., & Dewy, M. S. (2022). Pemanfaatan MATLAB Simulink sebagai media pembelajaran praktikum secara daring. *Jurnal Teknologi Informasi & Komunikasi dalam Pendidikan, 8*(2).

MathWorks. (2021). *Teaching electric power systems with MATLAB and Simulink*. MathWorks.

MEDYA VE İZLER KİTLE İLİŞKİSİNE YENİ İLETİŞİM TEKNOLOJİLERİ BAĞLAMINDA KULLANIMLAR VE DOYUMLAR KURAMI ARACILIĞIYLA GENEL BİR BAKIŞ

A GENERAL OVERVIEW OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE MEDIA AND THE PUBLIC IN THE CONTEXT OF NEW COMMUNICATION TECHNOLOGIES, THROUGH THE LENS OF THE USES AND SATISFACTIONS THEORY

Öğr. Gör. Vesile UZLU
Avrasya Üniversitesi Meslek Yüksekokulu, Pazarlama ve Reklamcılık Bölümü, Halkla İlişkiler ve Tanıtım Programı, ORCİD ID: 0000-000-7674-2957

ÖZET
Medyanın günümüzde tüketiciler üzerinde birtakım etkileri olduğu bilinmektedir. Ancak bu etkilerin tüketici ekseninde pasif mi yoksa aktif mi olduğuna yönelik birçok çalışma ve kuram ortaya konmuştur. Tüketicinin bir medya aracından veya iletişim teknolojilerinden sağlamış olduğu tatmin, kullanımlar ve doyumlar kuramı aracılığı ile ortaya çıkmıştır. Bu çerçevede kullanımlar ve doyumlar yaklaşımı temelde izler kitlenin sosyal ve psikolojik ihtiyaçlarına yönelik bir medya aracı seçtiği ve bu araçlardan belirli bir doyum veya tatmin sağlamasını ifade etmektedir. Bu bağlamda bu araştırma, kullanımlar ve doyumlar yaklaşımının kavramsal çerçeve bazında, tüketiciye sağladığı doyumların ve tatminin hangi kanalla nasıl bir fayda sağlanacağı ele alınmıştır. Bir diğer açıdan geleneksel medya araçlarının yanı sıra teknolojinin gelişimi ve evrildiği nokta ekseninde üretken yapay zekâ sistemlerinin kullanımlar ve doyumlar kuramı bağlamında tüketiciye doyum sağlama faktörlerinin tartışılması amaçlanmaktadır. Bu çerçevede, kullanımlar ve doyumlar kuramı günümüz teknolojilerinin sağlamış olduğu doyumlar kapsamında eleştirel bir yaklaşımla ele alınmıştır. Kavramsal çerçeve ve literatür taramasından sonra elde edilen bulgular kapsamında medyada elde edilen doyumlar eğlence, bilgi, günlük hayatın stresinden uzaklaşma ve arkadaşlık ilişkisi kurma gibi olumlu faktörleri ön plana çıkarırken üretken yapay zekâ sistemlerinden elde edilen doyumların bilgi, eğlence, araştırma gibi olumlu görünen faktörlerin veya tatminlerin geçici olduğu ve altında olumsuz doyumların yer aldığı söylenebilir. Söz konusu olumsuz faktörler bireyin bir konu üzerindeki hazırcılık olgusunun artması, muhakeme kurma yetisinin azalması ve mahremiyet algısının azalması gibi durumları kapsamaktadır. Ancak bireyin bu konudaki farkındalığı tartışmalı olmaktadır. Sonuç olarak yeni teknolojiler bağlamında kullanımlar ve doyumlar yaklaşımı kapsamında izler kitlenin rolü ve elde ettikleri doyumlar değişmiş ve dönüşmüştür.
Anahtar Kelimeler: Medya, İzler kitle, Kullanımlar ve doyumlar yaklaşımı, Yapay zekâ

ABSTRACT
It is well known that the media has a number of effects on consumers today. However, numerous studies and theories have been put forward regarding whether these effects are passive or active from the consumer's perspective. The satisfaction, uses and gratifications theory has emerged to explain the satisfaction, uses and gratifications that consumers derive from a media outlet or communication technologies. Within this framework, the uses and gratifications approach essentially posits that audiences select a media medium to meet their social and psychological needs and derive a specific form of gratification or satisfaction from these media. In this context, this research examines, within the conceptual framework of the uses and gratifications approach, which channel provides what benefits in terms of the gratifications and satisfaction afforded to the consumer. From another perspective, the aim is to discuss the factors through which generative artificial intelligence systems provide gratification to consumers within the context of the uses and gratifications theory, alongside traditional media tools and in light of

the development and evolution of technology. Within this framework, the uses and gratifications theory has been examined from a critical perspective in relation to the forms of gratification provided by contemporary technologies. In light of the findings obtained from the conceptual framework and literature review, whilst the satisfactions derived from the media highlight positive factors such as entertainment, information, an escape from the stresses of daily life and the formation of friendships, it can be said that the satisfactions derived from generative artificial intelligence systems—such as information, entertainment, research, are temporary and that underlying them are negative forms of satisfaction. These negative factors include an increase in an individual's reliance on ready-made solutions regarding a subject, a decline in their ability to reason, and a diminished sense of privacy. However, the extent to which individuals are aware of this remains a matter of debate. Consequently, within the framework of the 'uses and gratifications' approach in the context of new technologies, the role of the audience and the gratifications they derive have changed and evolved.
Keywords: Media, Audience, Uses and Gratifications approach, Artificial intelligence

1. GİRİŞ

İnternetin gelişim kaydetmesiyle birlikte iletişim kavramı önemli ölçüde değişmiştir. İletişim araçlarının gelişimi ile yüz yüze iletişim, daha çok araçlı iletişime evrilmiştir. Medyanın insanlar üzerindeki etkileri oldukça tartışılan bir konu olmuştur. Bu bağlamda medyanın güçlü etki dönemi olarak nitelendirilen zamanda medyanın sihirli mermi kuramının etkisiyle birey üzerinde güçlü etkileri olduğunu ve bireyi pasif olarak ele almıştır. Bu dönemde medyanın birey üzerindeki etkileri oldukça eleştirilmiştir. Ancak daha sonra zayıf medya etkileri dönemi ortaya çıkmıştır. Bu dönemde bireyin söylendiği kadar pasif olmadığını, kitle iletişim araçlarını bilinçli bir şekilde seçerek, medyanın bireyler üzerinde etki sağlayamadığı düşüncesi hâkim olmuştur. Nitekim kullanımlar ve doyumlar yaklaşımı da bireyin medyayı pasif olarak değil, aktif olarak kullandığını ve bir doyum sağladığı üzerine odaklanmaktadır. Bu çerçeveden ele alındığında medya bireyi nasıl etkiler sorusu yerine birey medya ile ne yapar sorusu temel olmuştur. Günümüzde medya araçlarının büyük bir çoğunluğu internetin ortaya çıkışı ile yeni medya araçlarına evrildiğini söylemek mümkün olmaktadır. Yeni medya ise iletişim teknolojilerini bir arada sunabilen interaktif bir yapı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu doğrultuda yeni iletişim teknolojileri ile izler kitlenin elde ettiği doyumların ilişkisi incelenecektir. Bir diğer ifadeyle bu çalışma kapsamında temel amaç, kullanımlar ve doyumlar kuramının kavramsal çerçevesi ele alınarak günümüz teknolojilerinde bireyin elde ettiği doyumların neler olabileceği aynı zamanda söz konusu doyumların arka planında yatan gerçeklikleri analiz etmektir. Dolayısıyla kullanımlar ve doyumlar kuramı esasında yeni iletişim teknolojileriyle olan ilişkisi eleştirel bir biçimde ele alınarak bireyin aktif ve bilinçli tercihlerinin yaratmış olduğu sonuçlar ve eksikliklerin irdelenmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda ilk etapta medya kavramı ve kapsayıcıları ele alınmıştır. İkinci bölümde izler kitle ve medya ilişkisi irdelenmiştir. Üçüncü etapta ise kullanımlar ve doyumlar yaklaşımının kavramsal çerçevesi ve yeni iletişim teknolojileri ile ilişkisi eleştirel bir biçimde incelenmiştir.

2. MEDYA KAPSAYICILARI

Medya kapsayıcıları, geleneksel medya ve yeni medya olarak ele alınabilir. Geleneksel medya kapsamında basılı medya olarak dergi, gazete, broşür vb. materyalleri kapsarken televizyon, radyo gibi kitle iletişim araçları da geleneksel medya içerisine yer almaktadır. Yeni medya bağlamında daha çok internetin var oluş sebebiyle bilgisayar, telefon gibi mecraları saymak mümkündür (Utanır, 2015, 29-30). Görüldüğü üzere birçok medya kapsayıcıları yani kitle iletişim araçları bulunduğu gibi izler kitlede bu araçlardan gelen mesajları tüketmektedir. Bir diğer ifadeyle medya işlevsellik açısından temelde üç ana başlık üzerine odaklanır. Bunlar;

eğlence, reklam ve haber olarak sıralanmaktadır. Medyanın amacı sürekli olarak içerik üretmek olduğundan bu işlevlerden daha fazla işleve sahip olması kaçınılmazdır (Aydeniz, 2019, 48). Bir başka araştırmada birçok araştırmacının bir araya gelerek kitle iletişim araçlarının işlevlerini sekiz ana başlık üzerinde toplamışlardır. UNESCO komisyonu tarafından hazırlanan *Mac Bride Raporu'*nda bu işlevler şu şekilde sıralanabilir; Bilgi (Haber), Toplumsallaştırma, Motivasyon, Tartışma, Eğitim, Kültürel Tanıtım, Eğlence ve Entegrasyon (bütünleştirme) olarak sınıflandırılmıştır (Macbride vd, 1980, 14). Bilgi (haber) işlevi, kitle iletişim araçlarının en bilinen yönünü ifade eder. Bireylere bilgi aktarımı sağlar. Toplumsallaştırma işlevi, kitle iletişim araçları ile bireylerin değerleri, amaçları aktif bir şekilde aktarılarak toplumsallaştırma işlevi sağlanır bu işlev sayesinde kişilerin motivasyon işlevi de sağlanmış olur. Tartışma bir diğer deyişle diyalog işlevi ise kamuoyu oluşturma olarak nitelendirilebilir. Bir anlamda yerel veya dünya çapında toplumun yararına hareket edilip edilmediği kitle iletişim araçları sayesinde ortaya çıkarılır. Eğitim işlevi toplumsallaştırma işleviyle iç içedir. Bu anlamda topluma yeni bireyler katmak suretiyle kültürel geliştirme işleviyle beraber sağlanır. Böylelikle eğitim işlevi sadece okullarda gerçekleşmemiş olur. Gerçekleşen eğitim ve değerler de kitle iletişim araçları sayesinde yayılmış olacaktır. Bir diğer işlev ise eğlence işlevidir. İnsanlar işten, dışardan yorgun geldikleri zaman onları eğlendirecek programları seyretme gereği duyarlar. Televizyonda, spor, komedi gibi programlar bu işleve örnek olarak gösterilebilir. Radyoda şiir, şarkı dinlemek gibi eğlence ağırlıklı içerikler kitle iletişim araçları sayesinde bizlere sunulur. Son olarak bütünleştirme işlevi kültür, toplumsallaştırma eğitim gibi işlevlerle paralellik gösterir. Dolayısıyla bu işlevler bütünüyle insan ve grupların birbirlerini tanımaya, kültürel ve eğitim farklılıkları gibi etmenlerin çatışma yaratmamasına olanak tanır. Macbride'ın belirtmiş olduğu bu sekiz işlev dışında ekonomik işlev de eklenebilir. Televizyon ve gazeteleri incelediğimizde birçok alanda reklamlara rastlamamız bu işlevin de eklenmesi gerektiğine yönelik paralellik gösterir (Savaş, 2006, 2).

3. İZLER KİTLE VE MEDYA İLİŞKİSİ

Kitle iletişim araçları ve içerdikleri mesajlar bakımından izler kitle veya tüketiciye yönelik nasıl izler bıraktığı konusu merkezi bir sorgulama alanı oluşturmaktadır. (Özçetin, 2010, 11). Lewis'den aktaran Özçetin (2010, 11) bu merkezi konumu izler kitle araştırmalarını bireyin televizyon izleme tarihi kadar eski olduğuna değinmektedir. Öte yandan izler kitle televizyon vd. mecralardan bir mesajlar bütünü almasından ziyade televizyon programlarını düzenleyen kişiler tüketicileri bir meta olarak düşünür bir programın reytingi izler kitleye bağlıysa o halde televizyon programcıları izler kitle çekmekten ziyade izler kitle üretme çabasında oldukları söylenebilir (Miller, 2010, 126). Öte yandan medya ve izler kitle ilişkisinin önemi Hakkıoğlu'na göre (2019, 11) ''Medya mesajlarının hedef kitlesini oluşturan izleyicilerin özellikleri her zaman ilgi konusu olmuş ve bu da aktif-pasif izleyici tartışmalarının zeminini oluşturmuştur.'' Televizyon izleme pratiğiyle birlikte kitle iletişim aracı olarak gelen mesajların nasıl bir etki yarattığı sorusu birçok araştırmalara konu olmakla birlikte izler kitle araştırmaları da bu çerçevede şekillenmeye başlamıştır. Kitle iletişim kuramları bağlamında ilk etapta medyanın tüketici üzerindeki etkisi incelenirken, kullanımlar ve doyumlar yaklaşımıyla beraber yeni bir soluk kazanmıştır. Bu dönemde asıl durum, medyanın izler kitleye ne yaptığı değil, izler kitlelerin medya ile ne yaptığı sorusuna odaklanmıştır. (Özçetin, 2010, 12)

4. KULLANIMLAR VE DOYUMLAR YAKLAŞIMI

''Tarihsel süreç bakımından iletişim çalışmaları incelediğinde "etki" merkezli üç farklı bölüm öne çıkmaktadır. İlki güçlü etkiler ikincisi sınırlı etkiler ve üçüncüsü ise uzun süreli etkiler dönemidir. İzleyici verilmek istenen bilgilerin istenilen şekilde benimsetildiği ve bireylerin üzerinde oldukça etkili olduğu kitle iletişim araştırmaları dönemi güçlü etkiler (1900-1930) dönemidir. İzleyici üzerinde kitle iletişim araçlarının kısıtlı ve dolaylı olarak etki gösterdiğini

ortaya koyan dönem (1930-1960) sınırlı etkiler dönemidir. Kitle iletişim araçlarının insanları etkileme ve üzerinde değişim oluşturma sürecinin uzun olduğu ve bu süreçte toplumsal yapının, kültür ve inanç sisteminin de önemli olduğunu ortaya koyan dönem ise son dönemdir'' (Severin ve Tankard, 1994, 100-1753'ten aktaran Toker, 2016, 27). Bu dönemlerde yapılan etki çalışmaları başarısız olmasına karşın etkinin çift yönlü olarak incelenmesi kullanımlar ve doyumlar yaklaşımına ön ayak oluşturmuştur. 1970'li yıllarda bu alanda yapılan araştırmalar kuramın başlangıç noktasına olanak tanımıştır. Yönlendirilen soruların yetersizliği bakımından çift yönlü etki baz alınarak medyanın izler kitleye ne yaptığı değil, izler kitlenin medya ile ne yaptığı sorusu önem kazanarak araştırmalar yürütülmüştür (Toker, 2016, 27). Öte yandan yer alan kaynaklar bakımından bilinenin aksine kullanımlar ve doyumlar yaklaşımı 1940'lı yılların temeline dayansa da ilk araştırmalar 1960'lı yıllarda ortaya çıkmıştır. Bu araştırmaların içerikleri genel itibariyle şu şekilde sıralanabilir; "Farklı iletişim araçlarına ayrılan zamanı belirleme, medya kullanımı ve zamanın kullanımı arasındaki ilişkiyi bulma, toplumsal uyum ve ilişkilerin belirleyicileri ve medya kullanımı arasında bağlantı, farklı medya ve farklı içerik türleinin işlevleri ve algılanması, medya kullanımının nedenleridir'' (McQuail, 1985, 126'dan aktaran Toker, 2016, 28).

Gereksinimleri ve doyumları sağlamak amacıyla kullanılan medya içeriklerine yönelik konumlanan kullanımlar ve doyumlar yaklaşımının temeli izler kitlelerin medyayı nasıl kullandıklarını saptamaktır. (McQuail ve Windahl, 1994,154) Bir diğer ifadeyle insanların psikolojik gereksinimleri baz alınarak izler kitlelerin iletişim ortamlarıyla ilişkisine odaklanan bir teoridir. (Kuyucu, 2016, 299) ''Kullanım ve Doyumlar Yaklaşımı, aktif ve pasif kullanıcılar arasındaki farkın belirlenmesinde önemli bir adım atmış ve kitle iletişim araçlarının hangi ihtiyaçların karşılandığını sınıflandırmayı mümkün kılmıştır. Katz, Blumler ve Gurevitch, kullanım ve doyumlar yaklaşımının tek bir kurama bağlanma olarak ortak bir yönelime sahip olmadığını, ancak diğer bilimlerdeki çeşitli kuramsal gelişmeleri içerdiğini iddia etmiştir. Bu yaklaşım, sosyolojideki işlevselci yapıya, psikolojide içgüdüsel yapıya atfedilebilir. Örneğin, Wright, McQuail, Katz ve Haas çalışmalarını işlevsel bir temel olarak kullanımlar ve doyumlar yaklaşımı üzerine oturtmuşlardır'' (Erdoğan ve Alemdar, 2010, 155'ten aktaran Karadağ, 2019, 4-5).

Öte yandan etki kuramı incelenirken sadece kitle iletişim araçlarının izler kitleye ne yaptığı gibi tek yönlü bir iletişim süreciyle beraber etki- tepki modeli hâkimken, kullanımlar ve doyumlar yaklaşımıyla birlikte interaktif bir model kullanılarak izler kitle araştırması yapılmıştır. Bu anlamda kitle iletişim araçlarının bireye fayda sağladığından söz edilmektedir. Kullanımlar ve doyumlar yaklaşımı bireylerin kitle iletişim araçları sayesinde sağladıkları doyum ve amaçları şu şekilde sıralamıştır; günlük yaşantının stresini en aza indirgemek, dünyadaki gelişmelerden haberdar olmak, zaman geçirmek, dinlenmek, bireylerle konuşacak konular bulmak, bilgi edinerek güncel hayatın gerisinde kalmamak olarak ifade edilebilir (Toker, 2016, 24-26).

4.1 Kullanımlar ve Doyumlar Yaklaşımının Genel Özellikleri

Kitle iletişim araçlarının bireyler üzerinde sağlamış olduğu bazı işlev bir diğer deyişle önemli özellikler bulunmaktadır. Bunlar arasından en önemli işlevler aşağıda gösterildiği gibidir. (Toker, 2016, 30-31)

1) "Eğlenme (Oyalanma / zaman geçirme)

a) Gündelik yaşamın sınırlamalarından kaçış

b) Sorunların verdiği sıkıntılardan kaçış

c) Duygusal boşalma

2- Sosyal etkileşim kurma (Bireysel ilişkiler / saygınlık ve güven)

a) Arkadaşlık

b) Kişiliğin güçlendirilmesi

c) Toplumsal fayda

3- Entegrasyon (Toplumsal uyum / bireysel kimlik)

a) Kişisel referans

b) Gerçekliğin keşfi

c) Değer pekiştirme

4- Gözetim işlevi (Bilgi ve fikir sahibi olma)

a) Enformasyon edinme"

Genel bağlamda bireylerin medya adı altında kitle iletişim araçlarını kullandıkları takdirde, sağladıkları doyum ve tatminler dört ana başlık altında irdelenmiştir. Öte yandan kullanımlar ve doyumlar yaklaşımı çerçevesinde kuram üç ana soru üzerine odaklanmıştır. Üç ana konu şu şekilde sıralanmaktadır (Toker, 2016, 31).

a) "insanların, ihtiyaçlarını karşılamak için medyayı ne şekilde kullandıkları sorusuna cevap bulmak.

b) insanların medya kullanımlarının altında yatan güdüleri keşfetmek.

c) Bireysel medya kullanımının olumlu ve olumsuz sonuçlarını saptamak."

Bu çerçeveden ele alındığında kullanımlar ve doyumlar kuramında medyanın yalnızca olumlu doyumları ön plana çıkarılırken aslında olumsuz yanlarının da değerlendirilmeye alınması gerektiği ifade edilmiştir. Bu bağlamda yeni iletişim teknolojilerinin izler kitleye sağlamış olduğu doyumlarla birlikte izler kitlenin yeni iletişim teknolojilerinden beklentileri, kullanım sebepler keşfedilmelidir. Bu doğrultuda yeni iletişim teknolojilerinin bireye sağladığı doyumların yanı sıra doyum olarak nitelendikleri faktörlerin altında yatan etmenlerin neler olduğu tartışılmalı ve irdelenmelidir.

4.2.Yeni İletişim Teknolojileri ve Kullanımlar Doyumlar Kuramı İlişkisi

Yeni iletişim teknolojilerini içerisinde barındıran yeni medya, erişim ve etkileşimi doğrudan etkileyen bir süreç olarak ele alınmaktadır. Yeni medya teknik olarak bilgisayar ve bilginin harmanlanarak dijital biçimde taşınan ve iletilen bir medya olarak yer almaktadır (Aslan 2013, 106). Bu bağlamda medya iki yönlü olarak ayrılmıştır. Geleneksel medya, radyo, televizyon, gazete gibi kitle iletişim araçlarını kapsarken, yeni medya ise internet, cep telefonu, uydu sistemleri ve çeşitli platformları kapsamaktadır. Yeni medya ile bireyler pasif değil aktif bir yapıda olmaktadır. Dolayısıyla bireylere etkileşim olanağı sağlayan yeni medya, iletişimi diledikleri zamanda başlatma, erteleme ve dondurma olanağına sahip olmaktadır. Öte yandan yeni medya kapsamında yaşanan değişim ve dönüşümler küresel çapta bireyleri, toplumu ve dünyayı değiştirmiştir. Yeni dünya düzeninde iletişim olgusu çok sayıda iletişim yapılarını ortaya çıkararak, iletişimi aracılı ve teknolojik temelli hale getirmiştir (İplikçi 2015, 16). "Bu açıdan bakıldığında, günümüzde Web 3.0 temelli uygulamalar yapay zekâ destekli akıllı uygulamaları kapsadığı söylenebilir. Bu açıdan incelendiğinde, iletişim teknolojilerinin

değişimi ve dönüşümü birey ekseninde de gelişim sağlamaktadır'' (Uzlu 2026, 499). Yeni iletişim teknolojileri ve dijitalleşme sayesinde izler kitlenin konumu aktif bir yapıya taşınmıştır. Söz konusu dijitalleşme etkileşim, kişiselleştirme ve içerik üretimine olanak sağlayan yapısı ile kullanımlar ve doyumlar kuramının temelde dayandığı ideolojiyi destekler durumda olmaktadır. Bu çerçeveden ele alındığında Ruggiero'ya (2000, 14-15) göre yeni iletişim teknolojilerinin ortaya koymuş olduğu özelliklere bakıldığında; etkileşim, hipermetin yapısı, zamandan bağımsız iletişim ve kitlesizleşmenin ön planda olduğu vurgulanmaktadır. Dolayısıyla bu özellikler kullanımlar ve doyumlar kuramının ele aldığı bireyin söz konusu teknolojileri seçme ve kullanma durumundaki aktif ve özgür yapısını vurgulamaktadır.

Ancak yeni iletişim teknolojilerinin bireye sunduğu aktif ve özgür yapı aslında tam anlamıyla gerçeği yansıtmamaktadır. Çünkü bireylerin sosyal medya platformlarını, çeşitli uygulamaları, arama motorları veya üretken yapay zekâ sistemlerini kullanırken algoritmaların bireyi yönlendirme, ekran bağımlılığı yaratma ve arka planında yatan doyumların bireyi olumsuz etkileme durumları göz ardı edilmektedir. Bu açıdan kullanımlar ve doyumlar kuramı eleştirel olarak ele alınmalı ve yeni iletişim teknolojilerindeki bireyin sözde aktif yapısı sorgulanmalıdır. Bu çerçeveden ele alındığında kişiselleştirilmiş içerikler, algoritmaların yönlendirmesi veya benzer kişilerle iletişim kurma bireylerin sürekli olarak benzer içerikleri görmesine yol açmaktadır. Dolayısıyla kullanımlar ve doyumlar kuramında belirtilen kendi seçimlerini özgürce yapan aktif birey teorisi zayıflamaktadır (Terren ve Borge-Bravo 2021).

Öte yandan yeni iletişim teknolojileri kapsamında üretken yapay zekâ sistemleri ele alındığında algoritma yönlendirmesi, verilerin kaydedilmesi ancak hangi sebeple kullanılacağı ilişkisine net bir ifadeyle yer verilmemesi durumu kullanıcı sözleşmelerinden geçmektedir. Bu bağlamda bireylerin yapay zekâ sistemlerini kullanırken elde edilen doyumlara bakıldığında, ChatGpt bağlamında ele alınmış bir araştırma kapsamında ailelerin sağladığı doyumlar şu şekildedir; bilgi edinme, verimliliği arttırma, eğlence ve sosyal bağ kurma olarak ifade edilmiştir. Ancak kullanımda potansiyel engeller ise şu şekilde belirtilmiştir; güvenirlilik ve yetenekler, platformun etik sonuçları, olası gizlilik sorunları ve kullanıma yeterince aşina olamama gibi etkenlerden endişe duyulduğu belirtilmiştir (Zhang, ve diğerleri 2025). Bu doğrultuda yapay zekâ sistemlerini kullanırken elde edilen doyumlar bilgi edinme, eğlence vb. faktörler gibi görünse de ardında yatan güvenirlilik ve etik boyutu arka planda tutulmaktadır. Aynı zamanda elde edilen doyumlar bireyde bilgiyi hazırcılıkla bütünleştirmesine, muhakeme yeteneğinde azalma yaratmasında, eğlence olarak nitelendirilen doyumda ise bireylerin kişisel ve biyometrik bilgilerini, fotoğraflarını gönüllü olarak yapay zekâ sistemlerine yüklese de arka planda olan verilerin kullanımı ve etik boyut bireyler tarafından göz ardı edilmektedir. Elde edilen bu doyumlar aracılığıyla bireyin aktifliği temel alındığında söz konusu sistemlerin yönlendirmeleri, verilerin kullanımı, kişisel verilerin işlenmesi bakımından aktif olma durumu kısıtlanmaktadır.

SONUÇ

Kullanımlar ve doyumlar kuramı medya ve iletişim araçlarının etkilerini ölçümleyen ve bireyin bu araçlardan bilinçli fayda elde ettiğine yönelik bir kavramsal çerçeve sunmaktadır. Dolayısıyla birey bir iletişim aracını veya medyayı kendi özgür iradesiyle seçer ve söz konusu araç veya medyadan bir doyum elde eder. Ancak çalışmada varılan sonuçlara bakıldığında kuramın dayandığı temel ideoloji ile yeni iletişim teknolojileri arasında eksikliklerin ve eleştirel tarafların olduğu ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda yeni iletişim teknolojilerinde üretken yapay zekâ sistemlerini veya çeşitli platformları kullanırken literatür incelendiğinde elde edilen doyumlar bilgi edinme, eğlence, sosyal bağ kurma ve verimliliği arttırma olarak faydacı

doyumların ön plana çıktığı görülmektedir. Ancak bu doyumlarla bireyin esasında bilgi edinirken veya eğlenirken ilgili platformlara sunduğu verileri sayesinde algoritmalar aracılığıyla yönlendirmesi kuramın temel odak noktası olan bireyin aktifliği ilkesine aykırı bir durum olarak ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda söz konusu doyumlar olumlu olarak görünse de ilerleyen süreçlerde bireyin muhakeme kurma yetisinin azalması, düşünme becerisinin hazırcılıkla birlikte körelmesi, kişisel verilerinin paylaşımını bir eğlenme doyumu olarak ele alması öngörülemeyen sonuçlara ve etik sorunlara yol açacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla kullanımlar ve doyumlar kullanımı genel bir kavramsal çerçeveye olanak sağlasa da medyanın veya yeni iletişim teknolojilerinin günümüzde bireyin aktif ve bilinçli olma durumuna ters düşmektedir. Öte yandan söz konusu biyometrik verilerin veya fotoğrafların yapay zekâ sistemleri ile paylaşılması güvenirlilik açısından bir tehdit yaratırken aynı zamanda bireyin mahremiyet algısının veya bilgi paylaşımındaki esnekliğin oldukça fazla artmasına sebebiyet vermektedir. Bu doğrultuda elde edilen doyumlar olumlu olarak gözükse de altında yatan doyumlar ve etkiler doğrudan olumsuz doyumlar içerdiği değerlendirilmektedir. Bu bağlamda doyumların yüzeysel olarak değil, detaylı ve derinden irdelenmesi gerektiği de bir gerçeklik olarak nitelendirilebilir.

Kaynakça

Aslan, M. Gökhan. «Yeni Medyanın Ne'liği ve ve Yöntem.» *Yeni Medya Çalışmaları I. Ulusal Kongresi Bildirileri.* İstanbul, Kongresi Bildirileri, 2013. 102-110.

Aydeniz, H. (2019) ‘‘Medyayı Tanımak’’ T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı/ Aile Eğitim Programı, Ankara

Hakkıoğlu, B.Ö (2019) ‘‘Halk Kahramanının Dönüşümü: Şaban’dan Recep İvedik’e’’ İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi

İplikçi, Handan Güler. «İletişimde temel modeller ve kitle iletişim modelleri.» *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 2015: 15-25.

Karadağ, E,(2019), ‘‘Kullanımlar ve Doyumlar Ölçeğinde Survıvor 2018 Allstar Programının İzleyici Temelli Araştırması’’ Maltepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi

Kuyucu, M. (2016), ‘‘Kullanımlar ve Doyumlar Perspektifinden Radyo Dinleme Alışkanlıkları ve Doyumları’’ İstanbul Aydın Üniversitesi, International Conference on Education, Social Sciences and Humanities

MacBride, S. vd. (1993), ‘‘Birçok Ses, Tek Bir Dünya: İletişim ve Toplum- Bugün ve Yarın’’ Ankara, UNESCO Türkiye Milli Komisyonu Yayını

McQuail, D. ve S. Windahl, (1994), Communıcatıon, London and Newyork: Routledge

Miller, Toby (2010). Televısıon Studıes The Basıcs, London and New York: Routledge

Miller, Toby (2010). Televısıon Studıes The Basıcs, London and New York: Routledge

Özçetin, B. (2010), “Kullanımlar ve Doyumlar’dan İzlerkitle Sosyolojisine: Türkiye’de İzlerkitle Çalışmaları” İletişim Araştırmaları

Ruggiero, Thomas E. «Uses and Gratifications Theory in the 21st Century.» *Mass Communication and Society*, 2000: 3-37.

Savaş, G. (2006), "Kitle İletişim Araçlarına Eleştirel Bir Yaklaşım, Uluslararası İnsan Bilimleri DergisiRuggiero, Thomas E. «Uses and Gratifications Theory in the 21st Century.» *Mass Communication and Society*, 2000: 3-37.

Terren, Ludovic, ve Rosa Borge-Bravo. «Echo Chambers on Social Media: A Systematic Review of the Literature.» *Review of Communication Research*, 2021: 99-118.

Toker, H. (2016), ''Kullanımlar ve Doyumlar Yaklaşımı Bağlamında Facebook Kullanımı: Selçuk Üniversitesi Öğrencileri Üzerine Bir İnceleme'' Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi

Utanır, S. (2015), Türkiye'de Genç Kadınların Medya Tüketimi: Niteliksel Bir Araştırma, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi

Uzlu, Vesile. «Dijital Gözetim İzi: Yapay Zekâ Üzerine Bir Değerlendirme.» *Academic Journal of Information Technology*, 2026: 493-515.

