



**BİNA AERODİNAMİĞİNİN YAPI YÜKSEKLİĞİ, YAPI KONUMU VE
YAPILAR ARASI MESAFE İLE İLİŞKİSİNİN AZ KATLI TOPLU KONUT
YERLEŞKESİ ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Kübra KOÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ARALIK 2024

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Kübra KOÇ

20/12/2024

BİNA AERODİNAMİĞİNİN YAPI YÜKSEKLİĞİ, YAPI KONUMU VE YAPILAR
ARASI MESAFE İLE İLİŞKİSİNİN AZ KATLI TOPLU KONUT YERLEŞKESİ
ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Kübra KOÇ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Aralık 2024

ÖZET

Bina aerodinamiği kavramı, kentsel dokudaki ve yapılar etrafındaki hava akımı hareketlerini kapsamaktadır. Yapı yüksekliği, yapı konumu ve yapılar arası mesafe ilişkisi bina aerodinamiğini etkilemektedir. Bu etkilerin olumsuzluğunun en aza indirgenmesi ve yaşanılabilir bir ortam oluşturulabilmesi için ön tasarım aşamasında gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu nedenle bina aerodinamiğinin yapılar üzerindeki etkisinin değerlendirilmesine yönelik model ve analizlerin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda yapılan tez çalışmasının amacı bina aerodinamiği ve rüzgâr ilişkisi kavramlarının az katlı toplu konut yerleşkesi üzerinden analiz edilmesiyle birlikte ön tasarımda yapılacak müdahalelere göre en uygun bina yüksekliğinin, bina konumunun ve binalar arası mesafe ilişkisinin tespit edilmesini sağlamaktır. Bu amaç çerçevesinde örneklem olarak seçilen Tunç Park Ankara Toplu Konut Yerleşkesindeki binaların aerodinamiği, bina yüksekliği, bina konumu ve binalar arası mesafe ilişkileri gözetilerek hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) yöntemiyle analiz edilmiştir. Analiz aşamasında Autodesk CFD yazılımı kullanılmıştır. Gerçekleştirilen analizler sonucu bina aerodinamiği etkisinin en aza indirgendiği bir yerleşke tasarım önerisi geliştirilmiştir. Ortaya çıkan rüzgâr kuvveti değerleri, tasarım önerisinin temel çıktıları olarak belirlenmiştir. Az katlı toplu konut yerleşkesi üzerinden bina yüksekliği, bina konumu ve binalar arası mesafe ilişkilerinin değiştirilmesi sonucu yapıları etkileyen rüzgâr kuvvetinin minimum değeri ortaya çıkarılmıştır.

Bilim Kodu : 80130
Anahtar Kelimeler : Bina aerodinamiği, toplu konut yerleşkesi, az katlı konut, rüzgâr yükü, hava akışı, hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD)
Sayfa Adedi : 136
Danışman : Prof. Dr. İdil AYÇAM

EVALUATION OF THE RELATIONSHIP OF BUILDING AERODYNAMICS WITH
BUILDING HEIGHT, BUILDING LOCATION AND DISTANCE INTER-BUILDINGS
ON A LOW-RISE MASS HOUSING CAMPUS

(M. Sc. Thesis)

Kübra KOÇ

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

December 2024

ABSTRACT

The concept of building aerodynamics covers airflow movements in the urban fabric and around buildings. Building height, building location, and the distance between buildings affect building aerodynamics. To minimise these negative effects and create a habitable environment, necessary measures should be taken at the preliminary design stage. For this reason, it is important to develop models and analyses to evaluate the effects of building aerodynamics on buildings. In this context, this thesis aims to analyse the concepts of building aerodynamics and wind relationship through a low-rise housing settlement and to determine the most appropriate building height, building location and distance relationship between buildings according to the interventions to be made in the preliminary design. Within the framework of this purpose, the aerodynamics of the buildings in Tunç Park Ankara Housing Settlement, which was selected as a sample, were analysed by Computational Fluid Dynamics (CFD) method by considering the building height, building location and inter-building distance relations. Autodesk CFD software was used in the analysis phase. As a result of the analysis, a campus design proposal has been developed to minimise the building's aerodynamic effect. The resulting wind force values were determined as the main outputs of the design proposal. The minimum value of the wind force affecting the buildings was obtained by changing the building height, building position and distance relations between the buildings over the low-rise public housing settlement.

ScienceCode : 80130
Key Words : Building aerodynamics, mass housing campus, low-rise housing,
wind load, air flow, computational fluid dynamics (CFD)
Page Number : 136
Supervisor : Prof. Dr. İdil AYÇAM

TEŞEKKÜR

Tez çalışma sürecinde bana inanan, beni yüreklendiren, yardım ve katkılarıyla bana yol gösteren değerli danışman hocam Prof. Dr. İdil AYÇAM 'a, tez çalışması boyunca fikir ve yönlendirmeleriyle çalışmama katkı sağlayan sevgili Arş. Gör. Fulya GÖKŞEN TAKVA 'ya ve manevi desteleriyle beni yalnız bırakmayan annem Gamze KOÇ' a, babam Harun KOÇ' a, bu yolculuğa adım atmama çok büyük etkisi olan ablam Arş. Gör. Dr. Büşra KOÇ' a ve kardeşim Esra KOÇ' a en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR ANALİZİ	7
2.1. Rüzgâr Kuvveti ve Etkileri.....	7
2.2. Toplu Konut Yerleşkeleri.....	23
2.2.1. Toplu konut kavramı	32
2.2.2. Az katlı konut kavramı.....	37
2.2.3. Toplu konutlarda iklim etkisi	38
2.2.4. Yerleşke ölçeğindeki kararların tasarıma etkisinin incelenmesi.....	40
2.2.5. Toplu konutlarda hava hareketlerinin incelenmesi	46
2.3. Bina Aerodinamiği	48
3. MATERYAL VE METOT	51
3.1. Bina Aerodinamiği Analiz Yöntemleri	51
3.1.1. Rüzgâr tüneli testleri	51
3.1.2. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (Computational fluid dynamics-CFD)..	52
3.2. Rüzgâr Analizinde Kullanılan Metotlar	56
3.2.1. Autodesk Forma	56

	Sayfa
3.2.2. Ingrid Cloud	57
3.2.3. SimScale.....	57
3.2.4. ArchiDynamics	58
3.2.5. Autodesk Flow Design.....	58
3.2.6. DesignBuilder CFD.....	59
3.2.7. Autodesk CFD.....	59
3.2.8. CFD Fluent.....	64
3.2.9. Programların değerlendirilmesi.....	65
4. ALAN ÇALIŞMASI	67
4.1. Tunç Park Ankara Toplu Konut Yerleşkesinin İncelenmesi.....	67
4.2. Tunç Park Ankara Toplu Konut Yerleşkesi Bina Yerleşim Verileri	68
4.3. Tunç Park Ankara Toplu Konut Yerleşkesi Bina Aerodinamiği Analiz Yönteminin Belirlenmesi	72
4.4. Tunç Park Ankara Toplu Konut Yerleşkesinin Autodesk CFD Programı Aracılığı ile Analiz Edilmesi.....	73
4.4.1. Toplu konut yerleşkesinde bina yüksekliğinin rüzgâr hareketlerine etkisinin analizi	74
4.4.2. Toplu konut yerleşkesinde bina konumu ve yönlenme ilişkisinin rüzgâr hareketlerine etkisinin analizi	85
4.4.3. Toplu konut yerleşkesinde binalar arası mesafe ilişkisinin rüzgâr hareketlerine etkisinin analizi	97
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	117
KAYNAKLAR	121
ÖZGEÇMİŞ	135

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Toplu konut yerleşkesi örnekleri	41
Çizelge 2.2. Farklı toplu konut projelerinin yerleşim şeması	44
Çizelge 3.1. Programlar ve özellikleri	66
Çizelge 4.1. Örneklem bina olarak seçilen Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesine ait genel bilgiler.....	70
Çizelge 4.2. Autodesk CFD analiz girdileri ve çıktıları.....	73
Çizelge 4.3. Autodesk CFD bina yüksekliği analizi girdileri ve çıktıları	74
Çizelge 4.4. Autodesk CFD mevcut yapı yüksekliği analizi girdileri	75
Çizelge 4.5. Autodesk CFD mevcut yapı yüksekliği analizi girdileri	78
Çizelge 4.6. Autodesk CFD mevcut yapı yüksekliği analizi girdileri	81
Çizelge 4.7. Autodesk CFD bina yüksekliği analizi bulgularının değerlendirilmesi	85
Çizelge 4.8. Autodesk CFD bina konumu ve yönlenme analizi girdileri ve çıktıları.....	86
Çizelge 4.9. Autodesk CFD güneyden batıya 10° açılı yerleşim analizi girdileri	86
Çizelge 4.10. Autodesk CFD kuzey-güney doğrultusunda 90°'lik açılı yerleşim analizi girdileri	89
Çizelge 4.11. Autodesk CFD güneyden doğuya 10° açılı yerleşim analizi girdileri	92
Çizelge 4.12. Autodesk CFD bina konumu ve yönlenme analizi bulgularının değerlendirilmesi.....	97
Çizelge 4.13. Autodesk CFD binalar arası mesafe ilişkisi analizi girdileri	98
Çizelge 4.14. Autodesk CFD binalar arası mevcut mesafe ilişkisi analizi girdileri	98
Çizelge 4.15. Autodesk CFD binalar arası “H=25 m” mesafe ilişkisi analizi girdileri.....	101
Çizelge 4.16. Autodesk CFD 21,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası “H=21,50 m” mesafe ilişkisi analizi girdileri	105
Çizelge 4.17. Autodesk CFD 51,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası “H=51,50 m” mesafe ilişkisi analizi girdileri	107
Çizelge 4.18. Autodesk CFD binalar arası mesafe ilişkisi analizi bulgularının değerlendirilmesi.....	111

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.19. Autodesk CFD analiz bulgularının değerlendirilmesi	112
Çizelge 4.20. Autodesk CFD önerilen yerleşke tasarımı analizi girdileri	113
Çizelge 4.21. Önerilen yerleşke tasarımı analizi bulgularının değerlendirilmesi.....	116

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Tez akış şeması	5
Şekil 2.1. Bina üzerindeki hava akışı.....	9
Şekil 2.2. Mevcut hava akım hareketleri	9
Şekil 2.3. Kullanışsız alanlar	10
Şekil 2.4. Binalarda rüzgâr hızı-ısı kaybı gösterimi	11
Şekil 2.5. Rüzgâr kırıcılarda hava hareketleri.....	12
Şekil 2.6. Binaya çarpan rüzgârın yön değişimleri	12
Şekil 2.7. Rüzgârın yönündeki değişimleri.....	13
Şekil 2.8. Yüksekliğin rüzgâr gölgesine etkisi.....	13
Şekil 2.9. Blok 23 yapı tipolojileri.....	24
Şekil 2.10. Blok 23 toplu konut yerleşkesi görselleri	24
Şekil 2.11. Aerodrom toplu konut yerleşimi yapı tipolojileri.....	25
Şekil 2.12. Märkisches Viertel toplu konut yerleşimi yapı tipolojileri.....	25
Şekil 2.13. Yerleşim planı analizleri.....	28
Şekil 2.14. COMSOL programı rüzgâr analizleri.....	28
Şekil 2.15. İlk aşama rüzgâr analizleri.....	29
Şekil 2.16. İkinci aşama rüzgâr analizleri	29
Şekil 2.17. Toplu konut yerleşkesi ve ANSYS rüzgâr yükü analizi	30
Şekil 2.18. Mevcut durum ve tasarım sonrası analizleri	30
Şekil 2.19. Avlu etrafındaki rüzgâr hareketi analizleri	31
Şekil 2.20. Kampüs etrafındaki rüzgâr hareketi analizleri.....	31
Şekil 2.21. U-L tip bina çevrelerindeki rüzgâr hareketi analizleri.....	32
Şekil 2.22. Sol: Dorteavej Residence, Sağ: The Interlace	42
Şekil 2.23. Binalar arası uygun mesafe değerleri	45
Şekil 2.24. Yapılar etrafındaki rüzgâr akışı	49

Şekil	Sayfa
Şekil 2.25. Rüzgâr tüneli çalışma bölgesindeki akış oluşumu.....	50
Şekil 3.1. Rüzgâr tüneli test modeli	52
Şekil 3.2. Ingrid Cloud ile yapı etrafındaki rüzgâr simülasyonları.....	57
Şekil 3.3. SimScale ile simülasyonlar	58
Şekil 3.4. Autodesk Flow Design modelleme.....	59
Şekil 3.5. Autodesk CFD modelleme	60
Şekil 3.6. Autodesk CFD canlı kalp modellemesi	61
Şekil 3.7. Autodesk CFD bisikletli grup rüzgâr-basınç analizleri	61
Şekil 3.8. Autodesk CFD uzay aracının suya inişi modellemesi	62
Şekil 3.9. Autodesk CFD otomobil lastiğinin ıslak zeminde kaymasının modellemesi	62
Şekil 3.10. Autodesk CFD tünelde yangın simülasyonu	63
Şekil 3.11. Guangzhou kültür merkezi öneri rüzgâr analizleri	64
Şekil 3.12. CFD Fluent kentsel çevre analizleri	65
Şekil 4.1. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi.....	68
Şekil 4.2. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi harita gösterimi	69
Şekil 4.3. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi.....	71
Şekil 4.4. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi mevcut yapı yüksekliği analizi (Autodesk CFD).	76
Şekil 4.5. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi kesit çizgisi (Autodesk CFD).	77
Şekil 4.6. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi mevcut yapı yüksekliği kesit analizi (Autodesk CFD).	78
Şekil 4.7. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi 21,50 m kat yüksekliği analizi (Autodesk CFD).	80
Şekil 4.8. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi 21,50 m kat yüksekliği kesit analizi (Autodesk CFD).	81
Şekil 4.9. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi 51,50 m kat yüksekliği analizi (Autodesk CFD).	83

Şekil	Sayfa
Şekil 4.10. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi 51,50 m kat yüksekliği kesit analizi Autodesk CFD).	84
Şekil 4.11. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi güneyden batıya 10° açılı (mevcut) yerleşim analizi (Autodesk CFD).....	88
Şekil 4.12. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi güneyden batıya 10° açılı (mevcut) yerleşim kesit analizi (Autodesk CFD).	89
Şekil 4.13. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi dik açılı yerleşim analizi (Autodesk CFD).....	91
Şekil 4.14. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi dik açılı yerleşim kesit analizi (Autodesk CFD).	92
Şekil 4.15. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi güneyden doğuya 10° açılı yerleşim analizi (Autodesk CFD).	94
Şekil 4.16. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi 10° açılı yerleşim analizi kesit çizgisi (Autodesk CFD).....	95
Şekil 4.17. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi güneyden doğuya 10° açılı yerleşim kesit analizi (Autodesk CFD).....	96
Şekil 4.18. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi binalar arası mevcut mesafe ilişkisi analizi (Autodesk CFD).	100
Şekil 4.19. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi binalar arası mevcut mesafe ilişkisi kesit analizi (Autodesk CFD).....	101
Şekil 4.20. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi binalar arası “h=25 m” mesafe ilişkisi analizi (Autodesk CFD).	103
Şekil 4.21. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi binalar arası “h=25 m” mesafe ilişkisi kesit analizi (Autodesk CFD).....	104
Şekil 4.22. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi 21,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası “h=21,50 m” mesafe ilişkisi analizi (Autodesk CFD).	106
Şekil 4.23. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi 21,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası “h=21,50 m” mesafe ilişkisi kesit analizi (Autodesk CFD).....	107
Şekil 4.24. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi 51,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası “h=51,50 m” mesafe ilişkisi analizi (Autodesk CFD).	109

Şekil	Sayfa
Şekil 4.25. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi 51,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası “h=51,50 m” mesafe ilişkisi kesit analizi (Autodesk CFD).	110
Şekil 4.26. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi önerilen yerleşke tasarımı analizi (Autodesk CFD).	114
Şekil 4.27. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi önerilen yerleşke tasarımı kesit analizi (Autodesk CFD).....	115

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi.....	71

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

k-ε	K-epsilon
m	Metre
m/s	Metre bölü saat
m²	Metrekare

Açıklamalar

Kısaltmalar

Açıklamalar

AIJ	Artificial Intelligence Journal
ANSYS	Swanson Analysis Systems
API	Application Programming Interface
AR-GE	Araştırma ve Geliştirme
AS/NZS	Australian/New Zealand Standard
ASCE	American Society of Civil Engineers
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
CAE	Computer-Aided Engineering
CFD	Computational Fluid Dynamics
CTBUH	Council on Tall Buildings and Urban Habitat
CWE	Common Weakness Enumeration
HFFB	High Frequency Force Balance
HUL	Historical Urban Landscape
HVAC	Heating, Ventilating and Air Conditioning
MATLAB	Matrix Laboratory
ODTÜ	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
PHOENICS	Parabolic, Hyperbolic, or Elliptic Numerical Integration Code Series
PIV	Particle Image Velocimetry
SDG	Sustainable Development Goal

Kısaltmalar**Açıklamalar****SEAOC**

Structural Engineers Association of California

SM-PSS

Synchronous Multi-Pressure Sensing System

TOKİ

Toplu Konut İdaresi

UNESCO

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

VIT

Vellore Institute of Technology

1. GİRİŞ

Rüzgâr kuvveti, yapılar üzerinde ciddi etkilere sebep olan doğal bir kuvvettir. Bina aerodinamiği, rüzgârın yapıları tam olarak nasıl etkilediğini araştıran bir alan olmakla birlikte şehir planlamasında önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle az katlı toplu konut yerleşkelerinde yapı yüksekliği, yapıların konumu ve yapılar arasındaki mesafe ilişkisi rüzgâr akışını önemli ölçüde etkilemekte ve bu etki belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Az katlı yapılar etki eden rüzgâr kuvvetini çok katlı yapılar kadar güçlü bir şekilde engelleyememektedir. Ancak toplu konutlardaki yerleşim düzenlemeleri sonucu yapıların birbirlerine yakın olarak yerleştirilmesiyle rüzgâr akışında belirgin değişiklikler oluşabilmektedir. Yapıların yüksekliğinin farklılaştırılması, yerleşke üzerindeki konumlandırma ve yapılar arasındaki mesafenin düzenlenmesi ile rüzgâr yönü, hızı ve etkisi değişebilmektedir (Stathopoulos, 2009). Bu kapsamda toplu konut yerleşkelerindeki konfor koşulları ve hava dolaşımı etkilenmektedir. Belirli bölgelerde rüzgâr hızı düşürülebilmekte ve türbülans etkisi görülebilmektedir. Az katlı toplu konut yerleşkeleri üzerinden yapılacak aerodinamik analizler sonucunda rüzgâr kuvvetinin etkin bir şekilde yönetilmesi, konforlu yaşam alanlarının ortaya çıkması, dayanıklı ve güvenilir tasarımların geliştirilmesi mümkün olacaktır. Şehir planlaması yapılırken, özellikle toplu konut projelerinde sürdürülebilir yaşam alanlarının tasarlanabilmesi için binaların yüksekliği, binaların konumu ve binalar arası mesafe ilişkilerinin rüzgâr akışına etkisinin araştırılması gerekmektedir. Bu araştırma bağlamında rüzgâr kuvveti etkisinin en aza düşürülmesi amaçlanmalıdır.

Rüzgâr kuvvetinin az katlı toplu konut yerleşkeleri üzerindeki olumsuz etkisinin en aza indirgenebilmesi için bina aerodinamiğinin az katlı toplu konut yerleşkelerindeki yapı yüksekliği, yapı konumu ve yapılar arası mesafe ile ilişkisinin analiz edilebilmesine yönelik yöntemlerin tanımlanması önem taşımaktadır. Bu bağlamda Türkiye'deki Ankara ili özelinde yerel ölçekte bir örneklem alanı belirlenerek ilgili analizler Tunç Park Ankara Toplu Konut Yerleşkesi üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Türkiye'deki yapıların plansız şekilde artmasıyla birlikte şehir planlamasındaki bina aerodinamiği etkisi olumsuz bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu olumsuz durum özellikle toplu konut yerleşkelerinde belirgin olarak görülmektedir. Ancak Türkiye'de az katlı yapılarla oluşturulan toplu konut yerleşkelerindeki bina aerodinamiğinin etkisinin incelendiği çalışmaların yetersiz olduğu görülmektedir. Bu eksiklikler Türkiye inşaat

sektörü özelinde toplu konut projelerinin tasarım aşamasında rüzgâr kuvveti etkisinin göz ardı edilmesine sebebiyet vermektedir. Bahsedilen problem alanında mevcut durumdaki eksikliklerin bilimsel çalışmalarla kapatılması, Türkiye’de yaşanılabilir bir toplu konut yerleşkesi oluşturulabilmesi için gereklidir. Bu kapsamda geniş çaplı bir literatür araştırması yapılarak tez çalışmasının problem durumu ortaya konulmuştur. Belirlenen problem durumu çerçevesinde tez çalışmasının amacı, kapsamı, önemi, sınırlılıkları belirlenmiş, çalışmada kullanılacak yöntem kararlaştırılmıştır.

Problemin tanımlanması

Bina aerodinamiği ve rüzgâr yönü ilişkisi tasarım sürecinde dikkat edilmesi gereken önemli bir konudur. Analiz yöntemlerinin araştırılması, rüzgâr yönünün bina yüksekliği, bina konumu ve binalar arası mesafe ilişkisi üzerindeki etkilerinin irdelenmesi gerekmektedir. Literatür araştırması kapsamında bina aerodinamiği kavramının daha çok yüksek katlı konutlarda bina yüksekliği ve geometrisi ile ilişkisinin incelendiği görülmüştür. Az katlı konut ve toplu konut yerleşkeleri üzerinden yapılan çalışmaların literatürde yetersiz olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Literatürde fark edilen bu boşluk doğrultusunda az katlı bir toplu konut yerleşkesi üzerinden, belirlenen kriterler çerçevesinde ve Autodesk CFD programı kullanılarak değerlendirmeler yapılmıştır. Tez çalışmasının yapı tasarım sürecinin ön aşamasında bina aerodinamiği ve rüzgâr ilişkisi ölçütlerine dikkat çekeceği öngörülmektedir.

Tez çalışmasının amacı ve kapsamı

Tez çalışmasının amacı bina aerodinamiği ve rüzgâr ilişkisi kavramlarının az katlı toplu konut yerleşkesi özelinde analiz edilmesiyle birlikte ön tasarımda yapılacak müdahalelere göre en uygun bina yüksekliğinin, bina konumunun ve binalar arası mesafe ilişkisinin tespit edilmesini sağlamaktır. Ön tasarım aşamasına müdahale edebilmek ve yapı etrafındaki akış modelini değiştirerek aerodinamik etkiyi azaltmak hedeflenmektedir. Bu amaç doğrultusunda öncelikli olarak literatürdeki toplu konut kavramı, yerleşke ölçeğindeki tasarım kriterleri ve toplu konutlarda hava hareketleri incelenmiştir. Bunların yanı sıra bina aerodinamiği ve analiz yöntemleri araştırılarak az katlı toplu konutlarda rüzgâr yönü etkilerinin bina yüksekliğiyle, bina konumuyla ve binalar arası mesafeyle ilişkisi irdelenmiştir. Bu kapsamda çalışma alanı olarak seçilen Tunç Park Ankara toplu konut

projesi CFD yöntemiyle analiz edilmiştir. Optimum bina yüksekliği, bina konumu ve binalar arası mesafe ilişkisinin tespit edilebilmesi için Autodesk CFD programı kullanılmıştır. Yapılan analizlerin sonucunda az katlı toplu konut yerleşkesinde açığa çıkan rüzgâr kuvveti etkisinin yapı yüksekliği, yapı konumu ve yapılar arası mesafe ilişkisinin değiştirilmesiyle en aza indirgenmesi amaçlanmıştır.

Tez çalışmasının önemi

Tez çalışması kapsamında yapılan literatür araştırması sonucunda bina aerodinamiği kavramının çoğunlukla yüksek katlı binalar, yaya konforu ve bina formu kriterleri doğrultusunda incelendiği görülmüştür. Az katlı konutlardaki modifikasyonlar ve toplu konut yerleşkelerinde göz önünde bulundurulması gereken kriterlerle ilgili yeterli sayıda kaynağın olmadığı gözlenmiştir. Ön tasarım aşamasında başvurulacak kaynak niteliğinde bir yayının olmadığı tespit edilmiştir. Çalışmayı literatürdeki diğer araştırmalardan ayıran bir başka özellik ise bina yüksekliği, bina konumu ve binalar arası mesafe ilişkisi gibi kriterlerin rüzgâr yönüyle olan etkileşiminin toplu konut yerleşkesi üzerinden değerlendirilmesidir. Yapılan çalışmanın az katlı toplu konut projelerinin ön tasarım aşamasında bina aerodinamiği-rüzgâr ilişkisi üzerine önemli katkılar sağlayacağı ve konuyla ilgili farkındalık oluşturacağı düşünülmektedir. İnşaat sektöründe çalışanların yapı tasarım aşamalarında pratik bilgiler edinebileceği bir çalışma olması öngörülmektedir.

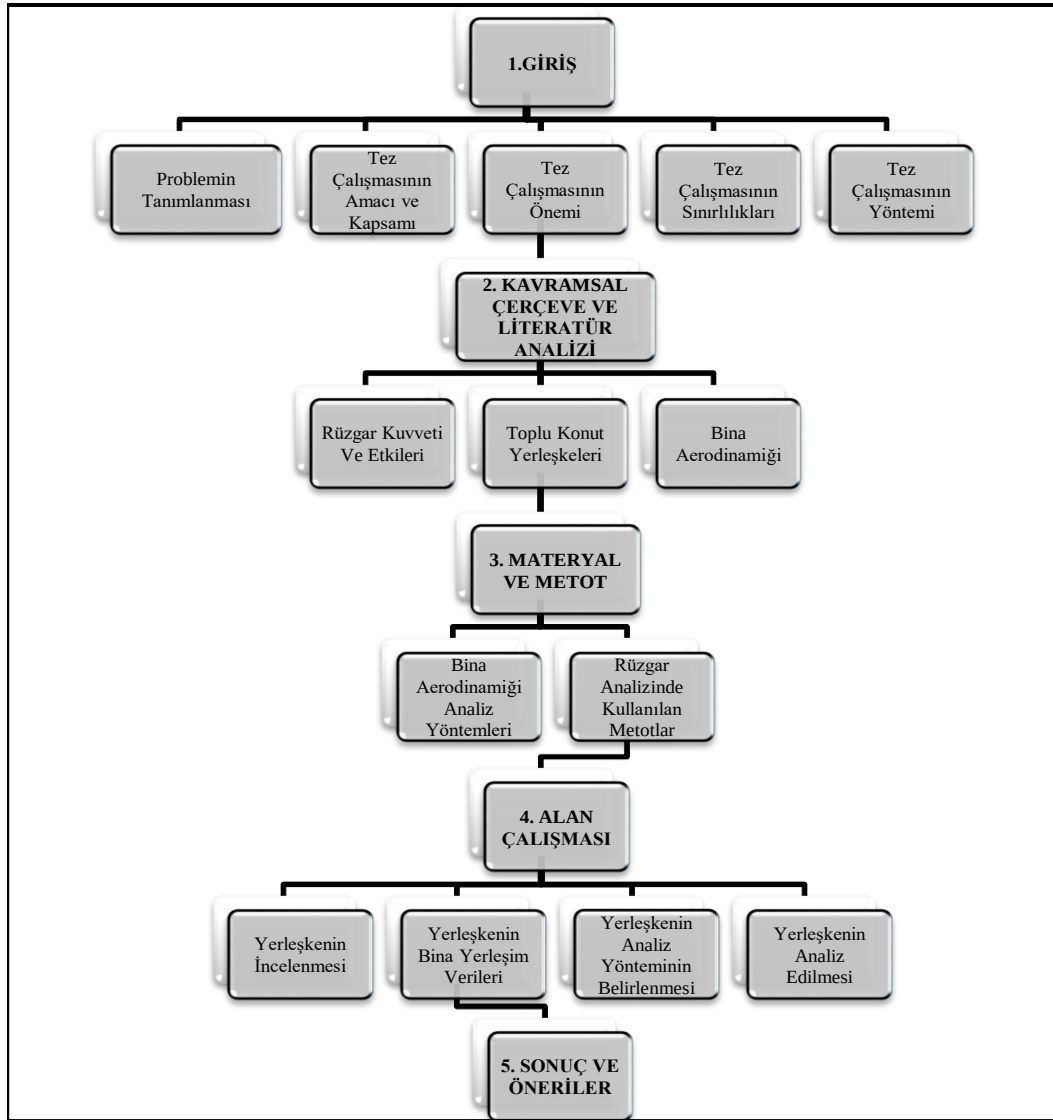
Tez çalışmasının sınırlılıkları

Tez çalışmasında değerlendirme yapmak amacıyla seçilen örneklem yerleşke Ankara ilindedir. Çalışma alanı olarak Ankara'nın seçilme nedeni başkent olması sebebiyle nüfus artışına bağlı hızlı bir kentleşme sürecine girmesi, bununla birlikte mekânsal ve sosyal yapısında da hızlı bir değişim olmasıdır. Bu süreçte artan yapılaşma alanları ve azalan açık yeşil alanlar, şehrin aerodinamik yapısını olumsuz etkilemektedir. Tunç Park Ankara projesinin az katlı toplu konut yerleşkesi örneği olması çalışma alanı olarak tercih edilme sebeplerindendir. Ayrıca yerleşkenin şehir içindeki konumu çevresel faktörlerin, rüzgâr ve iklim etkisinin tespit edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Tez çalışmasının yöntemi

Tez çalışmasında nitel ve nicel araştırma yöntemleri kullanılmıştır. İlk olarak nitel araştırma yöntemleri kapsamında, toplu konut kavramı, toplu konutlarda hava hareketleri, bina aerodinamiği ve analiz yöntemleri, toplu konutlarda rüzgâr yönünün bina yüksekliği, bina konumu ve binalar arası mesafe ilişkisi özelinde araştırmalar yapılmıştır. Yapılan araştırmalarda kullanılan program ve yöntemler incelenmiştir. Literatür taramasında makaleler, doktora ve yüksek lisans tezleri, kitap ve dergiler, bildiriler ve internet kaynaklarından yararlanılmıştır. Bina aerodinamiği incelemelerinde kullanılan simülasyon programlarının detaylı bir şekilde araştırması yapılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda tez çalışmasında bina aerodinamiği Autodesk CFD yazılımının kullanılmasına karar verilmiştir. Örneklem yerleşkenin 3 boyutta modellenmesi için SketchUp programı kullanılmıştır.

Tez çalışması beş bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde problem ve konu tanımlaması yapılmış, çalışmanın amacı, kapsamı, yöntemi ve önemi belirlenmiş, çalışmadaki sınırlılıklar ortaya konulmuştur. İkinci bölüm literatür analizi ve kavramsal çerçeveyi içermektedir. Bu bölümde rüzgâr kuvveti ve etkileri, toplu konut yerleşkeleri ve bina aerodinamiği özelinde yapılan araştırmalar incelenmiştir. Yapılan literatür araştırması sonucu çalışma alanında analiz edilecek kriterler belirlenmiştir. Üçüncü bölümde çalışmanın materyal ve metodu ortaya konulmuştur. Öncelikle bina aerodinamiği analiz yöntemleri anlatılmıştır. Daha sonra bina aerodinamiği analizinde kullanılan simülasyon programları değerlendirilmiş, Autodesk CFD programının literatürdeki yeri incelenmiştir. Dördüncü bölümde alan çalışması yer almaktadır. Seçilen örneklem yerleşke belirlenen kriterler doğrultusunda değerlendirilmiştir. Tunç Park Ankara toplu konut projesinde yapılan analizler ve değerlendirmeler bu kısımda anlatılmaktadır. Son olarak beşinci bölümde çalışmanın çıktılarından ve önerilerinden bahsedilmektedir. Tez aşamasının son bölümünde yapılan analiz ve değerlendirmelerden çıkan sonuçlar değerlendirilmiş, gelecekte yapılacak olan çalışmalar için öneriler geliştirilmiştir. Çalışmanın akış şeması Şekil 1.1.'de ifade edilmiştir.



Şekil 1.1. Tez akış şeması

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR ANALİZİ

Rüzgâr kuvvetinin yapılar üzerindeki etkisinin ve bina aerodinamiği kavramının anlaşılması, özellikle toplu konut projelerinin tasarım aşaması için gereklidir. Binalar üzerine etki eden rüzgâr kuvvetine, toplu konut yerleşkelerine, az katlı konut kavramına ve bina aerodinamiğine yönelik literatürde araştırmalar yapılmıştır. Bu kapsamda yapılan tez çalışmasının bu bölümünde öncelikle rüzgâr kuvveti ve etkileriyle ilgili geniş çaplı bir kavramsal çerçeve oluşturulmuş, literatür araştırması yapılmıştır. Yapılara etkiyen rüzgâr kuvvetine yönelik literatürdeki çalışmalar incelenmiştir.

Rüzgâr kuvveti etkilerinin genel olarak yüksek katlı binalar üzerinden değerlendirildiği fark edilerek az katlı konutlar ve toplu konut yerleşkeleri özelindeki çalışmaların literatürdeki yetersizliği tespit edilmiştir. Bu nedenle bölümün devamında toplu konut yerleşkeleri, toplu konut kavramının önemi, az katlı konut kavramı, toplu konutlarda iklim etkisi, yerleşke ölçeğindeki kararların tasarıma etkisi ve toplu konutlarda hava hareketleri incelenmiştir. Daha sonra bina aerodinamiği kavramının literatürdeki yeri araştırılmıştır. Oluşturulan kavramsal çerçeve ve yapılan literatür araştırması sonucunda alan çalışmasında değerlendirilmek üzere yapı yüksekliği, yapı konumu ve yapılar arası mesafe ilişkisi kriterlerinin az katlı toplu konut yerleşkesi üzerindeki analizlerde dikkate alınması kararlaştırılmıştır.

2.1. Rüzgâr Kuvveti ve Etkileri

Dünya üzerindeki rüzgâr ve hava hareketleri ısısal kökenli basınç hareketlerinden, sürtünme kuvvetinin etkisinden ve hava akışkanlığına dayanan viskozite kuvvetlerinden kaynaklanmaktadır (Macdonald, 1975). Ekvator bölgesindeki hava daha fazla ısınmakta ve yükselmektedir. Yükselen hava düşük basınç alanları oluşturmaktadır. Kutup bölgesinde ise hava soğumakta ve alçalmaktadır. Bu sayede yüksek basınç alanları oluşmaktadır. Ortaya çıkan basınç farkları rüzgâr kuvveti etkisini açığa çıkaran ana unsurlardır (Britannica, 2023).

Rüzgâr, basınç farkına bağlı olarak yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına doğru yatay hava hareketini ifade eder. Yüksek basınç bölgesinden alçakan basınç bölgesine doğru yönelen hava akışı prensibi sayesinde yapı tasarımında hava hareketlerini yönetebilmek mümkün olmaktadır (Kauppinen vd. 2022). Binaların dış cephelerinde aşağıdan yukarı

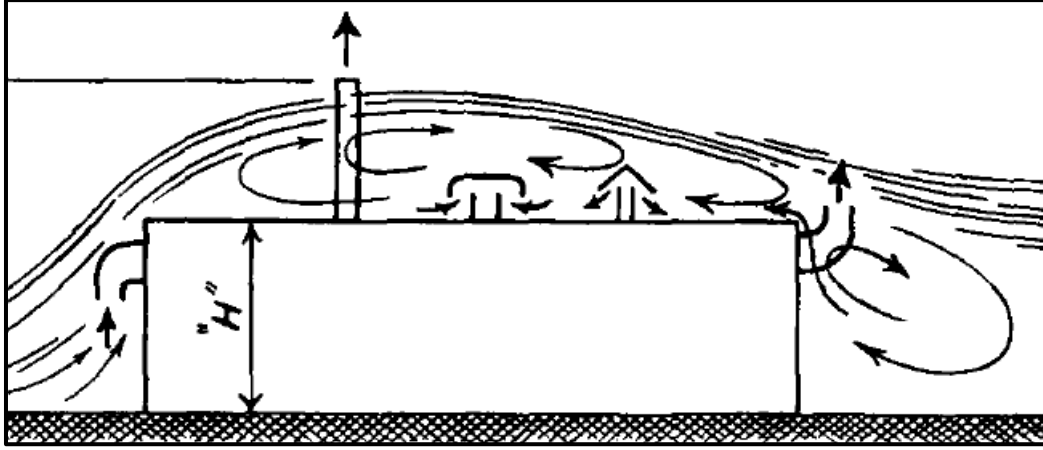
çıkıldıkça ortaya çıkan basınç farkları hava akımı etkisini artırmaktadır. Bu kapsamda üst katlarda daha yüksek basınç alanları oluşmaktadır (Kummitha vd. 2021).

Hava akımı, sıcaklık ve basınç farklılıkları sonucu doğal konveksiyonla oluşur. Rüzgâr kuvvetinin tasarlanması için 1970 yıllarında Kaliforniya Yapı Mühendisleri Birliği tarafından (SEAOC) bir prosedür geliştirilmiştir. Bu prosedürde rüzgâr basıncının hesaplanabilmesi için bina elemanlarına ve bileşenlerine ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir (Sheffield ve Barbera, 1992). Ortaya çıkan bu yaklaşım zamanla güncellenmiş ve Amerikan İnşaat Mühendisleri Derneği (ASCE) tarafından geliştirilmiştir. Ulusal alanda kabul alan ASCE 7 standardı yapılarda rüzgâr tasarımı için alternatif çözümler sunmaktadır (Session, 2020). Günümüz koşullarında bu kılavuzların modern standartlarla uyumlu hale getirilmesi, artan rüzgâr kuvveti etkisinin ve çevresel faktörlerin analizini kolaylaştırmaktadır.

Özellikle kentsel yerleşim alanlarında önemli bir etken olan rüzgâr koşulları insan sağlığını ve yaşam kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bazı çalışmalarda ise bina tasarımının rüzgâr etkisini şekillendirdiği öne sürülmektedir (Erell vd. 2011). Bina konumu tasarım aşamasında dikkate alınması gereken bir diğer etken rüzgâr yönüdür. Yapı yüksekliği rüzgâr yönünü değiştiren bir unsurdur. Binaların birbirlerine olan mesafesi ise bölgesel alanlardaki rüzgâr kuvvetini etkilemektedir (You vd. 2017). Yapı tasarımı aşamasında yapılan rüzgâr akışı analizleri enerji verimliliği sağlanmasında ve konfor koşullarının iyileştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Binaların konumlandırılışı ve yüksekliği ile rüzgârın yönü şekillenmektedir. Yapılar yükseldikçe rüzgâr akışı etkilenmekte ve çevresindeki binalara gölgeleme etkisi oluşturabilmektedir. Özellikle yapılardaki uzun yüzeylerin rüzgâr kuvvetinin etki ettiği yöne doğru açılı bir şekilde yerleştirilmesi tavsiye edilmektedir. Bununla beraber binaların doğru bir şekilde konumlandırılması da önemlidir. Bu nedenle binaların birbirlerine olan mesafeleri ve konumlandırılışları, bölgesel olarak rüzgâr kuvveti üzerine doğrudan etki edebilmektedir (Sinha, 2020).

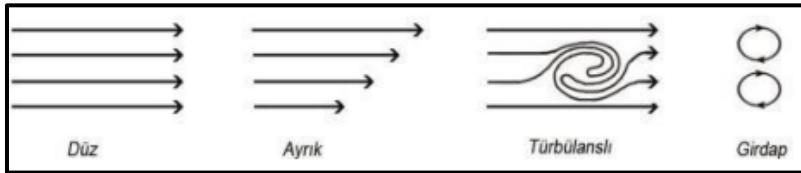
Bina etrafında rüzgâr giriş çıkışlarına bağlı olarak pozitif ve negatif basınç bölgeleri oluşmaktadır (Şekil 2.1.). Özellikle binanın çatı kısmında ve cephelerinde basınç farklılıkları hissedilecektir (Clarke, 1965). Bina etrafındaki hava akışının incelenmesine yönelik kentsel tasarım alanında çalışmalar yapılmaktadır. Bina yüksekliklerinin değişmesiyle rüzgâr akışında farklılıklar ve türbülans bölgeleri oluşmaktadır (Hadziabdic, 2023). Bina yüzeyindeki rüzgâr giriş ve çıkışlarına bağlı olarak oluşan basınç bölgeleri hava akışının

yapının etrafındaki hareketine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Yapıda rüzgâr alan cepheye çarpan rüzgâr kuvveti pozitif basınç alanının, rüzgâr almayan cephelere çarpan rüzgâr kuvveti ise negatif basınç alanının oluşmasında etkilidir (Begeç, 2022). Binaların doğrudan rüzgâr kuvvetiyle etkileşime girdiği ön yüzeylerinde pozitif basınç alanları oluşmaktadır. Yapıların arka ve yan taraflarında ise genel olarak negatif basınç bölgelerinin olduğu gözlenmektedir (Fertelli ve Balta 2017).



Şekil 2.1. Bina üzerindeki hava akışı (Clarke,1965)

Binaların etrafındaki rüzgâr hareketleri bina yüksekliği, bina konumu ve binalar arası mesafe ilişkisi gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Şabanoğlu, 2018). Özellikle toplu konut yerleşkelerini farklı açılardan etkileyen rüzgâr hareketleri, tasarım sürecinde hesaplanması gereken bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Bina tasarımlarında rüzgâr etkisi dikkate alınmalıdır. Düz, ayırık, türbülanslı ve girdap akımı olmak üzere (Şekil 2.2.) temelde 4 tane hava akımı vardır (Lechner,2014).



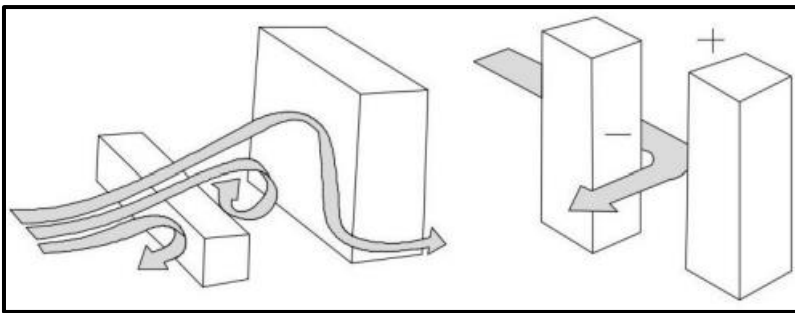
Şekil 2.2. Mevcut hava akım hareketleri (Lechner, 2014)

Yapılar değişken rüzgâr yüklerinden etkilenmektedir. Binalardaki salınım kuvvetleri hem rüzgâra paralel hem de çapraz rüzgâr yönlerinde ve burulma modunda olmaktadır. Rüzgâra paralel hareket, paralel yüzeylerdeki basınç değişimlerinden kaynaklanmaktadır. Çoğu uluslararası kod ve standart, rüzgâra paralel tepki tahmini için yarı-sabit teoriye dayanan

rüzgâr faktörü yaklaşımını kullanmaktadır (Lin vd. 2005). Rüzgâra paralel hareket, esas olarak ayrılan kesme tabakalarındaki dalgalanmalar nedeniyle oluşur. Burulma hareketi ise, binanın her yüzündeki anlık basınç dağılımındaki dengesizlik sonucu ortaya çıkmaktadır.

Rüzgâr hızı, atmosferdeki basınç farklılıkları ve yer şekilleri gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Genellikle, yükseklik arttıkça rüzgâr hızı da artmaktadır. Rüzgâr, binanın cephesine çarptığında, basınç azalmakta ve rüzgâr molekülleri aşağı doğru yönlendirilmektedir. Bu da binanın alt kısımlarında ve yaya seviyesinde rüzgâr hızının artmasına neden olmaktadır. Bina tasarımında rüzgâr etkilerini azaltmak için bina cephesinin boyutunu küçültmek önemlidir. Böylece, rüzgâr binanın etrafında daha düzgün bir şekilde dağılmakta ve basınç farklılıkları azaltılabilmektedir. Bu yöntemin, özellikle dikdörtgen kesitli veya sivri köşeli binalarda uygulanması gerekmektedir (Bennett, 2007).

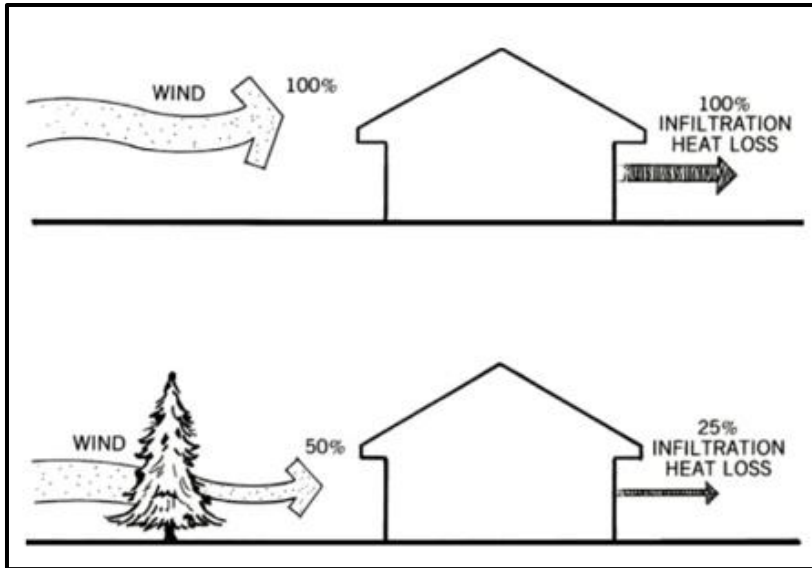
Yüksek katlı binalar konumlandırılırken ise çevredeki yapıların yükseklikleri önem kazanmaktadır. Rüzgâr kuvvetinin farklı yüksekliklerdeki binalara etkisi de çeşitlilik göstermektedir. Özellikle yüksek katlı binalar daha fazla rüzgâr kuvvetine maruz kalmaktadır (Chauhan ve Ahuja, 2017). Çevredeki yapı yerleşimleri ve yükseklikleri, binalar arasında ortaya çıkan rüzgâr kuvvetini etkileyebilmektedir. Birbirine yakın olarak konumlandırılan yapılar arasında rüzgâr akışı engellenebilmektedir (Schwab, 2022). Bunun yanı sıra farklı yükseklikteki iki binadan yüksekliği fazla olana çarpan rüzgâr geri dönerek daha alçak olan binayla karşılaşabilmektedir. Bu karşılaşma sonucu binalar arasında kullanışsız alanlar (Şekil 2.3.) ortaya çıkmaktadır (Bennett, 2007).