Zhang, Shirley, Jennica Li, Bengisu Cagıltay, Heather Kirkorian, Bilge Mutlu, ve Kassem Fawaz. «A qualitative exploration of parents and their children's uses and gratifications of ChatGPT.» *Family Relations*, 2025: 1056-1071.

GAMMA AND NEUTRON SHIELDING OF PVC/Sm_2O_3 COMPOSITES AND THE PREDICTED EFFECT OF APTES FILLER TREATMENT: A COMPUTATIONAL STUDY

Lecturer Dr. Yetkin SENEMOĞLU
Zonguldak Bülent Ecevit University, Çaycuma Food and Agriculture Vocational School, Department of Chemistry and Chemical Processing Technologies, Zonguldak, Türkiye
ORCID: 0000-0002-8379-2933

ABSTRACT

Polymer composites filled with rare-earth oxides are being considered as lead-free radiation shields, but the way filler dispersion affects their attenuation has received little quantitative attention. In this work, poly(vinyl chloride) (PVC) containing 0 to 45 wt% samarium(III) oxide (Sm_2O_3) was examined theoretically, and the possible influence of treating the filler with 3-aminopropyltriethoxysilane (APTES) was estimated. Narrow-beam photon parameters were calculated from 15 keV to 15 MeV with the NIST cross-section tables, and thermal-neutron and fast-neutron parameters were obtained from tabulated nuclear data and empirical relations. Grain self-shielding was described with an analytical chord-length model and a hard-sphere stochastic ray-tracing simulation, using published particle-size data for untreated and APTES-treated Sm_2O_3. With 45 wt% filler, the density rose from 1.448 to 2.306 g/cm^3 and the macroscopic thermal-neutron absorption cross section from 0.48 to 21.64 cm^{-1}. Between the Sm K edge at 46.8 keV and the Pb K edge at 88.0 keV, this composite needed only 12 to 13% more areal mass than lead for the same narrow-beam attenuation, whereas above about 500 keV the filler acted mainly through density. For grains of about 15 µm, self-shielding lowered the effective attenuation by roughly 9% for thermal neutrons and 4% at 59.5 keV and was negligible above 300 keV. The smaller apparent particle size reported after silane treatment raised the effective thermal-neutron attenuation by about 2%, a gain that retained silane can cancel at high filler loadings unless its mass stays below 1 to 6 parts per hundred parts of filler. The results identify the energies and loadings at which surface treatment can matter and provide quantitative predictions for experimental testing.

Keywords: Radiation shielding, Poly(vinyl chloride), Samarium oxide, Silane surface modification, Grain self-shielding

INTRODUCTION

Ionizing radiation is part of everyday practice in diagnostic imaging, radiotherapy, nuclear power and research reactors, industrial radiography and space technology, and much of the protection of staff, patients and equipment depends on shielding. Lead is still the reference photon shield because it is dense and has a high atomic number. Its toxicity, weight and stiffness, however, make it unsuitable for wearable, portable or curved shields, and it does almost nothing against thermal neutrons: its macroscopic absorption cross section for 2200 m/s neutrons is only about 0.006 cm^{-1}. Polymers filled with heavy or neutron-absorbing particles are light, easy to shape and able to deal with mixed neutron and gamma fields, which explains the steady growth of work on such composites. Reviews by More et al. (2021), Prabhu et al. (2023), Chang et al. (2023) and Li et al. (2025) summarize how the type, amount and size of the filler and the photon energy determine their performance.

Among the possible fillers, rare-earth oxides are attractive because their K absorption edges lie between about 45 and 55 keV and because some of them capture thermal neutrons very efficiently. Natural samarium has an absorption cross section of 5922 b at 2200 m/s, which

comes mainly from ^{149}Sm (Sears, 1992), and its K edge is located at 46.8 keV (Hubbell & Seltzer, 2004). Saenboonruang et al. (2021) calculated that high-density polyethylene (HDPE) with 40 to 50 wt% Sm_2O_3, Eu_2O_3 or Gd_2O_3 could satisfy the lead-equivalence requirements of diagnostic X-ray rooms at a thickness of 10 mm. Toyen et al. (2021) simulated the attenuation of thermal neutrons and of the gamma rays emitted after capture in ultra-high-molecular-weight polyethylene (UHMWPE) holding up to 50 wt% Sm_2O_3, and Toyen et al. (2023) later compared surface-treated Sm_2O_3 and Gd_2O_3 in the same matrix. Samarium oxide has also been used in epoxy resin (Wang et al., 2022), in hybrid B_4C/HDPE composites (Huo et al., 2024) and in photopolymers for additive manufacturing (Zaynal et al., 2026).

Poly(vinyl chloride) differs from the polyolefins used in these studies in two ways that matter for shielding. It contains 56.7 wt% chlorine, which raises photoelectric absorption at low photon energies and adds some thermal-neutron absorption, since chlorine has an absorption cross section of 33.5 b. At the same time its hydrogen content of 4.84 wt% is only about one third of that of polyethylene, so it moderates and removes fast neutrons less effectively. PVC is cheap, dissolves in tetrahydrofuran (THF) and can be cast into films. Kassem et al. (2023) used this route to prepare PVC/$BiVO_4$ films with up to 6 wt% filler and characterized them for gamma shielding. To the best of the author's knowledge, PVC filled with Sm_2O_3 has not yet been assessed as a gamma and neutron shield.

Oxide particles tend to agglomerate in polymers at the high loadings needed for shielding. Silane coupling agents such as APTES are widely used to improve the filler-matrix interface: the hydrolyzed silane condenses with hydroxyl groups on the oxide surface, while its amino group interacts with the polymer (Zhu et al., 2012). For Sm_2O_3 in UHMWPE, Toyen et al. (2021) found that 5 and 10 parts of APTES per hundred parts of filler (pph) reduced the mean particle size from 15.3 µm to 14.3 and 11.7 µm, whereas 20 pph increased it to 21.5 µm because the particles agglomerated; the treated composites also showed better wear and tensile behavior. How much such changes in dispersion alter radiation attenuation, however, has not been quantified. Comparisons of nano-sized and micro-sized fillers indicate that particle size can matter (El-Khatib et al., 2019), and work on boron carbide grains in neutron absorbers has shown that large grains partly shield their own interior (DiJulio et al., 2018; Sun et al., 2022). For a silane treatment the situation is more complicated, because two effects act in opposite directions. Better dispersion should increase attenuation, but the silane also adds light, low-atomic-number mass that dilutes the absorber.

The present work examines these questions for PVC/Sm_2O_3 composites with 0, 20, 35 and 45 wt% filler. Photon shielding parameters between 15 keV and 15 MeV and thermal-neutron and fast-neutron parameters are calculated and compared with those of lead, ordinary concrete, HDPE and related rare-earth composites. A model of grain self-shielding is then developed to describe how grain size, filler content and radiation energy control the attenuation of a particulate composite. Finally, this model is combined with the particle-size changes reported for treated Sm_2O_3 and with the dilution caused by retained silane to predict the net effect of APTES treatment. In this way the study separates the energy ranges and loadings in which surface modification can change shielding performance from those in which it cannot, and it gives quantitative predictions that experiments can test.

RESEARCH AND FINDINGS

Before the results are presented, the composites and the calculation methods are defined, and the reliability of the calculations is checked against reference data. Photon shielding is treated first, followed by neutron shielding and by the influence of filler dispersion and silane treatment. A discussion of what these results mean for real materials closes the section.

Materials and Composition Design

The matrix was described as PVC with the repeat unit C_2H_3Cl and a density of 1.448 g/cm^3, the value Kassem et al. (2023) measured for solution-cast PVC film. A density of 8.35 g/cm^3 was used for Sm_2O_3, following Toyen et al. (2021). Composites with 0, 20, 35 and 45 wt% Sm_2O_3 are designated PVC-S0, PVC-S20, PVC-S35 and PVC-S45, and their APTES-treated counterparts PVC-S20-A, PVC-S35-A and PVC-S45-A. The silane dose was set to 5 pph of Sm_2O_3, as in the treatment protocol of Toyen et al. (2021). For a filler mass fraction w_f, the theoretical density follows from volume additivity according to Equation 1:

$$\rho_c = \left[\frac{1 - w_f}{\rho_m} + \frac{w_f}{\rho_f}\right]^{-1} \quad (1)$$

Here ρ_m and ρ_f are the densities of the matrix and the filler. Porosity, residual solvent and silane are not included in Equation 1; the silane is treated separately later. The compositions obtained in this way are listed in Table 1. As a reference geometry for the dispersion calculations, a film cast from 5.000 g of dry composite in a Petri dish with an inner diameter of 90 mm was assumed. Such a film has an areal density of 78.6 mg/cm^2 and, depending on composition, a thickness of 0.341 to 0.543 mm. Lead with a density of 11.35 g/cm^3, ordinary concrete with 2.30 g/cm^3, HDPE with 0.95 g/cm^3, polyethylene of 0.94 g/cm^3 containing 45 wt% Sm_2O_3 (PE/Sm_2O_3) and PVC containing 45 wt% Gd_2O_3 (PVC/Gd_2O_3, with 7.41 g/cm^3 for Gd_2O_3) served as reference materials.

Table 1. Composition, theoretical density and single-film thickness of the PVC/Sm_2O_3 composites.

Sample	Sm_2O_3 (wt%)	Sm_2O_3 (vol%)	ρ (g/cm^3)	H (wt%)	C (wt%)	Cl (wt%)	O (wt%)	Sm (wt%)	t (mm)
PVC-S0	0	0.0	1.448	4.84	38.44	56.72	0.00	0.00	0.543
PVC-S20	20	4.2	1.735	3.87	30.75	45.38	2.75	17.25	0.453
PVC-S35	35	8.5	2.037	3.15	24.98	36.87	4.82	30.18	0.386
PVC-S45	45	12.4	2.306	2.66	21.14	31.20	6.19	38.81	0.341

t is the thickness of a film cast from 5.000 g of dry composite in a dish with an inner diameter of 90 mm, corresponding to an areal density of 78.6 mg/cm^2.

Computational Methods

Three groups of quantities were calculated for each composition. Photon interaction parameters describe the attenuation of gamma and X-ray photons over a wide energy range, while neutron interaction parameters describe the absorption and scattering of thermal neutrons and the removal of fast neutrons. A separate dispersion model describes how the size and arrangement of the filler grains modify both, and the silane is added to this model at the end in order to obtain the net effect of the surface treatment.

Photon Interaction Parameters

For a narrow, well-collimated beam, the intensity transmitted through a layer of thickness x is given by the Beer-Lambert law in Equation 2, where μ is the linear attenuation coefficient:

$$I = I_0 \exp(-\mu x) \quad (2)$$

The mass attenuation coefficient of a composite was obtained from the mixture rule of Equation 3, in which w_i is the mass fraction of element i:

$$(\mu/\rho)_c = \sum_i w_i (\mu/\rho)_i \quad (3)$$

Elemental mass attenuation coefficients, including coherent scattering, were taken from the NIST tables of Hubbell and Seltzer (2004) and interpolated on log-log scales between tabulated energies, with absorption edges kept as discontinuities. The half-value layer (HVL), tenth-value layer (TVL) and mean free path (MFP) then follow from Equation 4:

$$\mathrm{HVL} = \frac{\ln 2}{\mu}, \quad \mathrm{TVL} = \frac{\ln 10}{\mu}, \quad \mathrm{MFP} = \frac{1}{\mu} \tag{4}$$

The effective atomic number Z_{eff} and the effective electron density N_{eff} were calculated with the direct method of Manohara et al. (2008), which is also implemented in the Phy-X/PSD software of Şakar et al. (2020). The average cross sections per atom and per electron are defined in Equation 5:

$$\sigma_{\mathrm{a}} = \frac{(\mu/\rho)_{\mathrm{c}}}{N_{\mathrm{A}} \sum_i \frac{w_i}{A_i}}, \quad \sigma_{\mathrm{e}} = \frac{1}{N_{\mathrm{A}}} \sum_i \frac{f_i A_i}{Z_i} (\mu/\rho)_i \tag{5}$$

In Equation 5, N_{A} is Avogadro's number, A_i and Z_i are the atomic mass and atomic number of element i, and f_i is its atomic fraction. Both effective quantities are then obtained from Equation 6:

$$Z_{\mathrm{eff}} = \frac{\sigma_{\mathrm{a}}}{\sigma_{\mathrm{e}}}, \quad N_{\mathrm{eff}} = \frac{(\mu/\rho)_{\mathrm{c}}}{\sigma_{\mathrm{e}}} \tag{6}$$

All photon quantities were evaluated on a logarithmic grid of 400 energies from 15 keV to 15 MeV. The tables report values at 59.5 keV from ^{241}Am, 81 keV from ^{133}Ba, 122 keV from ^{57}Co, 661.7 keV from ^{137}Cs and 1173.2 and 1332.5 keV from ^{60}Co, together with 334 and 712 keV, two of the energies emitted after neutron capture in samarium that Toyen et al. (2021) considered.

Neutron Interaction Parameters

Macroscopic cross sections were calculated with Equation 7, where $\sigma_{x,i}$ denotes the microscopic absorption ($x = a$) or scattering ($x = s$) cross section of element i:

$$\Sigma_x = \sum_i N_i \sigma_{x,i}, \quad N_i = \frac{w_i \rho N_{\mathrm{A}}}{A_i} \tag{7}$$

The microscopic cross sections for 2200 m/s neutrons, that is 0.0253 eV or 20.4 °C, were taken from Sears (1992). His scattering values refer to bound atoms. For hydrogen in a polymer the effective thermal scattering cross section is smaller, so the scattering cross section Σ_{s} and the total cross section $\Sigma_{\mathrm{t}} = \Sigma_{\mathrm{a}} + \Sigma_{\mathrm{s}}$ obtained here are upper estimates, while the transmission calculated from absorption alone is the conservative estimate. ^{149}Sm has a capture resonance close to the thermal range, so its cross section does not follow the $1/v$ law, and averages over a Maxwellian spectrum differ from the 2200 m/s value by the Westcott factor tabulated by Pritychenko (2025). Composition-level quantities such as Σ_{a} scale almost proportionally with samarium content and are therefore compared at 2200 m/s. The grain self-shielding, however, depends nonlinearly on the absorption inside the filler, and its sensitivity to a spectrum-averaged enhancement of the samarium absorption is examined separately in the results. The fast-neutron removal cross section was estimated with Equation 8:

$$\Sigma_{\mathrm{R}} = \rho \sum_i w_i (\Sigma_{\mathrm{R}}/\rho)_i \tag{8}$$

The mass removal cross sections in Equation 8 were 0.598 cm^2/g for hydrogen, $0.19 Z^{-0.743}$ cm^2/g for elements with $Z \leq 8$ and $0.206 A^{-1/3} Z^{-0.294}$ cm^2/g for heavier elements, as compiled by El-Khayatt (2010). This empirical approach was developed for hydrogen-containing shields of practical thickness; for PVC, which contains little hydrogen, the resulting values should be regarded as approximate.

Filler-Dispersion Model

In a particulate composite, radiation passes alternately through filler grains and matrix. If a grain is not small compared with the mean free path inside the filler, its outer layers absorb part of the radiation before it reaches the interior, and the composite attenuates less than a homogeneous mixture of the same composition. Figure 1 illustrates this situation. For a parallel beam that crosses a spherical grain of radius R at an impact parameter distributed uniformly over the projected disk, the chord length l follows the distribution in Equation 9:

$$f(l) = \frac{l}{2R^2}, \quad 0 \le l \le 2R \tag{9}$$

When the grains are placed independently of each other with number density n, the transmission averaged over many rays through a layer of thickness L equals $\exp(-\mu_{\mathrm{eff}}L)$, with the effective attenuation coefficient given by Equation 10:

$$\mu_{\mathrm{eff}} = \mu_{\mathrm{m}} + n\pi R^2\langle 1 - e^{-\Delta\mu l}\rangle, \quad \langle e^{-\Delta\mu l}\rangle = \frac{1-(1+2R\Delta\mu)e^{-2R\Delta\mu}}{2R^2\Delta\mu^2} \tag{10}$$

In Equation 10, $\Delta\mu = \mu_{\mathrm{p}} - \mu_{\mathrm{m}}$ is the difference between the attenuation coefficients of the filler and the matrix; the same expressions hold for neutrons when μ is replaced by Σ. For very fine grains, Equation 10 reduces to the homogeneous value $\mu_{\mathrm{hom}} = \mu_{\mathrm{m}} + \varphi\Delta\mu$, where φ is the filler volume fraction. The dispersion efficiency is therefore defined by Equation 11:

$$\eta = \frac{\mu_{\mathrm{eff}}}{\mu_{\mathrm{hom}}}, \quad \mu_{\mathrm{hom}} = \mu_{\mathrm{m}} + \varphi\Delta\mu \tag{11}$$

An ideally fine dispersion gives $\eta = 1$, and self-shielding grains give $\eta < 1$. Real grains cannot overlap, so their positions are correlated and Equation 10 can be expected to overestimate the loss. A stochastic ray-tracing model was therefore written in which non-overlapping spheres are placed by random sequential addition in a box that is periodic in all three directions. The box represents the interior of a film whose thickness equals the box height, here the film thickness of the reference geometry listed in Table 1; depletion of grains near free surfaces is therefore not included. The lateral size of the box was 0.12 to 1.6 mm, depending on grain size. For each of N rays parallel to the beam, the total chord length l_j inside filler grains was computed, and the ray-averaged transmission $\langle T\rangle$ and the efficiency were evaluated with Equation 12:

$$\langle T\rangle = \frac{1}{N}\sum_j \exp\left[-\mu_{\mathrm{m}}\left(L - l_j\right) - \mu_{\mathrm{p}}l_j\right], \quad \eta = \frac{\ln\langle T\rangle}{\ln T_{\mathrm{hom}}} \tag{12}$$

In Equation 12, T_{hom} is the transmission of the homogeneous composite calculated with the volume fraction actually obtained in each packing. Toyen et al. (2021) determined mean particle sizes and standard deviations from SEM micrographs of UHMWPE composites containing 25 wt% Sm_2O_3: 15.3 ± 5.3 µm for untreated filler and 14.3 ± 2.9 µm, 11.7 ± 2.4 µm and 21.5 ± 5.3 µm after treatment with 5, 10 and 20 pph APTES. Because silane cannot reduce the size of primary particles, these values are interpreted here as apparent sizes of the dispersed units, which include small agglomerates. Log-normal distributions with these means and standard deviations were sampled, and sampled diameters were limited to the range between 1 µm and four times the mean. Each distribution was simulated with eight independent packings and 1.5×10^5 rays per packing. Monodisperse grains of 5 to 200 µm and porous agglomerates of 50 to 200 µm with an internal filler fraction of 0.6 were simulated with four packings and 10^5 rays each. Fixed random-number seeds make all results reproducible.

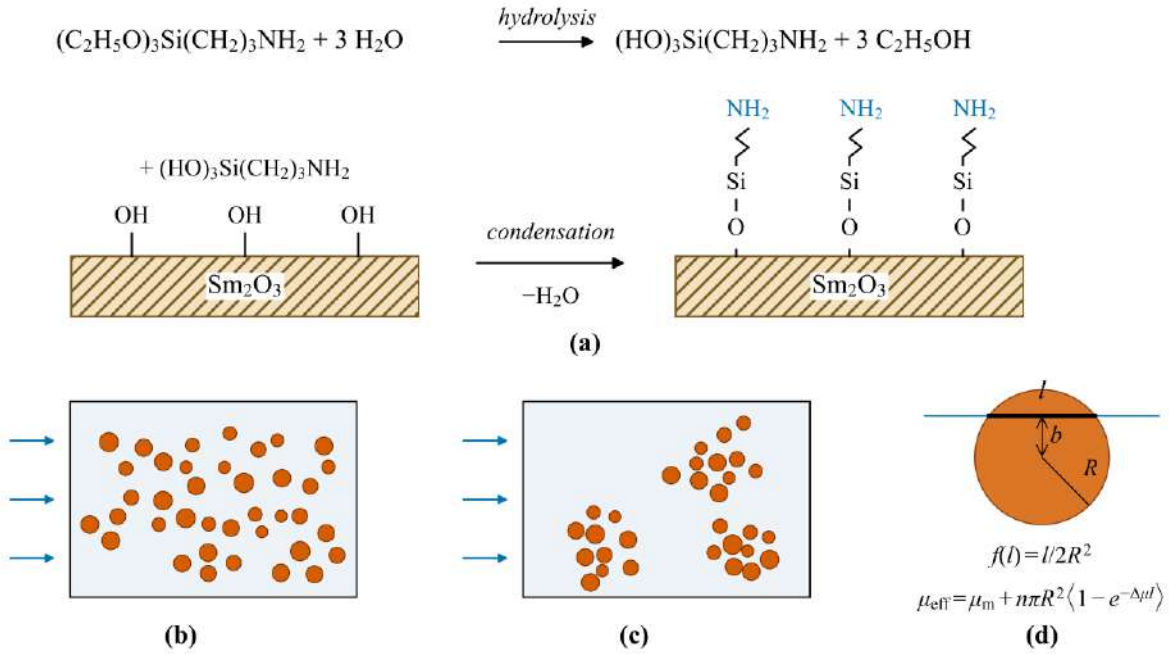


Figure 1. Schematic representation of (a) the hydrolysis of APTES in ethanol/water and the proposed condensation of the resulting silanol on hydroxylated Sm_2O_3 surfaces, which leaves amino-terminated propyl chains oriented toward the PVC matrix; (b) a composite with well-dispersed filler grains and (c) a composite with agglomerated grains, both exposed to a parallel beam of photons or thermal neutrons indicated by arrows; and (d) the chord geometry of a spherical grain of radius R crossed by a ray at impact parameter b, which defines the chord-length distribution $f(l)$ and the effective attenuation coefficient μ_{eff} used in the dispersion model. The Sm-O-Si linkage shown in (a) is a proposed bonding mode.

Silane Dilution and Net Effect

Silane that remains in the composite adds mass of low atomic number and lowers the density. The amount that remains is uncertain. For spheres of 15.3 µm the geometric specific surface area of Sm_2O_3 is about 0.047 m^2/g, so a monolayer of a few molecules per square nanometer corresponds to only about 0.003 to 0.007 pph, far less than the nominal dose of 5 pph. Most of the nominal silane is therefore either lost during washing and drying or present as oligomers and multilayers. The retained silane was consequently treated as a free parameter. It was added to the composition as APTES ($C_9H_{23}NO_3Si$, with a density of 0.9506 g/cm^3 at 20 °C according to Lide, 2007) at 20%, 50% and 100% of the nominal dose, and the retained dose at which the dispersion gain is exactly canceled was also calculated. The net relative change in the effective linear attenuation coefficient of a treated composite, labeled T, with respect to the untreated composite, labeled U, is given by Equation 13:

$$\Delta_{\mathrm{net}} = \frac{\eta_{\mathrm{T}}}{\eta_{\mathrm{U}}} \cdot \frac{\mu_{\mathrm{hom,T}}}{\mu_{\mathrm{hom,U}}} - 1 \qquad (13)$$

All calculations were carried out in Python with the NumPy (Harris et al., 2020) and SciPy (Virtanen et al., 2020) libraries.

Validation of the Calculations

The mass attenuation coefficient of PVC calculated with Equation 3 from elemental data agreed with the NIST compound table for PVC within 0.03% between 15 keV and 15 MeV. When PVC-S45 was recalculated with the independent database of Elam et al. (2002) between 20 and 800 keV, the deviations were below 0.04% at most energies, 0.21 to 0.22% at 661.7 and 712

keV, and at most 0.68% at 334 keV, so the photon results are insensitive to the choice between these two libraries. For the dispersion model, the stochastic efficiency approached unity as the grains became smaller, reaching $\eta = 0.978$ for 5 µm grains and thermal neutrons, as the homogeneous limit requires, and the standard errors of η never exceeded 0.008. A comparison with the analytical independent-grain model of Equation 10 is given in Table 2. The analytical model gave the lower value of η in every case studied; for these cases, the loss $1 - \eta$ found with non-overlapping grains was 69 to 91% of the analytical estimate. Non-overlapping grains are spread more regularly than independent ones, so the filler path length varies less from ray to ray and the mean transmission loss is smaller. Equation 10 is therefore used only as an upper estimate, and all quantitative statements below rely on the ray-tracing results. The model has been checked for internal consistency and against its limiting behavior, but not yet against an independent transport code or measured data. Its behavior agrees qualitatively with the finding of Sun et al. (2022) that the spatial arrangement of absorber particles changes the neutron transmission of a composite.

Table 2. Dispersion efficiency η of PVC-S45 with monodisperse dense Sm_2O_3 grains, calculated with the analytical independent-grain model of Equation 10 and with the hard-sphere ray-tracing simulation, given as mean ± standard error (SE).

Grain diameter (µm)	Thermal neutrons, analytical	Thermal neutrons, ray tracing	59.5 keV, analytical	59.5 keV, ray tracing
5	0.969	0.978 (SE < 0.001)	0.986	0.990 (SE < 0.001)
20	0.886	0.910 ± 0.002	0.944	0.957 ± 0.002
50	0.748	0.798 ± 0.006	0.869	0.900 ± 0.004
200	0.389	0.444 ± 0.001	0.605	0.665 ± 0.001

Photon Shielding Parameters

Figure 2 shows the mass attenuation coefficients of the composites together with those of lead and ordinary concrete, and Table 3 lists the values at selected energies. Below the Sm K edge, μ/ρ rises steeply with filler content because photoelectric absorption grows roughly with the fourth power of the atomic number. At 59.5 keV, just above the edge, μ/ρ increases from 0.337 cm^2/g for PVC-S0 to 4.587 cm^2/g for PVC-S45, a factor of 13.6, and the HVL falls from 1.420 cm to 0.066 cm. The gain shrinks quickly as the energy increases: the ratio of μ/ρ between PVC-S45 and PVC-S0 is 4.6 at 122 keV, 1.32 at 334 keV and only 1.03 at 661.7 keV. Between about 0.5 and 3 MeV, Compton scattering dominates and μ/ρ hardly depends on composition. At 1173.2 and 1332.5 keV it is even slightly lower for the filled composites, since Sm_2O_3 carries fewer electrons per unit mass than PVC. In this region the filler helps almost only by raising the density, which shortens the HVL at 661.7 keV from 6.04 cm to 3.70 cm. Above about 3 MeV, pair production in samarium increases μ/ρ again, so that PVC-S45 exceeds PVC-S0 by 11% at 5 MeV and by 47% at 15 MeV.

The second panel of Figure 2 expresses the same data as the areal mass of composite that matches the attenuation of a given areal mass of lead. Outside the K-edge window, PVC-S45 needs about 4.9 times the areal mass of lead at 30 keV and 4.1 times at 150 keV. Between the Sm and Pb K edges, however, samarium absorbs more strongly per unit mass than lead, and the ratio drops to 1.118 to 1.128 for PVC-S45, 1.39 to 1.42 for PVC-S35 and 2.19 to 2.36 for PVC-S20. Under narrow-beam conditions a lead layer of 0.5 mm is therefore matched by 2.75 mm of PVC-S45 at 59.5 keV and by 2.76 mm at 81 keV, but only by 10.7 mm at 122 keV. Within this window PVC-S45 thus approaches lead on a mass basis, which agrees with the theoretical analysis of rare-earth/HDPE composites by Saenboonruang et al. (2021). Whether this holds

for polyenergetic diagnostic X-ray beams, which also contain photons below the Sm K edge, can only be decided by broad-beam calculations or measurements with the actual spectra.

Table 3. Mass attenuation coefficient μ/ρ in cm^2/g and half-value layer HVL in cm of the composites at selected photon energies.

E (keV)	S0 μ/ρ	S0 HVL	S20 μ/ρ	S20 HVL	S35 μ/ρ	S35 HVL	S45 μ/ρ	S45 HVL
59.5	0.3372	1.420	2.2261	0.179	3.6427	0.093	4.5872	0.066
81	0.2272	2.107	1.0564	0.378	1.6784	0.203	2.0930	0.144
122	0.1676	2.856	0.4388	0.911	0.6421	0.530	0.7777	0.387
334	0.1062	4.507	0.1213	3.294	0.1326	2.566	0.1401	2.145
661.7	0.0793	6.036	0.0802	4.983	0.0808	4.208	0.0813	3.698
712	0.0767	6.242	0.0771	5.180	0.0775	4.391	0.0777	3.870
1173.2	0.0603	7.939	0.0593	6.734	0.0586	5.804	0.0581	5.172
1332.5	0.0565	8.468	0.0555	7.197	0.0548	6.212	0.0543	5.541

S0 to S45 denote PVC-S0 to PVC-S45. According to Equation 4, TVL equals 3.322 times HVL and MFP equals 1.443 times HVL.

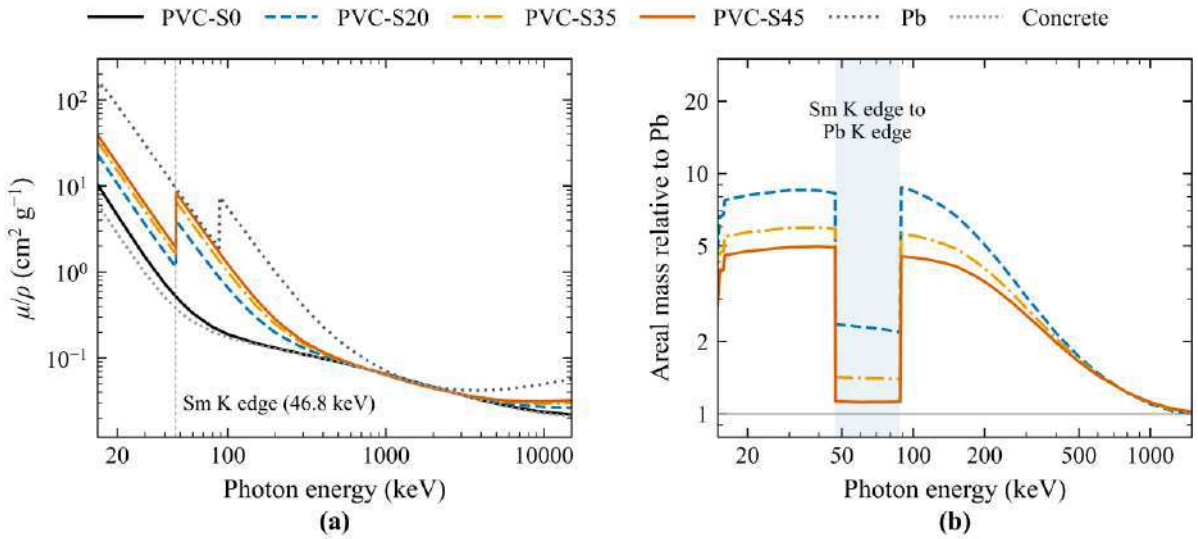


Figure 2. (a) Mass attenuation coefficients of PVC-S0, PVC-S20, PVC-S35 and PVC-S45 compared with lead and ordinary concrete between 15 keV and 15 MeV; the dashed vertical line marks the Sm K absorption edge at 46.8 keV. (b) Areal mass of the composites required to give the same narrow-beam attenuation as lead, $(\mu/\rho)_{Pb}/(\mu/\rho)_c$; the shaded band marks the interval between the Sm K edge and the Pb K edge at 88.0 keV.

Figure 3 and Table 4 present the effective atomic number and the effective electron density. For PVC-S0, Z_{eff} drops from 8.0 at 59.5 keV to 5.3 above 600 keV, reflecting the change from photoelectric absorption by chlorine to Compton scattering. For PVC-S45, Z_{eff} reaches a maximum of 51.8 just above the Sm K edge, equals 48.1 at 59.5 keV and decreases to 8.8 at 661.7 keV and 8.3 at 1332.5 keV. N_{eff} behaves in the same way. At 59.5 keV it is 3.5 to 3.8 times higher for the filled composites than for PVC-S0, whereas above 1 MeV all composites have almost the same value of 2.95 to 3.09 × 10^{23} electrons/g. The slightly higher N_{eff} of PVC-S35 compared with PVC-S45 at 59.5 keV results from the different weighting of atomic and electronic cross sections in Equation 5 and does not mean that PVC-S35 attenuates more.