Şekil 2.3. Kullanışsız alanlar (Bennett, 2007)

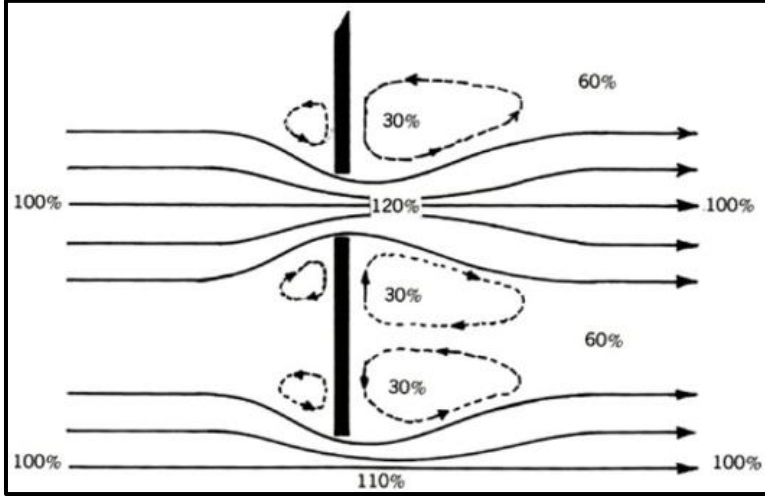
Rüzgârın iklim üzerindeki etkisi, yaz ve kış mevsimlerinde farklı tasarım stratejileri gerektirir. Kışın kuzey rüzgârları daha soğuk olduğu için, bu rüzgârlardan korunmak önemlidir. Yazın ise güney rüzgârları daha serinletici olduğu için, bu rüzgârları desteklemek

gerekir. Rüzgârın bina tasarımını nasıl etkilediğine dikkat etmek gerekmektedir. Kışın ısı kaybını önlemenin en önemli yolu evin içine sızan rüzgârı durdurmaktır. Rüzgâr sızıntısı, evlerin ısısının büyük bir kısmını almaktadır. Rüzgârın etkisi, hızının karesiyle doğru orantılı bir şekilde artmaktadır. Bu yüzden rüzgâr hızını azaltmak çok önemlidir. Rüzgâr hızını azaltmanın üç yolu vardır: Rüzgârı yukarı yönlendirmek, türbülans oluşturmak ve rüzgârın enerjisini sürtünerek almak (Şekil 2.4.). Binalarda rüzgâr hızını azaltmak için ilk iki yöntem kullanılmaktadır. Ağaçların gözenekli yapısı ise üçüncü yöntem sayesinde rüzgâr hızını düşürmekte etkili olmaktadır (Lechner, 2014). Yapılan araştırmalar dış mekandaki rüzgâr kuvveti etkisinin azalması sonucunda bina kabuğundaki ısı kayıplarının da azaldığını ortaya koymaktadır (Tamaskani vd. 2021).



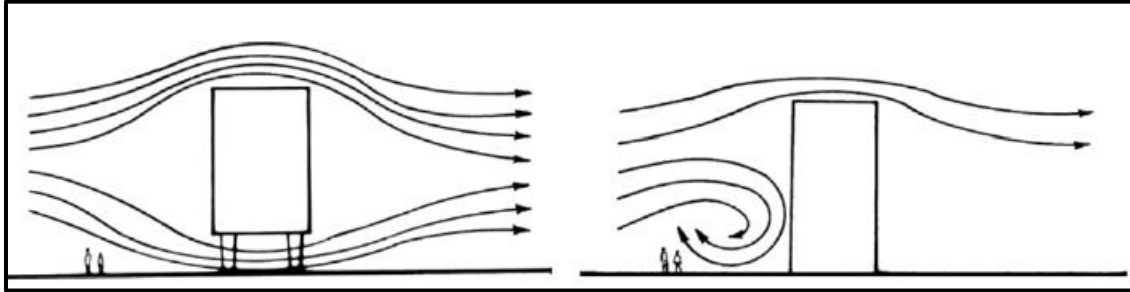
Şekil 2.4. Binalarda rüzgâr hızı-ısı kaybı gösterimi (Lechner, 2014)

Rüzgâr kırıcıların daimî süreklilik sağlamadığı bilinmektedir. Mevcut kırıcıların uç kısımlarındaki ve boşluklarındaki rüzgâr hızı hava hızından daha küçüktür (Şekil 2.5.).



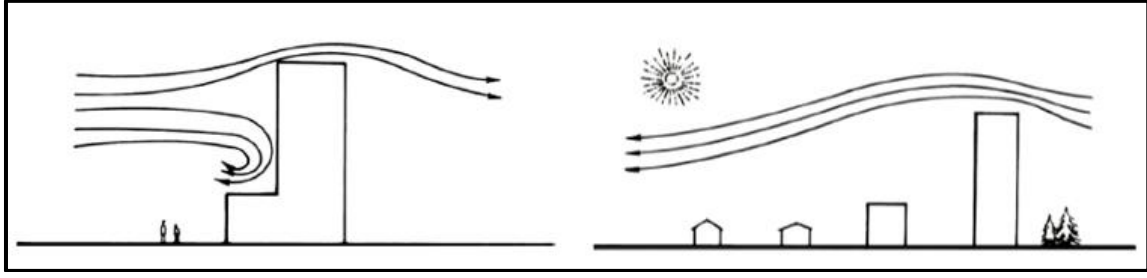
Şekil 2.5. Rüzgâr kırıcılar da hava hareketleri (Lechner, 2014)

Bina yüksekliği, genişliği ve zemin seviyesine yakınlığı rüzgârın hızını değiştiren önemli faktörlerdendir. Sütunlara oturtulan binaların yerden yüksekliği arttıkça binalara etkiyen rüzgâr hızının da arttığı görülmektedir. Zeminle arasında mesafe olmayan yapılarda rüzgâr binaya çarparak geri dönmekte veya yönünü değiştirmektedir (Şekil 2.6.).



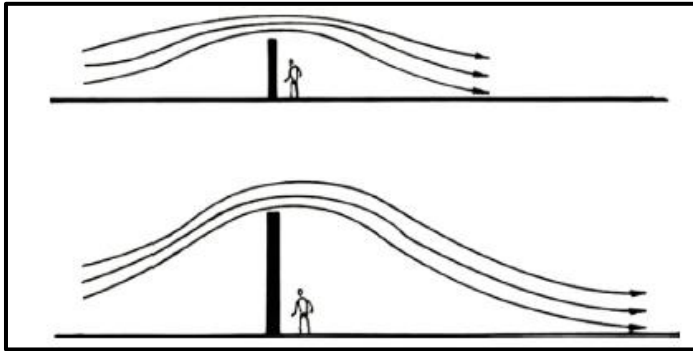
Şekil 2.6. Binaya çarpan rüzgârın yön değişimleri (Lechner, 2014)

Mevcut durumdaki binaya farklı yüksekliklerde uzantıların eklenmesiyle de rüzgârın yönü değiştirilebilmektedir. Bu sayede rüzgâr zeminde uzaklaşmaktadır. Özellikle toplu konut yerleşkelerinde kuzey uçtaki binaları daha yüksek kesime konumlandırmak avantaj sağlayacaktır. Bu şekildeki yerleşim düzeni kuzeyden gelen rüzgârı engelleyebilmek ve kış güneşine erişimi kolaylaştırmak açısından önemlidir (Şekil 2.7.).



Şekil 2.7. Rüzgârın yönündeki değişimleri (Lechner, 2014)

Rüzgârın gölgesi, karşısındaki yapının yüksekliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Binanın yüksekliği arttıkça rüzgâr gölgesi de artmaktadır (Şekil 2.8.). Yüksek yapıların rüzgâr gölgesine karşı etkisinin belirlenmesiyle çevrelerine karşı etkileri de belirlenmiş olmaktadır. Yapıların arka bölgelerindeki rüzgâr hızının azalması sonucu oluşan rüzgâr gölgesinin etkisi, bina yüksekliğinin artmasıyla genişlemektedir (Reyhan vd. 2022).



Şekil 2.8. Yüksekliğin rüzgâr gölgesine etkisi (Lechner, 2014)

Bina dış yüzeylerindeki ısı akışı ise, yüzeye paralel hava akışı nedeniyle değişmektedir. Giriş kapısı rüzgâra karşı korunaklıysa, kapının açılıp kapanmasıyla oluşan ısı kaybı önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Ayrıca, dış mekanlar kış aylarında da kullanılabilir, ancak bunun için dış etkilere karşı korunmaları gerekmektedir (Lechner, 2014). Yüksek katlı yapıların yerleşim düzenlemesi sonucu çevresel rüzgâr akımı değişiklik göstermektedir. Binalar arası mesafenin ve bina yönlenmelerinin doğru bir şekilde ayarlanmasıyla rüzgârın olumsuz etkisi azaltılabilmektedir (Zhang vd. 2023).

İlgili araştırmalar

Son birkaç on yılda, birçok araştırmacı tarafından belirli plan şekillerine sahip bina modellerinde basınç dağılımı ve tepkileri incelenmiştir. Baker (1884), Stanton (1925),

Bailey ve Vincent (1939) yaptıkları çalışmalarda rüzgâr kuvveti etkisinin azaltılabilirliğini araştırmışlardır. Rüzgarların etkisine yönelik bu araştırmalara paralel olarak, ortalama rüzgâr hızının yükseklikle birlikte artması, mühendisler ve meteorologlar tarafından incelenmiştir. Bulgular ise çoğu tasarım kodunun rüzgâr yükü gereksinimlerine yansımıştır. Rüzgâr hızının yükseklikle değişimi ve rüzgâr hızlarının tahmini tartışmalarında, yüzey pürüzlülüğünün oynadığı önemli rol dikkate alınmıştır. Daha pürüzlü yüzeye sahip yapılarda zemine yakın ortalama rüzgâr hızı, yapı yüksekliğine bağlı olarak artmaktadır. Genellikle açık arazi koşullarının tipik olduğu belirtilen rüzgâr yükü gereksinimleri, yapının esnekliğine ve dalgalanan yüklere olan duyarlılığına göre değişmektedir. Rüzgâr yüklerinin formülasyonundaki bu gelişmelerin çoğu, meteorolojik ve iklimsel açıdan da araştırılmıştır (Davenport, 1961).

Rüzgâr faktörünün doğal rüzgârın türbülansına ve bu türbülansın yapıyla olan ilişkisine bağlı olduğu tespit edilmiştir (Vickery, 1968). Lee (1975), banliyö ve kentsel alanları temsil eden farklı sınır tabakası akış koşulları altında kare bir modelin yan yüzeylerindeki basınç dağılımını incelerken, Kareem ve Cermak (1984) da aynı konu üzerinde araştırma yapmışlardır. Reinhold ve Sparks (1979), Isyumov ve Poole (1983), Tallin ve Ellingwood (1985), Kareem (1985), Lythe ve Surry (1990) ve Beneke ve Kwok (1993) simetrik olmayan kesit geometrilerinden kaynaklanan belirli bina modelleri üzerindeki ortalama rüzgâr kuvvetini araştırmışlardır. Yapı yüksekliği boyunca spektral değişimi sağlayan fonksiyonlar kullanılarak binalardaki çapraz rüzgâr kuvvetleri ve burulma tepkileri tahmin edilebilmektedir (Kareem, 1984). Binalar boyunca dalgalanan rüzgâr kuvvetinin dağılımı, yapı üzerindeki tepkiyi inceleyebilmek için gereklidir. Bu nedenle rüzgâr kuvvetlerini simüle edebilmek için yöntemler geliştirilmiştir (Tsukagoshi vd. 1993).

Balendra ve Nathan (1987) ise rüzgâr kuvvetinin geliş açısının kare modellerin üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Hayashida ve Iwasa (1990) binanın plan şeklinin aerodinamik kuvvetler üzerindeki etkisini araştırmıştır. Haan ve arkadaşları (1998) ile Li ve Melbourne (1999), basınç dağılımı ve dikdörtgen model etrafında etkili olan maksimum veya minimum basınç üzerindeki etkisini incelemiştir. Mevcut kodların ve standartların birçoğu çapraz rüzgâr ve burulma tepkilerinin karmaşık olması sebebiyle rüzgâra paralel tepki için prosedürler oluşturmaktadır. Çapraz rüzgâr kuvvetinin ve burulma yüklerinin, binaların ön tasarım aşamasında rüzgâr kuvvetine karşı tepkilerini tahmin edebilmek amacıyla gerekli

kodlara ve standartlara eklenmesi gerekmektedir (AIJ, 1996). Bu tür veriler bina geometrisini de önemli ölçüde etkilemektedir.

Katsumura ve arkadaşları (2001), dikdörtgen yüksek binaların sürtünme ve burulma tepkisi özellikleri üzerindeki yan oranların etkisini belirlemek için çalışmalar yapmıştır. Kim ve arkadaşları (2002), binalarda rüzgâra bağlı basınç dağılımı üzerinde yan oranların etkisini bulmak için çalışmışlardır. Zhou ve arkadaşları (2003), bir dizi yüksek bina modeli üzerinde yapılan ölçümlerden elde edilen aerodinamik yüklerin ön etkileşimli bir veri tabanını sunmuştur. Lin ve arkadaşları (2005) yükseklik, en-boy oranı ve yan oran olmak üzere üç farklı parametrenin dikdörtgen bir kesite etki eden yerel rüzgâr kuvvetleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Huang ve Chen (2007) senkronize basınç ölçümlerine dayanarak 20 ve 50 katlı, kare planlı yüksek binaların rüzgâr yükü etkilerini araştırmıştır.

Merrick ve Bitsuamlak (2009), bina şekli faktörünün rüzgâr kaynaklı kuvvetlerde ve bir yapının tepkisinde nasıl değişikliklere neden olduğunu eleştirel bir analizle incelemiştir. Tanaka ve arkadaşları (2012), aynı yükseklik ve hacimdeki kare planlı yüksek bina modellerine etki eden aerodinamik kuvvetleri ve rüzgâr basınçlarını, köşe kesimleri, gerileme ve sarmal gibi farklı konfigürasyonlar üzerinden çalışmalar yapmışlardır. Amin ve Ahuja (2013), aynı plan tipine ve yüksekliğe sahip binalara farklı açılarda etki eden rüzgâr kuvvetini gözlemlemişlerdir.

Yapılan çalışmaların çoğunda rüzgâr etkisinin çevredeki binaların konumlandırılmasıyla ilişkili olduğu belirtilmektedir. Aynı zamanda rüzgâr kuvvetlerinin binaların çevresi boyunca dağılımlarının, binaların yapısal davranışlarını incelemek için gerekli olduğu bilinmektedir (Amin ve Ahuja ,2014). Bina kabuğu, iç mekânı dış ortamdaki ayıran yapısal bir bileşendir. Bina kabuğunun enerji performansı, ısı transferi mekanizmalarına ve çevresel faktörlere bağlı değişkenlik göstermektedir. Isı transferi, bina kabuğundan dışarıya doğru enerji kaybına neden olurken, güneş ışınları da iç mekâna ısı kazandırmaktadır. Bina kabuğunun ısı transferi süreci, rüzgârın hızına ve yönüne göre farklılaşmaktadır. Rüzgâr, bina kabuğunun yüzeyindeki ısı transfer katsayısını etkilemekte ve böylece ısı kaybını veya kazancını değiştirmektedir (Berger vd. 2020). Önemli bir iklim unsuru olan aerodinamik, rüzgâr etkisini hesaba katarak daha konforlu ve sağlıklı bir ortam oluşturulmasına yardımcı olmaktadır (Gölbaşı vd. 2021).

Kentsel doku içindeki hava akımlarının karakteristik özelliklerini inceleyen bina aerodinamiği, yapılar üzerindeki basınç dağılımlarını, rüzgâr kuvvetlerini ve binaların etrafındaki hava akış modellerini belirlemeye odaklanır. Bu durum kentsel alanlarda rüzgâr çevre koşullarını tahmin etmek için çok önemlidir (Braun ve Awruch, 2007). Rüzgârın bina etrafındaki hareketlerini belirleyebilmek için deneysel ortamlarda rüzgâr tüneli testleri yapılmaktadır. Ancak bu testlerin yüksek maliyetli olması ve uzun bir süreç gerektirmesi, mimari tasarımda sürekli kullanım için elverişsizdir. Bilgisayar teknolojisinin ilerlemesi, deney sürecini hızlandıran ve artık mimari tasarım sürecinde yaygın olarak kullanılan Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) simülasyon modellerinin geliştirilmesine yol açmıştır (Zhao vd. 2016). Bu modeller, rüzgâr faktörlerinin daha hızlı analiz edilmesini sağlayarak genel tasarım sürecini etkilemektedir. Bu doğrultuda tez kapsamı sürecindeki literatür araştırmasında CFD analiz yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalar incelenmiştir (Şabanoğlu, 2018). Bina aerodinamiğinin belirlenen kriterler doğrultusunda az katlı toplu konut yerleşkesi üzerinden değerlendirilmesi ve bu değerlendirmelerde Autodesk CFD programının kullanılması amaçlanmaktadır.

Âmin ve Ahuia (2010) tarafından hazırlanan “*Aerodynamic Modifications To The Shape Of The Buildings: A Review Of The State-Of-The-Art*” adlı çalışmada aerodinamik olarak verimli plan şekillerinin, rüzgâr yüklerini ve inşaat maliyetlerini azalttığı tespit edilmiştir. Çalışmada betimsel ve nicel analizlerle birlikte literatür taraması yöntemi kullanılmıştır.

Aygün ve Başkaya (2004) tarafından hazırlanan “*Çok Katlı Bir Bina Etrafındaki Rüzgâr Akışının Oluşturduğu Yüzey Basınçlarının Deneysel Olarak İncelenmesi*” adlı çalışmada Kızılay’daki Emek İş Hanı modeli üzerinden rüzgâr tüneline yapılan deneyler, binanın etrafındaki farklı hız ve açılarda rüzgâr akışının basınç dağılım profillerini elde etmek için kullanılmıştır. Bina modeli bir rüzgâr tüneli odasına yerleştirilmiş, farklı rüzgâr esme konumları ve hızları için ayrı ayrı deneyler yapılmıştır. Bina tasarımında aerodinamik etkilerin tahmin edilebilmesi için yapının öncelikle rüzgâr tüneline test edilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Blocken ve Persoon (2009) tarafından hazırlanan “*Pedestrian Wind Comfort Around A Large Football Stadium In An Urban Environment: CFD Simulation, Validation And Application Of The New Dutch Wind Nuisance Standard*” adlı çalışmada Amsterdam ArenaA futbol stadyumunun yaya rüzgâr konforu, sahaya eklenen yüksek binaların öncesi

ve sonrasında analiz edilmiştir. Çalışmada Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) kullanılmıştır. CFD simülasyonları, yerel zemin pürüzlülüğünün güverte rüzgâr hızı üzerinde ihmal edilebilir bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Braun ve Awruch (2007) tarafından hazırlanan “*Aerodynamic Analysis Of Buildings Using Numerical Tools From Computational Wind Engineering*” adlı çalışmada binalarda rüzgâr hareketini simüle etmek için Hesaplamalı Rüzgâr Mühendisliği (CWE) teknikleri kullanılarak sayısal bir model önerilmiştir. CWE teknikleri, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) metodolojilerinin klasik Rüzgâr Mühendisliği problemlerine uygulanması sonucu yapılan analizlerdir. Önerilen sayısal şemanın, simüle edilmiş örneklerdeki çoğu fiziksel olayı doğru bir şekilde tahmin ettiği sonucuna varılmıştır.

Castro ve ark. (2014) tarafından hazırlanan “*Aerodynamic Features As Auxiliary Architecture*” adlı deneysel çalışmada aerodinamik olaylara odaklanılarak binaların yakınındaki rüzgâr akışı azaltılmış ve yaya konforu artırılmıştır. Metodoloji, girdap bölgelerinin ve rüzgâr zayıflatma özelliklerinin konumunu doğrulamak için Ansys CFD (Hesaplamalı Akışkan Dinamikleri) yazılımını kullanan, varsayımsal bir tramvay durağı barınak projesindeki şehir deneylerine dayanmaktadır. Yapılan deney ve simülasyon ön sonuçlarına göre aerodinamik hareketler duraktaki koruma bölgelerinin kontrolünü sağlamaktadır.

Chen (2004) tarafından hazırlanan “*Using Computational Tools To Factor Wind Into Architectural Environment Design*” adlı çalışmada çevre ve bina tasarımında rüzgâr tasarım stratejileriyle birlikte rüzgâr tüneli, bölgesel modeller, CFD gibi teknikler tartışılmıştır. Çalışmada konut kompleksleri CFD yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. CFD’nin ayrıntılı bilgilere ulaşmada kolaylık sağladığı sonucuna varılmıştır.

Elshaer ve ark. (2015) tarafından hazırlanan “*Aerodynamic Shape Optimization For Corners Of Tall Buildings Using Cfd*” adlı çalışmada yüksek bir binanın köşe şekli değiştirilerek etki eden sürtünme kuvvetini azaltmayı amaçlayan aerodinamik şekil optimizasyonu CFD simülasyonları kullanılarak oluşturulmuştur.

Gölbaşı (2015) tarafından hazırlanan “*Yerleşim Alanları İçerisinde Farklı Geometrilere Sahip Yapılar Üzerinde Isı Transferi ve Akış Yapılarının Deneysel ve Teorik Olarak*

İncelenmesi” adlı çalışmada rüzgâr karakteristikleri ile bina hız dağılımı arasında ilişki kurulması, uygun geometrilerin oluşturulması, bina mesafelerinin belirlenmesi ve birbirlerine göre konumlandırılması için deneysel veriler elde edilmiştir. Çalışmanın deneysel kısmında, dört farklı bina modeli etrafındaki akış yapısı, kapalı devre açık yüzeyli su kanalında Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçüm Tekniği (PIV) kullanılarak incelenmiştir. Tezin sayısal kısmında, k-ε türbülans yöntemi kullanılmıştır. Akış yapısı üç boyutlu kabul edilmiş olup ANSYS 12.1-Fluent yazılımı kullanılmıştır.

Gölbaşı ve ark. (2021) tarafından hazırlanan “*Farklı Mesafeli ve Üçlü-Çapraz Yerleştirilmiş Çatisız Binalar Etrafındaki Akış Özelliklerinin Deneysel Olarak İncelenmesi*” adlı çalışma, üç boyutlu k-ε türbülans modeli ile sonlu bir hacim yöntemi olan ANSYS Fluent bilgisayar programını kullanarak, Parçacık Görüntüleme Hız Ölçümü tekniğiyle üçlü çapraz konumlandırılmış çatisız binaların etrafındaki akış yapıları incelenmiştir. Binaların yönünün, yoğunluğunun ve düzeninin binaya etki eden akış yapısını ve rüzgâr kuvvetlerini etkilediği görülmüştür.

Gutnikov ve ark. (2005) tarafından hazırlanan “*Simulation of the Aerodynamics of Buildings and Structures by means of the Closed Vortex Loop Method*” adlı çalışmada, binalardaki hava akışını simüle etmek için kapalı girdap döngüsü yöntemi kullanılmıştır. Girdap yaklaşımına dayalı bir matematiksel model önerilerek ve sonuçları gerçek dünyadaki aerodinamik yük hesaplamalarıyla karşılaştırdılar. Çalışma, sayısal simülasyonlarda model oluşturmanın önemini vurgulamaktadır (Paltun, 2022).

İlgin ve Günel (2007) tarafından hazırlanan “*The Role Of Aerodynamic Modifications In The Form Of Tall Buildings Against Wind Excitation*” adlı çalışmada aerodinamik modifikasyonların, esnek yapıların işlevsel performansını sağlamak ve yüksek binalarda rüzgâr kaynaklı hareketi kontrol etmek için mimaride çok önemli olduğu ortaya konmaktadır. Çalışmada betimsel ve nicel analizlerle birlikte literatür taraması yöntemi kullanılmıştır. Uygun bina şekli seçilmesinin, yapı etrafındaki akış modelini değiştirerek aerodinamik kuvvetleri önemli ölçüde azaltacağı gözlenmiştir.

İlgin ve Günel (2021) tarafından hazırlanan “*Rüzgâr Enerjisinin Yüksek Binalara Mimari Entegrasyon Stratejilerinin Tipolojik Sınıflandırması İçin Bir Öneri*” adlı çalışmada Yüksek binalarda rüzgâr enerjisi kullanımının, alternatiflerinden daha büyük, daha tutarlı ve özgün

bir tipolojik sınıflandırması önerilmiştir. Rüzgâr türbinlerinin, özellikle yüksek binalar olmak üzere her binanın ayrılmaz bir parçası olacağı öngörülmektedir.

Jafari ve Alipour (2021) tarafından hazırlanan “*Review Of Approaches, Opportunities, And Future Directions For Improving Aerodynamics Of Tall Buildings With Smart Facades*” adlı çalışmada literatür taraması yöntemi, betimleme ve nicel analizler kullanılmıştır. Çalışma, bina kabuklarını kullanarak rüzgâr kaynaklı yüklerde ve titreşimlerde potansiyel azalmayı tartışmaktadır. Özellikle cephelerdeki aerodinamik şekil değişikliklerini vurgulamaktadır. Çift cidarlı cephelerin, yüzey pürüzlülüğünü artırarak ve gözenekli bir ortam yaratarak yüksek binaların aerodinamik performansını artırdığı sonucuna varılmıştır.

Ju ve ark. (2022) tarafından hazırlanan “*Review Of Research Advances In Cfd Techniques For The Simulation Of Urban Wind Environments*” adlı çalışmada sınır koşulları, bina modelleri, hesaplama alanları, hesaplama ızgaraları ve türbülans modelleri hakkındaki literatür gözden geçirilmiştir. Kentsel rüzgâr ortamlarının CFD simülasyonu üzerindeki sınır koşullarının, mimari modellerin, hesaplama alanı boyutunun, ızgara dağılımının ve türbülans modellerinin etkisi incelenmektedir. Bina çevre akış alanı gözlemi, planlama ve tasarım sonrasında gerçekleştirilmektedir. CFD simülasyonu rüzgâr tüneli testinin doğrulanması için kullanılmaktadır.

Karadağ (2019) tarafından hazırlanan “*Development Of An Architectural Aerodynamics Algorithm For Early Design Stage*” adlı çalışmada yaygın olarak kullanılan bir mühendislik akışkanlar dinamiği yazılımı olan türbülans modeli kullanılmıştır. Rüzgâr özellikleri, bina yönü ve ayırma mesafesinden etkilenmektedir. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiğinin (CFD), ön tasarım aşamasında mimari aerodinamik analiz için faydalı olduğu görülmüştür.

Kwok (2013) tarafından hazırlanan “*Wind-Induced Vibrations Of Structures: With Special Reference To Tall Building Aerodynamics*” adlı çalışmada bina şekillerine etki eden rüzgâr yükünü azaltmada aerodinamik modifikasyonların faydaları incelenmektedir. Çalışmada betimsel ve nicel analizlerle birlikte literatür taraması yöntemi kullanılmıştır. Bina şekillerindeki aerodinamik modifikasyonların, rüzgâr yüklerini ve yüksek bina tepkilerini önemli ölçüde azaltarak enerji verimliliğini artırdığı gözlenmiştir.

Montazeri ve Bocken (2013) tarafından hazırlanan “*Cfd Simulation Of Wind-Induced Pressure Coefficients On Buildings With And Without Balconies: Validation And Sensitivity Analysis*” adlı çalışmada, balkonlu ve balkonsuz orta yükseklikte bir binada ortalama rüzgâr basıncı dağılımlarını tahmin etmek için üç boyutlu CFD yöntemi, sistem hassasiyet analizi ve rüzgâr tüneli ölçümleri kullanılarak değerlendirilmektedir (Paltun, 2022).

Moonen ve ark. (2012) tarafından hazırlanan “*Urban Physics:Effect Of The Micro-Climate On Comfort,Health And Energy Demand*” adlı çalışmada rüzgâr konforu, termal konfor, enerji talebi, kirletici dağılımı ve rüzgarla yönlendirilen yağmurun incelenmesinde Kent Fiziğinin rolü ele alınmaktadır. Literatür taraması, Kent Fiziğindeki üç araştırma yöntemi üzerinden yapılmaktadır. Bunlar saha deneyleri, rüzgâr tüneli deneyleri ve sayısal simülasyonlardır.

Mooneghi ve Kargarmoakhar (2016) tarafından hazırlanan “*Aerodynamic Mitigation And Shape Optimization Of Buildings: Review*” adlı çalışmada Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) kullanmanın uygunluğu ve zorlukları tartışılmaktadır. Literatür taraması yöntemi, betimleme ve nicel analizler kullanılarak yapılan araştırmada bina kesit şeklindeki aerodinamik değişikliklerin, bina yüksekliği değiştikçe rüzgâr tepkisini azaltabileceği sonucuna varılmıştır.

Ok (2007) tarafından hazırlanan “*Sağlıklı Kentler İçin Pasif İklimlendirme ve Bina Aerodinamiği*” adlı çalışmada bina aerodinamiğinin iklimlendirmeye ilişkisi, rüzgâr, doğal havalandırma, rüzgâr kontrolü ve rüzgârın enerji maliyetleri üzerindeki etkisi incelenmektedir. Çalışmada betimsel ve nicel analizlerle birlikte literatür taraması yöntemi kullanılmıştır. Rüzgâr etkisi dikkate alınmadan yapılan iklimsel performans değerlendirmesinin, gerçek koşulları tam olarak yansıtmadığı için yetersiz kalacağı tespit edilmiştir.

Paltun (2022) tarafından hazırlanan “*Bina Aerodinamiğinin Yaya Rüzgâr Konforu Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi*” adlı çalışmada Tepe Prime Binası'nın aerodinamik modifikasyonunun yaya rüzgâr konforu üzerine etkisi, rüzgâr tüneli testi ve MATLAB yazılımı da dahil olmak üzere deneysel ve istatistiksel yöntemler kullanılarak incelenmiştir. Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkisinin bina yerleşimi, rüzgâr hızı ve yön değişkenleri göz önünde bulundurularak

değerlendirilmesine yönelik bir model önerilmiştir. Model, yayalar için genel konforu iyileştirmeyi amaçlamaktadır.

Paltun ve ark. (2015) tarafından hazırlanan “*Binaların Aerodinamik Biçimsel Yapısının İrdelenmesi: Bina Formu ve Rüzgâr İlişkisi*” adlı çalışmada literatür taraması yöntemi, betimleme ve nicel analizler kullanılmıştır. Bina formunun yüksek yapı aerodinamiği üzerindeki etkisi rüzgâr tüneli testleri ve analiz yöntemleri üzerinden irdelenmiştir.

Poddaeva ve Dunichkin (2017) tarafından hazırlanan “*Architectural-Building Aerodynamics*” adlı çalışmada yapı biliminin ayrı bir dalı olarak mimari ve yapı aerodinamiğinin oluşumu hakkında kısa bir tarihsel arka plan verilmiştir. Uluslararası gereklilikleri dikkate alarak bina yapıları üzerindeki rüzgâr etkisinin değerlendirilmesine yönelik mevcut yaklaşımlar sistematik hale getirilmiştir.

Prabhakaran ve ark. (2021) tarafından hazırlanan “*Cfd Simulation For Pedestrian Comfort And Wind Safety In Vit Campus For Wind Resource Management*” adlı çalışmada CFD simülasyonu, VIT kampüs rüzgâr türbinlerindeki yaya konforu değerlendirilerek, rüzgâr akışını hızlandırmak için önemli rol oynayan bina şekilleri ve yönleri bulunmaktadır.

Sharma ve ark. (2018) tarafından hazırlanan “*Mitigation Of Wind Load On Tall Buildings Through Aerodynamic Modifications: Review*” adlı çalışmada yüksek binalarda aerodinamik modifikasyon teknikleri incelenerek, bina performansını değiştiren, geometrik, ekonomik ve işlevsel kısıtlamalardan etkilenen rüzgâr akış özellikleri araştırılmıştır. Literatür taraması yöntemi, betimleme ve nicel analizler kullanılmıştır.

Soğancı ve Tutkun (2021) tarafından hazırlanan “*Akış Analizleri (CFD) ve Mühendislik Süreçlerine Katkıları*” adlı çalışmada literatür taraması yöntemi, betimleme ve nicel analizler kullanılmıştır. Bilgisayar destekli mühendislik (CAE) dallarından biri olan hesaplamalı akışkanlar dinamiğinin (CFD), genel mühendislik sürecini iyileştirerek kurulum mühendisliği aşamalarında çok önemli bir rol oynadığı ortaya konmuştur.

Şabanoğlu (2018) tarafından hazırlanan “*Toplu Konut Yerleşimlerindeki Açık Alanlarda Rüzgârın Kullanıcı Konforuna Etkisinin Analizi ve Değerlendirilmesi*” adlı çalışmada mimari tasarım sürecinde, toplu yerleşim alternatifleri üzerindeki rüzgâr hareketi etkileri

belirlenmekte ve bu verilere dayalı olarak yerleşim planlarının geliştirilmesi için yöntemler önerilmektedir. Simscale, OpenFOAM, ANSYS, Comsol ve Autodesk CFD gibi rüzgâr analiz programları yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu araştırmada, erişilebilirliği, kolay entegrasyonu ve sezgisel doğası nedeniyle Autodesk CFD analizi seçilmiştir.

Tanaka ve ark. (2012) tarafından hazırlanan “*Experimental Investigation of Aerodynamic Forces and Wind Pressures Acting On Tall Buildings With Various Unconventional Configurations*” adlı çalışmada rüzgâr tüneli testleriyle, kesik köşeli, spiral şeklinde yükselen, çeşitli şekillere sahip ya da kare planlı yüksek binalarda rüzgâr etkisi ve aerodinamik kuvvet incelenmektedir (Paltun,2022).

Tominaga ve ark. (2004) tarafından hazırlanan “*Cross Comparisons Of CFD Results Of Wind Environment At Pedestrian Level Around A High-Rise Building And Within A Building Complex*” adlı çalışmada tek bir yüksek bina modelinin CFD sonuçları ile kentsel alandaki bir bina kompleksinin etrafındaki akışın CFD sonuçları arasında çapraz karşılaştırma yapılmıştır. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD), tasarım aşamasında yüksek bir bina ve bina kompleksi etrafındaki rüzgâr ortamını tahmin etmek için kullanılmıştır. 3 farklı CFD kodu ile yapılan tahminlerin deneysel analiz sonuçlarıyla yakından alakalı olduğu görülmüştür.

Tominaga ve ark. (2008) tarafından hazırlanan “*Aij Guidelines For Practical Applications Of Cfd To Pedestrian Wind Environment Around Buildings*” adlı çalışmada AIJ çalışma grubu, binaların etrafındaki yaya rüzgâr ortamında CFD' nin pratik uygulaması için kılavuzlar önermektedir. CFD teknikleri yaya rüzgâr ortamını tahmin etmek için kullanılmıştır. CFD tahminleri, rüzgâr tüneli test sonuçları ve saha ölçümleri arasında çapraz karşılaştırma yapılmıştır. Test senaryolarının çapraz karşılaştırma sonuçları, rüzgâr ortamı değerlendirmelerindeki CFD kodlarının doğruluğunu kanıtlamıştır.

Wong (2014) tarafından hazırlanan “*Wind Effects On A Tall Building With Recessed Cavities*” adlı çalışmada girintili boşluklara sahip yüksek binalardaki rüzgâr yükü incelenmektedir. HFFB tekniği kullanılarak yapılan çalışmada rüzgâr tüneli sonuçları, rüzgâr yönüne bağlı olarak binalarda önemli ölçüde yük azalması olduğunu ortaya koymaktadır.

Zeyrek (2019) tarafından hazırlanan “Rüzgâr Etkisindeki Binalarda Dış Yüzey Basınçlarının Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği ile Analizi” adlı çalışmada iki boyutlu CFD analizi ile dikdörtgen planlı ve çift çatı eğimlerindeki yapıların rüzgâr hızından kaynaklanan dış duvar basınçları ortaya çıkarılmıştır. CFD analizi ile rüzgârın binalar ve insanlar üzerindeki basınç etkilerinin yanı sıra yapıların geometrik şekilleri de incelenmiştir. Sonuçlar, yapılar arasındaki mesafe azaldıkça rüzgâr etkilerinin değiştiğini göstermiştir.

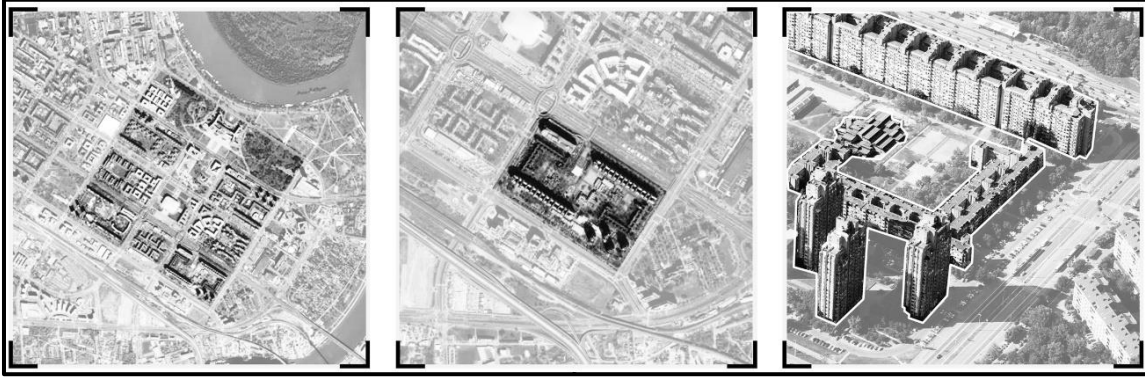
Literatür araştırması sonucunda binalara etkiyen rüzgâr kuvveti üzerine yapılan araştırmaların çoğunlukla yüksek yapılar üzerine olduğu tespit edilmiştir. Özellikle toplu konut yerleşkelerindeki yapılara etkiyen rüzgâr kuvvetinin yeterli düzeyde incelenmediği görülmektedir. Literatürde bulunan bu eksiklik çerçevesinde yapılan tez çalışmasında toplu konut yerleşkeleri, toplu konut kavramı, az katlı konut kavramı, toplu konutlarda iklim etkisi, yerleşke ölçeğinde alınan kararların tasarıma etkisi ve toplu konutlardaki hava hareketleri araştırılmıştır.

2.2. Toplu Konut Yerleşkeleri

Sanayi devriminin tetiklediği kentleşme, doğal çevre üzerinde olumsuz etkiler yaratmıştır. Kırdan kente göç eden insanlar, konut talebini arttırmış ve bu talebi karşılamak için toplu konut projeleri geliştirilmiştir. Ancak bu projeler, sadece ekonomik-sosyal faydalar göz önünde bulundurarak yapılmış ve ekolojik açıdan büyük zararlar vermiştir. İnsan ve doğa arasındaki ilişki, planlama aşamasında verilen arazi kullanım kararlarına göre değişkenlik göstermektedir. İnsanların sağlıklı ve sürdürülebilir bir yaşam ortamına sahip olması, aynı zamanda doğanın korunması ve kaynakların gelecek nesillere bırakılması için kentsel planlama ekolojik bir bakış açısıyla yapılmalıdır.

Kent içindeki sosyal-mekânsal kutuplaşmanın azaltılabilmesi ve sosyal eşitliğe katkı sağlanabilmesi için toplu konut projeleri tasarlanmaktadır. Maddi ve manevi değerleri bünyesinde barındıran, kentsel kimliğin ve yerel hafızanın ayrılmaz bir parçası kabul edilen toplu konut yerleşkeleri, sürdürülebilir şehirlerin oluşmasında önemli bir unsurdur (Milojevic vd. 2019). Toplu konutların yeniden tasarımları, yenilenmeleri ve değerlendirilmeleri üzerine yapılan çalışmaların incelenmesi, kentsel tasarım alanında gelişmelerin kaydedilebilmesi için gereklidir. Bu sayede konut geliştirme stratejisinin pratik bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak sağlanacaktır (Thiele, 2002).

1963-1975 yılları arasında Almanya, Kuzey Makedonya ve Sırbistan’da tasarlanan toplu konut yerleşkelerinde dünya çapında bir farkındalık oluşturmak amaçlanmıştır. 1969 yılında Sırbistan’da, Belgrad şehrinde yapımına başlanan Blok 23 adındaki toplu konut projesi yaklaşık olarak 2100 daireden oluşmaktadır (Şekil 2.9.). Bağımsız düzenlenen bloklar geniş bir sistemde bakıldığında koordineli bir ilişki içinde konumlandırılmıştır. Bu kapsamda yeşil alanlar içinde tasarlanan özgür binalar olarak da bilinmektedirler (Şekil 2.10.). Yugoslav Halk Ordusu’na tasarım yapma hedefiyle tasarlanmıştır. Yerleşkede az katlı bloklar, okul binaları, sosyal tesisler bulunmaktadır (Miskovic, 1969). Modernist bir toplu konut projesi olarak öne çıkmaktadır. Yüksek katlı bloklarıyla dikkat çekmektedir (Sajkaca, 2023).



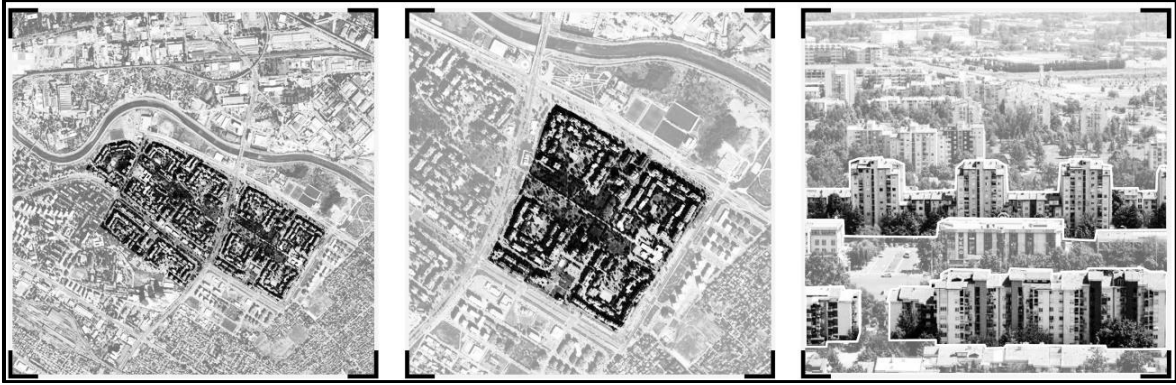
Şekil 2.9. Blok 23 yapı tipolojileri (Milovanovic vd. 2022)



Şekil 2.10. Blok 23 toplu konut yerleşkesi görselleri (Dragutinovic, 2023)

Kuzey Makedonya’da 1970’lerin sonunda tasarlanmaya başlanan Aerodrom toplu konut yerleşimi at nalından esinlenerek oluşturulmuştur. 80 000’den fazla bir nüfusa konut sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Yüksek katlı ve az katlı bloklardan oluşan yerleşkede yapı

çeşitliliği bulunmaktadır (Şekil 2.11.). Yapı çeşitliliğiyle birlikte mevcut açık yeşil alanlar da tutarlı bir şekilde inşa edilmiştir (Senior, 1970). Farklı yükseklikteki binaların konumlandırılmasıyla yerleşimin kendine özgü silüeti ve görsel kimliği oluşmuştur. Geniş yeşil alanlar sayesinde mekânsal rehabilitasyon alanları ortaya çıkmıştır. Şehirdeki kentleşmenin hızlandırılmasına yönelik yapılan tasarımda ortaya çıkan kentsel dinamik sayesinde farklı bir yerleşim vizyonu geliştirilmiştir (Korobar, 2017).



Şekil 2.11. Aerodrom toplu konut yerleşimi yapı tipolojileri (Milovanovic vd. 2022)

Almanya’da 1963’te tasarlanan Märkisches Viertel toplu konut yerleşkesi yaklaşık olarak 16.000 daireden oluşan büyük ölçekli bir projedir. Dış mekânın açıkça tanınabilir olmasına dikkat edilmiştir. Geniş ve açık yeşil alanlardan oluşan yerleşkede kentsel fizyonomiye ulaşmak ve binalarda bireyselliği ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Kentsel planlama özelinde hava ve ışık kavramlarının baskınlığına dikkat edilen yerleşkede konut blokları, okullar ve sosyal tesis merkezleri bulunmaktadır (Şekil 2.12.).