Table 5 compares PVC-S45 with the reference materials at four energies. At 59.5 keV, PVC-S45 and PE/Sm_2O_3 with the same filler content have nearly the same μ/ρ, 4.587 and 4.510 cm^2/g, but the higher density of the PVC composite, 2.306 instead of 1.565 g/cm^3, shortens the

HVL from 0.098 cm to 0.066 cm, a reduction of one third. Replacing Sm_2O_3 with Gd_2O_3 raises μ/ρ at 59.5 keV by 6.5%, owing to the higher atomic number of gadolinium and its K edge at 50.2 keV. At 661.7 keV, PVC-S45 has a slightly shorter HVL than ordinary concrete of similar density, 3.70 compared with 3.83 cm, while lead is still about seven times more effective per unit thickness.

Table 4. Effective atomic number Z_{eff} and effective electron density N_{eff} in 10^{23} electrons/g of the composites.

E (keV)	S0 Z_{eff}	S20 Z_{eff}	S35 Z_{eff}	S45 Z_{eff}	S0 N_{eff}	S20 N_{eff}	S35 N_{eff}	S45 N_{eff}
59.5	8.03	33.87	43.62	48.09	4.643	16.252	17.710	17.162
81	6.67	25.24	35.19	40.56	3.857	12.111	14.286	14.475
122	5.88	15.58	23.01	28.05	3.398	7.474	9.345	10.010
334	5.39	7.28	9.22	10.90	3.114	3.491	3.743	3.890
661.7	5.35	6.48	7.69	8.76	3.092	3.111	3.121	3.124
712	5.35	6.45	7.62	8.66	3.091	3.096	3.095	3.092
1173.2	5.34	6.32	7.36	8.29	3.088	3.033	2.990	2.960
1332.5	5.34	6.31	7.34	8.27	3.089	3.028	2.982	2.949

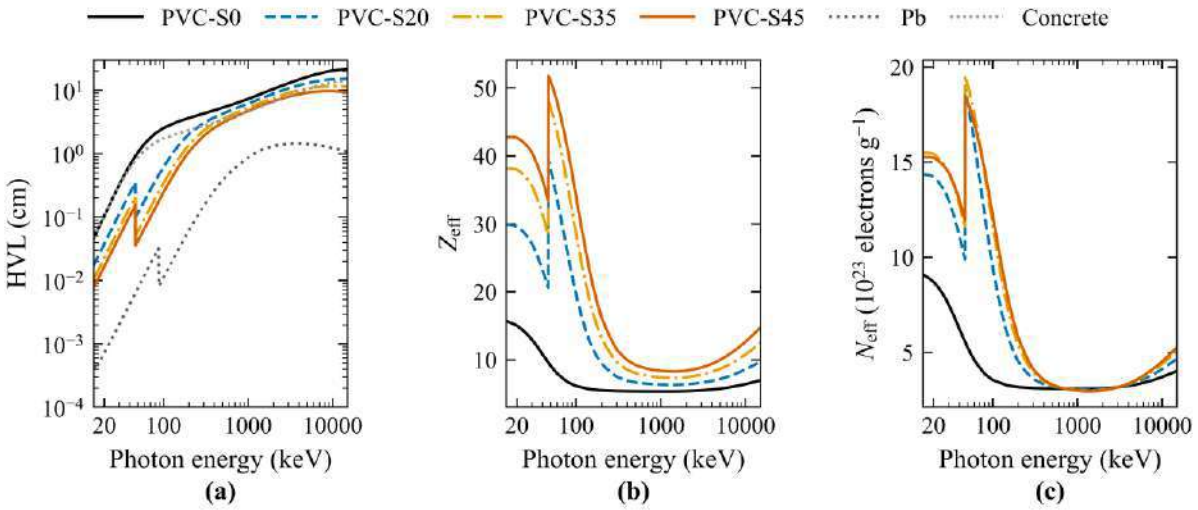


Figure 3. (a) Half-value layer, (b) effective atomic number and (c) effective electron density of the composites as functions of photon energy between 15 keV and 15 MeV; lead and ordinary concrete are included in (a) for comparison.

Table 5. Comparison of PVC-S45 with the reference materials in terms of μ/ρ in cm^2/g and HVL in cm.

Material	59.5 keV μ/ρ	59.5 keV HVL	122 keV μ/ρ	122 keV HVL	661.7 keV μ/ρ	661.7 keV HVL	1332.5 keV μ/ρ	1332.5 keV HVL
PVC-S45 (this work)	4.5872	0.066	0.7777	0.387	0.0813	3.698	0.0543	5.541
PE/Sm_2O_3 (45 wt%)	4.5103	0.098	0.7750	0.572	0.0861	5.146	0.0577	7.672
PVC/Gd_2O_3 (45 wt%)	4.8851	0.063	0.8301	0.368	0.0817	3.736	0.0542	5.633
HDPE	0.1975	3.695	0.1626	4.487	0.0880	8.291	0.0628	11.611
Ordinary concrete	0.2691	1.120	0.1583	1.904	0.0788	3.826	0.0562	5.363
Lead	5.1307	0.012	3.3756	0.018	0.1111	0.550	0.0564	1.083

Neutron Shielding Parameters

Table 6 lists the neutron parameters, and Figure 4 shows how they change with filler content and thickness. The thermal-neutron absorption cross section increases almost linearly with the samarium content, from 0.481 cm^{-1} for PVC-S0 to 21.64 cm^{-1} for PVC-S45, a 45-fold rise; in PVC-S45, samarium contributes 21.22 cm^{-1} and chlorine 0.41 cm^{-1}. The absorption half-value layer accordingly decreases from 14.4 mm to 0.32 mm. A single film of the reference geometry, 0.341 mm thick, transmits 47.8% of a thermal-neutron beam by absorption alone, so thin PVC/Sm_2O_3 films are well suited to transmission measurements. At equal filler content, PVC-S45 absorbs 50% more per unit thickness than PE/Sm_2O_3 because it is denser, while per unit mass the two are equivalent, with 9.39 and 9.22 cm^2/g. PVC/Gd_2O_3 absorbs about eight times more strongly than PVC-S45, with 169 cm^{-1}, in line with the much larger capture cross section of gadolinium.

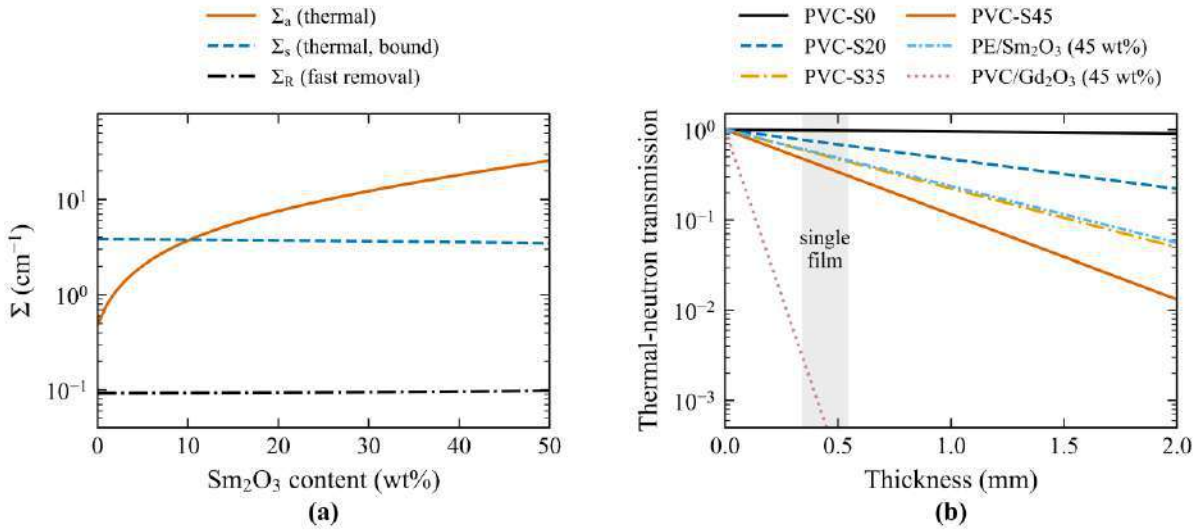


Figure 4. (a) Thermal-neutron absorption cross section Σ_a, bound-atom scattering cross section Σ_s and fast-neutron removal cross section Σ_R as functions of Sm_2O_3 content. (b) Absorption-only thermal-neutron transmission as a function of thickness for the composites and the reference materials; the shaded band marks the thickness range of a single cast film with an areal density of 78.6 mg/cm^2.

The bound-atom scattering cross section decreases slightly with filler content, from 3.82 to 3.51 cm^{-1}, because hydrogen is diluted, and absorption exceeds scattering from about 10 wt% Sm_2O_3 onward. The fast-neutron removal cross section rises only from 0.0922 to 0.0969 cm^{-1}, corresponding to removal half-value layers of 7.5 and 7.2 cm, and stays 21% below the value of HDPE, 0.1225 cm^{-1}. Fast neutrons must first be slowed down by light nuclei, and PVC contains little hydrogen. The composites are therefore efficient absorbers of thermal neutrons but poor moderators of fast neutrons.

Table 6. Macroscopic thermal-neutron cross sections for 2200 m/s neutrons and fast-neutron removal parameters.

Material	ρ (g/cm^3)	Σ_a (cm^{-1})	Σ_s (cm^{-1})	Σ_t (cm^{-1})	HVL_a (mm)	Σ_R (cm^{-1})	HVL_R (cm)
PVC-S0	1.448	0.481	3.823	4.304	14.397	0.0922	7.52
PVC-S20	1.735	7.558	3.718	11.276	0.917	0.0938	7.39
PVC-S35	2.037	15.026	3.608	18.634	0.461	0.0954	7.27
PVC-S45	2.306	21.643	3.510	25.153	0.320	0.0969	7.16
PE/Sm_2O_3 (45 wt%)	1.565	14.429	6.377	20.806	0.480	0.1219	5.69
PVC/Gd_2O_3 (45 wt%)	2.270	169.085	3.928	173.013	0.041	0.0950	7.30
HDPE	0.950	0.027	6.917	6.944	254	0.1225	5.66
Lead	11.350	0.006	0.367	0.372	1229	0.1082	6.41

$HVL_a = \ln 2/\Sigma_a$ refers to absorption only and $HVL_R = \ln 2/\Sigma_R$ to fast-neutron removal. Σ_s is based on bound-atom scattering cross sections and is an upper estimate.

Effect of Filler Dispersion and APTES Treatment

The size of the self-shielding effect is set by the ratio between the grain size and the mean free path inside the filler, $1/\mu_p$. For Sm_2O_3 this mean free path is 58.6 µm for thermal neutrons, 78 µm at 50 keV, 122 µm at 59.5 keV, 274 µm at 81 keV and 786 µm at 122 keV, but about 1.4 cm at 661.7 keV. Just below the K edge it is longer, 217 µm at 40 keV, so the dispersion effect changes abruptly at 46.8 keV. The first panel of Figure 5 shows how η of PVC-S45 depends on grain diameter. For thermal neutrons, η is 0.978 for 5 µm grains, 0.910 for 20 µm, 0.798 for 50 µm and 0.444 for 200 µm grains; at 59.5 keV the corresponding values are 0.990, 0.957, 0.900 and 0.665. At 122 keV even 200 µm grains keep $\eta = 0.945$, and from 334 keV upward η differs from unity by less than 0.003 for every grain size studied. The second panel gives the full energy dependence. The loss is largest just above the K edge and at the lowest photon energies, and it disappears above about 300 keV. Porous agglomerates with an internal filler fraction of 0.6 behave like smaller dense grains: agglomerates of 50, 100 and 200 µm give η values of 0.898, 0.804 and 0.651 for thermal neutrons.

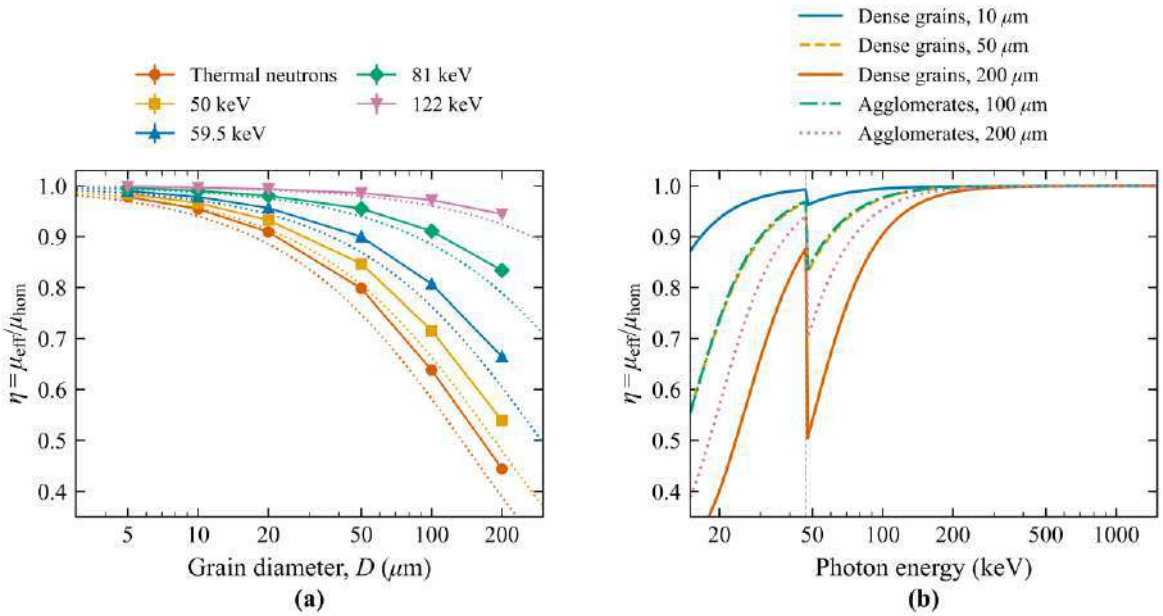


Figure 5. Grain self-shielding in PVC-S45, which contains 12.4 vol% Sm_2O_3, expressed as the dispersion efficiency $\eta = \mu_{eff}/\mu_{hom}$. (a) Dependence of η on the diameter of dense spherical grains for thermal neutrons and four photon energies; symbols with solid lines are hard-sphere ray-tracing results, whose standard errors are smaller than the symbols, and dotted lines are the analytical independent-grain model. (b) Energy dependence of η for dense grains of 10, 50 and 200 µm and for porous agglomerates of 100 and 200 µm with an internal filler fraction of 0.6; the dashed vertical line marks the Sm K edge.

Table 7 and the first panel of Figure 6 show what the particle-size data of Toyen et al. (2021) imply for the silane treatment. With the untreated filler, 15.3 ± 5.3 µm, PVC-S45 has η values of 0.909 for thermal neutrons, 0.932 at 50 keV and 0.957 at 59.5 keV, so this realistic dispersion attenuates 9%, 7% and 4% less than an ideal mixture. The smaller apparent sizes after treatment with 5 and 10 pph APTES raise the effective attenuation by 2.1% and 3.5% for thermal neutrons and by 1.0% and 1.6% at 59.5 keV, whereas the agglomeration caused by 20 pph lowers it by 2.0% and 0.9%. Above 122 keV all changes stay below 0.2%, and above 334 keV they cannot be distinguished from zero within the statistical uncertainty given in Table 7. For PVC-S20, the untreated dispersion is slightly less efficient, with $\eta = 0.895$ for thermal neutrons, and the gains are slightly larger, for example 2.3% for 5 pph, because grains are spaced less regularly at lower volume fractions. Two further checks were made for PVC-S45. Tripling the film thickness changed η by less than 0.002, so the results are not tied to the reference film. When the samarium absorption inside the grains was increased by factors of 1.5 and 2.0, which brackets plausible enhancements from averaging over a thermal spectrum, η of the untreated composite fell to 0.866 and 0.826, and the gain from 5 pph treatment rose to 3.1% and 4.1%. The values obtained with 2200 m/s cross sections are therefore conservative. It should also be noted that the difference between 15.3 and 14.3 µm is smaller than the reported standard deviations; without the number of measured particles its statistical significance cannot be judged, and the predicted gains carry this input uncertainty.

Table 7. Dispersion efficiency of the untreated composites η_U, change in effective attenuation caused by the particle-size change after 5, 10 and 20 pph APTES treatment without dilution, given as mean ± SE of the ray-tracing results, and net change including dilution for 5 and 20 pph APTES at 50% retention of the nominal silane. All changes are in percent.

Sample	Radiation	η_U	5 pph	10 pph	20 pph	Net, 5 pph	Net, 20 pph
PVC-S20	Thermal neutrons	0.895	+2.30 ± 0.20	+4.33 ± 0.20	−2.52 ± 0.34	+1.38	−5.94
PVC-S20	50 keV	0.924	+1.62 ± 0.15	+3.10 ± 0.15	−1.81 ± 0.27	+0.73	−5.13
PVC-S20	59.5 keV	0.951	+0.98 ± 0.10	+1.98 ± 0.11	−1.14 ± 0.20	+0.12	−4.44
PVC-S20	81 keV	0.979	+0.35 ± 0.07	+0.86 ± 0.09	−0.46 ± 0.14	−0.47	−3.63
PVC-S20	122 keV	0.994	+0.03 ± 0.06	+0.27 ± 0.07	−0.11 ± 0.10	−0.69	−2.92
PVC-S20	661.7 keV	1.000	−0.03 ± 0.02	+0.01 ± 0.02	+0.01 ± 0.03	−0.40	−1.47
PVC-S45	Thermal neutrons	0.909	+2.08 ± 0.21	+3.48 ± 0.18	−1.96 ± 0.27	−0.63	−11.60
PVC-S45	50 keV	0.932	+1.52 ± 0.16	+2.54 ± 0.13	−1.46 ± 0.20	−1.14	−11.02
PVC-S45	59.5 keV	0.957	+0.95 ± 0.11	+1.59 ± 0.09	−0.95 ± 0.14	−1.68	−10.51
PVC-S45	81 keV	0.981	+0.40 ± 0.06	+0.67 ± 0.05	−0.46 ± 0.09	−2.17	−9.89
PVC-S45	122 keV	0.994	+0.10 ± 0.04	+0.18 ± 0.04	−0.19 ± 0.07	−2.33	−9.18
PVC-S45	661.7 keV	1.000	−0.01 ± 0.02	−0.02 ± 0.02	−0.03 ± 0.03	−1.52	−5.62

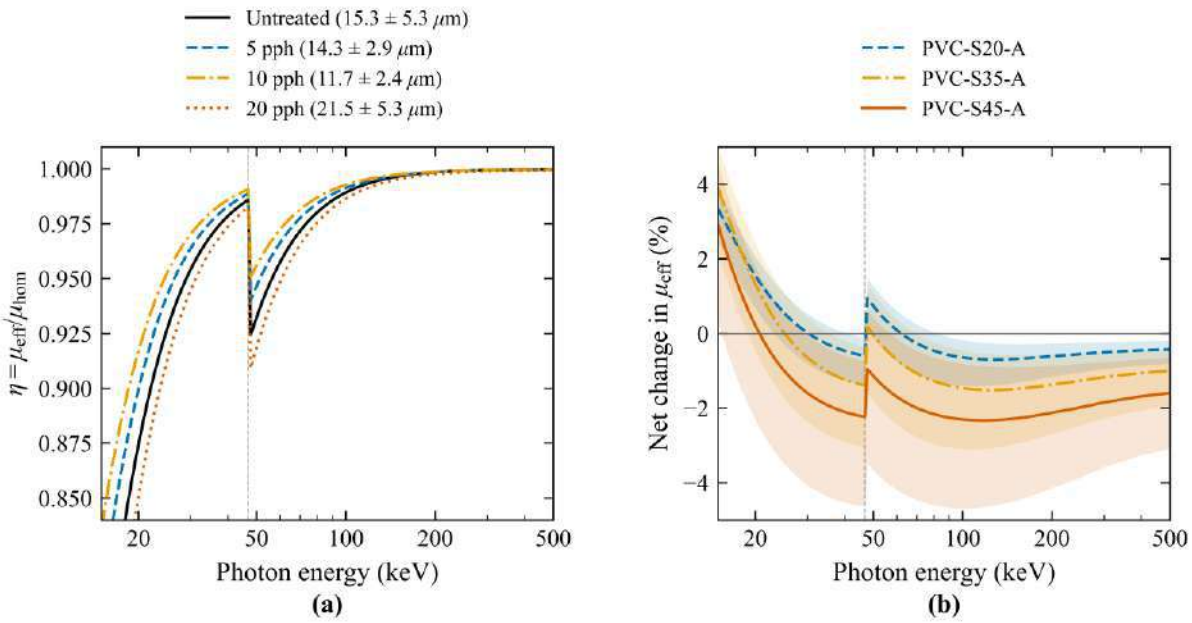


Figure 6. Predicted effect of APTES surface treatment. (a) Dispersion efficiency of PVC-S45 for the particle-size distributions reported for untreated Sm_2O_3 and for powders treated with 5, 10 and 20 pph silane by Toyen et al. (2021). (b) Net change of the effective linear attenuation coefficient of the composites treated with 5 pph APTES relative to the untreated composites, obtained from Equation 13; lines correspond to retention of 50% of the nominal silane mass and shaded bands to retention between 20% and 100%.

The silane, however, also dilutes the absorber. If the whole nominal dose of 5 pph were retained, it would make up 0.99 wt% of PVC-S20 and 2.20 wt% of PVC-S45 and lower Σ_a of PVC-S45 by 5.2% and its linear attenuation coefficient at 59.5 keV by 5.1%; at 50% retention both reductions are about 2.6%. Because the silane dose is proportional to the filler mass, the dilution increases with filler content, whereas the dispersion gain does not. At 50% retention the net effect given by Equation 13 is therefore positive only at the lower filler content and at the energies where self-shielding is significant, as the second panel of Figure 6 and Table 7 show.

For PVC-S20-A it amounts to 1.38% for thermal neutrons and 0.73% at 50 keV, is close to zero at 59.5 keV and lies between −0.47% and −0.69% above 81 keV. For PVC-S45-A it is negative at all energies, with −0.63% for thermal neutrons, −1.68% at 59.5 keV and −1.52% at 661.7 keV. A more useful way to express this balance is the retained dose at which gain and dilution cancel. For thermal neutrons this break-even dose is 6.3 pph for PVC-S20, 3.3 pph for PVC-S35 and 1.9 pph for PVC-S45; at 59.5 keV it is 2.9, 1.6 and 0.9 pph. All of these values are more than one hundred times larger than the monolayer estimate of 0.003 to 0.007 pph. If unbound silane is removed and only the bound layer remains, the dilution becomes negligible and the net effect approaches the dispersion gain itself.

Discussion

Two questions follow from these results: for which radiation types and energies Sm_2O_3 makes PVC a useful shield, and how far the dispersion of the filler, and therefore a silane treatment, can shift this performance. They are discussed in turn below, followed by the main limitations of the approach.

The calculations divide the shielding behavior of PVC/Sm_2O_3 into three regimes. From the Sm K edge up to roughly 150 keV, samarium controls photon attenuation, and up to the Pb K edge the composite with 45 wt% filler comes within 13% of lead on a mass basis. Between about 500 keV and 3 MeV, attenuation depends on electron density, μ/ρ is almost independent of composition, and the filler improves shielding only through density, so that a PVC-S45 shield behaves much like ordinary concrete of the same thickness. For thermal neutrons, samarium dominates absorption at all filler contents above a few weight percent; with an absorption half-value layer of 0.32 mm, a few millimeters of PVC-S45 stop practically all thermal neutrons. The material is thus suited to lead-free shields against low-energy gamma rays, such as those from ^{241}Am or ^{133}Ba, and to thin thermal-neutron absorbers, whereas its use for diagnostic X-ray beams still has to be confirmed under broad-beam conditions and it is not suitable as a stand-alone shield for MeV photons or fast neutrons.

Compared with polyolefins, PVC as a matrix has both advantages and drawbacks. Chlorine raises Z_{eff} of the unfilled matrix to 8.0 at 59.5 keV and accounts for 0.47 of the 0.48 cm^{-1} thermal absorption of the matrix. Its capture, however, produces high-energy prompt gamma rays and the long-lived nuclide ^{36}Cl, so this contribution to neutron absorption is not free of cost. The higher density of PVC, 1.448 against about 0.94 to 0.95 g/cm^3 for polyethylene, makes the composites 47% denser than PE/Sm_2O_3 at the same filler content and shortens the HVL by one third at 59.5 keV and by 28% at 661.7 keV. The main drawback is the low hydrogen content. The fast-neutron removal cross section of PVC-S45 is 21% lower than that of HDPE, and the 5% increase brought by the filler does not compensate for it. In mixed neutron and gamma fields, PVC/Sm_2O_3 should therefore be combined with a hydrogen-rich moderating layer, similar to the hybrid Sm_2O_3/B_4C/HDPE design of Huo et al. (2024). Thermal-neutron capture in ^{149}Sm also produces gamma rays of several hundred keV, as considered by Toyen et al. (2021). Since the HVL of PVC-S45 is 2.1 cm at 334 keV and 3.9 cm at 712 keV, thin Sm-containing films hardly attenuate their own capture radiation, and a practical shield needs a dense layer behind the absorber or an additional heavy element in the filler. Two long-term aspects deserve attention as well. ^{149}Sm, which carries most of the absorption of natural samarium, has an absorption cross section of about 4×10^4 b (Sears, 1992) and is therefore depleted after fluences of the order of 10^{19} neutrons/cm^2, so the absorber slowly loses efficiency in high-flux applications. PVC, in turn, is sensitive to ionizing radiation and releases hydrogen chloride when it degrades, which limits the dose a PVC-based shield can tolerate.

The dispersion model shows that the state of dispersion matters only when the grain size approaches the mean free path inside the filler. For Sm_2O_3 this happens for thermal neutrons,

for photons between the K edge and about 120 keV and at the lowest photon energies, but not for MeV photons, whose mean free path in the filler is about 1.4 cm and therefore far larger than any realistic grain or agglomerate. The same mechanism explains the self-shielding of B_4C grains in neutron-shielding concrete, which DiJulio et al. (2018) handled with an effective cross-section approach. Comparisons of dispersion states, particle sizes or surface treatments should therefore be made with thermal neutrons or at photon energies just above the K edge of the absorber, where differences of several percent are expected, while measurements at 661.7 keV or with ^{60}Co are insensitive to dispersion and can serve as a control.

This result also bears on the particle-size effects reported in experimental studies. El-Khatib et al. (2019) found that nano-CdO/HDPE composites attenuated 16.7% more than micro-CdO composites at 59.5 keV and still 10.5% more at 1408 keV. The present model gives differences of comparable magnitude at low energies, where grain self-shielding is strong, but predicts no measurable effect above a few hundred keV for any grain size up to 200 µm. Differences observed at MeV energies are therefore unlikely to come from self-shielding within grains; differences in density, porosity, thickness uniformity or measurement geometry between the compared samples are more probable explanations. Reports of particle-size effects would be easier to interpret if they stated the areal density of the samples and included a high-energy reference measurement.

In the silane treatment, two mechanisms of opposite sign compete. The dispersion gain depends on the particle-size distribution and on the radiation energy but hardly on the filler content, whereas the dilution penalty is proportional to the retained silane and therefore to the filler content. With the size data of Toyen et al. (2021), the gain of 5 pph APTES, 2 to 2.5% for thermal neutrons, is of the same order as the dilution caused by retaining half of the nominal dose, 0.9 to 2.7%. Whether the treatment helps thus depends mainly on how much silane stays in the composite. The break-even doses of 0.4 to 6.3 pph show that it helps as long as the retained silane is limited to the bound layer, but that it can lower attenuation at high filler loadings if unbound silane is left in the material. The prediction for 20 pph, a net loss of 6 to 12% for thermal neutrons at 50% retention as listed in Table 7, shows that too much silane is harmful twice over, since it promotes agglomeration, as Toyen et al. (2021) observed, and adds the largest diluting mass. A different picture emerges when the untreated filler forms large agglomerates. If silane treatment prevents agglomerates of 100 µm and yields a dispersion of 11.7 µm grains, the effective thermal-neutron attenuation of PVC-S45 increases by about 17%, from $\eta = 0.804$ to $\eta = 0.941$, far more than any plausible dilution. The practical value of APTES for shielding therefore lies less in reducing the apparent particle size than in preventing agglomeration during solution processing.

For experimental work, several consequences follow. The silane dose should be kept close to what is needed for surface coverage, and unbound silane should be washed out before compounding, because retained light mass lowers attenuation directly. The amount of retained silane should be measured, for instance by thermogravimetric analysis, since it decides the sign of the net effect at high loadings. The dispersion state should be quantified with size distributions of particles and agglomerates taken from cross-sectional micrographs, and these distributions can be entered directly into Equations 10 to 12 to predict the attenuation of a given microstructure. Because treated and untreated composites are expected to differ by only 1 to 4%, transmission measurements need a relative precision better than about 1%, which calls for several independent films per composition and careful determination of their areal density.

Limitations

Several assumptions limit the quantitative results. All photon parameters refer to narrow-beam geometry. For thick shields and broad beams, scattered photons build up behind the shield, and

above the K edge samarium emits K-shell fluorescence photons of about 40 keV that can escape from thin layers; both effects reduce the real protection compared with the narrow-beam values and require transport calculations. The neutron values are based on 2200 m/s cross sections and bound-atom scattering, and the dispersion results for neutrons consider absorption only. The particle-size data were obtained by Toyen et al. (2021) in melt-processed UHMWPE, and their transfer to solution-cast PVC is an assumption that still has to be tested. Grains were modeled as spheres and agglomerates as uniform porous spheres, and grain depletion near film surfaces was neglected; real particles are irregular and agglomerates have an internal structure, which would change the values of η but not their dependence on the ratio of size to mean free path. The composite density was calculated with ideal volume additivity and without porosity. Using a PVC density of 1.38 g/cm^3 instead of 1.448 g/cm^3 would lower the density and Σ_a of PVC-S45 by 4.1%, and a filler density 10% lower would reduce the composite density by 1.4%. The retained amount and the chemical form of the silane are not known and were treated as parameters, and possible reactions between amines and PVC, such as dehydrochlorination, were not considered. Finally, the dispersion model has not yet been compared with an independent transport code or with measured data. These assumptions do not change the qualitative conclusions, but they define the uncertainty within which the predictions should be compared with experiment.

CONCLUSION

In this study, photon and neutron cross-section calculations were combined with a grain self-shielding model to assess PVC/Sm_2O_3 composites as radiation shields and to estimate how APTES treatment of the filler can affect their attenuation, which to the author's knowledge has not been quantified before for this system. Adding up to 45 wt% Sm_2O_3 raises the density of PVC from 1.448 to 2.306 g/cm^3 and turns the polymer into a strongly energy-selective absorber. Just above the Sm K edge its mass attenuation coefficient grows by a factor of 13.6, and between 46.8 and 88.0 keV PVC-S45 needs only 12 to 13% more areal mass than lead under narrow-beam conditions. Between about 500 keV and 3 MeV the filler acts almost only through density, so that the composite behaves much like ordinary concrete of the same thickness. For thermal neutrons the macroscopic absorption cross section increases 45-fold to 21.64 cm^{-1}, and a layer of 0.32 mm halves a thermal beam, but the low hydrogen content keeps the fast-neutron removal cross section at 0.097 cm^{-1}, and samarium capture gamma rays pass thin films almost unattenuated. Multilayer designs are therefore needed in mixed fields. Grain self-shielding lowers the effective attenuation of the roughly 15 µm filler studied by Toyen et al. (2021) by about 9 to 11% for thermal neutrons, 7 to 8% at 50 keV and 4 to 5% at 59.5 keV, reaches about 20% for 50 µm grains or 100 µm agglomerates and vanishes above 300 keV; these values are conservative for neutrons because spectrum averaging enhances samarium absorption. The smaller apparent particle size reported after APTES treatment raises the effective thermal-neutron attenuation by about 2% at 5 pph and 3.5 to 4.3% at 10 pph, whereas agglomeration at 20 pph lowers it. Whether a net benefit remains depends on the retained silane: the gain survives as long as the retained dose stays below 0.4 to 6.3 pph, depending on loading and energy, which is far above the mass of a bound monolayer but well within the range of a poorly washed nominal dose.