Şekil 2.12. Märkisches Viertel toplu konut yerleşimi yapı tipolojileri (Milovanovic vd. 2022)

Glendinning'e (2008) göre, toplu konutların kabul biçimleri çatışmalıdır. Petzet ve Heilmeyer'e (2012) göre, toplu konut yerleşkelerinin genel tanınırlık değeri düşüktür. Eski Yugoslav ülkelerinde, toplu konut yerleşkelerin içinde geniş bir sosyal karışım olduğu düşünülmektedir. Kültürel manzaraları toplumsal tarih ve topluluk değerlerinin bir deposu olarak gören BM'nin Tarihi Kentsel Manzara (HUL) Yaklaşımı'nın (UNESCO, 2011) bir örneği olarak toplu konut yerleşkeleri, çok sayıda maddi ve maddi olmayan değeri bünyesinde barındırmakla birlikte yerel kolektif hafızanın ve kentsel kimliğin bölünmez bir parçası olarak kabul edilmektedir (van Knippenberg vd. 2022). Modernliği, karmaşıklığı, kapsayıcılığı ve demokratik toplumun vaadini sembolize etmektedir.

Modern hareketin bu değerleri, mekân aracılığıyla toplu konut yerleşkelerine yansıtılmıştır (Pereira, 2017). Toplu konut yerleşkelerinin, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 11'de (SDG 11) ifade edildiği gibi, kapsayıcı, güvenli, dayanıklı ve sürdürülebilir şehirler inşa edilebildiği ve insan yerleşimlerini desteklemek amacıyla etkileşimli bir çerçeve oluşturma potansiyeline sahip olduğu kabul edilmektedir (UN General Assembly, 2015). Toplu konut yerleşkelerindeki açık-yeşil ortak alanlar, sakinler tarafından günlük yaşam kalitesi için en önemli unsurlardan biri olarak kabul edilmektedir. Sosyalleşme ve topluluk etkileşimi için büyük önem taşımaktadır. Rekreasyon ve eğlence yerleri olarak oldukça değerli kabul edilmektedir. Yerleşkenin çevresel ve biyofiziksel kalitesi için büyük değer taşımaktadır. Açık-yeşil ortak alanlar, uzmanlar tarafından şehirdeki iklim değişikliği etkilerine uyum sağlamak için özellikle tercih edilen yerler olarak görülmektedir (Simic, 2022). Bu alanlar, şehre ilişkin mekânsal özellik kavramının ve kentsel gelişimdeki ortak çıkarların savunulmasına olanak sağlamaktadır. Toplu konut yerleşkelerindeki mevcut blokların canlandırılması, rehabilitasyonu veya yeniden inşasına yönelik herhangi bir eylem yapılması için, açık ortak alan düzenlemelerinin yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir (Dragutinovic, 2023).

Ekolojik kentleşme anlayışında toplu konut alanları da ekolojik ölçütlere göre planlanmalıdır. Bu nedenle öncelikli olarak toplu konut alanı için ekolojik bir sınır analizi yapılarak uygun alan seçilmeli, ardından da tüm planlama ve inşaat süreçlerinde ekolojik ölçütlere uyulması gerekmektedir. Böylelikle şehir ve ekosistemle uyumlu, konforlu ve sürdürülebilir yaşam alanları tasarlanabilmektedir (Adil, 2010). Bölgesel iklim özellikleri konut tasarımını ve inşaatını önemli ölçüde etkilemektedir (Edwards, 2001). Türkiye ise 2000'li yıllarda Toplu Konut İdaresi'ne (TOKİ) ihtiyaç duyarak büyük ölçekli toplu konut

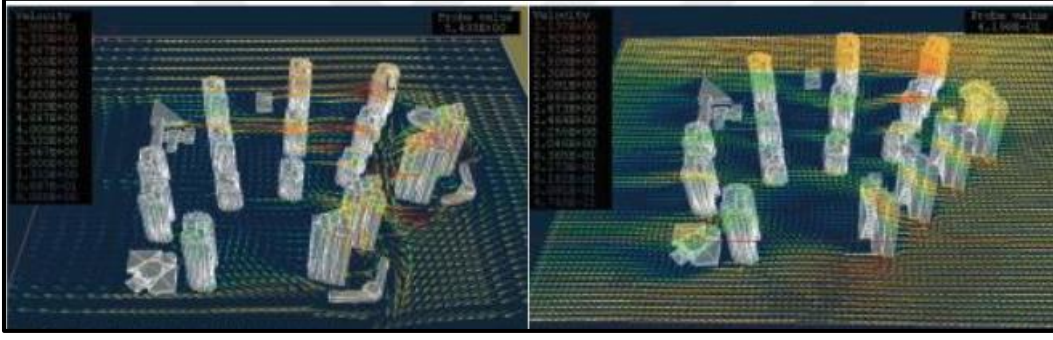
üretimine başladı. Yeni oluşturulan yasal düzenlemelerle TOKİ'nin odak noktası olan toplu konut uygulamaları ve kentsel dönüşüm çalışmaları genişletilmiştir (Karaca, 2008).

Doğal kaynakların hızlı bir şekilde tüketilmesi ve geri dönüşü olmayan çevresel bir tahribata sebep olma potansiyelinin varlığı, sürdürülebilir kalkınmanın önemini açığa çıkarmaktadır. Bu kavramın mekânsal boyutunun yanı sıra sosyal, ekolojik, ekonomik ve kültürel boyutları da bulunmaktadır (Katırcı, 2003). Tasarımcı ve yatırımcılar ekolojik dengenin korunmasına, doğal kaynakların düşüncesiz şekilde tüketilmesine odaklanmakta, bu soruna bir çözüm aramaktadırlar. Bu nedenle tasarım aşamasında ekolojik tasarım ilkelerini, iklim bölgesinin özelliklerini ve rüzgâr hareketlerini dikkate alan mekânsal yaklaşımların önemi hızla artmaktadır. Çevre dostu, doğayla uyumlu, iklim özelliklerine göre şekillenen, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı tasarımlar hayata geçirilerek çevre sorunlarının azaltılması yönünde önemli adımların atılması gerekmektedir (Karaca, 2008).

İlgili araştırmalar

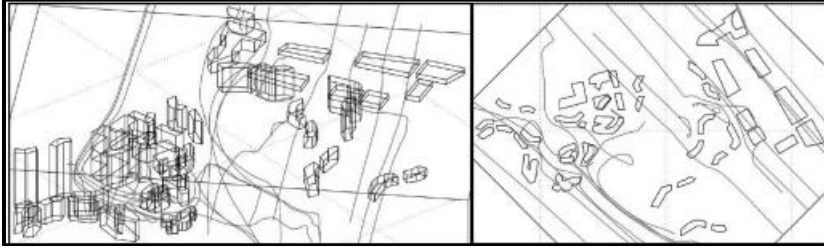
Literatür araştırması kapsamında, tez çalışmasının bu bölümünde toplu konut yerleşkeleri üzerinden yapılan bina aerodinamiği ve rüzgâr analizleriyle ilgili çalışmalara ve içeriklerine yer verilecektir.

Zhai (2006) tarafından yapılan *“Application of Computational Fluid Dynamics in Building Design: Aspects and Trends”* adlı çalışmada tasarımın ilk aşamasında, vaziyet planının oluşturulmasında CFD analizi kullanılmıştır. Pekin’de yapılan yerleşim tasarımının ilk aşamasında CFD analizleri kullanılarak, bina çevresinde düzensiz rüzgâr hareketlerini engellemek ve yaya konforunu artırmak amaçlanmıştır. Daha sonra yapılan vaziyet planı CFD simülasyon programına aktararak rüzgâr analizleri yapılmıştır (Şekil 2.13.). Yapılan analizler sonucunda yerleşim planında yüksek yapı etrafındaki rüzgâr hareketlerinin düzensiz hale geldiği ve girdap etkisi yarattığı tespit edilmiştir.



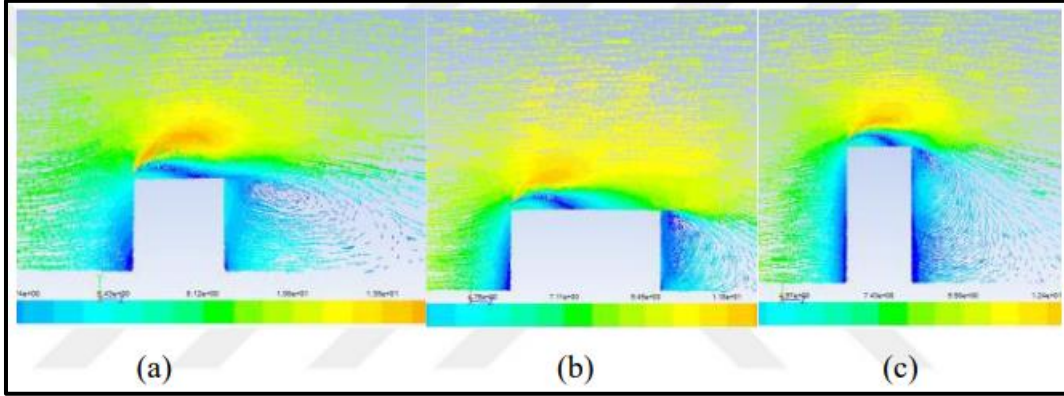
Şekil 2.13. Yerleşim planı analizleri (Zhai, 2006)

Chung ve Malone-Lee (2010) tarafından hazırlanan “*Computational Fluid Dynamics for Urban Design*” adlı çalışmada Singapur’un Kallang Nehri etrafındaki 64 hektarlık büyük bir yerleşim bölgesi analiz edilmiştir. Çalışmadaki asıl amaç açık alanda yapılacak etkinliklerde yaya konforunun gözetilmesidir. Bu nedenle yapı etrafındaki rüzgâr hareketleri önem kazanmaktadır. İlk aşamada yerleşim yerinin üç boyutlu modeli CFD programına aktarılmıştır. AutoCAD programıyla entegrasyonunun kolaylığı nedeniyle COMSOL programı kullanılmıştır. Yerleşim bölgesinde yapılan rüzgâr analizleri sonucunda (Şekil 2.14.) rüzgârın düzensiz olduğu alanlar belirlenerek iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.



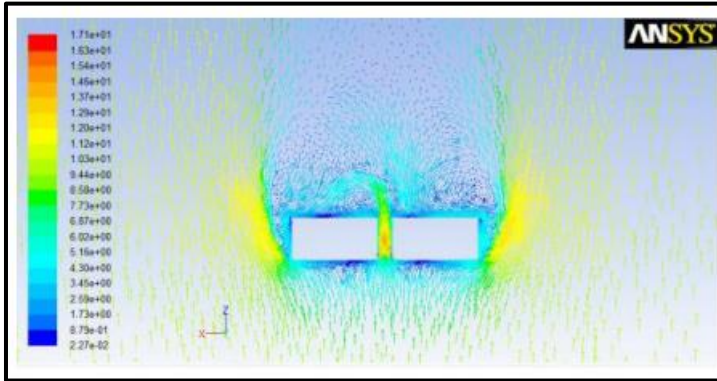
Şekil 2.14. COMSOL programı rüzgâr analizleri (Chung ve Malone-Lee, 2010)

Varkute ve Maurya (2013) tarafından hazırlanan “*CFD Simulation in Township Planning – A Case Study*” adlı çalışmada Hindistan’daki Mumbai şehrinde konumlandırılmış on dört yapıya etki eden rüzgâr hareketleri ANSYS Fluent 12.0 programını kullanılarak incelenmiştir. Farklı yön ve yüksekliklere sahip yapılar analiz edilmiştir. Tasarımcıların CFD programlarını kullanımlarını artırmak ve açık alanlarda yaya konforuna uygun alanları belirlemek amaçlanmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında 40x20x20 ebatlarındaki dikdörtgen prizmasının rüzgâr analizi (Şekil 2.15.) yapılmıştır.



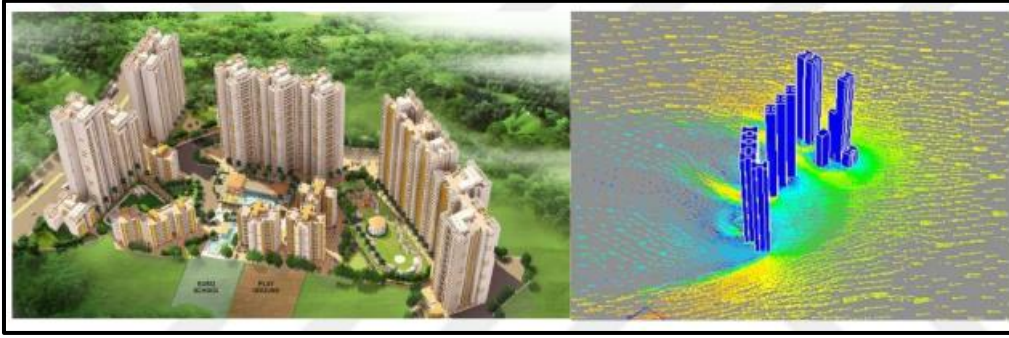
Şekil 2.15. İlk aşama rüzgâr analizleri (Varkute ve Maurya, 2013)

Yapı yüksekliğinin azaltılıp yataydaki yerleşim uzunluğunun artırılmasıyla yapıya etki eden rüzgâr yükünün azaldığı gözlemlenmiştir. Sonraki aşamada (Şekil 2.16.) binalar arası mesafelerin değiştirilmesiyle yapılan analizler sonucunda aradaki mesafeye bağlı rüzgâr hızının değiştiği görülmüştür (Varkute ve Maurya, 2013).



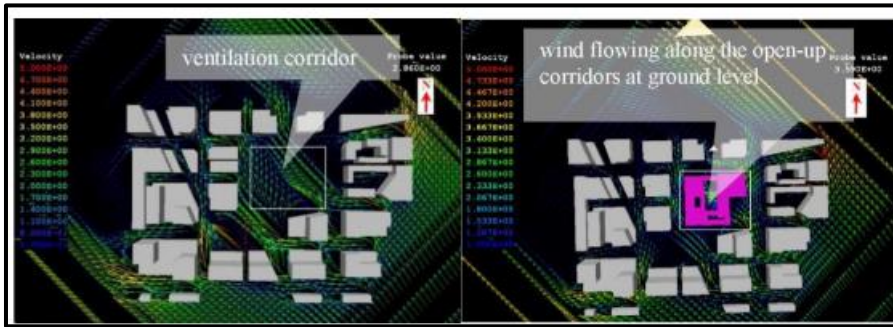
Şekil 2.16. İkinci aşama rüzgâr analizleri (Varkute ve Maurya, 2013)

Çalışmanın son aşamasında toplu konut projesinin vaziyet planı kütleli olarak modellenerek rüzgâr analizi yapılmıştır (Şekil 2.17.). Mevcut rüzgâr yönlerinin analizleri etkileyerek girdap etkisi oluşturduğu fark edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda ortak alanlardan optimum düzeyde verim alabilmek için simülasyonların geliştirilmesinin önemi ortaya konmuştur (Varkute ve Maurya, 2013).



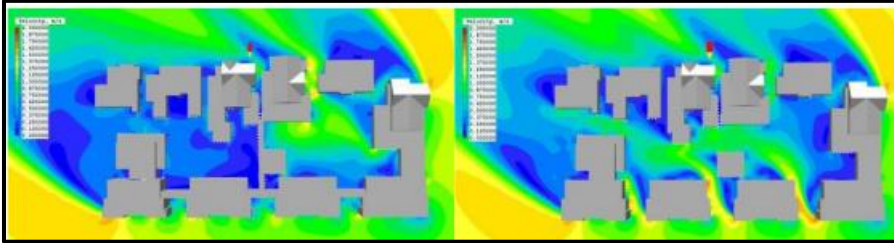
Şekil 2.17. Toplu konut yerleşkesi ve ANSYS rüzgâr yükü analizi (Varkute ve Maurya, 2013)

Guo ve ark. (2015) tarafından hazırlanan “*Study on Natural Ventilation Design Optimization Based on CFD Simulation for Green Buildings*” adlı çalışmada Çin’de CFD analizlerinin yeşil bina tasarımında nasıl kullanılabileceği üç vaka çalışması ile gösterilmiştir. Vaka çalışmalarından ilki, Shenzhen Arşiv Merkezi binasının yerleşim planını oluşturmak için CFD analizlerinin nasıl kullanıldığını anlatmaktadır. Bu çalışmada, yaz ve kış mevsimlerinde rüzgâr hızı ve bina havalandırması gibi faktörler hesaba katılmıştır. Rüzgâr hızı, rüzgârın gölgesi, güçlü ve durgun rüzgâr bölgeleri gibi veriler analizlerde önemli rol oynamıştır. Bina tasarımının yapılacağı bölge hem mevcut durumuyla hem de tasarım sonrası durumuyla analiz edilmiş (Şekil 2.18.), bulunan sonuçlar birbiriyle kıyaslanmıştır.



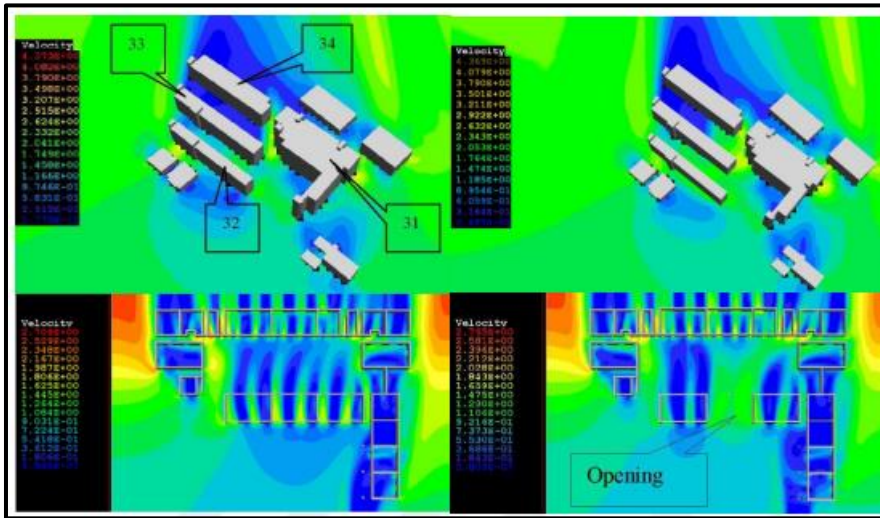
Şekil 2.18. Mevcut durum ve tasarım sonrası analizleri (Guo vd. 2015)

Yapı ve çevresindeki rüzgâr analizleri, avlunun çevresinde bulunan kütlelerin etrafındaki rüzgâr hareketlerini yakın ölçekte incelemek için yapılmıştır. Avlunun etrafındaki yapılar arasında rüzgâr hızını azaltıcı kapalı koridorlar bulunmaktadır. Koridorların açık olması durumunda oluşacak rüzgâr hızı da analiz edilmiştir. Bu durumda rüzgâr hızının arttığı görülmüştür (Şekil 2.19.).



Şekil 2.19. Avlu etrafındaki rüzgâr hareketi analizleri (Guo vd. 2015)

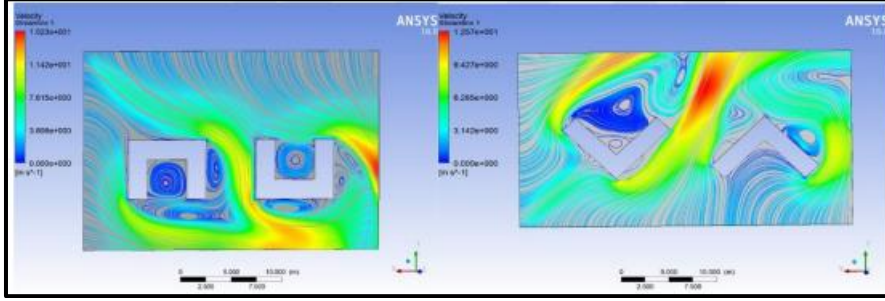
Çalışmanın sonraki aşamasında bina formunun rüzgâr hareketi üzerindeki etkisinin gözlenebilmesi için kampüsteki binalar analiz edilmiştir. Yatay olarak konumlandırılmış yüksek binaların kademeli olarak yerleştirilmesi sonucu 33-34 numaralı yapıların arasında rüzgâr hareketi açısından sakin bölgeler olduğu tespit edilmiştir. Oluşan bu bölgede farklılık oluşturabilmek için 31-34 numaralı kütlelerin zemin katlarında boşluklar açılmıştır (Şekil 2.20.). Avlu görevi gören boşluklar sayesinde mevcut bölgede rüzgâr hızı artmıştır. Bu sayede havalandırma için sarf edilen enerji miktarı azaltılmış, kullanıcı konforu artırılmıştır (Guo vd. 2015).



Şekil 2.20. Kampüs etrafındaki rüzgâr hareketi analizleri (Guo vd. 2015)

Zhao ve ark. (2016) tarafından hazırlanan “*An Application Study on the Simulative Optimization of the Ventilation of the Existing Buildings Based on CFD*” adlı çalışmada Çin’de bulunan bir kampüsün çevresindeki rüzgâr yönelimleri ve rüzgâr konforu CFD programıyla analiz edilmiştir. Mevcut kampüs yerleşkesindeki U-L formlarındaki kütlelerin ANSYS programı kullanılarak simülasyonları oluşturulmuştur (Şekil 2.21.). Çalışmanın

sonucunda bina köşelerindeki rüzgâr hareketlerinin aerodinamik hareketlere uygun, yuvarlak formda tasarlanmasıyla rüzgâr yönelimlerinin değiştirilebileceği öngörülmüştür.



Şekil 2.21. U-L tip bina çevrelerindeki rüzgâr hareketi analizleri (Zhao vd. 2016)

İncelenen çalışmalarda toplu konut yerleşkelerindeki rüzgâr hareketlerinin dış mekanları nasıl etkilediği analiz edilmiştir. Rüzgâr düzenliliği ölçülmüş, kullanıcı konforuna katkısı değerlendirilmiş ve bazı durumlarda kütle yerleşimleri analizlere göre yeniden düzenlenmiştir (Şabanoğlu, 2018).

2.2.1. Toplu konut kavramı

Seri üretim, daha az hammadde ve işçilik kullanarak büyük miktarlarda ürün üretme sürecidir. Bu süreç sayesinde daha düşük maliyetle daha hızlı üretim yapılmaktadır (Sabel ve Zeitlin, 2002). Lacey (1987), seri üretimde niceliksel ve makineli üretimden ziyade güç, doğruluk, ekonomi, sistem, kalite, süreklilik ve hız ilkelerine odaklanıldığını belirtmektedir. Modern imalatın çok önemli bir yönü olan seri üretimden ilham alan toplu konut inşaatları da bu ilkeleri takip etmektedir (Karji, 2019).