For materials design, these results mean that APTES treatment of Sm_2O_3 in PVC is best seen as a way to control agglomeration and to improve processing and mechanical integrity, with a modest benefit for attenuation at thermal-neutron and low photon energies only if unbound silane is removed. The largest gain, of the order of 17% for thermal neutrons, is expected when the treatment prevents agglomerates of about 100 µm from forming. The model presented here links measurable microstructural quantities, namely particle and agglomerate size distributions,

filler content and retained silane, to the attenuation of the composite, and it can be adapted to other systems such as Gd_2O_3, Bi_2O_3, WO_3 or B_4C in polymer matrices. Its predictions can be tested directly. Solution-cast PVC/Sm_2O_3 films with and without APTES treatment should be prepared at 20 to 45 wt% filler, their microstructure should be examined by electron microscopy and the retained silane by thermogravimetric analysis, and their transmission should be measured with thermal neutrons and with photons just above the Sm K edge, using 661.7 keV as a control that is insensitive to dispersion. Comparing such measurements with dispersion efficiencies calculated from the observed microstructures, and extending the model to broad-beam transport, K fluorescence and capture gamma rays, will show how far the present predictions hold for real shields.

REFERENCES

Chang, Q., Guo, S., & Zhang, X. (2023). Radiation shielding polymer composites: Ray-interaction mechanism, structural design, manufacture and biomedical applications. *Materials & Design, 233*, 112253. https://doi.org/10.1016/j.matdes.2023.112253

DiJulio, D. D., Cooper-Jensen, C. P., Llamas-Jansa, I., Kazi, S., & Bentley, P. M. (2018). Measurements and Monte-Carlo simulations of the particle self-shielding effect of B_4C grains in neutron shielding concrete. *Radiation Physics and Chemistry, 147*, 40–44. https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2018.01.023

El-Khatib, A. M., Abbas, M. I., Elzaher, M. A., Badawi, M. S., Alabsy, M. T., Alharshan, G. A., & Aloraini, D. A. (2019). Gamma attenuation coefficients of nano cadmium oxide/high density polyethylene composites. *Scientific Reports, 9*(1), 16012. https://doi.org/10.1038/s41598-019-52220-7

El-Khayatt, A. M. (2010). Calculation of fast neutron removal cross-sections for some compounds and materials. *Annals of Nuclear Energy, 37*(2), 218–222. https://doi.org/10.1016/j.anucene.2009.10.022

Elam, W. T., Ravel, B. D., & Sieber, J. R. (2002). A new atomic database for X-ray spectroscopic calculations. *Radiation Physics and Chemistry, 63*(2), 121–128. https://doi.org/10.1016/S0969-806X(01)00227-4

Harris, C. R., Millman, K. J., van der Walt, S. J., Gommers, R., Virtanen, P., Cournapeau, D., Wieser, E., Taylor, J., Berg, S., Smith, N. J., Kern, R., Picus, M., Hoyer, S., van Kerkwijk, M. H., Brett, M., Haldane, A., del Río, J. F., Wiebe, M., Peterson, P., … Oliphant, T. E. (2020). Array programming with NumPy. *Nature, 585*(7825), 357–362. https://doi.org/10.1038/s41586-020-2649-2

Hubbell, J. H., & Seltzer, S. M. (2004). *Tables of X-ray mass attenuation coefficients and mass energy-absorption coefficients* (Version 1.4) [NIST Standard Reference Database 126]. National Institute of Standards and Technology. https://doi.org/10.18434/T4D01F

Huo, Z., Lu, Y., Zhang, H., & Zhong, G. (2024). Sm_2O_3 micron plates/B_4C/HDPE composites containing high specific surface area fillers for neutron and gamma-ray complex radiation shielding. *Composites Science and Technology, 251*, 110567. https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2024.110567

Kassem, S. M., Abdel Maksoud, M. I. A., El Sayed, A. M., Ebraheem, S., Helal, A. I., & Ebaid, Y. Y. (2023). Optical and radiation shielding properties of PVC/$BiVO_4$ nanocomposite. *Scientific Reports, 13*(1), 10964. https://doi.org/10.1038/s41598-023-37692-y

Li, X.-P., Yao, H.-S., Zhao, Y., Yuan, B., Zhai, J., Li, L., Li, H., & Li, X. (2025). Polymer-based nuclear radiation shielding materials: State-of-the-art and emerging trends for

engineering applications. *Frontiers in Materials, 12*, 1672938. https://doi.org/10.3389/fmats.2025.1672938

Lide, D. R. (Ed.). (2007). *CRC handbook of chemistry and physics* (88th ed.). CRC Press.

Manohara, S. R., Hanagodimath, S. M., Thind, K. S., & Gerward, L. (2008). On the effective atomic number and electron density: A comprehensive set of formulas for all types of materials and energies above 1 keV. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 266*(18), 3906–3912. https://doi.org/10.1016/j.nimb.2008.06.034

More, C. V., Alsayed, Z., Badawi, M. S., Thabet, A. A., & Pawar, P. P. (2021). Polymeric composite materials for radiation shielding: A review. *Environmental Chemistry Letters, 19*(3), 2057–2090. https://doi.org/10.1007/s10311-021-01189-9

Prabhu, S., Bubbly, S. G., & Gudennavar, S. B. (2023). X-ray and γ-ray shielding efficiency of polymer composites: Choice of fillers, effect of loading and filler size, photon energy and multifunctionality. *Polymer Reviews, 63*(1), 246–288. https://doi.org/10.1080/15583724.2022.2067867

Pritychenko, B. (2025). *Tables of neutron thermal cross sections, Westcott factors, resonance integrals, Maxwellian averaged cross sections, astrophysical reaction rates, and r-process abundances calculated from the ENDF/B-VIII.1, JEFF-3.3, JENDL-5.0, BROND-3.1, and CENDL-3.2 evaluated data libraries* (arXiv:2503.18990). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.18990

Saenboonruang, K., Poltabtim, W., Thumwong, A., Pianpanit, T., & Rattanapongs, C. (2021). Rare-earth oxides as alternative high-energy photon protective fillers in HDPE composites: Theoretical aspects. *Polymers, 13*(12), 1930. https://doi.org/10.3390/polym13121930

Şakar, E., Özpolat, Ö. F., Alım, B., Sayyed, M. I., & Kurudirek, M. (2020). Phy-X/PSD: Development of a user friendly online software for calculation of parameters relevant to radiation shielding and dosimetry. *Radiation Physics and Chemistry, 166*, 108496. https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2019.108496

Sears, V. F. (1992). Neutron scattering lengths and cross sections. *Neutron News, 3*(3), 26–37. https://doi.org/10.1080/10448639208218770

Sun, W., Hu, G., Xu, H., Li, Y., Wang, C., Men, T., Ji, F., Lao, W., Yu, B., Liu, J., Jing, Q., Sheng, L., Xie, S., & Hu, H. (2022). Study on the influence of reinforced particles spatial arrangement on the neutron shielding performance of the composites. *Materials, 15*(12), 4266. https://doi.org/10.3390/ma15124266

Toyen, D., Anekratmontree, T., Wimolmala, E., Thamrongsiripak, N., Rungseesumran, T., & Saenboonruang, K. (2023). Comparisons of enhanced thermal neutron- and gamma-shielding properties in UHMWPE composites containing surface-treated Sm_2O_3 and Gd_2O_3 particles. *Polymers for Advanced Technologies, 34*(7), 2394–2406. https://doi.org/10.1002/pat.6059

Toyen, D., Paopun, Y., Changjan, D., Wimolmala, E., Mahathanabodee, S., Pianpanit, T., Anekratmontree, T., & Saenboonruang, K. (2021). Simulation of neutron/self-emitted gamma attenuation and effects of silane surface treatment on mechanical and wear resistance properties of Sm_2O_3/UHMWPE composites. *Polymers, 13*(19), 3390. https://doi.org/10.3390/polym13193390

Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T. E., Haberland, M., Reddy, T., Cournapeau, D., Burovski, E., Peterson, P., Weckesser, W., Bright, J., van der Walt, S. J., Brett, M., Wilson, J., Millman, K. J., Mayorov, N., Nelson, A. R. J., Jones, E., Kern, R., Larson, E.,

… SciPy 1.0 Contributors. (2020). SciPy 1.0: Fundamental algorithms for scientific computing in Python. *Nature Methods, 17*(3), 261–272. https://doi.org/10.1038/s41592-019-0686-2

Wang, H., Huang, Q., & Zhai, Y. (2022). Influences of modified Sm_2O_3 on thermal stability, mechanical and neutron shielding properties of aminophenol trifunctional epoxy resin. *Polymers, 14*(3), 638. https://doi.org/10.3390/polym14030638

Zaynal, S. A., Ülgen, P. N., Eken, S., Şahin, M. C., & Manisa, K. (2026). Investigation of radiation shielding properties of samarium oxide doped photopolymer composites for additive manufacturing applications. *Alpha Journal of Engineering and Applied Sciences, 4*(1), 1–9. https://doi.org/10.70988/ajeas.1911344

Zhu, M., Lerum, M. Z., & Chen, W. (2012). How to prepare reproducible, homogeneous, and hydrolytically stable aminosilane-derived layers on silica. *Langmuir, 28*(1), 416–423. https://doi.org/10.1021/la203638g

ANLIK ÖDEME SİSTEMLERİNDE KESİNTİSİZ ALTYAPI DÖNÜŞÜMÜ: TCMB FAST VE SİFAST ÖRNEĞİ

Researcher Zeynep Yavuz
Sipay Elektronik Para ve Ödeme Hizmetleri A.Ş.
Researcher Zeynep Nur Sandıkcı
Sipay Elektronik Para ve Ödeme Hizmetleri A.Ş.
Researcher Serkan Cerk
Sipay Elektronik Para ve Ödeme Hizmetleri A.Ş.

ÖZET

Finansal teknolojiler (FinTek), dijitalleşme ve mobil kullanımın yaygınlaşmasıyla birlikte finansal hizmetlerin sunuluş biçimini hızla dönüştürmekte; bankaların yanında ödeme ve elektronik para kuruluşları gibi yeni oyuncuları da finansal sistemin önemli bir parçası haline getirmektedir. Türkiye'de bu dönüşüm, 6493 sayılı Kanun ile oluşturulan yasal çerçeve ve 2020 yılından itibaren ödeme ve elektronik para kuruluşlarının düzenlenip denetlenmesinin TCMB'ye devredilmesiyle hız kazanmıştır. 2025 yılı sonu itibarıyla ülkede 24 ödeme kuruluşu ve 62 elektronik para kuruluşu faaliyet göstermektedir. Bu ekosistemin en önemli altyapılarından biri, fonların saniyeler içinde ve 7/24 aktarılmasını sağlayan TCMB FAST anlık ödeme sistemidir. 2021 yılında kullanıma açılan FAST, kolay adresleme ve TR Karekod gibi katman servisleriyle yaygınlaşmış, 2024 yılında 4,6 milyar işlem hacmine ulaşmıştır. Bu hızlı büyüme, sisteme bağlı kuruluşların merkezi veritabanına dayalı entegrasyon altyapılarını daha esnek ve ölçeklenebilir yapılara taşımasını gerekli kılmaktadır. Ancak 7/24 çalışan ve gerçekleşen işlemlerin geri alınamadığı bu sistemlerde, altyapı değişikliğini hizmeti kesintiye uğratmadan yapmak önemli bir mühendislik sorunudur. Bu çalışmada, anlık ödeme sistemi katılımcılarının entegrasyon altyapılarına yönelik mimari gereksinimler ile kesintisiz geçiş stratejileri literatür ışığında incelenmektedir. Mimari açıdan olay güdümlü ve dağıtık yapılarda veri tutarlılığı, mükerrer işlemlerin önlenmesi ve hata durumlarında toparlanma; geçiş açısından ise Strangler Fig yaklaşımı, kademeli trafik yönlendirme, paralel çalıştırma ve mutabakat ile doğrulama ele alınmaktadır. İncelenen yaklaşımlar, SiFAST platformu örneği üzerinden somutlaştırılmaktadır. Çalışmada, anlık ödeme altyapılarının karşılaması gereken gereksinimler, mevcut yaklaşımların bu gereksinimlere göre karşılaştırması ve kademeli bir geçiş çerçevesi sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Anlık ödeme entegrasyonu, TCMB FAST, kesintisiz sistem göçü, finansal teknoloji.

ABSTRACT

Financial technologies (FinTech), driven by digitalisation and widespread mobile adoption, are rapidly transforming the way financial services are delivered and are turning new players such as payment and electronic money institutions into an important part of the financial system alongside banks. In Türkiye, this transformation has accelerated with the legal framework established by Law No. 6493 and the transfer of the regulation and supervision of payment and electronic money institutions to the Central Bank of the Republic of Türkiye (CBRT) in 2020. As of the end of 2025, 24 payment institutions and 62 electronic money institutions operate in the country. One of the key infrastructures of this ecosystem is the CBRT's FAST instant payment system, which allows funds to be transferred within seconds on a 24/7 basis. Launched in 2021, FAST has spread rapidly with overlay services such as easy addressing and the TR QR Code, reaching 4.6 billion transactions in 2024. This rapid growth requires participating institutions to move their centralised, database-driven

integration infrastructures to more flexible and scalable designs. However, in systems that operate 24/7 and where completed transactions cannot be reversed, changing the underlying infrastructure without interrupting service is a significant engineering challenge. This paper reviews, in the light of the literature, the architectural requirements for the integration infrastructures of instant payment participants and the strategies for migrating them without downtime. From an architectural perspective, it addresses data consistency, the prevention of duplicate transactions and failure recovery in event-driven, distributed systems; from a migration perspective, it examines the Strangler Fig approach, gradual traffic routing, parallel running and verification through reconciliation. The approaches reviewed are illustrated through the SiFAST platform. The paper presents the requirements that instant payment infrastructures must meet, a comparison of existing approaches against these requirements, and an incremental migration framework.
Keywords: Instant payment integration, CBRT FAST, zero-downtime system migration, financial technology

GİRİŞ

Finansal teknolojiler (FinTek), finansal hizmetlerin tasarlanma, sunulma ve tüketilme biçimini son on yılda köklü biçimde değiştirmiştir. Dijitalleşme ve mobil cihazların yaygınlaşması, ödeme, para transferi ve dijital cüzdan gibi hizmetlerin bankacılık dışındaki kuruluşlar tarafından da sunulabilmesinin önünü açmıştır. Bu süreçte ödeme kuruluşları ve elektronik para kuruluşları, bankaların yanında finansal sistemin önemli oyuncuları haline gelmiştir.

Türkiye'de bu dönüşümün yasal zemini, 2013 yılında yürürlüğe giren 6493 sayılı Ödeme ve Menkul Kıymet Mutabakat Sistemleri, Ödeme Hizmetleri ve Elektronik Para Kuruluşları Hakkında Kanun ile oluşturulmuştur. 7192 sayılı Kanun ile yapılan düzenlemeyle, 2020 yılından itibaren ödeme ve elektronik para kuruluşlarının düzenlenmesi ve denetlenmesi Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası'na (TCMB) devredilmiştir. TCMB verilerine göre 2025 yılı sonu itibarıyla ülkede 24 ödeme kuruluşu ve 62 elektronik para kuruluşu faaliyet göstermektedir (TCMB, 2026).

Bu ekosistemin en önemli altyapılarından biri, TCMB tarafından işletilen Fonların Anlık ve Sürekli Transferi (FAST) sistemidir. Uluslararası Ödemeler Bankası bünyesindeki Ödeme ve Piyasa Altyapıları Komitesi (CPMI), anlık ödeme sistemlerini ödeme mesajının iletimi ile fonların alıcıya ulaşmasının gerçek zamanlı ya da gerçeğe yakın zamanda ve mümkün olduğunca kesintisiz biçimde gerçekleştiği sistemler olarak tanımlamaktadır (CPMI, 2016). Ocak 2021'de kullanıma açılan FAST, bu tanıma uygun olarak 7/24 hizmet vermekte; kolay adresleme (KOLAS) ve TR Karekod gibi katman servisleriyle hızla yaygınlaşmaktadır. Sistemdeki yıllık işlem adedi 2021 yılında yaklaşık 721 milyon iken 2024 yılında 4,6 milyara ulaşmış ve 15 Kasım 2024'te günlük 25 milyon işlemle zirve görülmüştür (TCMB, 2025). 2025 yılı sonunda sistemin 49 katılımcısı bulunmaktadır (TCMB, 2026). Benzer sistemler dünyanın farklı bölgelerinde de hızla yayılmakta ve tasarım özelliklerinin benimsenme düzeyini doğrudan etkilediği görülmektedir (Velásquez, 2024).

Bu büyüme, FAST'a bağlanan kuruluşların entegrasyon altyapıları üzerinde ciddi bir baskı oluşturmaktadır. Sisteme katılımın ilk aşamasında sıklıkla tercih edilen, iş akışlarının merkezi bir veritabanı üzerinde yürütüldüğü yapılar, işlem hacmi arttıkça daha esnek ve yatay olarak ölçeklenebilen mimarilere taşınma ihtiyacı doğurmaktadır. Ancak anlık ödeme altyapısının üç özelliği bu geçişi sıradan bir yazılım modernizasyonundan ayırmaktadır: sistemin bakım penceresi olmaksızın 7/24 çalışması, işlemlerin saniyeler içinde tamamlanma zorunluluğu ve gerçekleşen bir ödemenin geri alınamaması. Bu koşullar altında eski sistemi bir gecede kapatıp yenisini açan tek seferlik bir geçiş uygulanabilir değildir.

Yazılım mühendisliği literatüründe eski sistemlerden mikroservis tabanlı mimarilere geçiş geniş biçimde ele alınmıştır. Endüstriyel deneyim raporları ve anket çalışmaları geçişin süreçlerini, motivasyonlarını ve karşılaşılan sorunları ortaya koymuş (Balalaie vd., 2016; Taibi vd., 2017; Di Francesco vd., 2018; Fritzsch vd., 2019), göç desenleri sistematik olarak kataloglanmıştır (Balalaie vd., 2018). Bankacılık alanında da görev kritik sistemlerin mikroservislere taşınmasına ilişkin vaka çalışmaları bulunmaktadır (Bucchiarone vd., 2018; Megargel vd., 2020). Kademeli geçiş için Strangler Fig yaklaşımı (Fowler, 2004), paralel çalıştırma (Newman, 2019) ve canlı ortamda karanlık yayın ile kanarya yayını gibi teknikler (Schermann vd., 2016; Schermann vd., 2018) tanımlanmıştır. Öte yandan anlık ödeme literatürü ağırlıklı olarak sistemlerin tasarımı, benimsenmesi ve politika boyutuna odaklanmaktadır (CPMI, 2016; Velásquez, 2024); Türkçe literatürdeki çalışmalar da FAST'ı çoğunlukla ekonomi politikası ve hukuk açısından değerlendirmektedir (Gülbaşı ve Karahan, 2023; Özpek, 2025).

Bu iki literatür birbirine nadiren değmektedir. Göç çalışmaları, geçişin doğruluğunun üretim ortamında nasıl kanıtlanacağını sistematik olarak ele almamakta; paralel çalıştırma teknikleri ise genellikle yan etkisi olmayan ya da okuma ağırlıklı işlemler için tanımlanmaktadır. Gönderilen paranın geri alınamadığı bir anlık ödeme sisteminde, aynı işlemin iki sistemde birlikte yürütülmesinin nasıl güvenli hale getirileceği açık bir soru olarak kalmaktadır. Bu çalışma, söz konusu boşluğa yönelik bir inceleme sunmaktadır. Çalışmanın katkıları şunlardır:

(i) Anlık ödeme sistemi katılımcılarının entegrasyon altyapılarının karşılaması gereken beş temel gereksinimin literatür ve resmi kaynaklara dayanarak tanımlanması,

(ii) olay güdümlü ve çok kiracılı mimari, dağıtık tutarlılık ve gözlemlenebilirlik yaklaşımlarının bu gereksinimler açısından incelenmesi,

(iii) farklı geçiş yöntemlerinin senaryo tabanlı ve analitik olarak karşılaştırılması,

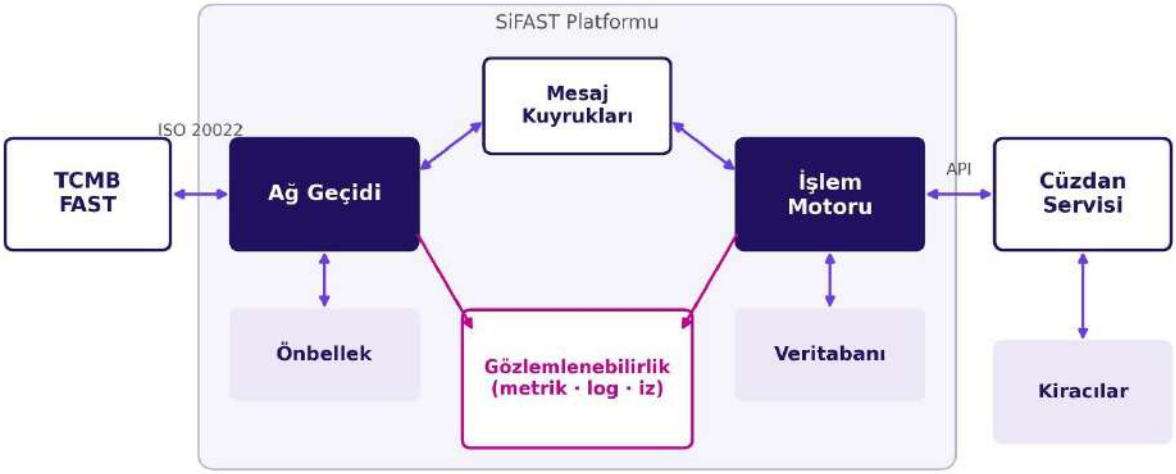
(iv) yaklaşımların SiFAST platformu örneği üzerinden somutlaştırıldığı, mutabakat güdümlü kademeli bir geçiş çerçevesinin sunulması.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışmada örnek olarak ele alınan SiFAST, FAST sistemine katılımcı olarak bağlı bir elektronik para kuruluşu tarafından geliştirilen bir FAST işlem platformudur. Platformun temel işlevi, kuruluşun dijital cüzdan uygulamaları ile TCMB FAST sistemi arasındaki tüm mesaj trafiğini yönetmektir. Kuruluş, sisteme katılımın ilk aşamasında piyasada hazır bulunan ve iş akışlarını merkezi bir veritabanı üzerinden yürüten bir entegrasyon yazılımı kullanmıştır. İşlem hacminin büyümesi ve önümüzdeki dönemde de artmasının beklenmesi üzerine, entegrasyonun olay güdümlü ve dağıtık bir mimari üzerinde yeniden tasarlanmasına karar verilmiştir.

SiFAST'ın genel mimarisi Şekil 1'de sadeleştirilmiş olarak gösterilmektedir. TCMB FAST sisteminden gelen ISO 20022 standardındaki XML mesajları önce ağ geçidi bileşeni tarafından karşılanmakta ve mesaj türü ile kiracı bilgisine göre sınıflandırılmaktadır. Ağ geçidi mesajları mesaj kuyrukları üzerinden işlem motoruna asenkron olarak iletmekte; işlem motoru ilgili iş kurallarını uygulayarak sonucu veritabanına kaydetmekte ve cüzdan servisine aktarmaktadır. Önbellek katmanı, daha önce işlenmiş mesajların hızlı sorgulanması yoluyla mükerrer işlem kontrolünü desteklemektedir. Tüm bileşenlerden metrik, log ve dağıtık iz verileri toplanarak gözlemlenebilirlik katmanına aktarılmaktadır.

Şekil 1: SiFAST platformunun sadeleştirilmiş genel mimarisi



Platform çok kiracılı bir yapıda tasarlanmıştır: birden fazla cüzdan uygulaması ya da iş ortağı aynı altyapıyı kullanmakta, her kiracının işlemleri ve verileri birbirinden ayrı tutulmaktadır. FAST sisteminde katılımcılar arasında farklı amaçlara hizmet eden mesaj türleri kullanılmaktadır. Bu türlerden çalışma kapsamında ele alınanlar Tablo 1'de özetlenmiştir.

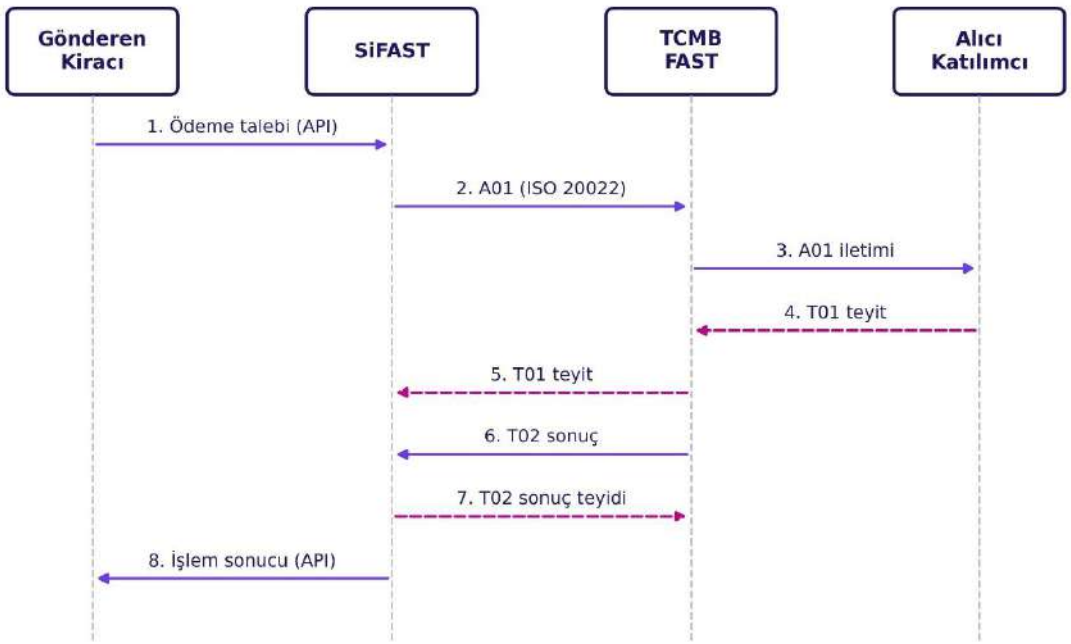
Tablo 1: FAST sisteminde kullanılan başlıca mesaj türleri

Tür	Ad	Açıklama
A01	Anlık Ödeme	Katılımcılar arasında anlık ödeme
A09	İade	Daha önce yapılan ödemenin iadesi
T01	İşlem Teyidi	Alıcı katılımcının A01/A09 mesajına teyidi
T02	İşlem Sonucu	FAST tarafından katılımcıya iletilen işlem sonucu
K32	Fon Aktarımı	Katılımcılar arası ve TCMB'den katılımcıya fon aktarımı
K38	Fon Aktarımı	Katılımcıdan TCMB'ye fon aktarımı
H31	İade İsteği	Gönderilmiş bir transfer için iade talebi
H32	Genel Bilgi	Genel amaçlı bilgi mesajı
H36	Bakiye Aktarım İsteği	Bakiye aktarımına yönelik talep
B31	Günlük Akış Bildirimi	Sistemin açılış, kapanış ve durum bildirimleri
B32	Gündönümü Durum Raporu	Gün sonu işlem ve durum raporu

Kaynak: TCMB FAST mesaj tanımlarından derlenmiştir.

Para transferi işlemlerinin büyük bölümünü oluşturan anlık ödeme akışı Şekil 2'de gösterilmektedir. Gönderen kiracıdan gelen ödeme talebi SiFAST tarafından A01 mesajına dönüştürülerek FAST'a iletilmekte, FAST mesajı alıcı katılımcıya aktarmakta, alıcı katılımcının T01 teyidinin ardından FAST işlem sonucunu T02 mesajıyla taraflara bildirmektedir. Akış, FAST kuralları gereği belirli bir süre içinde tamamlanmak zorundadır; 25 saniye içinde tamamlanmayan işlemler iptal edilmektedir (TCMB, t.y.).

Şekil 2: Anlık ödeme (A01) mesaj akışı



Eski entegrasyon çözümünden SiFAST'a geçiş, mesaj türlerine ve kiracılara göre kademeli olarak gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada SiFAST, eski sistem ile FAST arasına ağ geçidi olarak yerleştirilmiş ve tüm trafiği eski sisteme iletmiştir. Ardından para transferi mesajları kiracı bazında yeni platforma taşınmış, son aşamada diğer mesaj türleri aktarılmıştır. Geçiş boyunca iki sistem belirli bir süre birlikte çalıştırılmış ve sonuçları karşılaştırılmış; tüm işlemler SiFAST'a taşındıktan sonra eski sistem devreden çıkarılmıştır. Bu çalışmada SiFAST, performans ölçümü yapılan bir deney ortamı olarak değil, incelenen yaklaşımların gerçek bir sistemde nasıl bir araya getirildiğini gösteren açıklayıcı bir örnek olarak ele alınmaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Problem Tanımı

Bir anlık ödeme katılımcısının eski entegrasyon sistemi E ve yeni sistemi Y ile gösterilsin. Katılımcı ile merkezi sistem arasında akan her mesaj m, bir mesaj türü ve bir kiracı ile ilişkilidir. Geçişin amacı, m mesajlarının işlenme sorumluluğunu E'den Y'ye taşımak ve sonunda E'yi devreden çıkarmaktır. Bu taşıma sırasında her bir mesaj için şu üç sorunun yanıtlanması gerekmektedir: (a) mesajın hangi sistem tarafından işleneceği, (b) iki sistemin aynı mesajı farklı sonuçlarla işlemesi durumunda hangi sonucun geçerli sayılacağı ve (c) bir sorun tespit edildiğinde mesajın işlenmesinin güvenli biçimde eski sisteme nasıl geri döndürüleceği.

Anlık ödemenin geri alınamazlık özelliği bu sorulara özel bir kısıt eklemektedir: aynı ödeme mesajı merkezi sisteme iki kez gönderilirse ikinci gönderim yeni ve geçerli bir ödeme olarak işlenebilir. Dolayısıyla paralel çalıştırma sırasında iki sistemin de dış dünyaya yan etki üretmesi kabul edilemez. Sorun, iki sistemin sonuçlarını karşılaştırabilecek kadar paralel, ancak çift ödemeye yol açmayacak kadar ayrık bir geçiş düzeninin kurulmasıdır.

Önerilen Yaklaşım

İncelenen literatür ve SiFAST örneği birlikte değerlendirildiğinde, Strangler Fig yaklaşımına dayanan beş adımlı bir geçiş çerçevesi öne çıkmaktadır (Şekil 3). Strangler Fig, yeni sistemin

eski sistemin etrafında kademeli olarak büyütülmesi ve eski sistemin zamanla devre dışı bırakılması fikrine dayanmaktadır (Fowler, 2004).

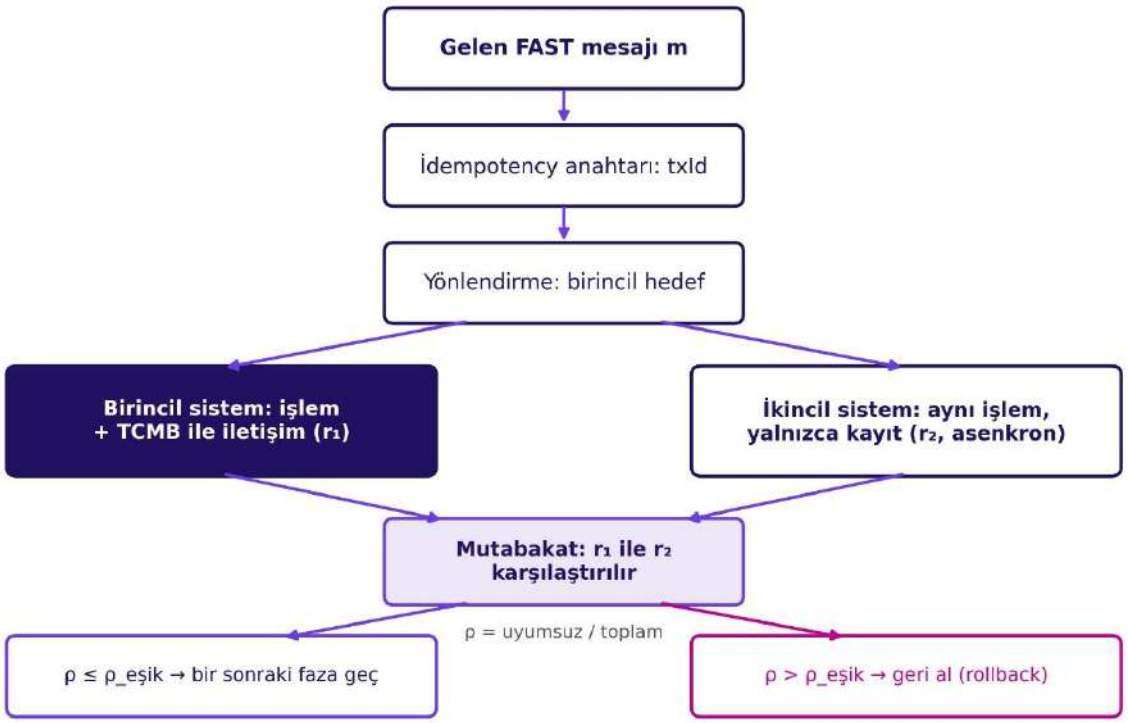
Şekil 3: Kademeli geçiş çerçevesinin adımları



Birinci adımda yeni bir ağ geçidi, eski sistem ile merkezi sistem arasına yerleştirilir. Bu aşamada ağ geçidi yalnızca vekil (proxy) olarak çalışır; tüm mesajları olduğu gibi eski sisteme iletir ve kayıt tutar. Böylece dışarıdan bakıldığında hiçbir şey değişmezken trafiğin tamamı izlenebilir ve yönlendirilebilir hale gelir. İkinci adımda mesaj türleri işlem kritikliği, hacmi ve hata toleransına göre önceliklendirilir; düşük riskli ve gözlemlenebilirliği yüksek akışlar öncelikli olarak taşınır. Üçüncü adımda trafik, ağ geçidindeki yönlendirme kuralları aracılığıyla kiracı ve mesaj türü bazında yeni sisteme aktarılır. Bu yaklaşım, kiracıları göç birimi olarak kullanması bakımından varlıkların kademeli olarak yeni sisteme alınmasına dayanan yaklaşımlarla örtüşmektedir (Fowler, 2004; Newman, 2019).

Dördüncü adım olan paralel çalıştırma, çerçevenin doğrulama aşamasıdır ve Şekil 4'te gösterilen mutabakat akışına dayanır. Gelen her mesaj için önce bir idempotency anahtarı üretilir. Ağ geçidi, mesajın türü ve kiracısına göre birincil hedefi belirler. Merkezi sistemle iletişim ve dış dünyaya etki eden tüm işlemler yalnızca birincil sistem üzerinden yürütülür ve bu sistemin sonucu (r_1) geçerli kabul edilir. İkincil sistem aynı mesajı kendi veri modeli üzerinde asenkron olarak işler ve yalnızca kayıt üretir (r_2); dış sisteme mesaj göndermez. İkincil sisteme yazma başarısız olursa işlem, aynı idempotency anahtarıyla üstel artan bekleme süreleriyle yeniden denenir; böylece tekrarlanan denemeler mükerrer kayıt oluşturmaz (Helland, 2012). Bir mutabakat servisi her işlem için r_1 ve r_2 sonuçlarını karşılaştırır, uyumsuzlukları kaydeder ve uyumsuzluk oranını ρ = uyumsuz işlem sayısı / toplam işlem sayısı olarak hesaplar. ρ önceden belirlenen eşiğin ($\rho_eşik$) altında kaldığı sürece bir sonraki faza geçilir; eşik aşılırsa ağ geçidindeki yönlendirme kuralı değiştirilerek ilgili mesaj türleri eski sisteme geri döndürülür.

Şekil 4: Paralel çalıştırma ve mutabakat akışı



Eski sistemin veri modeli ile yeni sistemin işlem modeli genellikle birebir örtüşmez. Bu nedenle mutabakatın anlamlı olabilmesi için iki model arasında, alanların ve durum kodlarının nasıl karşılık geldiğini tanımlayan bir anlamsal eşleme kurulması gerekir. Bu eşleme, karşılaştırmanın biçimsel farklılıklar yerine işlemin finansal anlamı üzerinden yapılmasını sağlar. Beşinci adımda, tüm mesaj türleri için uyumsuzluk oranı eşiğin altında kaldığında eski sistem devreden çıkarılır.

Çerçeve, mimari tarafta dört yaklaşımla desteklenir. Olay güdümlü mimari, bileşenleri mesaj kuyrukları üzerinden gevşek bağlı ve asenkron hale getirerek yük artışlarında tampon görevi görür (Eugster vd., 2003; Hohpe ve Woolf, 2003). Çok kiracılı yapı, tek bir platformun birden çok müşteriye hizmet vermesini sağlarken kiracıları doğal göç birimlerine dönüştürür (Bezemer ve Zaidman, 2010). Dağıtık tutarlılık mekanizmaları, yani idempotent işlem yönetimi, mesaj sıralamasının korunması ve hata sonrası toparlanma, geri alınamazlık gereksiniminin teknik karşılığıdır (Garcia-Molina ve Salem, 1987; Helland, 2012). Gözlemlenebilirlik ise metrik, log ve dağıtık iz verileriyle her işlemin uçtan uca izlenmesini sağlayarak hem işletimi hem de mutabakat sonuçlarının takibini destekler (Sigelman vd., 2010).

Karşılaştırılan Yöntemler

Önerilen yaklaşım, literatürde ve uygulamada karşılaşılan dört geçiş yöntemiyle karşılaştırılmıştır:

Y1 – Tek seferlik geçiş: Eski sistem belirli bir anda kapatılır ve tüm trafik yeni sisteme aktarılır.

Y2 – Bakım penceresiyle fazlı geçiş: Geçiş aşamalara bölünür, ancak her aşama hizmetin kısa süreli durdurulduğu bir bakım penceresinde yapılır.

Y3 – Mutabakatsız kademeli yönlendirme: Trafik kanarya yayını mantığıyla adım adım yeni sisteme aktarılır; doğruluk yalnızca hata ve gecikme metrikleriyle izlenir.

Y4 – Mutabakat güdümlü kademeli geçiş (önerilen): Strangler Fig, kiracı bazında yönlendirme, yan etkisiz ikincil işleme, mutabakat ve eşiğe bağlı geri dönüşü birleştirir.

Değerlendirme Çerçevesi

Çalışma deneysel değil, inceleme niteliğindedir. Literatür taraması IEEE Xplore, ACM Digital Library, Scopus, Google Scholar ve DergiPark veri tabanlarında; Uluslararası Ödemeler Bankası, TCMB ve Swift gibi kurumların resmi yayınlarında yürütülmüştür. Tarama; anlık ödeme sistemleri, ISO 20022, eski sistem göçü, mikroservis göçü, olay güdümlü mimari, çok kiracılı mimari, idempotency, mutabakat ve gözlemlenebilirlik anahtar kelimeleriyle Türkçe ve İngilizce olarak yapılmıştır. Hakemli dergi ve konferans yayınları ile resmi kurum raporları öncelikli olarak kullanılmış, alanda yerleşik kabul gören endüstri kaynakları ayrıca belirtilmiştir. Ön taramada sekiz tematik başlık altında 69 kaynak belirlenmiştir.

Yöntemler, CPMI (2016) tanımı ve FAST işleyiş kurallarından türetilen beş gereksinime göre değerlendirilmiştir: G1 – Kesintisiz hizmet (sistemin bakım için durdurulmadan 7/24 çalışması), G2 – Düşük gecikme (işlemlerin saniyeler içinde tamamlanması), G3 – Geri alınamazlık (mükerrer ya da hatalı işleme izin verilmemesi), G4 – Sürekli mutabakat (katılımcı kayıtlarının merkezi sistemle tutarlı kalması) ve G5 – Denetlenebilirlik (her işlemin izlenebilir ve raporlanabilir olması). Değerlendirme, senaryo tabanlı gösterim ve analitik karşılaştırma olmak üzere iki aşamada yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Senaryo Tabanlı Gösterim

Yöntemlerin davranışı, geçiş sırasında karşılaşılabilecek dört somut senaryo üzerinden incelenmiştir.

Senaryo 1 – Bir kiracının yeni sisteme taşınması: Y1'de kiracı ayrımı yapılamadığından tüm kiracılar aynı anda taşınır ve geçiş anında sistem kısa süreliğine de olsa durdurulmak zorundadır; bu durum G1 ile çelişir. Y2'de taşıma kiracı bazında yapılabilse de her adım bir bakım penceresi gerektirir. Y3 ve Y4'te kiracı, ağ geçidindeki yönlendirme kuralı değiştirilerek hizmet durdurulmadan taşınır.

Senaryo 2 – Veri modeli eşlemesinde hata: Yeni sistemde bir durum kodunun eski modeldeki karşılığıyla hatalı eşlendiğini varsayalım. Bu hata işlemin teknik olarak başarısız olmasına yol açmadığı için hata ve gecikme metriklerinde görünmez. Y1, Y2 ve Y3'te hata ancak müşteri şikâyeti ya da gün sonu raporlarında fark edilebilir. Y4'te ise mutabakat servisi r_1 ile r_2 arasındaki farkı ilk işlemde yakalar; uyumsuzluk oranı eşiği aşarsa ilgili mesaj türü otomatik olarak eski sisteme döndürülür. Bu senaryo, mutabakatın G3 ve G4 açısından belirleyici olduğunu göstermektedir.

Senaryo 3 – Aynı mesajın tekrar teslimi: Ağ kesintisi ya da yeniden deneme mekanizması nedeniyle aynı mesaj sisteme ikinci kez ulaşabilir. İdempotency anahtarı kullanılmayan bir yapıda bu durum mükerrer kayda, en kötü durumda çift ödemeye yol açar. Y4'te her mesaj için üretilen anahtar sayesinde ikinci teslim tanınır ve yeniden işlenmez. Bu mekanizma yöntemden bağımsız olarak tüm yeni sistemlerde bulunmalıdır; ancak paralel çalıştırmada iki sistemin aynı işlemi birlikte yürütmesi tekrar riskini artırdığından Y4 için zorunlu hale gelir. Önbellek tabanlı dağıtık kilitlerin tek başına doğruluk garantisi vermediği bilindiğinden

(Kleppmann, 2016), doğruluğun nihai olarak veritabanı düzeyindeki benzersizlik kısıtlarıyla korunması gerekir.

Senaryo 4 – Yeni sistemde bileşen arızası: Yeni sistemin işlem motorunun beklenmedik biçimde durduğunu varsayalım. Y1'de geri dönülecek bir eski sistem kalmadığından hizmet kesintiye uğrar. Y2'de geri dönüş bir sonraki bakım penceresine kadar ertelenir. Y3 ve Y4'te ağ geçidi trafiği eski sisteme çevirebilir; mesaj kuyrukları ise arıza süresince gelen mesajları tamponlayarak kayıp oluşmasını önler.

Analitik Karşılaştırma

Senaryo tabanlı gösterimin bulguları, Tablo 2'de beş gereksinim ile geri dönüş kolaylığı ve operasyonel maliyet ölçütleri üzerinden özetlenmiştir. Tablodaki değerlendirmeler nicel ölçümlere değil, incelenen literatür ve senaryolar üzerinden yapılan kavramsal bir analize dayanmaktadır.

Tablo 2: Geçiş yöntemlerinin gereksinimlere göre karşılaştırılması

Ölçüt	Y1 Tek seferlik	Y2 Bakım penceresi	Y3 Mutabakatsız kademeli	Y4 Mutabakat güdümlü
G1 Kesintisiz hizmet	Karşılamaz	Kısmen	Karşılar	Karşılar
G2 Düşük gecikme	Belirsiz	Belirsiz	Karşılar	Karşılar
G3 Geri alınamazlık	Kısmen	Kısmen	Kısmen	Karşılar
G4 Sürekli mutabakat	Karşılamaz	Karşılamaz	Kısmen	Karşılar
G5 Denetlenebilirlik	Kısmen	Kısmen	Kısmen	Karşılar
Geri dönüş kolaylığı	Düşük	Orta	Yüksek	Yüksek
Operasyonel maliyet	Düşük	Orta	Orta	Yüksek

Not: Değerlendirmeler kavramsal analize dayanmaktadır. G2 için "Belirsiz", gecikmenin geçiş yönteminden çok yeni sistemin mimarisine bağlı olduğunu ifade etmektedir.

Tablo 2, Y4'ün beş gereksinimin tamamını karşılayan tek yöntem olduğunu, ancak bunun daha yüksek bir operasyonel maliyetle elde edildiğini göstermektedir. Y3, kesintisizlik ve geri dönüş açısından Y4'e yaklaşmakla birlikte, işlemin finansal anlamındaki hataları yakalayamadığı için geri alınamazlık ve mutabakat gereksinimlerini yalnızca kısmen karşılamaktadır. Y1 ve Y2 ise anlık ödeme sistemlerinin 7/24 çalışma koşuluyla temelde bağdaşmamaktadır.

Tartışma ve Sınırlılıklar

İncelenen çerçevenin temel kazanımı, geçişin doğruluğunu sezgiye ya da teknik metriklere değil, işlem düzeyinde ölçülebilir bir göstergeye, yani uyumsuzluk oranına bağlamasıdır. Bu yaklaşım, sürekli deney ve canlı test literatüründeki otomatik kalite kapıları fikrini (Schermann vd., 2016) finansal doğruluk kısıtları altındaki bir ortama taşımaktadır. Kiracıların göç birimi olarak kullanılması da riskin parçalara bölünmesini sağlamakta, bir sorunun etkisini tek bir kiracıyla sınırlamaktadır.

Çerçevenin bedeli, paralel çalıştırma süresince iki sistemin birlikte işletilmesinin getirdiği altyapı ve operasyon yüküdür. Uyumsuzluk eşiğinin ve paralel çalışma süresinin nasıl belirleneceği de bağlama bağlıdır; çok düşük bir eşik geçişi gereksiz yere uzatabilirken çok yüksek bir eşik hataların gözden kaçmasına neden olabilir. Ayrıca anlamsal eşlemenin doğruluğu, mutabakatın güvenilirliğini doğrudan belirlemektedir.

Yaklaşımın FAST dışındaki anlık ödeme sistemlerine de uygulanabileceği değerlendirilmektedir. Avrupa Birliği'nde SEPA anlık transferleri için 10 saniyelik yürütme süresi öngören düzenleme (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 2024) ve ABD'de 2023'te devreye alınan FedNow (Federal Reserve Board, 2023) benzer kesintisizlik ve geri alınamazlık koşulları taşıdığından, bu sistemlere bağlanan kuruluşlar da benzer geçiş sorunlarıyla karşılaşmaktadır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, anlık ödeme sistemine bağlı kuruluşların entegrasyon altyapılarını hizmeti kesintiye uğratmadan yenileyebilmeleri için gereken mimari gereksinimler ve geçiş stratejileri literatür ışığında incelenmiştir. Kesintisiz hizmet, düşük gecikme, geri alınamazlık, sürekli mutabakat ve denetlenebilirlik olmak üzere beş temel gereksinim tanımlanmış; olay güdümlü ve çok kiracılı mimari, dağıtık tutarlılık ve gözlemlenebilirlik yaklaşımları bu gereksinimler açısından değerlendirilmiştir. Dört geçiş yöntemi senaryo tabanlı ve analitik olarak karşılaştırılmış ve beş gereksinimin tamamını yalnızca mutabakat güdümlü kademeli geçişin karşıladığı görülmüştür. Bu yaklaşımın temel unsurları, ağ geçidi üzerinden kiracı ve mesaj türü bazında yönlendirme, dış sisteme yan etki üretmeyen ikincil işleme, idempotency anahtarlarıyla mükerrer işlemin önlenmesi ve uyumsuzluk oranına bağlı geri dönüş mekanizmasıdır. SiFAST örneği, bu unsurların gerçek bir anlık ödeme altyapısında nasıl bir araya getirilebileceğini göstermektedir. Çalışmanın, regüle ve kesintiye tahammülü olmayan finansal altyapıların modernizasyonunu planlayan kuruluşlar için uygulanabilir bir başvuru çerçevesi sunduğu değerlendirilmektedir.

6. KAYNAKÇA

Avrupa Parlamentosu ve Konseyi. (2024). Regulation (EU) 2024/886 of the European Parliament and of the Council of 13 March 2024 (Instant Payments Regulation). Official Journal of the European Union. http://data.europa.eu/eli/reg/2024/886/oj

Balalaie, A., Heydarnoori, A., & Jamshidi, P. (2016). Microservices architecture enables DevOps: Migration to a cloud-native architecture. IEEE Software, 33(3), 42–52. https://doi.org/10.1109/MS.2016.64

Balalaie, A., Heydarnoori, A., Jamshidi, P., Tamburri, D. A., & Lynn, T. (2018). Microservices migration patterns. Software: Practice and Experience, 48, 2019–2042. https://doi.org/10.1002/spe.2608

Bezemer, C.-P., & Zaidman, A. (2010). Multi-tenant SaaS applications: Maintenance dream or nightmare? Proceedings of the Joint ERCIM Workshop on Software Evolution (EVOL) and International Workshop on Principles of Software Evolution (IWPSE), 88–92. https://doi.org/10.1145/1862372.1862393

Bucchiarone, A., Dragoni, N., Dustdar, S., Larsen, S. T., & Mazzara, M. (2018). From monolithic to microservices: An experience report from the banking domain. IEEE Software, 35(3), 50–55. https://doi.org/10.1109/MS.2018.2141026

CPMI. (2016). Fast payments – Enhancing the speed and availability of retail payments (CPMI Report No. 154). Bank for International Settlements. https://www.bis.org/cpmi/publ/d154.pdf

Di Francesco, P., Lago, P., & Malavolta, I. (2018). Migrating towards microservice architectures: An industrial survey. 2018 IEEE International Conference on Software Architecture (ICSA), 29–38. https://doi.org/10.1109/ICSA.2018.00012

Eugster, P. T., Felber, P. A., Guerraoui, R., & Kermarrec, A.-M. (2003). The many faces of publish/subscribe. ACM Computing Surveys, 35(2), 114–131. https://doi.org/10.1145/857076.857078

Federal Reserve Board. (2023, 20 Temmuz). FedNow Service is now live [Basın bülteni]. https://www.federalreserve.gov/newsevents/pressreleases/other20230720a.htm
Fowler, M. (2004). Strangler fig application. martinfowler.com. https://martinfowler.com/bliki/StranglerFigApplication.html
Fritzsch, J., Bogner, J., Wagner, S., & Zimmermann, A. (2019). Microservices migration in industry: Intentions, strategies, and challenges. 2019 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME). https://doi.org/10.1109/ICSME.2019.00081
Garcia-Molina, H., & Salem, K. (1987). Sagas. ACM SIGMOD Record, 16(3), 249–259. https://doi.org/10.1145/38714.38742
Gülbaşı, A., & Karahan, F. (2023). Finansal sistemde bilgi teknolojileri ve kullanımı. Uluslararası Sosyal ve Ekonomik Çalışmalar Dergisi, 4(2), 296–319. https://doi.org/10.62001/gsijses.1393072
Helland, P. (2012). Idempotence is not a medical condition. Communications of the ACM, 55(5), 56–65. https://doi.org/10.1145/2160718.2160734
Hohpe, G., & Woolf, B. (2003). Enterprise integration patterns: Designing, building, and deploying messaging solutions. Addison-Wesley.
Kleppmann, M. (2016). How to do distributed locking. martin.kleppmann.com. https://martin.kleppmann.com/2016/02/08/how-to-do-distributed-locking.html
Megargel, A., Shankararaman, V., & Walker, D. K. (2020). Migrating from monoliths to cloud-based microservices: A banking industry example. In Software Engineering in the Era of Cloud Computing. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33624-0_4
Newman, S. (2019). Monolith to microservices: Evolutionary patterns to transform your monolith. O'Reilly Media.
Özpek, H. B. (2025). Türkiye'de finansal inovasyon ve ödeme sistemlerinin gelişimi: Türkiye için politika önerileri. Strategic Public Management Journal, 11(18), 121–134. https://doi.org/10.25069/spmj.1829333
Schermann, G., Cito, J., Leitner, P., Zdun, U., & Gall, H. C. (2018). We're doing it live: A multi-method empirical study on continuous experimentation. Information and Software Technology, 99, 41–57. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2018.02.010
Schermann, G., Schöni, D., Leitner, P., & Gall, H. C. (2016). Bifrost: Supporting continuous deployment with automated enactment of multi-phase live testing strategies. Proceedings of the 17th International Middleware Conference. https://doi.org/10.1145/2988336.2988348
Sigelman, B. H., Barroso, L. A., Burrows, M., Stephenson, P., Plakal, M., Beaver, D., Jaspan, S., & Shanbhag, C. (2010). Dapper, a large-scale distributed systems tracing infrastructure (Technical Report dapper-2010-1). Google.
Taibi, D., Lenarduzzi, V., & Pahl, C. (2017). Processes, motivations, and issues for migrating to microservices architectures: An empirical investigation. IEEE Cloud Computing, 4(5), 22–32. https://doi.org/10.1109/MCC.2017.4250931
TCMB. (t.y.). FAST – Fonların Anlık ve Sürekli Transferi. Erişim adresi https://fast.tcmb.gov.tr/
TCMB. (2025). 2024 Yılı Faaliyet Raporu. Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası. https://www3.tcmb.gov.tr/yillikrapor/2024/m-2-5/
TCMB. (2026). 2025 Yılı Faaliyet Raporu. Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası. https://www3.tcmb.gov.tr/yillikrapor/2025/pdf/YFR_2025.pdf
Velásquez, C. (2024). Fast payments: Design and adoption. BIS Quarterly Review, March 2024. https://www.bis.org/publications/qr-202403/fast-payments-design-and-adoption
6493 sayılı Ödeme ve Menkul Kıymet Mutabakat Sistemleri, Ödeme Hizmetleri ve Elektronik Para Kuruluşları Hakkında Kanun. (2013, 27 Haziran). Resmî Gazete (Sayı: 28690).
7192 sayılı Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Kanunu ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun. (2019, 22 Kasım). Resmî Gazete (Sayı: 30956).

FİNANSAL KAMPANYA METİNLERİNDEN BÜYÜK DİL MODELİ İLE BİLGİ ÇIKARIMINDA HATALAR VE MODEL GÜVENİNİN GÜVENİLİRLİĞİ

Researcher Zeynep Yavuz
Sipay Elektronik Para ve Ödeme Hizmetleri A.Ş.
Researcher Zeynep Nur Sandıkcı
Sipay Elektronik Para ve Ödeme Hizmetleri A.Ş.
Researcher Serkan Cerk
Sipay Elektronik Para ve Ödeme Hizmetleri A.Ş.

ÖZET

Finansal teknoloji sektörü son yıllarda hızla genişlemiş; ödeme, para transferi, kredi, yatırım ve sigorta hizmetleri birbirinden bağımsız çok sayıda sağlayıcıya dağılmıştır. Bu parçalanma, kullanıcıların kendilerine sunulan kampanya, indirim ve finansal fırsatları tek tek izlemesini pratikte zor hale getirmektedir.

Finansal asistan platformları bu boşluğu doldurmak üzere ortaya çıkmıştır. Farklı kurumlardan gelen kampanya ve ürün içeriklerini tek noktada toplayıp kullanıcının profiline göre süzen bu platformların işleyebilmesi, her içeriğin doğru yöntemler ve kabuller ile işlenmesi ve işlenen veri kullanılarak bu kampanya ve içeriklerin sınıflandırılmasına bağlıdır. Kaynak sayısı ve içerik hacmi büyüdükçe denetimli makine öğrenimi temelli sınıflandırma algoritmalarının çalışabilmesi için gereken elle etiketleme sürdürülemez hale gelmekte ve bunun yerine sentetik veri üretimi yöntemleri tercih edilmektedir. Ancak sentetik veri üretiminin sınıflandırma hatalarını tekrar etmesi ve yeni hatalar oluşturma potansiyeli düşünüldüğünde, büyük dil modelleriyle otomatik etiketleme zorunlu bir tercihe dönüşmektedir.

Ancak büyük dil modelleri otomatik etiketleme sürecinde kaynak içerikte bulunmayan veriyi oluşturabilmekte, var olan bilgiyi etiketleme ve sınıflandırma sonuçlarına eksik aktarabilmekte ya da ilgili alanları boş bırakabilmektedir. Oysaki finansal alanda bu hataların izlenmesi ve giderilmesi, son kullanıcıyı yanıltabilmeleri ve finansal sonuçlar doğurabilmeleri nedeniyle zaruridir. Bu tip hatalar aynı zamanda büyük dil modellerinin yüksek güven ile işlediği kayıtlarda da görülebilmektedir ve sonuç olarak bu durum hatalı ya da eksik bilginin fark edilmeden son kullanıcıya ulaşmasına yol açabilmektedir.

Bu çalışmada, büyük dil modelinin çıkardığı sonuçların ham kampanya metinleriyle karşılaştırılmasına dayanan bir hata sınıflandırması yöntemi önerilmektedir. Bu yöntem kaynakta olmayan bilgi ekleme, eksik aktarma, yanlış aktarma ve boş bırakma davranışlarını yakalamayı hedeflemektedir. Sınıflandırma, çalışan bir finansal asistan platformundan alınan kampanya kayıtları üzerinde örneklendirilmekte; büyük dil modelinin güven puanı, modelin inceleme işareti ve sistemin inceleme kararının bu hataları ne ölçüde yakaladığı tartışılmaktadır.

Bu doğrultuda, çıkarılan her bilginin ham metinde bir karşılığının aranmasını ve karşılığı bulunamayan bilginin güven puanından bağımsız olarak incelemeye yönlendirilmesini öngören bir kaynağa dayanaklılık kontrolü önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: büyük dil modelleri, bilgi çıkarımı, finansal teknoloji, finansal asistan, model güveni, kaynağa dayanaklılık, halüsinasyon

ABSTRACT

The financial technology sector has expanded rapidly in recent years, and payment, money transfer, credit, investment and insurance services are now distributed across a large number of independent providers. This fragmentation makes it difficult in practice for users to track the campaigns, discounts and financial opportunities offered to them one by one.

Financial assistant platforms have emerged to fill this gap. These platforms gather campaign and product content from different institutions in one place and filter it according to the user's profile; their operation depends on each item of content being processed with appropriate methods and assumptions, and on these campaigns and contents being classified using the processed data. As the number of sources and the volume of content grow, the manual labelling required for supervised machine learning-based classification algorithms becomes unsustainable, and synthetic data generation methods are preferred instead. However, considering the potential of synthetic data generation to replicate classification errors and to introduce new ones, automatic labelling with large language models becomes a necessary choice.

Large language models, however, may generate data that is not present in the source content during automatic labelling, transfer existing information incompletely to labelling and classification results, or leave relevant fields empty. In the financial domain, monitoring and correcting these errors is essential, as they can mislead end users and have financial consequences. Such errors can also occur in records that large language models process with high confidence, and as a result, incorrect or incomplete information may reach end users unnoticed.

This study proposes an error classification method based on comparing the outputs extracted by the large language model with the raw campaign texts. The method aims to capture the addition of information absent from the source, incomplete transfer, incorrect transfer and omission. The classification is illustrated on campaign records from a live financial assistant platform, and the study discusses the extent to which the large language model's confidence score, the model's review flag and the system's review decision capture these errors.

Accordingly, a source-grounding check is proposed: a counterpart for every extracted piece of information is sought in the raw text, and information for which no counterpart can be found is routed to review regardless of its confidence score.

Keywords: large language models, information extraction, financial technology, financial assistant, model confidence, source grounding, hallucination

GİRİŞ

Finansal teknoloji (fintek) uygulamaları son on yılda ödeme, para transferi, kredi, yatırım ve sigorta hizmetlerinin sunuluş biçimini köklü biçimde değiştirmiştir. Geleneksel finansal kurumların yanında çok sayıda yeni sağlayıcının ortaya çıkması, hizmetlere erişimi kolaylaştırırken pazarın da giderek parçalı bir yapıya bürünmesine yol açmıştır (Gomber vd., 2017). Bu parçalı yapının kullanıcı açısından en somut sonuçlarından biri, bankaların ve ödeme kuruluşlarının sunduğu kampanya, indirim ve ödül fırsatlarının izlenmesinin pratikte zorlaşmasıdır. Her kampanya; geçerlilik tarihleri, katılım koşulları, dahil ve hariç tutulan kart türleri, harcama eşikleri ve kazanım limitleri gibi çok sayıda ayrıntı içeren serbest metinlerle duyurulmaktadır.

Finansal asistan platformları bu boşluğu doldurmak üzere geliştirilmektedir. Bu platformlar farklı kurumların kampanya ve ürün içeriklerini tek noktada toplar, kullanıcının profiline ve harcama alışkanlıklarına göre süzer ve kendisine uygun fırsatları sunar. Böyle bir hizmetin doğru çalışabilmesi, her kampanya metninin yapılandırılmış bilgiye dönüştürülmesine, yani kampanyanın kimlere, hangi koşullarla ve hangi tarihler arasında geçerli olduğunun doğru

biçimde çıkarılıp sınıflandırılmasına bağlıdır. Denetimli makine öğrenimi yaklaşımları bu iş için büyük miktarda elle etiketlenmiş veriye ihtiyaç duymakta ve elle etiketleme, kaynak sayısı ve içerik hacmi büyüdükçe sürdürülemez bir maliyete dönüşmektedir (Ratner vd., 2017). Sentetik veri üretimi bu maliyeti azaltmanın bir yolu olarak öne çıksa da üretilen verinin kalitesi ve gerçek dağılımı temsil etme gücü tartışmalıdır (Long vd., 2024); üretilmiş veriyle tekrar tekrar eğitilen modellerde hataların birikebildiği de gösterilmiştir (Shumailov vd., 2024). Bu koşullarda büyük dil modelleriyle doğrudan otomatik etiketleme ve bilgi çıkarımı giderek yaygınlaşan bir tercih haline gelmiştir (Gilardi vd., 2023; Xu vd., 2024).

Ne var ki büyük dil modelleri bu dönüşümü hatasız gerçekleştirmez. Modeller kaynak metinde bulunmayan bir bilgiyi üretebilmekte, var olan bilgiyi eksik ya da hatalı aktarabilmekte veya doldurulması gereken alanları boş bırakabilmektedir. Doğal dil üretiminde "halüsinasyon" olarak adlandırılan bu davranış geniş biçimde belgelenmiştir (Ji vd., 2023; Huang vd., 2023). Finansal alanda bu hataların sonuçları doğrudan kullanıcıya yansır: kampanyada bulunmayan bir koşul bildirilen kullanıcı hak kazandığı bir fırsattan vazgeçebilir, kapsamda olduğu halde dışarıda sanılan bir kullanıcı ise kampanyadan hiç haberdar olmayabilir. Sorunu daha da güçleştiren, bu tür hataların modelin yüksek güven verdiği çıktılarda da görülebilmesidir. Modellerin güven beyanlarının gerçek doğrulukla her zaman örtüşmediği bilinmektedir (Guo vd., 2017; Xiong vd., 2024). Dolayısıyla inceleme kararını yalnızca modelin güven puanına dayandıran bir sistem, hatalı bilginin fark edilmeden son kullanıcıya ulaşmasına zemin hazırlayabilir.