"Toplu konut" kavramı çoğunlukla "sosyal konut" kavramıyla eş anlamlı olarak kullanıldığı görülmektedir. Gerçekte her iki kavramın kökenleri farklılık göstermektedir. "Toplu konut" piyasa ekonomisinde ticari bir kavram olarak ortaya çıkmışken, "sosyal konut" devlet, yerel yönetim veya bazı sosyal kurumlar tarafından üretilen konut anlamına gelmekle birlikte, piyasa ekonomisinin dışında bir üretim organizasyonunun sonucudur. Toplu konut uygulamalarındaki amaç, niteliksel olarak yaşanabilir konut ortamları yaratmak olarak tanımlanabilir (Tapan, 1996). Özellikle kentsel tasarım ve hızlı kentleşme süreçlerinde güvenli ve konforlu yaşam alanlarının ortaya çıkmasına odaklanılmaktadır (Kaya ve Akıner, 2022).

Hızlı şekilde ve plansız kentleşme, şehirlerin etrafındaki doğal alanların çok kısa bir sürede yok olmasına neden olmaktadır. Toplu konut projeleri, yoğunluğun belirli alanlarda toparlanmasını sağlayarak kontrolsüz kentsel dağılımı önlemeye yardımcı olmaktadır. Bu sayede tarım arazilerinin, ormanların ve diğer doğal kaynakların korunmasına katkı sağlamaktadır. Sürdürülebilir kentleşmenin sağlanabilmesi için doğal kaynakların korunması önemli bir gerekliliktir. Toplu konutlar, çeşitli sosyoekonomik geçmişlere sahip insanların bir araya gelmesini sağlamak ve toplumsal bütünleşmeye teşvik etmektedir. Konutların çevresindeki okul, park ve spor tesisleri gibi sosyal donatılar ise modern yaşam standartlarını desteklemekle birlikte sakinlerin yaşam kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olmaktadır (Turok, 2016).

Kentsel gelişimin bir parçası olarak toplu konut hem fiziksel çevreyi hem de toplumsal yapıyı şekillendirmede önemli bir role sahiptir. Toplu konut projeleri plansız ve kaotik kentsel büyümeyi önleyerek kontrollü bir şekilde kentleşmeye olanak sağlamaktadır. Bu tür projeler, şehirlerdeki gayri resmi yerleşimler ve kaçak yapılaşma ile ilgili bir dizi sorunu ortadan kaldırmaktadır. Toplu konut projelerinin planlı bir şekilde tasarlanması yol, su, elektrik, kanalizasyon vb. gibi altyapı hizmetlerinin daha verimli ve ekonomik bir şekilde kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Örneğin Türkiye'de, Toplu Konut İdaresi (TOKİ) tarafından yürütülen projeler kentsel dönüşümün önemli bir parçası olmuştur (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2021).

Toplu konut, kentsel konut talebine daha hızlı ve daha az maliyetli bir şekilde yanıt olabilir. Bu kategorideki projeler, düşük gelirli gruplar için barınma ihtiyacının sağlanması açısından hayati önem taşımakta ve birçok durumda sosyal konut politikasının temelini oluşturmaktadır. Kent merkezlerindeki nüfus artışıyla oluşan konut açığını kapatan toplu konut projeleri, konut piyasasının dengesinin korunmasına katkıda bulunmaktadır (UN-Habitat, 2020). Dünyada ve Avrupa uygulanan projeler incelendiğinde, sıra evler, tek veya ikiz evler, sırt sırta evler ve iç avlulu bloklar gibi çeşitli konut tipolojilerinin toplu konut üretiminde kullanıldığı görülmektedir. Bu konutlarda yaşayan alt ve orta gelir grubunun zamanla yaşam standartlarının yükselmesiyle birlikte, konut büyüklüklerinin ve konfor standartlarının da arttığı gözlemlenmiştir (Özsoy, 2011).

Sanayi Devrimi sonrasında önem kazanan toplu konutlar, çok eski yıllardan beri uygulanmaktadır. Sanayileşmenin hızlanmasıyla birlikte köylerden şehirlere göç eden, ucuz

ve hızlı bir konut çözümü arayan işçilerin sayısı artmıştır. Artan konut ihtiyacı Avrupa'da, özellikle İngiltere'de toplu konut projelerini hızla yaygınlaştırmış ve çeşitlendirmiştir. Bu dönemde toplu konutların farklı tipleri ortaya çıkmış ve 20. yy.'ın başlarındaki modernist anlayışlar toplu konut tasarımını etkilemiştir. Le Corbusier'in Modulor'u başta olmak üzere toplu konut tasarımıyla ilgili pek çok çalışma yapılmış, toplu yaşamın simgeleştirildiği ütöpik kurgular geliştirilmiştir (Buğday, 1991). II. Dünya Savaşı'ndan sonra Avrupa'da yıkılan şehirleri yeniden kurmak için hızlı ve ucuz şekilde bir üretim gerçekleştirilerek toplu konutlar inşa edilmiştir. Bu konutlar estetik, kalite ve nitelik açısından yetersiz kalmıştır. Bu nedenle, araştırmacılar ve mimarlar toplu konut tasarımında yeni kriterler geliştirmeye çalışmışlardır (Yücel, 2008).

İlgili araştırmalar

Literatür araştırması kapsamında, tez çalışmasının bu bölümünde toplu konut kavramına ilişkin yapılan çalışmalara ve içeriklerine yer verilecektir.

Altaban ve Osmay (1996) tarafından hazırlanan “*Toplu Konut Alanlarında Örgütlenme ve İşletme*” adlı çalışmada toplu konutlarda işletme ve yönetim sistemi ile ilgili sorunları araştırmak, değerlendirmek ve çözüm üretmek hedeflenmiştir. Bu bağlamda kooperatif ortağı ve yöneticilere çeşitli anketler uygulanarak bir çalışma yapılmıştır.

Altın (1997) tarafından hazırlanan “*Toplu Konut ve Kimlik*” adlı çalışmada toplu konut ve kimlik kavramları incelenmiştir. İncelenen bu iki kavram doğrultusunda toplu konutlardaki kimlik değerleri anlatılmıştır. Toplu konut ve kimlik ilişkisinin önemi ortaya konulmuştur.

Türkaslan ve Irmak (1988) tarafından hazırlanan “*Konut Sorunu Toplu Konut Uygulama Sonuçları ve Son Zamandaki Gelişmeler*” adlı çalışmada konut kavramı, Türkiye'deki konut problemleri, konut talebini artıran etkenler, toplu konut kavramı ve uygulamaları anlatılmaktadır. Ayrıca toplu konut uygulamalarındaki olumsuz sonuçların önüne geçilebilmesi için alınması gereken önlemlerden bahsedilmektedir.

Merkezi (2006) tarafından hazırlanan “*Türkiye’de Konut Sektörü ve T.C. Başbakanlık Toplu Konut İdaresinin (TOKİ) Konut Üretimindeki Yeri*” adlı çalışmada dünyadaki konut üretimi ve kentleşme, Avrupa’daki ve Türkiye’deki konutlaşma, toplu konut üretiminde TOKİ’nin

önemi gibi konular araştırılmıştır. Sayısal verilerden destek alınarak TOKİ'nin toplum üzerindeki sosyal ve ekonomik açıdan etkisi tartışılmıştır.

Aslan (2007) tarafından hazırlanan “*Toplu Konut Yerleşimlerinde Peyzaj Tasarımı ve Yönetimi Sorunlarının Çözümünün, Ankara Koru-Yön Örneğinde İrdelenmesi*” adlı çalışmada Ankara ilindeki Mesa-Koru sitesindeki konut yerleşimi, yapıların kalite durumu ve yerleşkedeki çevresel düzenlemeler incelenmiştir.

Bayraktar (2007) tarafından hazırlanan “*Bir İnsanlık Hakkı Konut, TOKİ'nin Planlı Kentleşme ve Konut Üretim Seferberliği*” adlı çalışmada toplu konut üretim şekilleri, toplu konutun tarihçesi, TOKİ, toplu konut uygulamalarında TOKİ'nin etkisi ve AR-GE çalışmaları anlatılmıştır.

Bekdemir (2003) tarafından hazırlanan “*İstanbul-Bahçeşehir Toplu Konut Yerleşmesinde Dış Mekân Kullanım Olanaklarının İrdelenmesi*” adlı çalışmada İstanbul ili Bahçeşehir ilçesinde bulunan toplu konut yerleşkesi incelenmiştir. Yerleşke sakinlerine anketler yapılarak dış mekân olanaklarının yeterlilik düzeyi tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada ilerleyen zamanlarda yapılacak olan toplu konut etaplarında, kullanıcıların ihtiyaçları doğrultusunda tasarımın geliştirilmesine yönelik öneriler oluşturulmuştur.

Dülgeroğlu ve arkadaşları (1996) tarafından hazırlanan “*Toplu Konutlarda Nitelik Sorunu*” adlı çalışmada toplu konut yerleşkelerindeki tasarımcı ve kullanıcıların değerlendirmeleri incelenmektedir. Bu bağlamda İstanbul'da birbirinden farklı 4 toplu konut yerleşkesi belirlenerek tasarımcı ve kullanıcılarla anket çalışması yapılmıştır. Yapılan anketler sonucu toplu konut tasarımlarına yönelik öneriler geliştirilmiştir.

Erke (2004) tarafından hazırlanan “*Adana Metropolünde Uygulanan Toplu Konutların Mekânsal, Alansal ve Boyutsal Analizleri*” adlı çalışmada konut kavramı ile ilgili çalışmalar, gelişmeler, toplu konut tasarımında dikkat edilmesi gereken kriterler anlatılmıştır. Toplu konut yerleşkelerindeki dış mekân tasarımlarına yönelik araştırmalar yapılmıştır.

Gültekin (2002) tarafından hazırlanan “*Toplu Konutlarda Yapı Bileşenlerinin Kalite Değerlendirilmesi*” adlı çalışmada Ankara ilinde bulunan 4 farklı toplu konut yerleşkesi

incelenmiştir. Çalışmada yerleşkedeki kullanıcılar tarafından binaların kaliteleri değerlendirilmektedir.

İmamoğlu (1996) tarafından hazırlanan “*İnsan Evi ve Çevresi, Ankara’da Bir Toplu Konut Araştırması*” adlı çalışmada Ankara ilinde incelenen toplu konut yerleşkesindeki insan, çevre ve konut ilişkisi değerlendirilmiş ve anket çalışması yapılmıştır.

Kellekçi (1998) tarafından hazırlanan “*Toplu Konut Kullanıcılarının Konut ve Çevresinden Memnuniyetlerinin Belirlenmesi: Bahçeşehir Örneği*” adlı çalışmada toplu konut kavramına yönelik açıklamalar yapılmıştır. Toplu konut yerleşkelerindeki çevre düzenlemeleri anlatılmıştır. Bu kapsamda insan ve çevre ilişkisinden bahsedilmiştir.

Kurt (1999) tarafından hazırlanan “*Toplu Konutta Çevre Kalitesi*” adlı çalışmada toplu konut yerleşkeleri ve çevrelerinin birbiri ile ilişkileri ve kullanıcılar üzerindeki sosyal, fiziksel ve psikolojik etkileri anlatılmaktadır.

Orhon (1988) tarafından hazırlanan “*Toplu Konut İşletmesi Proje Planlama –Tasarım El Kitabı*” adlı çalışmada toplu konut tasarımı yapanlara yönelik bilgiler verilmektedir. Tasarımlarda ekonomik ve fiziksel şartların iyileştirilmesi amaçlanmaktadır.

Süataç (2006) tarafından hazırlanan “*Yirminci Yüzyıl Toplu Konut Örneklerinin İncelenmesi*” adlı çalışmada 20. Yüzyılda üretilmiş olan toplu konut yerleşkelerinin tasarlanma amaçlarının netleştirilebilmesi için 19. Yüzyılda yapılan çalışmalar analiz edilmektedir.

TOKİ ve ODTÜ-MATPUM (2008) tarafından hazırlanan “*Toplu Konut Alanlarında Kentsel Çevresel Standartları Oluşturmak İçin Gerekli İnsan-Çevre İlişkileri Verilerinin Derleme Yönteminin Geliştirilmesi Araştırma Çalışması*” adlı çalışmada belirli bir nüfus yoğunluğa, belirli bir gelir kaynağına, belirli bir yapı grubuna sahip toplu konutlarda dikkat edilmesi gereken standartlar anlatılmaktadır. Çalışmanın amacı toplu konutlarda değer sistemi kültürü oluşturmaktır.

TÜBİTAK (1988) tarafından hazırlanan “*Toplu Konut Üretiminde Kalite İçin Donatılar*” adlı çalışmada toplu konutlarda nüfus yoğunluğuna göre yapılan çevre tasarımları kademeli

şekilde anlatılmaktadır. Toplu konut yerleşkelerindeki planlama kriterleri ve donatılar incelenmektedir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde toplu konut kavramına yönelik tanımlamaların yapıldığı, kentsel ve çevresel kriterlerin değerlendirildiği, toplu konut kavramının mekânsal ve boyutsal olarak incelendiği görülmektedir. Ancak toplu konutlara etki eden rüzgâr kuvvetine yönelik çalışmaların yetersiz kaldığı tespit edilmiştir. Özellikle az katlı toplu konut yerleşkeleri özelindeki araştırmaların eksikliği görülmektedir. Bu kapsamda tez çalışmasında öncelikle az katlı konut kavramı açıklanacaktır.

2.2.2. Az katlı konut kavramı

Az katlı konutlar, genel olarak üç kata kadar sınırlı yüksekliğe sahip, kompakt ve insana yönelik tasarıma sahip yapılardır. Bu tip konutlar farklı coğrafi özelliklere sahip bölgelerde farklılık gösteren standartlarla tanımlanabilmektedir. Örneğin Amerikan Isıtma, Soğutma ve Klima Mühendisleri Derneği'nin (ASHRAE) bünyesinde geliştirilen standarda göre toplam yüksekliği 35 m'yi geçmeyen konutlar az katlı konut tanımlamasına uymaktadır. Düşük yoğunluktaki apartman binalarını içeren yapılar genellikle müstakil evler ve sıra evler şeklinde tasarlanmaktadır. Bu standart kapsamında mevcut binalarda ve yeni tasarlanan yapılarda enerji performansının artırılması amaçlanmaktadır. Az katlı konutlarda enerji verimliliği sağlamaya yönelik pasif tasarım stratejilerinden oluşan standart sayesinde enerji tüketimini azaltmak mümkün olmaktadır. Az katlı konut projelerine yönelik oluşturulan kriterler özellikle küçük ölçekli toplu konut projelerinde uygulanmaktadır. ASHRAE standardı, az katlı konutlarda sürdürülebilirlik kriterlerinin sağlanabilmesi ve enerji tüketiminin azaltılabilmesi için referans alınmaktadır (Url 1).

Uluslararası standartlar oluşturulurken bina yükseklikleri belirli kriterlere dayandırılarak tanımlanmaktadır. Binaları kullanım amaçlarına ve kat yüksekliklerine göre kategorize eden ISO 6707-1 standardında ise az katlı konutların genel olarak 1-4 kat arasında ve sınırlı yükseklikte olduğu belirtilmektedir. Bu sınırlamaların yerel düzenlemelerin etkisiyle değişebileceği öne sürülmektedir. Kullanım yoğunluğu düşünülerek tasarım yapılan bölgelerde arazi verimliliğinin artırıldığı kabul görmektedir. Genel olarak aile evleri, villalar, sıralı konutlar ve nüfus yoğunluğu fazla olmayan toplu konut yerleşkelerini kapsamaktadır. Bu tür konutlarda doğal havalandırma ve enerji verimliliği gibi sürdürülebilir tasarım

kriterleri gözetilerek ISO 6707-1 standardına uygun tasarımlar yapmak amaçlanmaktadır. Ekolojik şartlara ve yerel iklim koşullarına dikkat edilerek tasarım yapılması önemli kriterlerdendir (Url 2).

Türkiye’deki Planlı Alanlar İmar Yönetmeliğine göre ise az katlı konut ifadesi doğrudan tanımlanmamıştır. Kat sayısı ve bina yüksekliği ile ilgili belirli kriterler oluşturulmuştur. Genel olarak 1-4 kat arasında olan ve yapı yüksekliği 30,50 metreyi geçmeyen yapılar az katlı konutlar olarak değerlendirilir. Bu tür yapılarda çevresel uyuma dikkat edilen tasarımlar oluşturulur. Tasarımda açık ve yeşil alanlara dikkat etmek önemlidir. Az katlı konutlar genel olarak düşük yoğunluktaki toplu konut yerleşkelerinde tercih edilmektedir. Sürdürülebilir bir yaşam alanı oluşturmak amaçlanmaktadır. Bu tanımlamaların yerel düzenlemelere ve imar planlarına göre değişebileceği ifade edilmektedir (Url 3).

Yapılan araştırmalara göre az katlı konutların genel olarak toplu konut yerleşkelerinde tercih edildiği tespit edilmiştir. Ayrıca az katlı konut tasarımında çevresel etkilere önem verildiği görülmektedir. Bu kapsamda iklim etkisinin toplu konut tasarımıyla ilişkisinin incelenmesi gerektiğine karar verilmiştir.

2.2.3. Toplu konutlarda iklim etkisi

Bina tasarımı sırasında yerleşim yerinin iklimi ve güneş ışığı alma durumu dikkate alınarak, binaların uygun şekilde konumlandırılması ve yönlendirilmesi önemlidir. Binaların aralıklarının ve boyutlarının uygun olması, doğal havalandırmayı ve güneş ışığı girişini sağlayarak enerji tasarrufuna katkı sağlamaktadır. Bitki örtüsü düzenlemeleri de bina tasarımında önemli rol oynamaktadır (Orhon, 1988). Topografik düzenin sunduğu doğal avantajlardan faydalanarak iklimsel konforu sağlayabilmek için öncelikle uygun arazi parçaları seçilmelidir. Bu seçimler, arazinin güneş alma durumu, rüzgâr yönü ve hızı, hava akışı ve gölgeleme gibi faktörler göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Arazi seçiminde yamaçların eğimi ve yönü, bitki örtüsü ve su kaynaklarına yakınlık gibi etkenler de dikkate alınmalıdır. Doğru arazi seçimi, topografik düzenden kaynaklanan doğal avantajlardan yararlanarak iklimsel konforu sağlamaktadır. Bu seçimlerde güneş alma durumu, hava akışı ve gölgeleme, rüzgâr hızı ve yönü gibi faktörler ön planda tutulmalıdır. Yamaçların eğimi ve yönü, bitki örtüsü ve su kaynaklarına yakın olma gibi etkenler de iklimsel konforu etkileyen diğer unsurlardandır. Günümüz koşullarında ekolojik dengeyi gözetken, doğal

kaynakları ve potansiyellerini kullanan, iklim şartlarına uyumlu bir planlama yaklaşımı kabul görmektedir. Aynı ülkenin farklı bölgelerine değişik iklim tipleri hâkim olabilmektedir. Bu nedenle tasarlanacak binaların biçimlerine ve yerleşim özelliklerine dikkat edilmesi gerekmektedir. İklim sınıflandırması için kullanılan en yaygın sistemlerden biri Köppen sınıflandırmasıdır. Alman meteorolog Wladimir Köppen (1918) tarafından geliştirilen sistemde iklim tipleri tropikal, kurak, ılıman, karasal ve kutupsal iklim olmak üzere sınıflandırılmaktadır (Cui vd. 2021).

Toplu konut tasarımlarında, toplu konut yapılacak yerin iklim özellikleri dikkate alınmalıdır. Ilıman-nemli iklim tipinin görüldüğü bölgelerdeki yapı biçimleri doğu-batı doğrultusunda uzanan, derinliği az olan kütleler şeklinde tasarlanmalıdır. İç mekanlarda ve çatılarda doğal havalandırma gözetilmeli, eğimli çatılar tercih edilmelidir. Sıcak ve kurak iklim tipine sahip bölgelerde konutlar, avlu ve teras gibi dışa açılan mekanlar dikkate alınarak değerlendirilmelidir. Yapılar kompakt şekilde tasarlanmalıdır. Düz çatılar kullanılabilir. Soğuk iklim tipine sahip bölgelerde ise güneşten maksimum düzeyde faydalanabilmek için yapılar güney yönüne konumlandırılacak şekilde planlanmalı ve ısıyı tutacak şekilde kompakt tasarlanmalıdır. Çatılar eğimli olmalı ve güneşe bakan pencereler dışındaki boşluklar küçük olmalıdır. Bu nedenle her tür iklim bölgesindeki çatı tasarımı, pencere boşlukları, yapı malzemeleri, genel kütle yerleşimi, yönelim ve yakın çevre düzenlemesi konusunda bir rehber hazırlanması gerekmektedir (TOKİ, ODTÜ-MATPUM 2008). Özellikle Türkiye'deki bölgelerin çoğunda, kış şartları çevre ve yapı tasarımında ön planda tutulmaktadır. Yapı ve çevresi hâkim kış ortamı koşullarından korunmalıdır. Toplu konut uygulamalarında, hâkim rüzgâr yönünde doğal ve yapay rüzgâr kırıcılar gibi engeller yerleştirilmelidir (Yetkin,2009).

Türkiye’de 3 ana iklim özelliği mevcuttur. Bunlar soğuk iklim, ılıman iklim ve sıcak iklimdir. Ilıman iklim, ılıman nemli ve ılıman kuru olmak üzere ikiye ayrılmakta, sıcak iklim ise sıcak nemli ve sıcak kuru olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Soğuk iklim tipinin görüldüğü bölgelerde dış çevreyle ilişkisi düşük ve toplu şekilde bir tasarım planlaması gerekirken, sıcak iklim tipinin görüldüğü bölgelerde dış çevreyle ilişkisi yüksek ve yayılım gösteren bir tasarım anlayışı gerekmektedir (Arcan ve Evci, 1999). Özellikle yerleşkelerdeki hâkim rüzgâr yönünün bilinmesi, konumlandırılacak yapılar ve kirletici kaynaklar için önemli bir erkendir (Çabuk, 2006). Türkiye’de görülen iklim tipleri ise Akdeniz iklimi, Karadeniz iklimi, Marmara iklimi, karasal iklim ve step iklimi olmak üzere farklılaşmaktadır.

Yapılan tez çalışması kapsamında incelenecek olan toplu konut yerleşkesi Türkiye’deki Ankara ilinde bulunmaktadır. Bu nedenle Ankara’nın iklim özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Ankara, 39.57 K enlemi ve 32,53 D boylamları arasında yer almaktadır. Köppen iklim sınıflandırmasına göre Ankara’nın yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve yağışlıdır (Öztürk vd. 2017). Türkiye’de görülen iklim tiplerine göre soğuk iklim özelliğinde ve karasal iklim sınıflandırmasında ve yer almaktadır. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nde yer alan verilere göre Ankara’nın ortalama rüzgâr hızı 3 m/s, yıllık sıcaklık değeri ise 12°C’dir (Url 4).

2.2.4. Yerleşke ölçeğindeki kararların tasarıma etkisinin incelenmesi

Yerleşke ölçeğinde yapılan tasarımlarda binaya yönelik ve mevcut yeşil alanlara ilişkin düzenlemelere dikkat edilmesi gerekmektedir. Bina yüksekliklerinin, bina konumlarının ve binalar arası mesafe ilişkisinin doğru bir şekilde tasarlanması önemlidir. Ayrıca açık-yeşil alan düzenlemeleriyle tasarlanan projenin kentsel tasarımın bir parçası haline getirilmesi önem kazanmaktadır.