Bu çalışma, bir finansal asistan platformunda kampanya metinlerinden büyük dil modeliyle yapılan bilgi çıkarımını üç soru çerçevesinde ele almaktadır: (i) model, finansal kampanya metinlerinden alan çıkarırken hangi tür hataları yapmaktadır; (ii) modelin güven puanı bu hataların varlığını ne ölçüde yansıtmaktadır; (iii) modelin kendi inceleme işareti ile sistemin inceleme kararı hatalı kayıtları ne ölçüde yakalamaktadır. Bu sorulara yanıt aramak için çalışmada bir hata sınıflandırması ve bir değerlendirme tasarımı önerilmekte, sınıflandırma platformdan alınan gerçek bir kayıt üzerinde örneklendirilmekte ve inceleme kararını kaynak metne dayandıran bir kontrol önerilmektedir.

Büyük dil modelleriyle bilgi çıkarımı, adlandırılmış varlık tanıma, ilişki çıkarımı ve olay çıkarımı gibi görevlerin üretken bir biçimde yeniden ele alınmasını sağlamıştır. Xu vd. (2024) bu alandaki çalışmaları kapsamlı biçimde derlemiş; Wei vd. (2023) ise bilgi çıkarımını model ile çok adımlı bir soru-cevap etkileşimine dönüştürerek sıfır örnekli başarımın artırılabileceğini göstermiştir. Gilardi vd. (2023), metin etiketleme görevlerinde dil modellerinin kitle kaynaklı etiketleyicilere kıyasla daha yüksek doğruluk ve çok daha düşük maliyetle çalışabildiğini raporlamıştır. Finans alanında ise alana özgü modeller geliştirilmiş (Wu vd., 2023), ancak kampanya metinleri gibi koşul ağırlıklı ve kullanıcıyı doğrudan etkileyen içeriklerden bilgi çıkarımının hata profili sistematik olarak incelenmemiştir.

Üretilen metnin kaynağa sadakati, özetleme çalışmalarında ayrıntılı biçimde ele alınmıştır. Maynez vd. (2020), soyutlayıcı özetleme modellerinin kaynakta bulunmayan içerik ürettiğini göstermiş ve bu içeriği kaynağı çarpıtan ve kaynağa eklenen bilgi olarak ikiye ayırmıştır. Ji vd. (2023) bu ayrımı içsel ve dışsal halüsinasyon kavramlarıyla genelleştirmiş, Huang vd. (2023) ise büyük dil modellerine özgü halüsinasyon türlerini ve nedenlerini derlemiştir. Bu çalışmada önerilen hata sınıflandırması, söz konusu ayrımı yapılandırılmış alan çıkarımına uyarlamakta ve buna eksiklik yönündeki hataları da eklemektedir.

Model güveninin güvenilirliği, kalibrasyon başlığı altında incelenmektedir. Guo vd. (2017), modern sinir ağlarının güven tahminlerinde sistematik olarak aşırı iyimser olduğunu göstermiştir. Kadavath vd. (2022), dil modellerinin kendi yanıtlarının doğruluğunu belirli ölçüde tahmin edebildiğini ancak bu yeteneğin görevin biçimine bağlı olduğunu raporlamıştır.

Xiong vd. (2024), modellerin sözel olarak ifade ettikleri güvenin genellikle aşırı yüksek olduğunu; Tian vd. (2023) ise insan geri bildirimiyle ince ayarlanmış modellerde sözel güvenin bazı koşullarda daha iyi kalibre edilebildiğini göstermiştir. Bu bulgular, güven puanının tek başına bir inceleme ölçütü olarak kullanılmasının riskli olabileceğine işaret etmektedir.

Üretilen bilginin bir kaynağa dayandırılması ise atıf ve dayanaklılık çalışmalarında ele alınmaktadır. Rashkin vd. (2023), bir çıktının belirli bir kaynağa atfedilebilirliğini değerlendirmek için bir çerçeve önermiş; Gao vd. (2023), modellerin ürettikleri metne kaynak göstermesini sağlayan yöntemleri incelemiş ve gösterilen kaynakların iddiayı her zaman tam olarak desteklemediğini bulmuştur. Min vd. (2023), uzun metinleri atomik olgulara ayırarak her birinin bir bilgi kaynağıyla desteklenip desteklenmediğinin ölçülebileceğini göstermiştir. Manakul vd. (2023) ise harici bir kaynak olmadan, aynı soruya üretilen birden çok yanıtın tutarlılığına bakarak halüsinasyon tespit etmeyi önermiştir. Kampanya metinlerinden bilgi çıkarımında ham metnin her zaman elde bulunması, bu çalışmada önerilen kontrolün dayandığı temel avantajdır.

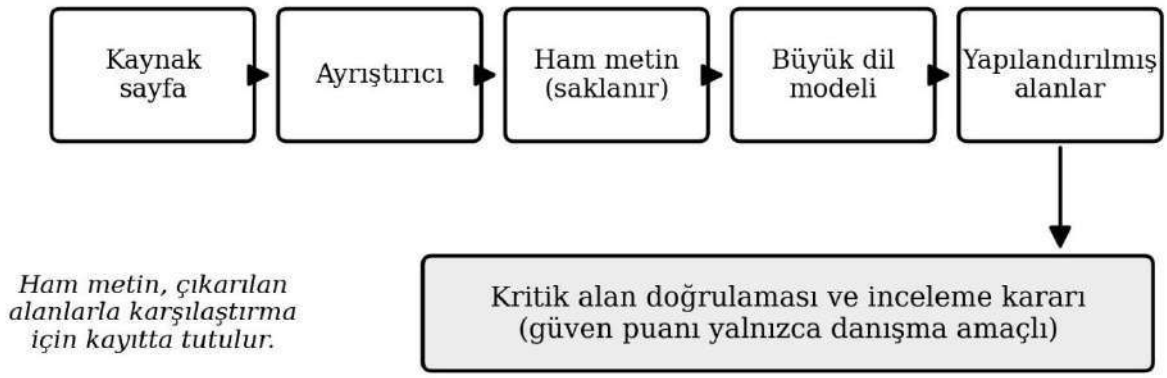
Çalışmanın katkıları üç başlıkta özetlenebilir. Birincisi, finansal kampanya metinlerinden bilgi çıkarımına özgü, doğruluk ve eksiksizlik yönlerini ayıran dört kategorili bir hata sınıflandırması önerilmektedir. İkincisi, modelin güven puanı, modelin inceleme işareti ve sistemin inceleme kararının hatalı kayıtları yakalama başarısının değerlendirilmesi için bir tasarım sunulmakta ve bu üç sinyal gerçek bir kayıt üzerinde karşılaştırılmaktadır. Üçüncüsü, inceleme kararını modelin kendi güveninden alıp bilginin ham metinde doğrulanabilirliğine dayandıran bir kaynağa dayanaklılık kontrolü önerilmekte ve bu kontrolün hangi hata türlerini yakalayıp hangilerini yakalayamayacağı tartışılmaktadır.

ÇALIŞMA ALANI

Çalışmanın vaka sistemi, bir Ar-Ge merkezi bünyesinde geliştirilmekte olan finansal asistan platformudur. Platform, bankaların ve ödeme kuruluşlarının kamuya açık kampanya sayfalarında yayımladığı kampanyaları toplamakta, her kampanyayı yapılandırılmış bir kayda dönüştürmekte ve bu kayıtları kullanıcıya uygunluk ölçütlerine göre sunmaktadır. Çalışmanın yürütüldüğü geliştirme ortamında 1.264 kampanya kaydı bulunmaktadır. Platform geliştirilme aşamasında olduğundan bulgular bu ortamın koşullarını yansıtmaktadır.

Bir kampanyanın platforma girişi beş aşamada gerçekleşmektedir (Şekil 1). Önce kampanyanın yayımlandığı kaynak sayfa belirlenmekte, ardından kuruma özgü bir ayrıştırıcı sayfadaki başlık, açıklama ve koşul metinlerini almaktadır. Elde edilen ham metin, sonradan yapılacak karşılaştırmalara olanak tanıyacak şekilde kayıtla birlikte saklanmaktadır. Ham metin normalize edildikten sonra ticari bir büyük dil modeline (Gemini) gönderilmekte ve model kampanyaya ait alanları doldurmaktadır. Son aşamada sistem, kritik kabul edilen alanları doğrulamakta ve kaydın insan incelemesine gönderilip gönderilmeyeceğine karar vermektedir.

Şekil 1. Finansal asistan platformunda kampanya verisinin akışı



Bu tasarımın dikkat çekici bir özelliği, modelin güven puanının karar ölçütü olarak değil, yalnızca danışma amaçlı bir sinyal olarak kullanılmasıdır. Platformun yönetim panelinde de belirtildiği gibi sistem kararı, kritik alanların kaynağına ve doğrulama sonucuna göre verilmektedir. Panel, kritik alanlar için her değerin hangi bileşenden geldiğini, örneğin ayrıştırıcıdan mı yoksa dil modelinden mi elde edildiğini ve doğrulamadan geçip geçmediğini ayrıca göstermektedir. Örneğin marka bilgisi dil modelinden, başlangıç tarihi ise ayrıştırıcıdan gelmektedir. Ayrıca model, kayıt düzeyinde kendi inceleme önerisini de üretmektedir. Böylece her kayıt için birbirinden bağımsız üç sinyal ortaya çıkmaktadır: modelin güven puanı, modelin inceleme işareti ve sistemin inceleme kararı.

Dil modelinin doldurduğu alanlar yapı bakımından üç gruba ayrılmaktadır (Tablo 1). Tarih ve marka gibi yapısal alanlar tek ve kısa bir değer alır ve doğrulanması görece kolaydır. Kategori gibi sınıflandırma alanları önceden tanımlanmış bir şemadan seçilir. Açıklama, hedef kitle ve uygunluk koşulu gibi serbest metin alanları ile kısıt ve limit etiketleri ise kampanyanın kullanıcıyı en çok ilgilendiren koşullarını taşır; bu alanlar modelin metni özetlemesini ve yorumlamasını gerektirdiği için hataya en açık alanlardır.

Tablo 1. Dil modelinin doldurduğu kampanya alanları

Alan grubu	Alanlar	Özellik
Yapısal alanlar	Marka, başlangıç tarihi, bitiş tarihi, ihraççı kurum	Tek ve kısa değer; ayrıştırıcıyla karşılaştırılabilir
Sınıflandırma alanları	Kategori, alt kategori, ödeme ürünü, ödeme ağı	Önceden tanımlı şemadan seçim
Serbest metin alanları	Açıklama, hedef kitle, müşteri segmenti, uygunluk koşulu	Metnin özetlenmesini ve yorumlanmasını gerektirir
Etiket listeleri	Kısıt etiketleri, limit etiketleri	Koşulların madde madde ifade edilmesi

MATERYAL VE YÖNTEM

Önerilen sınıflandırma, modelin bir alana yazdığı değerin kampanyanın ham metniyle karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Karşılaştırmanın birimi, alan değerinin kendisi değil, değerin içerdiği bilgi birimleridir. Bir bilgi birimi, tek başına doğrulanabilen en küçük ifadedir; örneğin “10.000 TL ve üzeri harcama” ya da “tüzel müşteriler hariç” birer bilgi birimidir. Bu yaklaşım, uzun metinleri atomik olgulara ayırarak değerlendiren çalışmalarla

uyumludur (Min vd., 2023) ve tek bir alanda birden çok hatanın ayrı ayrı sayılabilmesine olanak tanır.

Sınıflandırma dört hata türünden oluşmaktadır (Tablo 2). Bu türler iki yöne ayrılmaktadır. Kaynakta olmayan bilgi ekleme ve yanlış aktarma, alana yazılan bilginin doğruluğunu ilgilendiren hatalardır; alanda kaynakla desteklenmeyen bir bilgi vardır. Eksik aktarma ve boş bırakma ise eksiksizliği ilgilendiren hatalardır; kaynakta bulunan bir bilgi alana taşınmamıştır. Bu ayrım, Ji vd. (2023) tarafından tanımlanan içsel ve dışsal halüsinasyon kavramlarına karşılık gelmekle birlikte, yapılandırılmış alan çıkarımında eksiklik yönündeki hataların da en az doğruluk hataları kadar önemli olduğunu yansıtmaktadır.

Tablo 2. Önerilen hata sınıflandırması

Hata türü	Yön	Tanım	Örnek
Kaynakta olmayan bilgi ekleme	Doğruluk	Ham metinde geçmeyen bir koşul ya da bilgi alana yazılır.	Metinde olmayan “tek seferde” harcama koşulu
Yanlış aktarma	Doğruluk	Bilgi alana yazılır ancak metindekinden farklıdır.	Bir tarihin ya da tutarın hatalı aktarılması
Eksik aktarma	Eksiksizlik	Metindeki bilginin bir kısmı alana taşınmaz.	Dahil kart türlerinin bir kısmının hedef kitlede yer almaması
Boş bırakma	Eksiksizlik	Metinde karşılığı bulunan bir alan doldurulmaz.	Metinde yazan bir katılım koşulunun alanının boş kalması

Değerlendirme, platformdaki kampanya kayıtlarından seçilecek bir örneklemin elle işaretlenmesine dayanacaktır. Geliştirme ortamındaki 1.264 kayıt arasından 40 ile 100 arasında kayıt, bankalara ve kategorilere göre orantılı tabakalı rastgele örnekleme ile seçilecektir. Rastgele seçim, araştırmacının farkında olmadan hatalı görünen kayıtları tercih etmesinin önüne geçmek, tabakalama ise kayıtların belirli bir kurumun yazım biçimine yığılmasını önlemek amacıyla uygulanacaktır.

İnceleme, hataya en açık oldukları için serbest metin alanları ve etiket listeleriyle, yani açıklama, hedef kitle, uygunluk koşulu, kısıt etiketleri ve limit etiketleri alanlarıyla sınırlandırılacaktır. Her kayıt için bu alanlardaki bilgi birimleri ham metinle tek tek karşılaştırılacak ve her bilgi birimi doğru ya da Tablo 2'deki hata türlerinden biri olarak işaretlenecektir. Aynı kayıt için modelin güven puanı, modelin inceleme işareti ve sistemin inceleme kararı da kaydedilecektir.

İşaretlemenin tutarlılığını sağlamak için bir işaretleme kılavuzu hazırlanacaktır. Kılavuz özellikle sınır durumları tanımlayacaktır. Örneğin kategori gibi sınıflandırma alanlarında bir değerin hatalı sayılıp sayılmayacağı, metnin içeriğine olduğu kadar platformun kategori şemasına da bağlıdır; bu nedenle bu alanlar şemaya göre ayrıca değerlendirilecektir. Kayıtların yaklaşık beşte biri ikinci bir işaretleyici tarafından bağımsız olarak işaretlenecek ve iki işaretleyici arasındaki uyum Cohen'in kappa katsayısıyla (Cohen, 1960) raporlanacaktır.

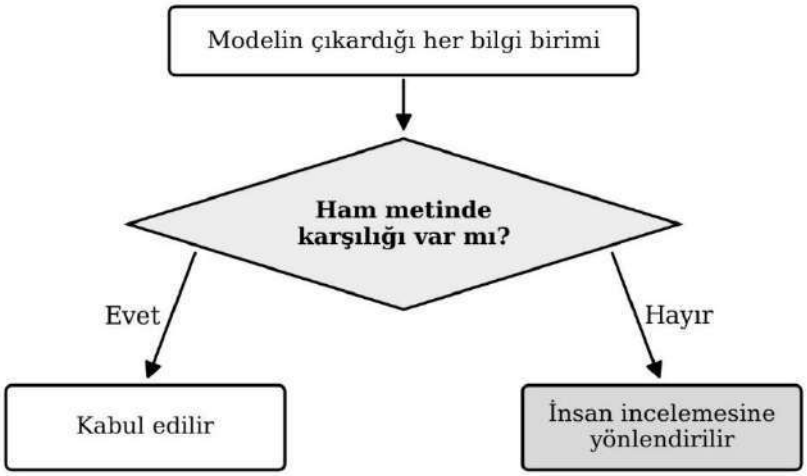
Hataların yaygınlığı alan düzeyinde ve kayıt düzeyinde ayrı ayrı hesaplanacaktır. Alan düzeyinde hata oranı, en az bir hatalı bilgi birimi içeren alanların incelenen tüm alanlara oranı; kayıt düzeyinde hata oranı ise en az bir hatalı alan içeren kayıtların tüm kayıtlara oranı olarak tanımlanmaktadır. Hata türlerinin dağılımı ayrıca alan grubuna göre raporlanacaktır.

Üç sinyalin her biri, kaydı incelemeye gönderen ya da göndermeyen ikili bir karar olarak ele alınacaktır. Modelin güven puanı için bu karar belirli bir eşik üzerinden tanımlanacak ve farklı eşik değerleri için ayrı ayrı hesaplanacaktır. Her sinyal için iki ölçüt kullanılacaktır:

duyarlılık, hatalı kayıtların ne kadarının sinyal tarafından incelemeye gönderildiğini; kesinlik ise incelemeye gönderilen kayıtların ne kadarının gerçekten hatalı olduğunu gösterir. Bunlara ek olarak, hatalı kayıtların güven puanı aralıklarına göre dağılımı incelenecek ve özellikle yüksek güvenli kayıtlardaki hata oranı raporlanacaktır.

Önerilen kontrol, inceleme kararını modelin kendi güvenine değil, çıkarılan bilginin ham metinde doğrulanabilirliğine dayandırmaktadır (Şekil 2). Kontrolün işleyişi basittir: modelin çıkardığı her bilgi birimi için ham metinde bir karşılık aranır; karşılığı bulunan bilgi kabul edilir, karşılığı bulunamayan bilgi ise güven puanı ne olursa olsun insan incelemesine yönlendirilir. Kayıt düzeyinde kontrolün çıktısı, ham metinde karşılığı bulunan bilgi birimlerinin tüm bilgi birimlerine oranı olarak tanımlanan bir dayanaklılık oranıyla özetlenebilir.

Şekil 2. Önerilen kaynağa dayanaklılık kontrolünün karar akışı



Karar, modelin güven puanından bağımsızdır.

Bu çalışmada kontrol, işaretleme sırasında elle uygulanacaktır: işaretleyicinin her bilgi birimini ham metinde araması, kontrolün kendisinin elle yürütülmesi anlamına gelmektedir. Kontrolün otomatikleştirilmesi için üç adım önerilmektedir. Birincisi, modelden her bilgi biriminin yanında dayandığı cümleyi ham metinden aynen aktarması istenir; bu yaklaşım modellere kaynak gösterme yeteneği kazandırmaya yönelik çalışmalarla uyumludur (Gao vd., 2023). İkincisi, aktarılan cümlenin ham metinde birebir geçip geçmediği yazılımla denetlenir; bu adım herhangi bir model çağrısı gerektirmez ve modelin uydurduğu bir kanıt cümlesi ham metinde bulunamayacağı için doğrudan yakalanır. Üçüncüsü, koşullar serbest metin içinde değil ayrı maddeler halinde çıkarılır. Bu son adım önemlidir, çünkü serbest metin alanlarında model gerçekten var olan bir cümleyi kanıt olarak gösterip o cümlede bulunmayan bir ayrıntıyı alana ekleyebilir; koşullar tek tek ayrıldığında her biri kendi kanıtıyla ayrı ayrı doğrulanabilir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Önerilen sınıflandırma, platformdan alınan bir kampanya kaydı üzerinde uygulanmıştır. Kayıt, bir bankanın belirli bir e-ticaret mağazasında belirli tarihler arasında yapılacak 10.000 TL ve üzeri harcamalara 1.000 TL bonus verdiği bir kampanyaya aittir. Ham metin; katılım için bankanın mobil uygulaması üzerinden önceden kayıt olunması gerektiğini, işlemlerin bankanın POS cihazlarıyla yapılmasının zorunlu olduğunu, dahil ve hariç tutulan kart

türlerini, tüzel müşterilerin kapsam dışında olduğunu ve müşteri başına en fazla 1.000 TL bonus kazanılabileceğini belirtmektedir. Tablo 3, incelenen alanların ham metinle karşılaştırılmasını özetlemektedir.

Tablo 3. Örnek kayıtta incelenen alanların ham metinle karşılaştırılması

Alan	Ham metindeki karşılık	Modelin çıkardığı değer	Değerlendirme
Açıklama	"10.000 TL ve üzeri harcamanıza 1.000 TL bonus"	"tek seferde yapılacak 10.000 TL ve üzeri harcamalara 1.000 TL bonus"	Kaynakta olmayan bilgi ekleme
Hedef kitle	Dahil kart türleri arasında sanal kartlar ve ek kartlar da sayılmaktadır.	Dahil kart türlerinin bir kısmı listelenmiş; sanal kartlar ve ek kartlar yer almamaktadır.	Eksik aktarma
Uygunluk koşulu	Uygulama üzerinden önceden katılım; bankanın POS cihazlarıyla işlem	Aynı iki koşul	Doğru
Kısıt etiketleri	POS zorunluluğu; belirli kart türü, tüzel müşteriler ve ödül kullanımları hariç	Aynı dört kısıt	Doğru
Limit etiketleri	Müşteri başına en fazla 1.000 TL bonus	Müşteri bazında en fazla 1.000 TL bonus	Doğru

İnceleme iki hata ortaya koymaktadır. Birincisi açıklama alanında görülmektedir: ham metin bonusun 10.000 TL ve üzeri harcamaya verileceğini belirtirken, model açıklamaya bu harcamanın "tek seferde" yapılması gerektiği koşulunu eklemiştir. Ham metinde böyle bir koşul bulunmamaktadır; aksine metin, kampanyaya katılım sonrasında yapılan harcamaların dahil olduğunu belirtmektedir. Bu hata kullanıcı açısından doğrudan bir sonuç doğurmaktadır: harcamasını birkaç işleme bölecek bir kullanıcı, aslında hak kazanacağı halde kampanyadan yararlanamayacağını düşünebilir. İkinci hata hedef kitle alanındadır: ham metin kampanyaya dahil kart türlerini sayarken sanal kartları ve ek kartları da listelemekte, model ise bu türleri hedef kitleye aktarmamaktadır. Bu durumda ek kart sahibi bir kullanıcı kendisini kapsam dışında sanabilir.

Kaydın diğer alanları ham metinle uyumludur. Kısıt ve limit etiketlerinin doğru çıkarılmış olması, hataların rastgele dağılmadığını, özellikle metnin özetlenmesini gerektiren serbest metin alanlarında yoğunlaşabileceğini düşündürmektedir. Tek bir kayıt bu yönde genel bir sonuca varmak için yeterli değildir; ancak Materyal ve Yöntem bölümünde açıklanan değerlendirme tasarımının neden serbest metin alanlarına odaklandığını desteklemektedir.

Örnek kayıtta üç sinyal birbirinden farklı yönleri göstermektedir. Modelin güven puanı 0,95'tir; yani model, iki doğrulanabilir hata içeren bir çıktıyı yüksek güvenle üretmiştir. Sistemin kritik alan değerlendirmesi kritik alanları "tam" olarak işaretlemiş ve kaydın incelemeye gönderilmesine gerek görmemiştir. Buna karşılık modelin kendi inceleme işareti kaydın incelenmesini önermektedir. Tablo 4 bu sinyalleri ve önerilen kontrolü, dayandıkları bilgi ve örnek kayıttaki durumları bakımından karşılaştırmaktadır.

Tablo 4. İnceleme sinyallerinin ve önerilen kontrolün karşılaştırılması

Sinyal	Dayandığı bilgi	Yakalayabileceği hatalar	Örnek kayıttaki durum
Modelin güven puanı	Modelin kendi çıktısına ilişkin beyanı	Modelin öz değerlendirmesine bağlı; hata türüne göre ayrım yapmaz	0,95; hatalar yansımamıştır

Sinyal	Dayandığı bilgi	Yakalayabileceği hatalar	Örnek kayıttaki durum
Modelin inceleme işareti	Modelin kaydı incelemeye önerip önermediği	Modelin öz değerlendirmesine bağlı; gerekçesi görünmez	İnceleme önerilmiştir
Sistemin inceleme kararı	Kritik alanların kaynağı ve doğrulama sonucu	Kritik alanlardaki hatalar	İnceleme gerekli görülmemiştir; hatalar kritik alan doğrulamasında yakalanmamıştır
Kaynağa dayanaklılık kontrolü (önerilen)	Çıkarılan bilginin ham metinle karşılaştırılması	Kaynakta olmayan bilgi ekleme, yanlış aktarma	"Tek seferde" koşulu yakalanır; eksik aktarma yakalanmaz

Bu tablo iki gözleme işaret etmektedir. Birincisi, yüksek güven puanı ile hatanın birlikte görülebilmesi, güven puanının tek başına bir inceleme ölçütü olarak yetersiz kalabileceğine ilişkin literatürdeki bulgularla uyumludur (Guo vd., 2017; Xiong vd., 2024). Platformun güven puanını yalnızca danışma amaçlı kullanan tasarımı bu açıdan yerinde görünmektedir. İkincisi, örnek kayıtta modelin kendi inceleme işareti, sistemin son kararından farklı olarak kaydı incelemeye önermiştir. Modelin bu öneriyi hangi gerekçeyle yaptığı görünür olmadığından, işaretin hataları sistematik olarak yakalayıp yakalamadığı tek bir kayıttan anlaşılamaz. Bu soru, değerlendirme tasarımında tanımlanan duyarlılık ve kesinlik ölçütleriyle yanıtlanacaktır. Ancak örnek, sistemin son kararını verirken modelin işaretini de bir girdi olarak değerlendirmesinin ve iki sinyalin ayrıştığı kayıtları ayrıca izlemesinin yararlı olabileceğini düşündürmektedir.

Önerilen kontrol, örnek kayıttaki iki hatadan yalnızca birini yakalayabilmektedir. Açıklama alanına eklenen "tek seferde" koşulunun ham metinde bir karşılığı bulunmadığı için bu bilgi kontrolden geçemez ve kayıt güven puanından bağımsız olarak incelemeye düşer. Hedef kitle alanındaki eksik aktarma ise kontrolle yakalanamaz, çünkü alana yazılan kart türlerinin her biri ham metinde gerçekten geçmektedir; eksik olan, alana yazılmayan bilgidir.

Bu durum genel bir sınıra işaret etmektedir: kaynağa dayanaklılık kontrolü doğruluk yönündeki hataları, yani kaynakta olmayan bilgi eklemeyi ve yanlış aktarmayı hedeflemekte, eksiksizlik yönündeki hataları kapsamamaktadır. Eksik aktarma ve boş bırakma hatalarının yakalanması için kontrolün ters yönde de işletilmesi gerekmektedir: ham metindeki her koşulun ya da bilgi biriminin kayıtta bir alana karşılık gelip gelmediğinin denetlenmesi. Koşulların ayrı maddeler halinde çıkarılması bu ters yönlü denetimi de kolaylaştıracaktır, çünkü ham metindeki koşullar ile kayıttaki maddeler arasında birebir bir eşleştirme yapılabilir. Dolayısıyla önerilen kontrol, tek yönlü bir dayanaklılık denetimi olarak değil, dayanaklılık ve eksiksizliği birlikte ele alan iki yönlü bir denetimin ilk adımı olarak değerlendirilmelidir.

Çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Birincisi, bulgular tek bir platform ve tek bir dil modeli üzerine kuruludur; farklı modeller ya da farklı istem tasarımları farklı hata profilleri gösterebilir. İkincisi, bu çalışmada sunulan örnek vaka tek bir kayda dayanmaktadır ve hata türlerinin yaygınlığı ya da sinyallerin başarımı hakkında genel bir sonuca varmak için yeterli değildir; bu sorular değerlendirme tasarımında tanımlanan örneklem üzerinde yanıtlanacaktır. Üçüncüsü, işaretleme insan yargısına dayanmaktadır; bu sınırlılık işaretleme kılavuzu ve iki işaretleyici arasındaki uyumun raporlanmasıyla azaltılmaya çalışılacaktır. Dördüncüsü, önerilen kontrol yalnızca ham metinde açıkça yazan bilgileri doğrulayabilir; metinden çıkarım yoluyla elde edilen ya da kategori şeması gibi dış bir kabule dayanan değerlendirmeler bu

kontrolün kapsamı dışındadır. Son olarak, çalışma bir geliştirme ortamında yürütülmektedir ve üretim ortamındaki kayıtların özellikleri farklılık gösterebilir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada, bir finansal asistan platformunda kampanya metinlerinden büyük dil modeliyle yapılan bilgi çıkarımı, hata türleri ve model güveninin bu hataları ne ölçüde yansıttığı açısından ele alınmıştır. Doğruluk ve eksiksizlik yönlerini ayıran dört kategorili bir hata sınıflandırması önerilmiş, modelin güven puanı, modelin inceleme işareti ve sistemin inceleme kararının değerlendirilmesi için bir tasarım sunulmuş ve inceleme kararını ham metne dayandıran bir kaynağa dayanaklılık kontrolü önerilmiştir.

Platformdan alınan örnek kayıt, sınıflandırmanın gerçek bir kayıtta uygulanabilirliğini göstermiştir. Kayıtta, model 0,95 güven puanı vermiş ve sistemin kritik alan değerlendirmesi incelemeye gerek görmemiş olmasına karşın biri kaynakta olmayan bir koşulun eklenmesi, diğeri bilginin eksik aktarılması olmak üzere iki hata bulunmuştur. Bu gözlem, finansal kampanya metinlerinde güven puanının tek başına yeterli bir inceleme ölçütü olmayabileceğini ve inceleme kararının bilginin kaynakta doğrulanabilirliğine dayandırılması gerektiğini düşündürmektedir. Örnek ayrıca önerilen kontrolün doğruluk yönündeki hataları yakalayabildiğini, ancak eksiksizlik yönündeki hatalar için ters yönlü bir denetimle tamamlanması gerektiğini göstermiştir.

Gelecek çalışmalarda öncelikle değerlendirme tasarımında tanımlanan örneklem üzerinde işaretlemenin tamamlanması ve hata türlerinin dağılımı ile üç sinyalin duyarlılık ve kesinlik değerlerinin raporlanması planlanmaktadır. Bunu izleyerek kaynağa dayanaklılık kontrolünün kanıt cümlesi ve birebir eşleştirme adımlarıyla otomatikleştirilmesi, eksiksizlik yönündeki hatalar için ters yönlü denetimle genişletilmesi ve farklı dil modelleri ile daha geniş bir veri setinde sınanması hedeflenmektedir.

KAYNAKÇA

Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement, 20*(1), 37–46.

Gao, T., Yen, H., Yu, J., & Chen, D. (2023). Enabling large language models to generate text with citations. In *Proceedings of the 2023 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Association for Computational Linguistics.

Gilardi, F., Alizadeh, M., & Kubli, M. (2023). ChatGPT outperforms crowd workers for text-annotation tasks. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 120*(30), e2305016120.

Gomber, P., Koch, J.-A., & Siering, M. (2017). Digital finance and FinTech: Current research and future research directions. *Journal of Business Economics, 87*(5), 537–580.

Guo, C., Pleiss, G., Sun, Y., & Weinberger, K. Q. (2017). On calibration of modern neural networks. In *Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning* (pp. 1321–1330). PMLR.

Huang, L., Yu, W., Ma, W., Zhong, W., Feng, Z., Wang, H., Chen, Q., Peng, W., Feng, X., Qin, B., & Liu, T. (2023). A survey on hallucination in large language models: Principles, taxonomy, challenges, and open questions. *arXiv preprint* arXiv:2311.05232.

Ji, Z., Lee, N., Frieske, R., Yu, T., Su, D., Xu, Y., Ishii, E., Bang, Y. J., Madotto, A., & Fung, P. (2023). Survey of hallucination in natural language generation. *ACM Computing Surveys, 55*(12), 1–38.