Toplu konut yerleşkelerinde binaya ilişkin parametreler

Toplu konut yerleşkelerinde tasarım aşamasında dikkat edilmesi gereken binaya ilişkin belirli parametreler bulunmaktadır. Bunlar bina yüksekliği, bina konumu ve binalar arası mesafe ilişkisidir.

Toplu konutlarda bina yüksekliği

Toplu konutlarda bina yüksekliğinin farklılaştırılmasıyla yerleşkedeki sosyal, çevresel ve fiziksel yapılar etkilenmektedir. Yüksek katlı binaların konumlandırılmasıyla arazideki kullanım yoğunluğu artırılabilir. Daha fazla insanın barınmasının sağlanmasının yanı sıra sosyal alan kullanımında azalma meydana gelecektir. Yüksek katlı yapılar birbirleri üzerinde gölgeleme etkisi oluşturarak çevredeki yapıların ve sosyal donatıların olumsuz yönde etkilenmesine sebep olabilmektedirler. Bu durum mikro iklim değişikliklerinin görülmesine ve doğal ışık kullanımının azaltılmasına yol açmaktadır. Kat yüksekliği fazla olan yapılar rüzgâr kuvvetinin hızını ve yönünü değiştirmekte, çevresel sürdürülebilirliği

etkilemektedir (Kaya ve Akıner, 2022). Çizelge 2.1.'de farklı yükseklikteki yapılarla konumlandırılan Türkiye'den ve Dünyadan toplu konut yerleşkesi örnekleri verilmiştir.

Çizelge 2.1. Toplu konut yerleşkesi örnekleri (Kaya ve Akıner, 2022)

Proje Adı ve Yapım Yılı	Toplu Konut	Proje Görseli	Proje Adı ve Yapım Yılı	Toplu Konut	Proje Görseli
<i>Mirador Housing Project</i> 2005	Toplu konut		<i>79&Park</i> 2018	Toplu konut	
<i>TOKİ Uzundere Konutları</i> 2010	Toplu konut		<i>Drivelines Stüdyoları</i> 2017	Toplu konut	
<i>The Interlace</i> 2013	Toplu konut		<i>Huangshan Dağ Köyü</i> 2017	Toplu konut	

Türkiye'de yüksek bina tanımı, deprem riski yüksek bölgelerde bina özelliklerine göre değişmekte olup genel olarak 70 metreden yüksek binaları kapsamaktadır. Bu binalar için daha detaylı tasarım kuralları uygulanmaktadır. CTBUH (Yüksek Binalar ve Şehir Yaşam Konseyi) ise 14 kat ve üzeri veya 50 metreden yüksek binaları yüksek bina olarak kabul etmektedir. CTBUH ayrıca 300 metreden fazla yüksekliğe sahip binaları "süper yüksek bina" ve 600 metreden fazla yüksekliğe sahip binaları "mega yüksek bina" olarak sınıflandırmaktadır (Fraidoon, 2020). Planlı alanlar imar yönetmeliğine göre yapı yüksekliği 30,50 metreyi geçen binalar yüksek yapı olarak adlandırılır. Bina yüksekliği 51,50 metreyi veya yapı yüksekliği 60,50 metreyi aşan yapılar ise çok yüksek yapı olarak nitelendirilir (Url.3).

Az katlı binalar, genellikle üç katı geçmeyen ve yoğun konut projelerinde tercih edilen bir yapı tipidir. Bu tür yapılar, yüksek birim yoğunluğu sağlayabilirken, gözden kaçırma ve gölgeleme gibi problemleri minimize ederek, daha yüksek binaların yol açabileceği sorunların önüne geçer (Naji, 2012). Az katlı konutlar için net bir kat sınırı ve bina yüksekliği sınırlaması bulunmamaktadır. Fakat Türkiye'de yürürlükte olan imar yönetmeliğine göre, 3 katlı binalarda asansör yeri ayrılması zorunludur. Kat sayısı 4 ve üzeri ise asansör tesisi

şarttır. Daha önce 7 kat ve üzeri binalarda 2 asansör zorunluluğu varken, bu güncelleme 10 kat ve üzeri binaları kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Bu nedenle, az katlı konutlar genellikle 1-4 kat sayısına sahip konutlar olarak kabul edilir. Planlı alanlar imar yönetmeliğine göre yapı yüksekliği 30,50 metreyi geçmeyen yapılar az katlı yapı olarak adlandırılır. (Url.3).

Toplu konutlarda az katlı binaların konumlandırılmasıyla düşük yoğunlukta yerleşim alanları oluşturulmaktadır. Bu sayede açık yeşil alanların kullanımında ve yaşam kalitesinde artış gözlenecektir. Az katlı konutlar sayesinde toplumsal bağlar güçlenebilmekte ve komşuluk ilişkileri gelişmektedir. Kat yüksekliği düşük olan yapılar daha az maliyet gerektirmesi sebebiyle toplu konut projelerinin bütçelendirme kısmına önemli bir katkı sağlamaktadır. Yerleşke üzerindeki altyapı ve ulaşım sistemlerinin fazla yük taşımasının önüne geçilmektedir (Türkel ve Ergen, 2016). Az katlı yapılarla oluşturulan ve 66 konuttan oluşan toplu konut projesi Dortheavej Residence ve yüksek katlı yapılarla oluşturulan ve 1040 konuttan oluşan toplu konut projesi The Interlace Şekil 2.22.'de örnek olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.22. Sol: Dortheavej Residence, Sağ: The Interlace (Kaya ve Akıner, 2022)

Toplu konutlarda binanın konumu

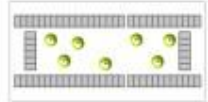
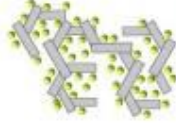
Bir yapının ısı kaybını ve kazancını azaltmak için arazi içindeki konumunun önemi büyüktür. Yapıyı yerleştirirken, güneş ışınları, rüzgârlar ve bitkiler gibi doğal faktörlerin yanı sıra çevredeki diğer yapıların da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. İklim koşullarına ve topografik özelliklere göre en uygun yer seçilmelidir. Yapıların araziye uyum

sağlaması için arazi şeklini değiştirmeden, dolgu veya kazı yapmadan mevcut eğime göre yerleştirilmesi tercih edilmektedir (Tönük, 2001).

Ilıman iklimlerde güneşin ve rüzgârın avantaj ve dezavantajlarına göre yerleşim yerleri seçilmelidir. Bu nedenle ılıman kuru iklime sahip bölgelerde yamaçların aşağı kısımlarına, ılıman nemli iklime sahip bölgelerde ise yamaçların yukarı kısımlarına yerleşim daha uygun olmaktadır (Zeren, 1978). Sıcak ve nemli iklimlerde rüzgârın ferahlatıcı etkisinden faydalanmak için vadi tepelerine yerleşilmesi gerekmektedir. Sıcak ve kuru iklimlerde de güneşin yakıcı etkisinden ve rüzgârın toz taşımasından kaçınmak amacıyla vadiler seçilmektedir. Soğuk iklimlerde ise güneşten en iyi şekilde yararlanmak ve rüzgârın zararlı etkisinden sakınmak amacıyla güneye yönelen yamaçlara, ısıt kuşağın alt kısımlarına yerleşim gerçekleşmelidir (Koçlar Oral, 2010). Enerji tasarrufunu göz önünde bulundurarak bina yerleşimi yapmak önemlidir. Isınma ve soğutma ihtiyacını en aza indirmek için binanın yönü ve yerleşimi dikkatlice seçilmelidir. Binalar hâkim rüzgâra dik veya açılı olacak şekilde konumlandırılmalıdır. Bu sayede rüzgârın binaya çarpma etkisi azaltılarak ısı kaybı minimize edilebilir. Güneş ışınlarından en iyi şekilde yararlanmak için binanın yönü güneyden doğuya doğru 10°'yi geçmeyecek şekilde ayarlanmalıdır (Zeren, 1990).

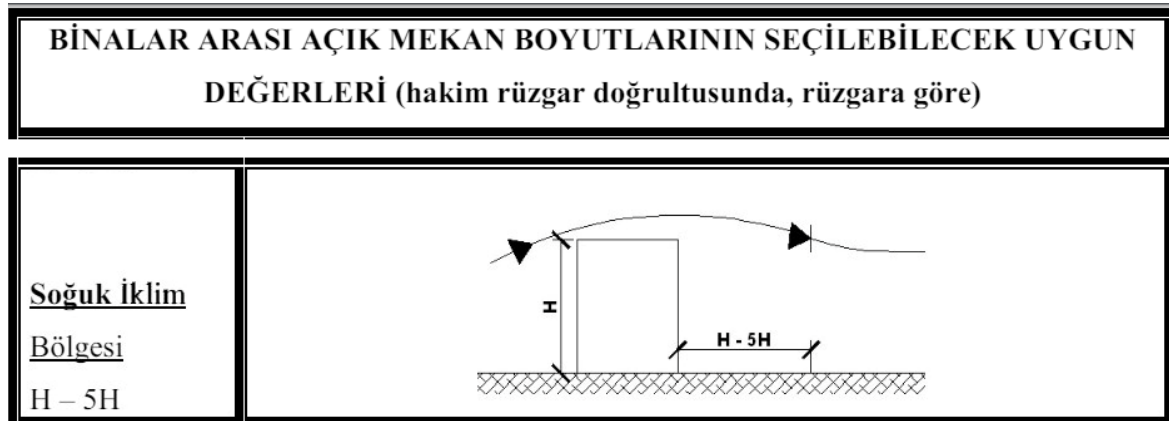
Toplu konut yerleşkelerinde bina konumu ve yönelmenin değişmesi sonucu yerleşke tasarımında çevresel, fiziksel ve sosyal etkiler açığa çıkacaktır. Özellikle rüzgâr akışında ve mikro iklim üzerinde önemli değişiklikler görülmektedir. Yüksek yapılar tünel etkisi yaratarak çevresindeki binaların doğal havalandırma ve aydınlatma sistemlerini olumsuz olarak etkileyebilmektedir. Bu doğrultuda konutlardaki yaşam konforu ve enerji verimliliği doğrudan etkilenmektedir. Binaların konumlarındaki değişiklik sonucu binalar arası mesafe ilişkisi de değişmektedir. Yerleşke üzerindeki bina konumlarının farklılaştırılmasıyla yaya yollarının ve araç yollarının kullanıma uygun bir şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Sürdürülebilir bir yerleşke tasarımı için bina konumlarının optimize edilerek sosyal ve fiziksel avantajların dikkate alınması gerekmektedir (Cheng vd. 2022). Çizelge 2. 2.'de farklı ülkelerde tasarlanan toplu konut yerleşkelerindeki binaların konumlandırılmasına dair örnekler görülmektedir. Genelde yapılar arasında boşluklu ve avlulu yerleşimlerin tercih edildiği görülmektedir. Ortak bir avlunun etrafında konumlanan yapılar, iç avlu oluşturularak yerleştirilen binalar ve şaşırtmalı bir şekilde konumlandırılan yapılar görülmektedir.

Çizelge 2.2. Farklı toplu konut projelerinin yerleşim şeması (Kaya ve Akıner, 2022)

Proje Adı	Yerleşim Özelliği	Yerleşim Şeması	Proje Adı	Yerleşim Özelliği	Yerleşim Şeması
<i>Mirador Housing Project</i>	Küçük blokları barındıran boşluklu bir süper blok		<i>Bondy Social Housing</i>	Avlu etrafında U şeklinde yapı	
<i>TOKİ Uzundere Konutları</i>	Yüksek katlı bloklardan oluşan site		<i>Monterrey Housing</i>	İç avlulu ve boşluklu modüllerden oluşan yapı	
<i>The Interlace</i>	8 avlu çevresinde birbirine temas eden 31 adet blok		<i>CasaNova Social Housing</i>	Ortak avlular etrafında kümelenmiş çok sayıda blok	
<i>Drivelines Stüdyoları</i>	İç avlulu modüler yapıdan oluşmuş iki kütle		<i>Social Housing Sa Pobla</i>	Avlu etrafında gruplandırılmış konut üniteleri	
<i>Huangshan Dağ Köyü</i>	10 adet blok		<i>52 Social Housing in Tarragona</i>	Şaşırtmalı yerleştirilmiş ünite şeklinde kütleler	
<i>79&Park</i>	İç avlulu tek büyük yapı		<i>Dortheavej Residence</i>	Şaşırtmalı modüllerden oluşan tek kütle	
<i>Future Towers</i>	Avlulu tek büyük yapı		<i>30 Social Housing Units in Nantes</i>	Ticari taban üzerinde yükselen konut kulesi	
<i>Social Housing Poljane</i>	Ortak alan boşlukları barındıran 4 adet blok		<i>Las Americas Social Housing</i>	İki avlulu tek kütle	

Toplu konutlarda binalar arası mesafe

Doğal havalandırmadan en üst düzeyde yararlanmak için, soğuk iklim bölgelerindeki toplu konut yerleşkelerinde binalar arası mesafe minimum H (bina boyu), maksimum $5H$ (5 kat bina boyu) kadar olmalıdır. Ayrıca komşu binadaki en uzun gölge boyuna eşit ya da komşu binadaki gölge boyundan daha büyük olmalıdır (Orhon, 1988). Bu sayede, binalar arasında yeterli hava akışı sağlanarak doğal havalandırma optimize edilir. Gölge oluşumundan kaynaklanan rutubeti önlemek ve güneş ışığından maksimum faydalanmak için ise konutlar birbirini gölgelemeyecek şekilde yerleştirilmelidir. Binalar arasındaki mesafe, binaların oluşturduğu en uzun gölge alan derinliğine eşit veya daha fazla olmalıdır (Şekil 2.23.). Bu sayede, binalarda nem oluşumu engellenir ve güneş ışığından en iyi şekilde yararlanılır (Özdemir, 2005).



Şekil 2.23. Binalar arası uygun mesafe değerleri (Özdemir, 2005)

Toplu konutlardaki binaların birbirleri üzerindeki etkilerini göz önünde bulundurarak, güneş ışığı ve rüzgâr akışını optimize edecek şekilde aralıklarının belirlenmesi gerekmektedir. Güneş ışığından en iyi şekilde yararlanmak ve istenilen iç rüzgâr hızını sağlamak için binaların güneş engelleyici ve rüzgâr engelleme etkileri dikkate alınmalıdır. Bina aralıkları azaldıkça güneş ışığı ve rüzgâr hızı da azalacağından bu faktörler dengeli bir şekilde tasarlanmalıdır (Berköz vd. 1995).

Toplu konutlarda açık-yeşil alanlar

Açık alan, mimari yapıların ve ulaşım alanlarının dışındaki boş alanları ifade eden kentsel tasarımın temel bir unsurudur. Bu alanlar yapılaşmamış kabul edilmektedir ve rekreasyonel

kullanım potansiyeline sahiptir. Su yüzeyleri, meydanlar, bitkisel unsurların bulunmadığı veya sınırlı sayıda olduğu ulaşım alanları açık alanlara örnek olarak verilmektedir (Gül ve Küçük, 2001). Kent dokusundaki yeşil alanlar, insanların dinlenmesi, keşfetmesi, rekreasyonel faaliyetlere katılması ve doğayla bağlantı kurması için tasarlanmış, şehir yönetimi tarafından işletilen, ortak kullanım alanları olarak tanımlanmaktadır (Adil, 2010). Uygulama aşamasında açık alan ve yeşil alan kavramlarının ayrıştırılması kolay olmayabilmektedir. Bu sebeple açık-yeşil mekanlar olarak birlikte kullanılmaktadır. Bu iki kavram bütünlük içinde birbirini tamamlamaktadır. Şehirdeki diğer alanların kullanımını belirleyen açık-yeşil alanlar önemli bir tasarım parametresidir (Gül ve Küçük, 2001).

Soğuk iklimin etkili olduğu toplu konut yerleşkelerinde soğuk kış rüzgarlarının etkisini azaltmak için kuzey ve kuzeybatı cephelerine, yıl boyunca yapraklarını dökmeyen ağaçlar ve alçak çalılar dikilerek rüzgâr engelleyici bir tampon bölge oluşturulması gerekmektedir. Yaz aylarında ise doğu ve batı cephelerinde güneş ışınlarını kesen, yüksek gövdeli ve yaprak döken ağaçlar dikilmelidir. Kış aylarında ise güney cephesinde güneş ışığından faydalanmayı sağlayacak şekilde alçak çalılar veya yapraklarını döken, yüksek olmayan ağaçlar tercih edilmelidir (Katırcı, 2003).

2.2.5. Toplu konutlarda hava hareketlerinin incelenmesi

Binaların varoluş süreleri boyunca karşılaşacakları yüklere dayanabilmelerini sağlamak amacıyla çeşitli tedbirlere başvurulmaktadır. Binaya etki eden yüklerden biri olan rüzgâr yükünün yapı tasarımına etkisi büyüktür. Özellikle yüksek hızlardaki rüzgâr yükleri, yapının stabilitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu yükün büyüklüğü, yer seviyesinden uzaklaştıkça parabolik olarak artan rüzgâr hızına bağlıdır. Bu nedenle köprü, stadyum ve kule gibi yüksek yapılarda rüzgâr etkisi önemli ölçüde hissedilmektedir. Rüzgârın yapı üzerindeki etkisi insan konforu açısından da önemli bir rol oynamaktadır (Zeyrek, 2019).

Rüzgârın yapılar üzerindeki etkileri, statik ve dinamik olarak iki kategoriye ayrılmaktadır. Statik etkiler, rüzgârın yapının dış yüzeyine uyguladığı basınç, sürüklenme ve kaldırma kuvvetlerinden kaynaklanmaktadır. Bu kuvvetler, rüzgâr hızının karesi ile orantılıdır ve yapının dayanıklılığı için önemlidir. Dinamik etkiler ise rüzgârın zamanla değişen şiddet, frekans ve genlik özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu etkiler, yapının doğal frekansı ile uyumlu olduğunda rezonans adı verilen tehlikeli bir durum ortaya çıkabilmektedir.

Rezonans, yapının titreşim genliğini artırarak hasara veya yıkıma neden olabilmektedir. Dinamik etkiler, özellikle yüksek binalar, köprüler, anten direkleri ve kuleler gibi yapılarda dikkate alınması gereken önemli bir faktördür (Kaydok, 2014). Belirlenen bu yüklerin tek başına ve toplu halde konumlandırılan yapılar üzerindeki etkisi değişiklik göstermektedir.

Toplu konut olarak tasarlanan projelerde rüzgâr yükleri yapı topluluğuna farklı şekilde etki etmektedir. Rüzgârın binalarla etkileşimi, tek başına veya grup halinde bulunan binalarda farklı sonuçlar doğurmaktadır. Gruplaşan binalara etkiyen rüzgâr yığın halinde ortaya çıkmaktadır. Binaların şekli, boyu ve aralarındaki mesafe, rüzgârın hızını ve binalara uyguladığı kuvveti de değiştirmektedir (Gandemer ve Guyot, 1976). Özellikle kat yüksekliği fazla olan yapılar arasındaki rüzgâr akışı önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Bu değişiklikler sonucu farklı basınç bölgeleri ve türbülans akışları ortaya çıkmaktadır (Duran ve Açikel, 2022). Artan basamak şeklinde düzenlenen bir yapıyı etkileyen rüzgâr yükünde de yığınsal bir artış gözlenecektir (Zeyrek, 2019).

Birbirine paralel olarak konumlandırılmış binalar ya da koridor şeklinde aralarında mesafe olan paralel binalar rüzgarla etkileşime girdiklerinde konforsuz alanlar oluşturabilmektedirler. Oluşan koridorlar arasından hızla geçen rüzgarlar insan konforunu olumsuz yönde etkilemektedir. Paralel şekilde sıralanan binaların yükseklikleri ve aralarındaki mesafe başarılı bir şekilde tasarlanırsa rüzgâr etkisi olumlu yöne çekilebilmektedir (Gandemer ve Guyot, 1976). Konforsuz alanların oluşması sonucunda mevcut alandaki türbülans etkisinin yoğunlaşmasıyla yaya konforu da olumsuz olarak etkilenebilmektedir (Baş ve Türkseven Doğrusoy, 2019). Binalar arası açıklık mesafesinin bina yüksekliğinin 3 katından daha az olduğu durumlarda rüzgârın yönündeki ani değişiklikler azaltılabilmektedir. Yüksekliği giderek artan şekilde konumlandırılmış yapılarda ise rüzgârın etkisiyle bina ön yüzlerinde basınç değişimleri oluşmaktadır. Bu değişimler, binaların arkasında da farklı basınç bölgeleri meydana getirmektedir. Böylece rüzgâr akımı, keskin açılı bina gruplarının arasındaki düşük basınç alanlarına yönelmektedir (Yaşa, 2004).

Çevreleriyle benzer yükseklikteki binalar kendilerini ve çevredeki yapıları rüzgâr yüklerinden koruyarak yayaların rahatsızlığını en aza indirgeyebilmektedirler. Ancak daha yüksek yapılar daha fazla rüzgâr hızına maruz kalmaktadırlar. Aynı zamanda yaya

seviyesinde de daha fazla rüzgâr basıncı oluşmaktadır (AS/NZS 1170.2, 2000). Yeni binalar tasarlanırken yayalara yönelik rüzgâr etkilerinin dikkate alınması gerekmektedir. Rüzgâr etkilerini belirlemek ve mevcut koşulları değerlendirmek önemlidir. Bu, olumsuz durumları önlemek ve binanın güvenliğini sağlamak açısından gereklidir. Bu faktörler göz önünde bulundurularak yayalar için daha konforlu ve güvenli ortamlar oluşturulabilmektedir (Zeyrek, 2019).

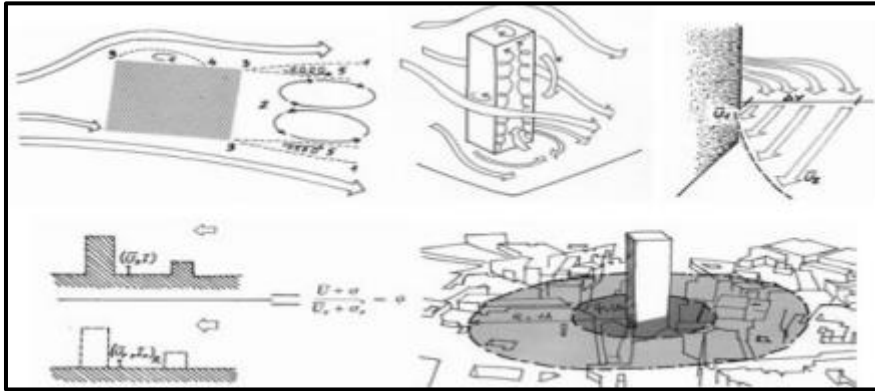
Toplu konut yerleşkelerindeki hava hareketinin incelenmesi, yapılaşmanın yoğun olduğu bölgelerde hava kalitesinin kontrol edilebilmesi, termal konfor düzeyinin artırılması ve ısı birikiminin azaltılabilmesi için önemlidir. Bina yüksekliği, bina konumu ve yönlenme, binalar arası mesafe ilişkisi, açık alanlar ve bitkilendirme gibi faktörler toplu konutlarda hava hareketini etkilemektedir (Stathopoulos, 2006).