Kadavath, S., Conerly, T., Askell, A., Henighan, T., Drain, D., Perez, E., ... Kaplan, J. (2022). Language models (mostly) know what they know. *arXiv preprint* arXiv:2207.05221.

Long, L., Wang, R., Xiao, R., Zhao, J., Ding, X., Chen, G., & Wang, H. (2024). On LLMs-driven synthetic data generation, curation, and evaluation: A survey. In *Findings of the*

Association for Computational Linguistics: ACL 2024. Association for Computational Linguistics.
Manakul, P., Liusie, A., & Gales, M. J. F. (2023). SelfCheckGPT: Zero-resource black-box hallucination detection for generative large language models. In *Proceedings of the 2023 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Association for Computational Linguistics.
Maynez, J., Narayan, S., Bohnet, B., & McDonald, R. (2020). On faithfulness and factuality in abstractive summarization. In *Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (pp. 1906–1919). Association for Computational Linguistics.
Min, S., Krishna, K., Lyu, X., Lewis, M., Yih, W., Koh, P. W., Iyyer, M., Zettlemoyer, L., & Hajishirzi, H. (2023). FActScore: Fine-grained atomic evaluation of factual precision in long form text generation. In *Proceedings of the 2023 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Association for Computational Linguistics.
Rashkin, H., Nikolaev, V., Lamm, M., Aroyo, L., Collins, M., Das, D., Petrov, S., Tomar, G. S., Turc, I., & Reitter, D. (2023). Measuring attribution in natural language generation models. *Computational Linguistics, 49*(4), 777–840.
Ratner, A., Bach, S. H., Ehrenberg, H., Fries, J., Wu, S., & Ré, C. (2017). Snorkel: Rapid training data creation with weak supervision. *Proceedings of the VLDB Endowment, 11*(3), 269–282.
Shumailov, I., Shumaylov, Z., Zhao, Y., Papernot, N., Anderson, R., & Gal, Y. (2024). AI models collapse when trained on recursively generated data. *Nature, 631*, 755–759.
Tian, K., Mitchell, E., Zhou, A., Sharma, A., Rafailov, R., Yao, H., Finn, C., & Manning, C. D. (2023). Just ask for calibration: Strategies for eliciting calibrated confidence scores from language models fine-tuned with human feedback. In *Proceedings of the 2023 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Association for Computational Linguistics.
Wei, X., Cui, X., Cheng, N., Wang, X., Zhang, X., Huang, S., Xie, P., Xu, J., Chen, Y., Zhang, M., Jiang, Y., & Han, W. (2023). Zero-shot information extraction via chatting with ChatGPT. *arXiv preprint* arXiv:2302.10205.
Wu, S., Irsoy, O., Lu, S., Dabravolski, V., Dredze, M., Gehrmann, S., Kambadur, P., Rosenberg, D., & Mann, G. (2023). BloombergGPT: A large language model for finance. *arXiv preprint* arXiv:2303.17564.
Xiong, M., Hu, Z., Lu, X., Li, Y., Fu, J., He, J., & Hooi, B. (2024). Can LLMs express their uncertainty? An empirical evaluation of confidence elicitation in LLMs. In *The Twelfth International Conference on Learning Representations (ICLR 2024)*.
Xu, D., Chen, W., Peng, W., Zhang, C., Xu, T., Zhao, X., Wu, X., Zheng, Y., Wang, Y., & Chen, E. (2024). Large language models for generative information extraction: A survey. *Frontiers of Computer Science, 18*(6), 186357.CONCEPTUAL FRAMEWORK

YAPAY ZEKÂ İLE ÜRETİLEN ÜRÜN İÇERİKLERİNDE ÖZGÜNLÜK: BİR LİTERATÜR İNCELEMESİ

Researcher Zeynep Yavuz
Sipay Elektronik Para ve Ödeme Hizmetleri A.Ş.
Researcher Alper Anapalı
Ideasoft Yazılım Sanayi ve Ticaret A.Ş.
Researcher Serkan Cerk
Sipay Elektronik Para ve Ödeme Hizmetleri A.Ş.

ÖZET

E-ticaret sektöründeki hızlı büyüme, artan ürün çeşitliliği ve yoğunlaşan rekabet, ürün içeriği üretimini işletmeler için kritik bir operasyonel alan haline getirmiştir. Özgün, ikna edici ve arama motorlarına uygun ürün açıklamaları, mağazaların görünürlüğünü ve satış performansını doğrudan etkilemektedir. Ancak binlerce ürün için bu içeriğin elle hazırlanması yüksek maliyet ve zaman gerektirmekte, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler bu süreci yönetecek kaynaktan yoksun kalmaktadır. Yapay zekâ tabanlı dil modelleri, ürün içeriklerinin otomatik olarak üretilmesini mümkün kılarak bu soruna önemli bir çözüm sunmaktadır. Bununla birlikte, aynı ürünü satan çok sayıda mağazaya tek bir platform üzerinden hizmet verildiğinde, farklı mağazalar için birbirine çok benzeyen açıklamalar ortaya çıkabilmektedir. Arama motorlarının benzer içerikleri ayırt etme eğilimi dikkate alındığında, bu durum mağazaların görünürlük kaybetmesine ve otomatik içerik üretiminden beklenen faydanın azalmasına yol açabilmektedir. Bu çalışmada, yapay zekâ ile ürün içeriği üretimi, üretilen metinlerin birbirine benzeme eğilimi, benzer içeriklerin tespiti ve içerik çeşitliliğini artırmaya yönelik yaklaşımlar üzerine güncel literatür incelenmektedir. Mevcut yaklaşımlar sınıflandırılmakta ve özgünlük, bilgi doğruluğu ve arama motoru uyumu açısından değerlendirilmektedir. İnceleme sonucunda, benzerlik sorununu ele alan çalışmaların ağırlıklı olarak yaratıcı metinlere odaklandığı, kısa ve bilgi odaklı ticari metinlerde mağazalar arası özgünlüğün yeterince araştırılmadığı ve Türkçe e-ticaret içeriğine yönelik çalışmaların oldukça sınırlı kaldığı görülmektedir. Ayrıca içeriği özgünleştirme çabalarının ürün bilgilerinin doğruluğunu olumsuz etkileyebileceği konusunun yeterince incelenmediği belirlenmiştir. Çalışma, bu boşluklara yönelik bir değerlendirme yaklaşımı ile çok mağazalı içerik üretim sistemlerinin tasarımına ve gelecek araştırmalara yönelik öneriler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, E-Ticaret, Ürün Açıklaması Üretimi, İçerik Özgünlüğü, Arama Motoru Optimizasyonu.

ABSTRACT

The rapid growth of the e-commerce sector, increasing product variety, and intensifying competition have made product content creation a critical operational area for businesses. Original, persuasive, and search engine-friendly product descriptions directly affect stores' visibility and sales performance. However, manually preparing such content for thousands of products is costly and time-consuming, and small and medium-sized businesses in particular often lack the resources to manage this process. Artificial intelligence-based language models offer an important solution by enabling the automatic generation of product content. Nevertheless, when a single platform serves many stores selling the same product, highly similar descriptions may be produced for different stores. Given that search engines tend to distinguish between similar content, this can reduce store visibility and diminish the expected benefits of automated content generation. This study reviews recent literature on AI-based

product content generation, the tendency of generated texts to resemble one another, the detection of similar content, and approaches for increasing content diversity. Existing approaches are categorized and evaluated in terms of originality, information accuracy, and search engine compatibility. The review shows that studies addressing the similarity problem focus mainly on creative writing, that cross-store originality in short, information-oriented commercial texts has not been sufficiently investigated, and that research on Turkish e-commerce content remains very limited. It also finds that the potential negative effect of originality efforts on the accuracy of product information has not been adequately examined. The study offers an evaluation approach addressing these gaps, along with recommendations for designing multi-store content generation systems and for future research.
Keywords: artificial intelligence, e-commerce, product description generation, content originality, search engine optimization.

GİRİŞ

E-ticaret, son yıllarda hem işletme sayısı hem de satışa sunulan ürün çeşitliliği bakımından hızlı bir büyüme göstermektedir. Bu büyümeyle birlikte çevrim içi mağazalar arasındaki rekabet yoğunlaşmış, tüketicinin bir ürünü bulması ve satın alma kararı vermesi büyük ölçüde ürün sayfasında sunulan bilgiye bağlı hale gelmiştir. Ürün adı, açıklaması, sayfa başlığı ve arama sonuçlarında görünen kısa tanıtım metinleri, hem arama motorlarındaki görünürlüğü hem de ziyaretçinin müşteriye dönüşme olasılığını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle ürün içeriği üretimi, e-ticaret işletmeleri için kritik bir operasyonel alan olarak öne çıkmaktadır.

Binlerce ürüne sahip bir mağazada her ürün için özgün, ikna edici ve arama motorlarına uygun içerik hazırlamak; deneyimli metin yazarları ve arama motoru optimizasyonu (SEO) uzmanları gerektiren, maliyetli ve zaman alıcı bir süreçtir. Küçük ve orta ölçekli işletmelerin önemli bir kısmı bu kaynağa sahip olmadığından ürün sayfaları çoğu zaman eksik, yetersiz ya da tedarikçiden kopyalanmış içerikle yayına alınmaktadır. Büyük dil modellerinin (BDM) gelişimiyle birlikte metin üretimi geniş ölçekte otomatikleştirilebilir hale gelmiştir (Brown vd., 2020; Zhao vd., 2023). Ürün açıklaması üretimine yönelik çalışmalar, bilgi tabanlı ve kişiselleştirilmiş üretimden (Chen vd., 2019) endüstriyel ölçekte kullanılan otomatik metin yazarlığı sistemlerine (Zhang vd., 2022) ve görsel bilgiyi de kullanan çok kipli yaklaşımlara (Li vd., 2024) kadar geniş bir yelpazede ilerlemiştir.

Ancak otomatik içerik üretimi yaygınlaştıkça yeni bir sorun belirginleşmektedir. Günümüzde pek çok e-ticaret işletmesi, çok sayıda mağazaya aynı altyapıyı sunan hizmet olarak yazılım (SaaS) platformları üzerinden faaliyet göstermektedir. Bu platformlarda aynı markanın aynı ürünü çok sayıda mağaza tarafından satılabilmektedir. Aynı ürün bilgisi benzer talimatlarla aynı ya da benzer bir dil modeline verildiğinde, farklı mağazalar için birbirine çok yakın metinler üretilebilmektedir. Arama motorları, birbirinin neredeyse kopyası olan sayfalarla karşılaştığında bunları gruplandırma ve sonuçlarda genellikle yalnızca birini öne çıkarma eğilimindedir (Google, t.y.). Bu durum, içerik üretimi için yatırım yapan mağazaların beklenen görünürlüğü elde edememesine yol açabilmektedir.

Literatürde dil modeli çıktılarının birbirine benzeme, yani homojenleşme eğilimi farklı çalışmalarla gösterilmiştir. Dil modelleriyle birlikte yazılan metinlerin içerik çeşitliliğini azalttığı (Padmakumar ve He, 2024), üretken yapay zekânın bireysel yaratıcılığı artırırken toplu çeşitliliği düşürdüğü (Doshi ve Hauser, 2024) ve farklı dil modellerinin bile birbirine benzer çıktılar ürettiği (Wenger ve Kenett, 2025; Xu vd., 2025) raporlanmıştır. Ne var ki bu çalışmalar ağırlıklı olarak hikâye, deneme ve benzeri yaratıcı metinler üzerinde yürütülmüştür. Ürün açıklaması üretimine yönelik çalışmalar ise çoğunlukla tek bir mağaza ya da pazaryeri bağlamında metin kalitesi ve çekiciliğe odaklanmakta, aynı ürün için farklı

mağazalarda üretilen içeriklerin birbirinden ne kadar ayırt edilebilir olduğunu ele almamaktadır. Türkçe için kapsamlı değerlendirme kaynaklarının sınırlı olması (Yüksel vd., 2024) da Türkçe e-ticaret içeriği açısından ayrı bir boşluk oluşturmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, yapay zekâ ile üretilen ürün içeriklerinde mağazalar arası benzerlik sorununu ve bu soruna yönelik yaklaşımları literatür üzerinden incelemektir. Çalışmanın katkıları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

(i) Ürün içeriği üretimi, metin homojenleşmesi, benzer içerik tespiti ve içerik çeşitlendirme alanlarındaki çalışmalar, çok mağazalı e-ticaret bağlamında bir araya getirilmektedir.

(ii) İçerik çeşitliliğini artıran yaklaşımlar beş başlık altında sınıflandırılmakta; özgünlük, bilgi doğruluğu ve arama motoru uyumu boyutlarında değerlendirilmektedir.

(iii) Literatürdeki dört temel boşluk belirlenmektedir.

(iv) Bu boşluklara yönelik, çok mağazalı içerik üretim sistemlerinde kullanılabilecek beş aşamalı bir değerlendirme yaklaşımı önerilmektedir.

Çalışmanın geri kalanı şu şekilde düzenlenmiştir: İkinci bölümde çalışma alanı tanıtılmakta, üçüncü bölümde problem tanımı ve inceleme yöntemi açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde literatürden elde edilen bulgular tartışılmakta, beşinci bölümde ise sonuçlar ve gelecek çalışmalar sunulmaktadır.

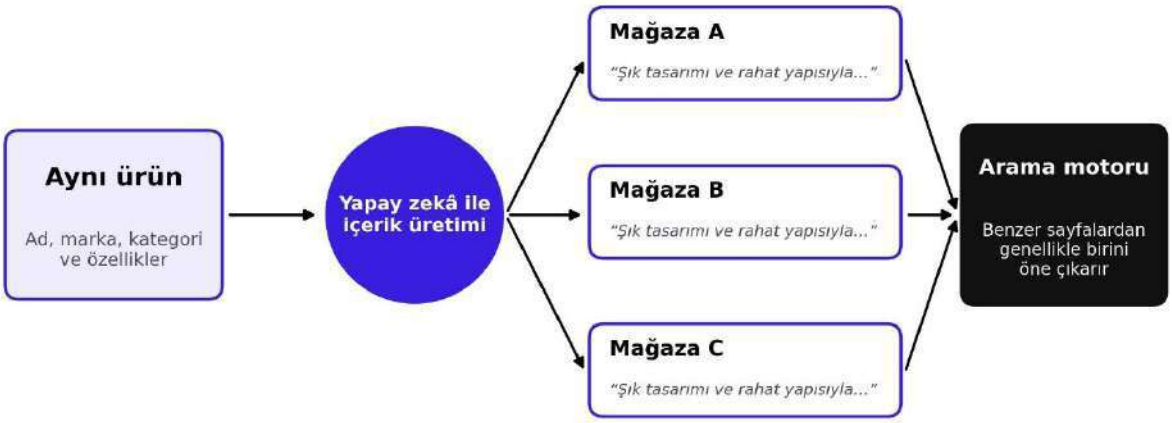
ÇALIŞMA ALANI

Bu çalışma, ideasoft Ar-Ge Merkezi bünyesinde yürütülen ve e-ticaret sektörüne yönelik bir ürün içerik üretim platformunun geliştirilmesini amaçlayan Ar-Ge projesi kapsamında hazırlanmıştır. Çalışma alanını, çok sayıda bağımsız mağazanın ürün kataloğunu aynı altyapı üzerinden yönettiği çok mağazalı (çok kiracılı) e-ticaret platformları oluşturmaktadır.

Bu tür platformlarda her ürün için ürün adı, stok kodu, kategori, marka, özellikler ve görseller gibi yapılandırılmış bilgiler bulunmaktadır. Bunların yanında kısa açıklama, uzun açıklama, sayfa başlığı, meta açıklama, hedef anahtar kelime ve görsel alt metni gibi içerik alanları yer almakta ve bu alanlar geleneksel olarak mağaza sahipleri tarafından elle doldurulmaktadır. Geliştirilen yaklaşımda bu alanların yapay zekâ tarafından doldurulması, üretilen içeriğin mağaza sahibi tarafından onaylanması ya da düzenlenmesi ve ardından yayına alınması öngörülmektedir.

Çalışma alanını ayırt edici kılan özellik, aynı ürünün birden çok mağazada satılabilmesidir. Aynı tedarikçiden ya da aynı markadan ürün tedarik eden mağazalar, büyük ölçüde aynı ürün bilgisine sahiptir. Bu bilgilerin yapay zekâ ile içeriğe dönüştürülmesi sırasında her mağaza için ayrı bir içerik üretilse bile, girdilerin benzerliği nedeniyle çıktıların da birbirine yakın olması olasıdır. Şekil 1'de bu durum şematik olarak gösterilmektedir.

Şekil 1. Çok mağazalı platformlarda yapay zekâ ile içerik üretiminde benzerlik sorunu



MATERYAL VE YÖNTEM

Problem Tanımı

Bir ürünün n farklı mağazada satıldığı ve her mağaza için yapay zekâ ile ayrı bir ürün içeriği üretildiği bir senaryo ele alınmaktadır. Bu senaryoda üretilen içeriklerden üç koşulu aynı anda sağlaması beklenmektedir. Birincisi, her mağazanın içeriği diğer mağazaların içeriğinden ayırt edilebilir olmalıdır. İkincisi, içerik ürünün gerçek özelliklerine sadık kalmalı, ürüne ait olmayan bilgi içermemelidir. Üçüncüsü, içerik arama motorlarının beklentilerine ve sayfa alanlarının kurallarına (örneğin başlık ve açıklama uzunlukları) uygun olmalıdır.

Bu üç koşul kimi zaman birbiriyle çelişmektedir. Metni farklılaştırmak için yapılan değişiklikler ürün bilgisinden uzaklaşma riskini artırabilir; arama motoru uyumu için belirli anahtar kelimelerin kullanılması ise metinleri yeniden birbirine yaklaştırabilir. Bu nedenle problem, yalnızca özgünlüğün artırılması değil, özgünlük ile bilgi doğruluğu ve arama motoru uyumu arasında bir denge kurulması olarak tanımlanmaktadır.

İnceleme Süreci

Çalışma, bir literatür incelemesi olarak tasarlanmıştır. Tarama ACL Anthology, ACM Digital Library, IEEE Xplore, arXiv ve Google Scholar kaynakları üzerinden yürütülmüştür. Tarama ağırlıklı olarak 2021–2026 dönemine odaklanmış; benzer içerik tespiti ve metin çeşitliliği gibi konularda yöntemlerin temelini oluşturan daha eski çalışmalar da kapsama alınmıştır.

Tarama sırasında ürün açıklaması üretimi, e-ticaret metin yazarlığı, dil modeli çıktılarında çeşitlilik ve homojenleşme, benzer ve yinelenen içerik tespiti, bilgi getirme destekli üretim ve dil modelleriyle değerlendirme gibi anahtar kavramlar kullanılmıştır. Ürün içeriği üretimiyle ya da metin çeşitliliği ve benzerliğiyle doğrudan ilişkili çalışmalar incelemeye dahil edilmiş, konuyla yalnızca dolaylı ilişkisi olan çalışmalar kapsam dışında bırakılmıştır. Hakem sürecinden geçmemiş ön baskılar, alanın hızla gelişmesi nedeniyle incelemeye alınmış ve metin içinde bu durum dikkate alınmıştır.

Seçilen çalışmalar dört tematik alan altında gruplandırılmıştır: yapay zekâ ile ürün içeriği üretimi, metinlerin birbirine benzeme eğilimi, benzer içerik tespiti ve içerik çeşitliliğini artıran yaklaşımlar.

Değerlendirme Boyutları

İncelenen yaklaşımlar, problem tanımından türetilen üç boyutta değerlendirilmiştir. Özgünlük boyutu, yaklaşımın farklı mağazalar için ayırt edilebilir içerik üretme potansiyelini ifade etmektedir. Bilgi doğruluğu boyutu, üretilen içeriğin ürün bilgilerine sadık kalma düzeyini ele almaktadır. Arama motoru uyumu boyutu ise içeriğin sayfa alanı kurallarına ve arama motorlarının beklentilerine uygunluğunu kapsamaktadır. Değerlendirme, literatürde raporlanan bulgular ve yaklaşımların yapısal özellikleri üzerinden niteliksel olarak yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapay Zekâ ile Ürün İçeriği Üretimi

Ürün açıklaması üretimine yönelik çalışmalar, büyük dil modellerinden önce de dikkat çeken bir araştırma alanı olmuştur. Chen vd. (2019), ürün özelliklerini harici bilgiyle zenginleştirerek kullanıcıya göre kişiselleştirilmiş açıklamalar üreten bir yaklaşım önermiştir. Zhang vd. (2022), büyük bir e-ticaret platformunda canlı olarak kullanılan otomatik ürün metin yazarlığı sistemini tanıtmış; üretimin yanı sıra otomatik ve insan destekli kalite kontrol adımlarının önemini vurgulamıştır. Li vd. (2024) ise ürün görselini ve anahtar kelimeleri birlikte kullanan çok kipli bir yaklaşımla açıklama üretiminde hem doğruluğun hem de çeşitliliğin artırılabileceğini göstermiştir.

Büyük dil modellerinin yaygınlaşmasıyla birlikte arama motorları için içerik optimizasyonu da yeni bir boyut kazanmıştır. Aggarwal vd. (2024), üretken yapay zekâ tabanlı arama sistemlerinde içeriğin görünürlüğünü artırmaya yönelik "üretken motor optimizasyonu" kavramını önermiş; kaynak gösterme ve somut bilgi ekleme gibi stratejilerin görünürlüğü artırabildiğini, anahtar kelimelerin aşırı tekrarının ise beklenen etkiyi sağlamadığını raporlamıştır.

Bu çalışmaların ortak noktası, tek bir ürün için üretilen içeriğin kalitesine, çekiciliğine ve görünürlüğüne odaklanmalarıdır. Aynı ürün için farklı mağazalarda üretilen içeriklerin birbirinden ne kadar ayırt edilebilir olduğu bu çalışmalarda ele alınmamaktadır. Oysa çok mağazalı platformlarda bu durum, içerik kalitesi kadar belirleyici bir faktör olabilir.

Metinlerin Birbirine Benzeme Eğilimi

Dil modellerinin metin üretiminde kullandığı yöntemler, çıktıların çeşitliliğini doğrudan etkilemektedir. Holtzman vd. (2020), olasılığı en yüksek kelimelerin seçilmesine dayanan üretim yöntemlerinin tekrarlı ve sıradan metinlere yol açtığını göstermiş ve daha çeşitli örnekleme yöntemleri önermiştir. Kirk vd. (2024) ise insan geri bildirimiyle yapılan model eğitiminin genelleme yeteneğini artırırken çıktı çeşitliliğini azalttığını raporlamıştır. Bu bulgu, günümüzde yaygın olarak kullanılan sohbet tabanlı modellerin doğası gereği birbirine benzer çıktılar üretme eğiliminde olabileceğine işaret etmektedir.

Metin homojenleşmesinin toplu düzeydeki etkileri de incelenmiştir. Padmakumar ve He (2024), dil modelleriyle birlikte yazılan metinlerin farklı yazarlar arasında birbirine daha fazla benzediğini göstermiştir. Doshi ve Hauser (2024), üretken yapay zekâ desteğinin bireysel metinlerin yaratıcılığını artırırken metinler arasındaki toplu çeşitliliği azalttığını ortaya koymuştur. Xu vd. (2025), dil modellerinin ürettiği hikâyelerin olay örgüsü açısından tekrar eden öğelerden oluştuğunu; Wenger ve Kenett (2025) ise bu homojenliğin tek bir modelle sınırlı kalmayıp farklı modeller arasında da sürdüğünü raporlamıştır.

Bu bulgular, çok mağazalı e-ticaret bağlamı için önemli çıkarımlar taşımaktadır. Yaratıcı metinlerde bile belirgin olan homojenleşmenin, kısa, bilgi odaklı ve belirli kurallara bağlı

ürün metinlerinde daha da belirgin olması beklenebilir. Çünkü ürün açıklamalarında hem içerik (ürün özellikleri) hem de biçim (alan uzunlukları, anahtar kelimeler) büyük ölçüde sabittir ve farklılaşma için kalan alan sınırlıdır. Bununla birlikte, bu çıkarımın ürün metinleri üzerinde doğrudan sınanmamış olması literatürdeki temel eksikliklerden biridir.

Benzer İçerik Tespiti

Benzer içerik tespiti, web arama sistemlerinin uzun süredir çözmeye çalıştığı bir problemdir. Broder (1997), belgeleri ardışık kelime gruplarına ayırarak aralarındaki benzerliği ölçen ve büyük belge koleksiyonlarında verimli biçimde uygulanabilen bir yaklaşım önermiştir. Charikar (2002) tarafından geliştirilen ve belgeleri kısa parmak izlerine dönüştüren yöntem, Manku vd. (2007) tarafından web taramasında neredeyse aynı sayfaların tespitine uygulanmıştır. Bu yöntemler, metinler arasındaki kelime düzeyindeki örtüşmeyi ölçmeye dayanmaktadır.

Kelime düzeyindeki yöntemler, aynı anlamı farklı kelimelerle ifade eden metinleri ayırt etmekte yetersiz kalabilmektedir. Bu nedenle metinlerin anlamsal temsillerine dayanan yöntemler de kullanılmaktadır (Reimers ve Gurevych, 2019). Bir metin koleksiyonunun genel çeşitliliğini ölçmek için ise farklı kelime gruplarının oranına dayanan ölçütler önerilmiştir (Li vd., 2016). Son yıllarda dil modellerinin kendisinin değerlendirici olarak kullanılması da yaygınlaşmıştır; bu yaklaşımın insan değerlendirmeleriyle yüksek düzeyde uyum gösterebildiği raporlanmakla birlikte, uzunluk ve sıralama gibi önyargılara açık olduğu da belirtilmektedir (Zheng vd., 2023; Gu vd., 2024).

Çok mağazalı platformlar açısından önemli bir güçlük, arama motorlarının benzer içeriği hangi ölçüt ve eşiklerle değerlendirdiğinin kamuya açık olmamasıdır. Bu nedenle özgünlüğün, tek bir ölçüt yerine kelime düzeyi, anlam düzeyi ve koleksiyon düzeyi ölçütlerin birlikte kullanılmasıyla değerlendirilmesi daha güvenilir bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır.

İçerik Çeşitliliğini Artıran Yaklaşımlar

İncelenen literatür ve uygulamalar doğrultusunda, içerik çeşitliliğini artırmaya yönelik yaklaşımlar beş başlık altında sınıflandırılmıştır. Üretim çeşitliliği, modelin kelime seçimindeki rastlantısallığın artırılmasına dayanmaktadır (Holtzman vd., 2020). Uygulaması kolaydır; ancak rastlantısallığın aşırı artırılması bilgi doğruluğunu zayıflatabilir. Mağazaya özgü ton ve kimlik, her mağazanın marka sesi, hedef kitlesi ve üslubunun üretim talimatına eklenmesini kapsamaktadır. Farklı kişiliklerle koşullandırmanın çıktı çeşitliliğini artırabildiği gösterilmiştir (Ge vd., 2024); ancak ton farkı tek başına içeriğin özünü farklılaştırmaya yetmeyebilir.

Mağaza bilgisinden yararlanma, mağazanın kendi geçmiş içeriklerinden ve ürün bilgilerinden ilgili örneklerin üretim sırasında modele sunulmasına dayanmaktadır (Lewis vd., 2020). Bu yaklaşım mağazaya özgü bağlam sağlarken bilgi doğruluğunu da destekleyebilir; ancak etkisi mağaza verisinin kalitesine ve miktarına bağlıdır. Farklı metin yapıları, metnin kurgusunun (örneğin fayda odaklı, özellik odaklı ya da kullanım senaryosu odaklı) mağazaya göre değiştirilmesini ifade etmektedir. Bu yaklaşım metnin akışını farklılaştırsa da içeriğin özü benzer kalabilir. Farklı yapay zekâ modelleri kullanmak ise uygulaması basit bir yöntem gibi görünse de literatür, farklı modellerin de birbirine benzer çıktılar üretebildiğini göstermektedir (Wenger ve Kenett, 2025). Tablo 1'de bu yaklaşımlar özetlenmektedir.

Tablo 1. İçerik çeşitliliğini artıran yaklaşımların karşılaştırması

Yaklaşım	Güçlü yönü	Dikkat edilmesi gereken
Üretim çeşitliliği	Kolay uygulanır, ifadeleri farklılaştırır	Aşırı kullanımda bilgi doğruluğu zayıflayabilir
Mağazaya özgü ton ve kimlik	Her mağazanın marka sesini yansıtır	Tek başına yeterli farklılık sağlamayabilir
Mağaza bilgisinden yararlanma	Mağazaya özgü bağlam ve örnekler sunar	Mağaza verisinin kalitesine bağlıdır
Farklı metin yapıları	Metnin kurgusunu ve akışını değiştirir	İçeriğin özü benzer kalabilir
Farklı yapay zekâ modelleri	Uygulaması basittir	Farklı modeller de benzer metinler üretebilir

Literatürdeki Boşluklar

İnceleme sonucunda dört temel boşluk belirlenmiştir:

(i) **Yaratıcı metinlere odaklanma:** Metin homojenleşmesini inceleyen çalışmalar ağırlıklı olarak hikâye ve deneme gibi yaratıcı metinlere odaklanmaktadır. Kısa, bilgi odaklı ve kurallara bağlı ticari metinlerde homojenleşmenin boyutu doğrudan ölçülmemiştir.

(ii) **Mağazalar arası özgünlük:** Ürün içeriği üretimine yönelik çalışmalar tek bir mağaza ya da pazaryeri bağlamında yürütülmekte; aynı ürün için farklı mağazalarda üretilen içeriklerin ayırt edilebilirliği ele alınmamaktadır.

(iii) **Türkçe içerik:** Türkçe e-ticaret içeriğinin üretimi ve değerlendirilmesine yönelik çalışmalar oldukça sınırlıdır. Türkçenin eklemeli yapısı, benzerlik ölçütlerinin davranışını da etkileyebileceğinden bu alan ayrıca incelenmeyi gerektirmektedir.

(iv) **Özgünlük ve doğruluk dengesi:** İçeriği özgünleştirme çabalarının ürün bilgilerinin doğruluğuna etkisi sistematik olarak incelenmemiştir. Çeşitlendirme yaklaşımlarının bu iki hedef arasındaki dengeyi nasıl etkilediği açık bir soru olarak durmaktadır.

Önerilen Değerlendirme Yaklaşımı

Belirlenen boşluklar doğrultusunda, çok mağazalı içerik üretim sistemlerinde kullanılmak üzere beş aşamalı bir değerlendirme yaklaşımı önerilmektedir (Şekil 2). İlk aşamada içerik, mağazanın kimliği ve kendi bilgileriyle desteklenerek üretilmektedir. İkinci aşamada üretilen içeriğin aynı ürün için diğer mağazalarda yayında olan içeriklerle benzerliği, kelime ve anlam düzeyindeki ölçütlerin birlikte kullanılmasıyla denetlenmektedir. Üçüncü aşamada içeriğin ürün bilgileriyle tutarlılığı doğrulanmakta ve ürüne ait olmayan bilgilerin eklenip eklenmediği kontrol edilmektedir. Dördüncü aşamada içeriğin sayfa alanı kurallarına ve arama motoru beklentilerine uygunluğu değerlendirilmektedir. Son aşamada ise içerik, mağaza sahibinin onayına sunulmaktadır.

Önerilen yaklaşımın temel özelliği, özgünlük, bilgi doğruluğu ve arama motoru uyumunun ayrı ayrı değil, birlikte ele alınmasıdır. Özgünlük kontrolünde eşiği aşan içerikler yeniden üretime gönderilirken, doğruluk kontrolü bu yeniden üretimin ürün bilgisinden uzaklaşmasını engelleyen bir güvence işlevi görmektedir. İnsan onayı aşaması ise otomatik kontrollerin gözden kaçırabileceği durumlar için son bir denetim noktası sağlamaktadır.

Şekil 2. Önerilen beş aşamalı değerlendirme yaklaşımı



Tartışma ve Sınırlılıklar

İncelemede ele alınan sorun, yalnızca e-ticarete özgü değildir. Emlak ilanları, turizm ve konaklama tanıtımları ya da iş ilanları gibi, benzer girdilerden çok sayıda kullanıcı için içerik üretilen diğer çok kiracılı platformlarda da benzer bir benzerlik riski ortaya çıkabilir. Bu nedenle önerilen değerlendirme yaklaşımının bu alanlara da uyarlanabileceği düşünülmektedir.

Çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Birincisi, çalışma bir literatür incelemesidir ve önerilen değerlendirme yaklaşımı henüz deneysel olarak sınanmamıştır; yaklaşımların göreli etkinliğine ilişkin değerlendirmeler niteliksel düzeydedir. İkincisi, arama motorlarının benzer içeriği değerlendirme ölçütleri kamuya açık olmadığından, benzerlik ölçütleri ile gerçek arama görünürlüğü arasındaki ilişki dolaylı olarak ele alınmıştır. Üçüncüsü, alanın hızla gelişmesi nedeniyle incelemeye hakem sürecinden geçmemiş ön baskılar da dahil edilmiştir. Son olarak, incelenen çalışmaların büyük çoğunluğu İngilizce ve Çince metinler üzerinde yürütüldüğünden bulguların Türkçeye genellenmesinde dikkatli olunmalıdır.

SONUÇLAR

Bu çalışmada, yapay zekâ ile üretilen e-ticaret ürün içeriklerinde mağazalar arası benzerlik sorunu literatür üzerinden incelenmiştir. İnceleme, yapay zekânın ürün içeriği üretiminde ölçeklenebilir bir çözüm sunduğunu, ancak çok mağazalı platformlarda içerik benzerliğinin göz ardı edilmemesi gereken bir risk oluşturduğunu ortaya koymaktadır. İçerik çeşitliliğini artıran yaklaşımların her birinin güçlü yönleri bulunmakla birlikte, hiçbiri tek başına özgünlük, bilgi doğruluğu ve arama motoru uyumunu birlikte güvence altına almamaktadır. Bu nedenle çok mağazalı içerik üretim sistemlerinin tasarımında bu üç boyutun birlikte ele alınması önerilmektedir.

Gelecek çalışmalar için öncelikli olarak, önerilen değerlendirme yaklaşımının ve çeşitlendirme yöntemlerinin Türkçe ürün içerikleri üzerinde karşılaştırmalı olarak sınanacağı deneysel bir çalışma planlanmaktadır. Bunun yanında Türkçe ürün içerikleri için değerlendirme kaynaklarının oluşturulması, özgünlük ile bilgi doğruluğu arasındaki dengenin sistematik olarak araştırılması ve benzerlik ölçütleri ile gerçek arama görünürlüğü arasındaki ilişkinin incelenmesi önemli araştırma yönleri olarak öne çıkmaktadır.

KAYNAKÇA

Aggarwal, P., Murahari, V., Rajpurohit, T., Kalyan, A., Narasimhan, K., & Deshpande, A. (2024). GEO: Generative engine optimization. In *Proceedings of the 30th ACM*

SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. ACM. https://doi.org/10.1145/3637528.3671900

Broder, A. Z. (1997). On the resemblance and containment of documents. In *Proceedings of Compression and Complexity of SEQUENCES 1997* (pp. 21–29). IEEE.

Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., … Amodei, D. (2020). Language models are few-shot learners. *Advances in Neural Information Processing Systems, 33*, 1877–1901.

Charikar, M. S. (2002). Similarity estimation techniques from rounding algorithms. In *Proceedings of the 34th Annual ACM Symposium on Theory of Computing* (pp. 380–388). ACM.

Chen, Q., Lin, J., Zhang, Y., Yang, H., Zhou, J., & Tang, J. (2019). Towards knowledge-based personalized product description generation in e-commerce. In *Proceedings of the 25th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (pp. 3040–3050). ACM.

Doshi, A. R., & Hauser, O. P. (2024). Generative AI enhances individual creativity but reduces the collective diversity of novel content. *Science Advances, 10*(28), eadn5290. https://doi.org/10.1126/sciadv.adn5290

Ge, T., Chan, X., Wang, X., Yu, D., Mi, H., & Yu, D. (2024). Scaling synthetic data creation with 1,000,000,000 personas. *arXiv preprint* arXiv:2406.20094.

Google. (t.y.). *Yinelenen URL'leri birleştirme*. Google Search Central. Erişim adresi https://developers.google.com/search/docs/crawling-indexing/consolidate-duplicate-urls

Gu, J., Jiang, X., Shi, Z., Tan, H., Zhai, X., Xu, C., … Guo, J. (2024). A survey on LLM-as-a-judge. *arXiv preprint* arXiv:2411.15594.

Holtzman, A., Buys, J., Du, L., Forbes, M., & Choi, Y. (2020). The curious case of neural text degeneration. In *International Conference on Learning Representations (ICLR)*.

Kirk, R., Mediratta, I., Nalmpantis, C., Luketina, J., Hambro, E., Grefenstette, E., & Raileanu, R. (2024). Understanding the effects of RLHF on LLM generalisation and diversity. In *International Conference on Learning Representations (ICLR)*.

Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., Petroni, F., Karpukhin, V., Goyal, N., … Kiela, D. (2020). Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive NLP tasks. *Advances in Neural Information Processing Systems, 33*, 9459–9474.

Li, J., Galley, M., Brockett, C., Gao, J., & Dolan, B. (2016). A diversity-promoting objective function for neural conversation models. In *Proceedings of NAACL-HLT 2016* (pp. 110–119). ACL.

Li, Y., Hu, B., Luo, W., Ma, L., Ding, Y., & Zhang, M. (2024). A multimodal in-context tuning approach for e-commerce product description generation. In *Proceedings of LREC-COLING 2024*. ELRA ve ICCL.

Manku, G. S., Jain, A., & Das Sarma, A. (2007). Detecting near-duplicates for web crawling. In *Proceedings of the 16th International Conference on World Wide Web* (pp. 141–150). ACM.

Padmakumar, V., & He, H. (2024). Does writing with language models reduce content diversity? In *International Conference on Learning Representations (ICLR)*.

Reimers, N., & Gurevych, I. (2019). Sentence-BERT: Sentence embeddings using Siamese BERT-networks. In *Proceedings of EMNLP-IJCNLP 2019* (pp. 3982–3992). ACL.

Wenger, E., & Kenett, Y. (2025). We're different, we're the same: Creative homogeneity across LLMs. *arXiv preprint* arXiv:2501.19361.

Xu, W., Jojic, N., Rao, S., Brockett, C., & Dolan, B. (2025). Echoes in AI: Quantifying lack of plot diversity in LLM outputs. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 122*. https://doi.org/10.1073/pnas.2504966122

Yüksel, A., Köksal, A., Şenel, L. K., Korhonen, A., & Schütze, H. (2024). TurkishMMLU: Measuring massive multitask language understanding in Turkish. In *Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP 2024*. ACL.

Zhang, X., Zou, Y., Zhang, H., Zhou, J., Diao, S., Chen, J., … Wu, L. (2022). Automatic product copywriting for e-commerce. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 36*(11), 12423–12431. https://doi.org/10.1609/aaai.v36i11.21508

Zhao, W. X., Zhou, K., Li, J., Tang, T., Wang, X., Hou, Y., … Wen, J.-R. (2023). A survey of large language models. *arXiv preprint* arXiv:2303.18223.

Zheng, L., Chiang, W.-L., Sheng, Y., Zhuang, S., Wu, Z., Zhuang, Y., … Stoica, I. (2023). Judging LLM-as-a-judge with MT-Bench and Chatbot Arena. *Advances in Neural Information Processing Systems, 36*.

WAITING AND FAILED COMMUNICATION IN SAMUEL BECKETT'S WAITING FOR GODOT

Hülya KÜÇÜKOĞLU (ORCID ID: 0000-0001-5421-9858)
Assist. Prof. Dr., Yozgat Bozok University, Faculty of Arts and Sciences, Department of English Language and Literature

ABSTRACT
Although waiting in Samuel Beckett's *"Waiting for Godot"* has traditionally been interpreted as an illustration of existential doubt, the play illustrates how individuals continue to maintain a relationship despite being unable to come to terms with their memories, expectations, and future actions. By closely analyzing the exchanges between Vladimir and Estragon; the meetings between Vladimir and Estragon and Pozzo and Lucky; and the boys' messages regarding Godot; this paper will examine the relationship between waiting and failed communication. The three patterns identified in the analysis — questions that receive vague or conflicting responses; memories that one individual cannot verify for the other; and promises that delay action until later — create a cycle of indecision. Vladimir and Estragon repeatedly think about leaving, yet each time they decide together to remain stationary. The boy's message creates a new deadline for Vladimir and Estragon's waiting, however, there is no explanation provided that would eliminate their uncertainty. Pozzo and Lucky provide a different type of communication; where commands and enforced performances replace mutual understanding. Taken collectively, these examples illustrate that waiting is sustained by language as well as by the physical presence of the characters on stage. While conversation may temporarily provide companionship, ultimately, it continually returns to the void that serves as the central organizing principle of the play. It is argued in this paper that Beckett portrays communication as both a method for enduring uncertainty and a tool for extending uncertainty. Therefore, this interpretation provides a specific method for examining repetition, dramatic action, and interpersonal dependency within the play without simplifying its ambiguities into one philosophical message.
Keywords: Samuel Beckett, *Waiting for Godot*, waiting, communication, close reading

INTRODUCTION
Waiting for Godot, by Samuel Beckett, takes place on a road next to a tree with two men, Vladimir and Estragon, who have been given a task that they cannot complete alone; they will wait for a third party- Godot- who has yet to arrive. The simple environment emphasizes the activities of Vladimir and Estragon as they wait. They speak, argue, make peace, recall memories poorly, discuss whether to leave, and ultimately stay put. Although Godot never arrives, there is plenty of action taking place on the stage. Many of the activities revolve around trying to continue a conversation in a situation where there is little possibility of finding answers to the questions the characters pose (Beckett, 2012).
While *"Waiting for Godot"* lends itself to various philosophical interpretations regarding waiting and uncertainty, the plays power as drama lies within the daily interactions between the characters: a response to a question does not resolve the issue raised; one character disputes another's recollection of past events; and a promise of tomorrow provides a renewed sense of waiting when it was previously thought that the waiting process was coming to an end. These exchanges are not merely representations of the characters' internal thoughts. They establish the relationship between Vladimir and Estragon and control the pacing of the entire production.

Therefore, by closely examining how the characters communicate with each other, we can understand why waiting becomes an ongoing, collective experience for them as opposed to simply being a period prior to an anticipated event. This study examines how the conversations between Vladimir, Estragon, Pozzo, Lucky, and the boy both help maintain and delay the anticipation of Godot. Additionally, this study suggests that while language may temporarily provide the characters with companionship and practical methods of coordinating their actions, it consistently delays their ability to acquire the knowledge necessary for Vladimir and Estragon to determine what to do. This study does not rely upon identifying Godot with a specific external reference point. Rather, this study focuses on how Godot's continued absence affects speech, memory, and actions. This study is restricted to analyzing the dramatic relationships depicted in *"Waiting for Godot"* and does not make claims about audience reception or classroom experiences.

CRITICAL CONTEXT

Studies relating to speech within *"Waiting for Godot*" has been approached by scholars using different methods. Velissariou (1982) suggests that the difficulties associated with using language are the most significant factor in understanding her interpretation of "*Waiting for Godot*." Worton (1994) examines the relationship between the words of the text and the physical realities of the stage. Kim (2008) uses repetition in terms of interactional analysis; she looks at how people use repetitive patterns in their daily conversations, rather than just looking at the repetition of forms as evidence of the overall absurdity of life.

Although these authors offer interesting perspectives on the use of speech in "*Waiting for Godot*", they do not directly address the question that this study poses: how does an exchange which seems to provide information leave the participants in the same position of waiting? McDonald (2015) places the play in a larger historical context of its cultural influence and theatrical significance. This is a good way to remember that there are many other possible interpretations of the two men sitting down to wait, and that these images have come to represent things far beyond the initial portrayal of waiting. However, focusing solely on specific moments in the play remains useful. If one views the characters' behavior solely as a representation of a universal human condition, then all the unique types of speech used in "*Waiting for Godot*" will be seen as interchangeable. For example, Vladimir's efforts to determine if he has an appointment with someone named Godot are not equivalent to Pozzo's ordering Lucky, and neither act carries the same weight as a message supposedly sent by Godot. Understanding the differences among these different types of communicative acts is critical to this paper's argument.

Additionally, this study looks at how spectators view the play but does not assume that all audiences react similarly. Bohman-Kalaja (2007) discusses spectatorship in reference to the play. The current reading shows the observable disparity between what characters intend to communicate verbally, and their physical inability to move, as a point of reference. The comparison of what characters state verbally, and what is visually shown on the stage, is particularly relevant at the conclusion of each act. By doing so, it prevents any discussion regarding failed communication from turning into a statement that nothing significant ever happens. The contrast between an alleged decision made by characters, and an unchanged visual depiction on the stage is itself an experience that spectators can witness.

RESEARCH AND FINDINGS

Method and scope

The study employs a qualitative close reading methodology of the English play. The main source of data for the study is Samuel Beckett's two-act dramatic text published by Faber (Beckett, 2012). The study focuses on patterns of recurring interactions among characters rather than simply counting words or treating every instance of repeated dialogue similarly. For each occurrence of interaction, the study examines what the first character wishes to learn from the second character; how the second character responds to the first character; if the interaction results in a decision; and if the interaction serves to redirect attention toward continued anticipation.

In addition to dialogic interactions, the study also examines non-verbal elements such as stage action and silence since a stated intent, and an enacted intent may differ greatly within the context of dramatic performance. The study is organized into four types of interactions-episodes: the repeated conversations between Vladimir and Estragon; their inconsistent recollections of previous events throughout both acts of the play; the boy's message regarding Godot's delayed arrival; and Pozzo and Lucky's unequal relationship. Each of these examples offers different ways to test the same hypothesis. The first two examples illustrate how communication can help maintain friendship. The messenger provides some form of information to the characters but ultimately creates greater uncertainty. Pozzo and Lucky demonstrate that even when speakers are using more direct and forceful language, they do not necessarily create a situation in which both parties understand one another. Using Kim's (2008) analysis of repetition in the play using conversation analysis, the present reading concentrates on the implications of repeated exchanges for waiting and dependency.

Conversation as a way of staying together

Vladimir and Estragon have different immediate problems. Estragon is uncomfortable and tired and often draws attention to his body. Vladimir returns to the questions of where they are, what they were told and if they should continue to wait. While their discussion does not remove the differences, it does create an arrangement in which neither will have to deal with the situation alone. Questions, minor disagreements, and shifts in topics help keep the other person engaged even though none of the answers moves them closer to achieving their joint goal. The exchange is significant because the continuation of dialogue itself creates a small amount of company. Let's look at the beginning of Act I. Estragon is dealing with its boot while Vladimir attempts to establish their shared objective and the conditions of their meeting. Estragon's physical discomfort and the uncertainty regarding Godot exist together, however, they do not produce a single solution. Instead, the two men move back and forth between short-term discomfort and long-term obligation to wait. A change in subject can seem casual. From a dramatic standpoint, this allows both subjects to remain open-ended and maintains the availability of the conversation for subsequent developments. The boot serves as more than just a funny prop or clue to Godot's mystery. It provides evidence of the effort required for Estragon to remain physically present while dialogue serves as motivation for him to remain. Small acts of recognition also play a role in their exchanges. A speaker who receives a response knows that the listener is still present and still willing to continue. Worton (1994) emphasizes the importance of a responsive partner in the theatrical relationship between the two. His emphasis helps explain why even a small disagreement may be preferable to silence. Arguing can extend the period of contact. Conversely, agreeing with one another sometimes ends the conversation without providing a viable next action. The primary concern is not whether each statement communicates a specific piece of information but rather whether it can support an interpersonal turn. The possibility of separation indicates how fragile this arrangement is. When the two men contemplate separating or leaving the location of their appointment, the possibility of separation offers relief from their current state. However, it threatens their connection with one another.

Therefore, their recurring decision to remain at the location cannot solely be attributed to their belief in Godot. It represents an interpersonal decision that occurs in dialogue. What appears to be indecision has a social purpose: each man utilizes the other as a witness to his continued presence. Although their reliance is unequal and frequently frustrating, neither man can simply eliminate the other without altering the nature of the waiting process. In addition to examining the content of their discussions, interpreting this perspective also necessitates consideration of pauses and variations in pace. Interruptions can make dialogue appear insufficient, leading to another digression or returning to a familiar inquiry. However, such returns do not perfectly recreate the initial setting. Instead, they contain reminders of fatigue, impatience, and attachment from previous exchanges.

Therefore, repetition should be viewed as a dramatic technique rather than a mechanistic replication of lines. Kim (2008) regards repetition as an interactional tool; in Beckett's work, its theatrical impact develops when familiar conversational formats fail to deliver the expected progress.

Uncertain memory and the problem of evidence

The two-act structure of the play allows the audience to compare an apparent return to the same location, but with complications that make it impossible to give a simple answer to the question of whether there is continuity. The characters have different recollections of earlier events, including the people they encountered and the time of their encounter. When one character cannot verify the other's recollection of an event in the past, a shared history cannot provide the basis for answering a question regarding the present. As a result, memory becomes a subject of negotiation, rather than a storehouse of information that the characters use collectively. The uncertainty surrounding memory influences the way that questions are interpreted. Under normal circumstances, asking whether something occurred yesterday provides a basis for establishing a chronological order and enables the development of a course of action. However, in "*Waiting for Godot"*, the answer to such a question may result in further questions regarding the witness, location, or accuracy of the memory being referred to. The dialogue in the play illustrates the desire for verification, however, does so without providing the characters with an agreed upon method for achieving it. While Vladimir is more aggressive in attempting to link one day to another, Estragon's failure to provide confirmation exposes Vladimir's attempts at linking days.

Although the play does not suggest that either Vladimir or Estragon is right or wrong in all cases, it illustrates the difficulty of agreeing on events that occurred in the past as a social issue in the present. The tree serves as an excellent illustration of the problem. It is an observable object that could serve as a source of evidence for claims about what occurred yesterday. However, its altered condition does not allow for a clear explanation of how it arrived at its present state. Thus, a piece of scenery that appears to offer evidence complicates the relationship between observation and recollection. The discrepancy exists because the protagonists cannot exit their uncertain environment to examine an objective record of events. Instead, they must interpret what they observe through dialogue and that dialogue is characterized by disagreement. The encounters with Pozzo and Lucky exacerbate this difficulty. Vladimir's efforts to relate the characters encountered in Act II to those encountered in Act I are frustrated by a lack of agreement among the characters. This problem is both social and cognitive: remembering alone is insufficient if no one else can or will validate the memory. While the resulting isolation does not prevent Vladimir from speaking more loudly than before, he does so specifically because he requires a witness. Beckett transforms a problem associated with temporal knowledge into a problem of address: to whom can a remembered event be presented in a credible manner? While the audience occupies a unique position relative to the characters, its ability to understand the events that unfold in the play is also limited.

Although the audience recognizes formal similarities between Acts I and II, and perceives differences between scenes on stage, it receives no complete explanation that resolves the characters' uncertainties. The repetition of place and routine therefore increases rather than decreases uncertainty. The repetition also enables the audience to recognize that dialogue is taking place of the work that reliable evidence would otherwise perform. Vladimir and Estragon test and retest their relationship through each other's responses, and each failed attempt to clarify their situation reinforces their dependency on subsequent exchanges.

The boy's message and the promise of tomorrow

The boy appears to have the exact information that the protagonists lack; he is speaking for Godot. His entrance provides the waiting with a recognizable connection to its absent object. However, the message he delivers primarily concerns time. Godot will not arrive today; his arrival is being delayed until another day. The message changes the immediate expectations of the two men without providing any explanation as to who Godot is, why the meeting is so important, or how long the delay may last (Beckett, 2012). The boy's role is also significant. Vladimir and Estragon cannot pose their questions to Godot directly. Therefore, they must rely on a speaker whose knowledge and consistency are questionable. The conversation results in neither a clear refusal nor a successful completion of the task. Instead, it creates a reason for them to remain committed to their scheduled meeting. In normal conversations, "tomorrow" indicates a definite date. In this dramatic context however, "tomorrow" represents a variable time frame. When a day passes, a new tomorrow can be announced. The promise serves as a mechanism to sustain the anticipation of the two men rather than a scheduling tool. There are two aspects of the exchange that are particularly significant.

Firstly, the boy's relationship to the previous messenger does not provide Vladimir with a stable history of reports. Secondly, the promise relates to Godot's actions in the future, as opposed to a verifiable fact regarding his current location. Vladimir is expected to plan his next day based upon a statement that cannot currently be verified. It is possible to see the boy's delivery of this message as an act of deception. However, even if he were reporting honestly, his report would still be insufficient to justify deciding. Additionally, the message alters the nature of the evening. A clear refusal would allow Vladimir and Estragon to discontinue their commitment to meet Godot. An actual appearance by Godot would end the specific waiting period. The boy does not provide either. His announcement allows Vladimir and Estragon to consider leaving the area temporarily while establishing a justification for returning to the same site. Language in this instance creates a practical rhythm of departure and return without fulfilling the encounter it promised. This dichotomy between a message that can be interpreted and a message that can be acted upon decisively represents the primary conflict within this scene. Finally, the boy's report also differs from Vladimir and Estragon's discussions. Vladimir and Estragon spend much of the scene talking about their situation without reaching a conclusion.

In contrast, the boy's relatively brief appearance seems more authoritative than Vladimir and Estragon's extended companionship yet results in similar practical effects. Neither extensive companionship nor apparently straightforward reports enable Vladimir and Estragon to confidently leave the area. Beckett therefore applies pressure to various forms of communication. It is not merely that Vladimir and Estragon speak excessively. It is that the authority of a message and its utility for action do not always coincide.

Pozzo and Lucky as an unequal form of communication

Pozzo and Lucky enter the stage to occupy space with additional bodies, commands, and displays of power. However, their relationship differs from Vladimir and Estragon's reciprocal exchange of communication. Pozzo makes commands; Lucky is obligated to carry out Pozzo's will and respond to him within a hierarchical structure where Lucky has very little control over the way he interacts with Pozzo. Unlike Vladimir and Estragon, who continually negotiate what to do, Pozzo is always able to assume the right to make decisions about their interaction. In one respect, Pozzo's orders are more effective as a form of communication than those made by Vladimir and Estragon because an order can create immediate physical movement. The effectiveness of an order as a form of communication, however, is not the same thing as communication being a mutually recognized exchange. Lucky's subordinate role and his verbal performances illustrate a disparity between speaking and hearing oneself as an equal participant.

While the episode creates a break in Vladimir and Estragon's regular routine, it does not provide the understanding they desire. Rather, it expands the play's range of dysfunctional relationships -- uncertainty can continue to exist in an apparently open conversation, while certainty created through command can eliminate reciprocity. Additionally, Pozzo and Lucky's presence provides Vladimir and Estragon with new material to observe, question, and later recall; their departure returns the pair to their unresolved meeting. Lucky's performance complicates any simple equation between the quantity of speech and successful communication. Although he can produce lengthy verbal sequences under duress, his speech occurs only when he is commanded to speak by someone else. Lucky's speech is perceived as a spectacle and therefore interrupted as such. The scene raises questions regarding who possesses the authority to initiate a conversational turn, define its boundaries, and determine when a turn has become unendurable. In Vladimir and Estragon's dialogue, conversational turns may be unproductive, but they are at least jointly initiated; however, in this scene, the ability to initiate a turn is inextricably linked to dominance. Velissariou's (1982) focus on the limitations of language assists in framing this distinction between the two types of interactions, but since the unequal theatrical arrangement necessitates further examination in its own terms. In addition to altering the rhythm of Vladimir and Estragon's waiting, Pozzo's commands cause them to become spectators to another relationship for a period. Vladimir and Estragon's questioning and reaction to Pozzo and Lucky provide the visitors with a place in their own conversation, but the interruption does not provide answers to the question that originally led them to travel down the road. After Pozzo and Lucky depart, Vladimir and Estragon must once again consider what their interaction means and whether it alters their responsibility toward one another.

Thus, the episode adds new material for Vladimir and Estragon to recall while creating doubt about the reliability of recalling such experiences for future acts. The changed circumstances experienced by Vladimir and Estragon in Act II refute the notion that either power or recognition is constant across time. An individual who previously exhibited the capacity to organize others' behavior cannot assure that he will maintain knowledge or control indefinitely. The contrast is particularly evident when considered in relation to Vladimir's attempts to create coherence in his memory of yesterday. Pozzo and Lucky fail to resolve the fundamental dilemma; instead, they demonstrate a different variation of dependency and illustrate that a clearly established hierarchy does not prevent humans from being vulnerable in their interactions with one another.

Speech, action, and the structure of delay

The play continually separates an expressed intention through dialogue from an act completed on stage. The most obvious examples are Vladimir and Estragon's conversations about leaving. Although their discussions may generate agreement, the physical environment does not change. Therefore, it is more than just humorous delays in action. When a statement typically concludes an exchange, it now contributes to the ongoing cycle of waiting. Spectators can compare the impact of a statement with its visual representation on the stage. There are also similar delays in the boy's promise and in the uncertain recollections of both men. Answers that appear to provide resolution to one problem create additional reasons for asking, waiting, or seeking confirmation. These patterns link the play's structure to its theme. Waiting is created by attempting to communicate regarding a potential future, a previously existing past, and coordination of the present time. However, none of these efforts are entirely unproductive: the characters comfort each other, provoke each other, and spend time together.

However, they cannot use their communication to transform an expectation into the actual arrival that would bring an end to the play's central conflict. Endings of both acts draw attention to the disparity between statements and actions. A plan to depart is voiced, however, the figures remain. More significant than individual lines of dialogue is the repetition of this pattern: the audience has witnessed one supposed ending fail to become a departure. The return of this pattern in Act II provides a formal memory to the scene even though the characters' memories may be failing. Therefore, the play distributes knowledge unevenly among the spoken word, the visible stage, and the spectator who can compare them. This distribution differentiates Beckett's delay from conventional suspense. Conventional suspense usually postpones an event while providing information about its potential occurrence. Here, each repeated appointment does not increase certainty about its eventual completion. Rather, the audience knows more about the pattern of postponement than about Godot himself. McDonald's (2015) description of how culturally widespread the image of waiting has become assisted in explaining why this image has traveled so far. Nevertheless, closer examination of how this process works reveals what makes this image theatrically effective: expectations are revived by a series of communicative actions whose authority continues to be partial. This interpretation allows for the inherent ambiguity of the play.

While Godot could be interpreted as having theological, political, or psychological implications, none of these interpretations need to be accepted to recognize the relationship between a postponed message and those who receive it. A careful reading indicates that communication serves two purposes: it allows the protagonists to tolerate their circumstances collectively and repeatedly re-establishes the basis upon which they continue to exist. Interpretation is based on the selected scenes; it is not meant to represent an empirical measurement of a reader's experience.

CONCLUSION

In "*Waiting for Godot"*, communication becomes a component of the waiting itself. Vladimir and Estragon's conversations keep each other company; however, their differences in memory, location, and the decision to leave remain unresolved. The boy's message extends the waiting period for Godot to arrive, but it does so while maintaining the authority of the expected. Pozzo and Lucky demonstrate that speaking can cause action to occur, yet it does so without generating an understanding between the two. Each of the relationships described above uses language to define how they spend time and rely upon one another. The primary claim made within this paper is that *"Waiting for Godot"* presents delays in its development through both the absence of Godot and the ways in which the characters communicate with one another by asking questions, providing answers, recalling events, issuing orders and making promises.

The use of this perspective will allow for an explanation of why what appear to be unsuccessful exchanges create dramatic opportunities: every failed exchange creates additional exchange, additional days, or additional reasons for remaining stationary. Further studies may include comparing Beckett's English and French versions of "*Waiting for Godot"*, or examining how specific productions of *"Waiting for Godot"* utilize pauses, rhythms and gestures to affect the relationship between communication and waiting.

REFERENCES

Beckett, S. (2012). *Waiting for Godot:* A tragicomedy in two acts. Faber & Faber. (Original English edition published 1956)

Bohman-Kalaja, K. (2007). Playing the spectator while waiting for Godot. The Princeton University Library Chronicle, 68(1–2), 465–487. https://doi.org/10.25290/prinunivlibrchro.68.1-2.0465

Kim, H.-Y. (2008). A conversation-analytic approach to repetition in *Waiting for Godot.* Textlinguistics, 24, 193–223. https://doi.org/10.22832/txtlng.2008.24.0.009

McDonald, R. (2015). *"Waiting for Godot"*and Beckett's cultural impact. In D. Van Hulle (Ed.), The new Cambridge companion to Samuel Beckett (pp. 48–59). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CCO9781139871525.007

Velissariou, A. (1982). Language in *Waiting for Godot*. Journal of Beckett Studies, 8, 45–57. https://www.jstor.org/stable/44782289

Worton, M. (1994). *"Waiting for Godot"*and Endgame: Theatre as text. In J. Pilling (Ed.), The Cambridge companion to Beckett (pp. 67–87). Cambridge University Press.

11th INTERNATIONAL HALICH CONGRESS ON MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC RESEARCH

20.10.2026

11. Uluslararası HALİÇ MULTİDİSİPLİNER BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KONGRESİ 19-20 Ekim 2026 tarihinde İstanbul, Türkiye'de (çevrimiçi) 26 farklı ülkenin akademisyen/araştırmacılarının katılımıyla gerçekleşmiştir. Kongre 16 Ocak 2020 Akademik Teşvik Ödeneği Yönetmeliğine getirilen "Tebliğlerin sunulduğu yurt içinde veya yurt dışındaki etkinliğin uluslararası olarak nitelendirilebilmesi için Türkiye dışında en az beş farklı ülkeden sözlü tebliğ sunan konuşmacının katılım sağlaması ve tebliğlerin yarıdan fazlasının Türkiye dışından katılımcılar tarafından sunulması esastır." değişikliğine uygun düzenlenmiştir.
Bilgilerinize arz edilir,
Saygılarımla

Prof. Dr. Muhittin ELİAÇIK
Head of Congress

İKSAD ENSTİTÜSÜ
Çankaya – Ankara
06-146-071

Konu : Kongre Düzenlenmesi
Sayı : BSE-2

1 Haziran 2026

İLGİLİ KURUMA

İçişileri Bakanlığı tarafından tahsis edilen 06-146-071 tescil kodu ile Tüzel Kişiliğe sahip olan İKSAD Enstitüsü 5253 sayılı kanuna uygun olarak "Bilimsel araştırmalar ve akademik çalışmalar" alanında ulusal ve uluslararası düzeyde faaliyetlerini yürütmektedir.

Kurumumuzun Yönetim Kurulu 1 Haziran 2026 tarihinde saat 10.30'da "Bilimsel Diplomasi Projesi" görüşmeleri ile "Bilimsel Kongreler Düzenlenmesi" gündemleri ile toplanmış ve alınan (2 numaralı) karara istinaden aşağıda detayları yazılı olan bilimsel etkinliğin düzenlenmesine ve etkinliğe ilişkin resmi görevlendirme konusunda karar vermiştir.

Bilgi ve gereğini rica ederim

Dr. Mustafa Latif EMEK
İKSAD Başkanı

Etkinlik Adı: 11. ULUSLARARASI HALİÇ MULTİDİSİPLİNER BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KONGRESİ
Etkinlik Tarihi ve Yeri: 19-20 Ekim 2026, İstanbul

DÜZENLEME KURULU
Prof. Dr. Muhittin ELİAÇIK - Kongre Başkanı
Doç. Dr. Özlem ÜLGER
Doç. Dr. Mirna FAVAZ
Doç. Dr. Halil İbrahim ŞENGÜN
Dr. Öğr. Üyesi Hayri YILDIRIM

Etkinlik linki: www.izdas.org/halic