2.3. Bina Aerodinamiği

Aerodinamik, insanlar için sağlıklı ve konforlu bir ortam yaratmada çok önemli bir rol oynayan iklim elemanıdır. Birçok mühendislik ve mimarlık uygulamalarında öne çıkması, geniş bir araştırma konusu haline gelmesine sebep olmaktadır. Ortamın termal koşullarını değiştiren, sistemlerin belirlenmesinde ve uygun tasarım değişkenlerinin oluşturulmasında önemli olan, ayırma bölgelerine ve girdap oluşumlarına sebebiyet veren rüzgâr dikkate alınmaktadır (Gölbaşı vd. 2021).

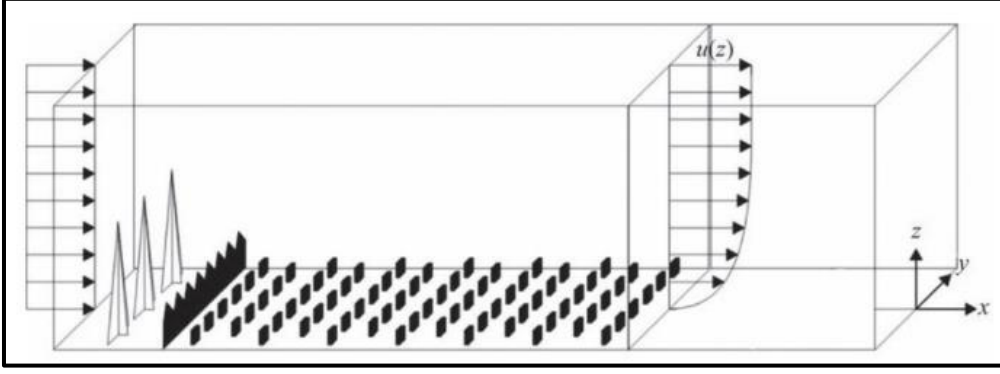
Aerodinamik kavramı havacılık ve askeri endüstrilerin sorunları ile ilişkili olarak ortaya çıkmıştır. İlk deneysel kurulumlar, rüzgâr etkilerini modellemek ve rüzgâr tünellerini incelemek amacıyla tasarlanmıştır. Uçak aerodinamiği alanındaki araştırmalara 19. yüzyılın sonlarında başlanmıştır. Bina aerodinamiği kavramı ise 20. yüzyılın ortalarından itibaren araştırılmıştır. İlk olarak Pagan (1934) sivil binaların ve yapıların aerodinamiği hakkındaki mevcut bilgileri analiz ettiği çalışmalarını yayınlamıştır. 1950'de Von Karman ve Duwez (1950), aerodinamiğin mühendislik sektöründeki uygulamaları ve yönleri üzerine bir konferans vermiştir. 1961'de Amerikan İnşaat Mühendisleri Derneği, rüzgâr yüklerinin binalar üzerindeki etkilerinin ilk pratik açıklamasını anlatan altı farklı makale sunmuştur (Wootton, 1961). Aynı yıl, Davenport tarafından yayınlanan makalede bir binanın rüzgâr yükleri altındaki davranışının homojen bir modeli oluşturulmuştur.

Bina aerodinamiğinde ele alınan başlıca konu kentsel dokuda ve yapılar etrafında oluşan hava akımı hareketleridir. Paralel bir şekilde yapıyı etkileyen rüzgâr kuvvetleri bina yüzeylerinde pozitif ve negatif basınç alanları oluşturmaktadır. Rüzgâr merkezden uzaklaştırılabilen bir tasarım değişkenidir ve gerçekleştirilen tasarımların değerlendirilmesinde çeşitli analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Yüksek binaların yaygınlaşmasıyla birlikte rüzgârın binalar üzerindeki etkilerine ilişkin çalışmalar hızlanmakta, bu da aerodinamiğin tasarım aşamasından itibaren değerlendirilmesini zorunlu hale getirmektedir. Kentsel yapılaşma arttıkça rüzgâr akışının türbülanslı hale gelmesi ve bina arkalarında girdap gibi dönmesi (Şekil 2.24.), çözüm önerilerinin çeşitli analiz yöntemleriyle değerlendirilmesine yol açmaktadır (Gandemer ve Guyot, 1976). Özellikle yüksek yoğunluğa sahip kentsel alanlarda yapıların türbülans seviyesi düzenlenerek bina arkalarında düşük basınç alanları oluşturulmaktadır (Duran ve Açikel, 2022).



Şekil 2.24. Yapılar etrafındaki rüzgâr akışı (Gandemer ve Guyot, 1976)

Bina aerodinamiğinde araştırılan bir diğer konu ise rüzgârın binalara uyguladığı kuvvetlerdir. Bina ve rüzgâr etkileşimi sonucu negatif ve pozitif basınç alanları oluşmaktadır. Rüzgârın hızının artmasıyla yapılara etkiyen rüzgâr basınç kuvvetleri de artış göstermektedir. Yapıları etkileyen rüzgâr basınç kuvvetleri araziye, bina yüksekliğine, bina geometrisine, aerodinamik ve iç basınca göre değişmektedir. Bina aerodinamiğini hesaplamak için iki ana yöntem bulunmaktadır. Bunlar deneysel modelleme (rüzgâr tüneli testleri) ve sayısal simülasyon (CFD) analizleridir. Aerodinamiğin deneysel olarak hesaplanmasında binalar etrafında bir akış alanı oluşturulması kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir (Şekil 2.25.). Herhangi bir açıyla konumlandırılmış karmaşık şekillerin analizinde rüzgâr tüneli testlerinden yararlanılmaktadır. Rüzgâr tüneline, model etrafında sabit bir durum akışı elde etmek mümkün olmaktadır (Poddaeva ve Dunichkin, 2017).



Şekil 2.25. Rüzgâr tüneli çalışma bölgesindeki akış oluşumu (Poddaeva ve Dunichkin, 2017)

Aerodinamiğin sayısal modellenmesi ise matematiksel modellerin uygulamaya konulmasını sağlayan bilgisayar teknolojilerinin ilerlemesine bağlı olarak en aktif şekilde gelişen yöntemlerdendir. Bu yöntemle deneysel modelleme sonuçları önemli ölçüde tamamlanabilmekte ve genişletilebilmektedir. Sayısal simülasyonun, deneysel modellemenin aksine fazla emek yoğunluğu, uzun süreler ve yüksek maliyet gerektirmemesi tercih edilme sebeplerindendir. Çok katlı ve benzersiz yapılardaki rüzgâr yükü etkisini hesaplamak için CFD analiz yöntemleri kullanılmaktadır (Poddaeva ve Dunichkin, 2017).

Genel olarak bina aerodinamiğinin gelişimi, modern bina biliminin öncelikli alanlarından biridir. Mevcut araştırma yöntemlerinin kapsamlı bir şekilde uygulanması ve bunların iyileştirilmesi, benzersiz yapıların tasarımında, inşasında ve işletilmesinde maliyetleri optimize etmeyi mümkün kılmaktadır. Ayrıca yapıların dayanıklılığını artırmaya ve performanslarını iyileştirmeye yardımcı olmaktadır (Poddaeva ve Dunichkin, 2017).

3. MATERYAL VE METOT

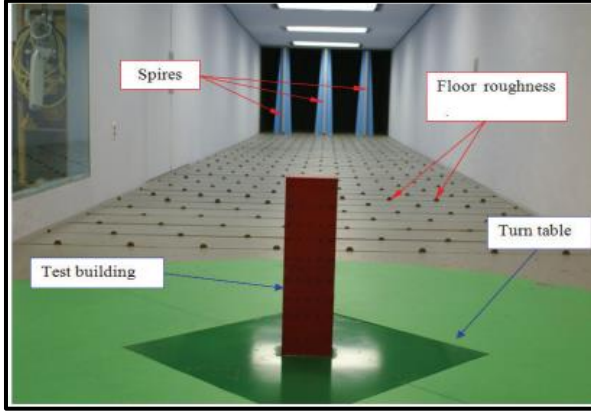
Çalışmanın bu bölümünde yapılan çalışmada kullanılan materyal ve metoda yer verilmiştir. Öncelikle bina aerodinamiği analiz yöntemleri anlatılmıştır. Rüzgâr tüneli testleri ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda çalışmada hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) analiz yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu doğrultuda bölümün devamında rüzgâr analizinde kullanılan metotlar araştırılarak tez kapsamında kullanılacak simülasyon programı kararlaştırılmıştır. Rüzgâr analizi yöntemlerinin karşılaştırılması sonucu yapılacak analizlerde kullanılacak olan simülasyon programının Autodesk CFD olmasına karar verilmiştir.

3.1. Bina Aerodinamiği Analiz Yöntemleri

Bu bölümde bina aerodinamiği analiz yöntemleri rüzgâr tüneli testleri ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği olmak üzere iki başlıkta incelenecektir.

3.1.1. Rüzgâr tüneli testleri

Rüzgârın etkisine maruz kalan yüksek yapıların rüzgâra karşı davranışlarını değerlendirmek için aerodinamik rüzgâr tüneli testleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Tek değişken olarak bina geometrisinin modellenmesi, binadaki dinamik değişkenlerin analitik yöntemlere dayanılarak araştırılmasını gerektirmektedir. Ayrıca yapının rüzgâr etkilerine göre tasarlanabilmesi için konumlandırılacak alanın iklim verileri dikkate alınmalıdır. Colorado Eyalet Üniversitesi'nde 1955-1957 yılları arasında tasarlanan ve 1962'de tamamlanan rüzgâr tüneli, atmosferik sınır tabakasını oluşturan ilk tünel olmuştur. Tünelde doğal rüzgâr özelliklerini simüle eden, ısıtma ve soğutma özellikleriyle birlikte kalın türbülanslı sınır katmanlarına sahip uzun bir test bölümü bulunmaktadır. Tünel, 1960'lı yıllarda New York Ticaret Merkezi ikiz kulelerinin tasarlanması amacıyla kullanılmıştır. 1980 ve 1995 yılları arasında çok sayıda rüzgâr tüneli inşa edilmiştir (Paltun vd. 2015). Şekil 3.1. 'de rüzgâr tüneli test modeli örneği gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Rüzgâr tüneli test modeli (Warsido, 2013)

Rüzgâr tüneline kullanabilmek için deney yapılacak modelin boyutlarının, tünelin deney odasına sığması gerekmektedir. Ayrıca tünelin hava akışı bölümünden geçilirken model etrafında ekstra türbülans oluşmamalıdır. Deney bölümündeki balans ve ekipmanlar model üzerindeki basınç, kuvvet ve moment gibi ölçümleri hassas bir şekilde yapmaya olanak sağlamalıdır. Tüneldaki akış yönlendiriciler, model ne kadar büyük olursa olsun akış çizgilerini tünel yüzeyine paralel hale getirmektedir. Bu yüzden doğal akıştan farklı olarak akım çizgileri ve bağlı olduğu basınç dağılımı değişmektedir. Fakat model deney bölümüne göre ne kadar küçültülürse bu değişim de o kadar az olmaktadır (Aygün ve Başkaya, 2003).

Yüksek yapılardaki rüzgâr etkisini analiz edebilmek amacıyla üç farklı deney yapılmaktadır: Bunlar aerolastik model testleri, yüksek frekans temel dengesi (H-FBB) ve senkron çoklu basınç tarama sistemidir (SM-PSS). Bu yöntemlerden H-FBB veri analizlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Warsido, 2013). Rüzgâr tüneli deneyleri, mimari, yapısal veya konumsal açıdan (örneğin şekli, boyutu, kesiti, kullanılan malzeme, yer aldığı bölge veya çevredeki yapılar gibi) standart dışı olan yüksek yapıların rüzgâr etkisine nasıl tepki vereceğini belirlemek için yapılmaktadır (Paltun vd. 2015).

3.1.2. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (Computational fluid dynamics-CFD)

CFD analizi, ısı transferi, momentum, türbülans, yanma ve kimyasal reaksiyonlar, madde ve faz transferleri gibi fiziksel olaylar dahil olmak üzere akışkan hareketi ve davranışını incelemektedir. 1960'ların sonlarından itibaren bütün mühendislik alanlarında CFD uygulamaları geliştirilmiştir (Moin ve Kim, 1997). CFD modelleme, süreçlerin matematiksel analizini içerir ve fizik ve kimya gibi alt temel bilim dallarına ilişkin bilgi gerektirir.

Çalışılacak vakaya özgü sınırlılıklar hakkında doğru bilgiler edinmek, bütünsel hata yönetimi için zorunlu olmaktadır. CFD uygulamaları, transferin fiziksel tanımlarını, matematiksel modellerini ve karşılık gelen sayısal yöntemlerini içeren çok yönlü ve çok disiplinli bir uygulamadır. Matematiksel ve sayısal yöntemlerin etkin kullanımı için konuya hâkim olunması gerekmektedir (Soğancı ve Tutkun, 2021).

Temelde dört ayrı başlığa ayrılan CFD analizinin en kritik yönü, kullanım amacının ve yöntemin belirlenmesidir. Bu süreçte analizin en önemli parçası problemin tespit edilme aşamasıdır. Ancak endüstriyel uygulamalarda yaygın bir hata, CFD analizini doğrudan bir tasarım aracı olarak yorumlamak ve çoğunlukla temel mühendislik tasarım yaklaşımlarını, ilgili hesaplama yöntemlerini göz ardı etmektir. Yapılan analizler sonucu tasarımın doğrulanması için hesaplama yöntemlerinin dikkate alınması gerekmektedir.

CFD analiz sürecinin 4 farklı aşaması bulunmaktadır. Bunlar:

- Problem Tespiti
- Ön İşlemler (Pre Processing)
- Çözüm (Solution/Run)
- Son İşlemler (Post Processing)

Problem tespiti

Problem tanımının doğru yapılması, CFD analizlerinin başarısı için çok kritiktir. Analizden ne istendiği açıkça belirlenmeli ve süreç içinde karşılaşılan engellerle (uygun sınır koşullarını belirleyememe, katı modelleri sağlayamama, bilgisayar kaynağı yetersizliği vb.) birlikte, kontrollü bir şekilde beklentiler yönetilmelidir. Ayrıca analiz süreçlerindeki modelleme aşamasında kısıtlayıcıların olmasının analiz sonuçlarını etkileyeceği bilinmektedir. Bu kısıtlamaların farkında olmak ve gereken önlemleri almak, faaliyetlerin anlamlı olması için gereklidir.

CFD analiziyle değerlendirme yapılan çalışmalarda analiz modeline eklenecek fiziksel süreçlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu süreçte analitik ön hesaplamalardan yararlanılmaktadır. Analiz edilen konuda kullanılacak matematiksel yaklaşımlar ve modelde kullanılacak girdiler detaylı bir şekilde araştırılmalıdır. Gerekli olan insan, zaman ve

bilgisayar kaynakları önceden hazırlanmalı ve bir plan doğrultusunda çalışmaya başlanmalıdır. Problemin tespit edilme sürecinde önemli olan bir başka konu da analiz edilecek yapının modellenmesidir. Sadece görselleştirme amacıyla yapılmış olan mevcut modellerin genel olarak CFD analizleri için uygun olmadığı gözlenmiştir. Doğru sonuçlar elde edebilmek için analizde kullanılacak katı modelin beklenen hassasiyette modellenmesi gerekmektedir (Soğancı ve Tutkun, 2021).

Ön işlemler (Pre Processing)

CFD analiziyle yapılan çalışmalarda doğrulama sürecini azaltabilmek için sadece çalışılan bölgenin modellenmesini yapmak önem kazanmaktadır. Hesabı yapılacak alan olabildiğince daraltılmalıdır. Aşırı detaylı model yapılması grid ölçeğini artıracak ve hesaplamanın doğruluğunu etkileyecektir. Bu nedenle modelin basitleştirilmesi önerilmektedir (Xu vd. 2020). Kullanılacak modelin tek parça halinde olması dışa aktarımlarda kolaylık sağlayacak ve verimliliği artıracaktır. Hazırlanacak analiz yazılımlarında ayrıştırma yapılarak hesaplamalar gerçekleştirilmektedir. Sonlu hacim ve sonlu eleman yöntemleri en yaygın olarak kullanılan ayrıştırma metotlarındandır. Ayrıştırma işlemi gerçekleştirilirken model parçalara ayrılmaktadır. Ayrılan her bir parçaya sayısal ağ elemanı (mesh) denilmektedir. Ölçümün doğru ve hassas bir şekilde yapılabilmesi için en önemli etken sayısal ağ olmaktadır. Araştırmaya başlamadan önce geniş çaplı bir literatür taramasıyla sayısal ağ elemanlarını incelemek çalışma esnasında kolaylık sağlayacaktır. Oluşturulan sayısal ağ modellenmesinde en-boy oranları ve keskinlik parametreleri değiştirilebilmektedir. Geometrik olarak karmaşık yapılarda bu tür parametrelerin düzenlenebilmesi önem kazanmaktadır. Analizlerin doğruluğu, hassaslığı ve oluşum süreleri ağ tipine bağlıdır. Bu nedenle seçilecek olan ağ tipine doğru bir şekilde karar verilmesi gerekmektedir. Ayrıca analiz sonuçlarının sayısal ağın kalite ve miktarına göre belirgin bir şekilde değişmediğine emin olunmalıdır. Sonuçların güvenilirliği açısından farklı bir durumun oluşmaması gerekmektedir.

Çözüm (Solution/Run)

Ön işlem aşamalarından sonra, sayısal analiz yazılımı ya da başka bir deyişle hesaplama paketi, problemi çözmek için yinelemeli bir süreç başlatmaktadır. Bu süreçte, her bir önceki adım sonuçları kullanılarak yeni bir çözüm tahmini elde edilmektedir. Bu tekrarlamalar,

belirlenen bir kriter sağlanana kadar veya belirlenen maksimum tekrarlama sayısına ulaşılanaya kadar devam etmektedir. Çözüm sürecinde, fiziksel sistemin davranışını yansıtan sonuçlarla birlikte sayısal yöntemlerin doğası gereği ortaya çıkan sayısal sonuçlar yakından takip edilmektedir. Kullanıcı, çıkan sonuçları görselleştirerek ve analiz ederek çözümün doğru yönde ilerlediğini ve beklenen sonuçları verdiğini teyit etmektedir. Bu sayede gereken zamanlarda, çözüm parametrelerinde veya modelde değişiklikler yaparak süreci yönlendirebilmek mümkün olmaktadır. Yinelemeler arasında elde edilen sonuçlardaki değişimler, çözümün yakınsaması hakkında önemli bilgilerin açığa çıkmasına katkı sağlamaktadır. Yakınsama, çözümün artık önemli ölçüde değişmediği ve istenen doğruluğa ulaştığı anlamına gelmektedir. Yakınsama analizinde, genellikle ardışık tekrarlamalardaki sonuçlar arasındaki farklar incelenmektedir. Belirlenen bir tolerans değerinin altına düşen farklar, yakınsamaya ulaşıldığını göstermektedir.

Sayısal analizde kullanılan model, genellikle belirli noktalar ve bu noktalar arasındaki bağlantılardan oluşan bir ağ ile temsil edilmektedir. Dolayısıyla ağın yoğunluğu, çözümün doğruluğunu etkilemektedir. Sayısal ağ bağımsızlığı, çözümün ağın yoğunluğundan bağımsız olduğu anlamına gelmektedir. Bu durum, çözümün güvenilirliği açısından önemli bir etkidir. Farklı ağ yoğunluklarında elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak, çözümün ağ bağımsızlığı kontrol edilmektedir. Sayısal analizde hata oranı mümkün olduğunca azaltılmalı ve çözümün güvenilirliği sağlanmalıdır. Hata yönetimi, hata kaynaklarının belirlenmesi, hataların büyüklüğünün tahmin edilmesi ve hataların etkilerini azaltmak için uygun yöntemlerin kullanılması gibi adımları içermektedir.

Son işlemler (Post Processing)

Sayısal analiz sürecinin son aşaması olan son işlem, elde edilen sonuçların incelenmesini, değerlendirilmesini ve anlamlı çıktıların oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu aşamada, çözümün doğruluğu, fiziksel gerçeklikle uyumu ve proje gereksinimlerini karşılama düzeyi göz önünde bulundurulmaktadır. Çözüm sürecinin tamamlanmasının ardından, elde edilen sonuçların gerçekçi olup olmadığı ve beklenen sonuçlarla uyumlu olup olmadığı incelenmektedir. Bu kapsamda elde edilen sonuçların, bilinen fiziksel prensiplerle çelişmemesi gerekmektedir. Kullanılan modelin gerçek sistemi olabildiğince yansıtması, sonuçların doğruluğunu önemli ölçüde etkilemektedir. Mümkün olduğunca modelleme hataları en aza indirilmelidir. Çözümde kullanılan sınır koşulları ve başlangıç koşullarının

doğruluğu kontrol edilmelidir. Bu koşullar, çözümün doğruluğunu önemli ölçüde etkilemektedir. Son işlem çıktılarının türü ve içeriği, analiz yapılan problemin türüne ve amaçlarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Çözümün belirli aşamalarındaki değerlerin sayısal olarak listelenmesi, daha detaylı analizler yapılmasına olanak tanımaktadır. Elde edilen sonuçlar, grafikler, tablolar ve metinler kullanılarak detaylı bir rapor halinde sunulabilmektedir. Rapor, analiz yapılan problemin tanımını, kullanılan yöntemleri, elde edilen sonuçları ve sonuçların değerlendirilmesini içermektedir. Son işlem çıktılarının seçimi ve sunumu, projenin amacına göre farklılık göstermektedir. Akademik Araştırmalar: Bilimsel makalelerde yayınlanmak üzere, detaylı ve kapsamlı sonuçlar sunulmalıdır. Son işlem aşaması, sayısal analiz sürecinin en önemli aşamalarından biri kabul edilmektedir (Soğancı ve Tutkun, 2021).

3.2. Rüzgâr Analizinde Kullanılan Metotlar

Öncelikli olarak rüzgâr analizinde kullanılan metotlar incelenmiştir. Rüzgâr analizlerinde çoğunlukla Autodesk Forma, Ingrid Cloud, SimScale, ArchiDynamics, Autodesk Flow Design, Designbuilder CFD, Autodesk CFD ve CFD Fluent gibi programlardan yararlanılmaktadır. Özellikle hesaplamalı akışkanlar dinamiği yaklaşımı olan CFD, rüzgâr etkisinin analizi için farklı çalışmalarda kullanılmıştır (Şabanoğlu, 2018).

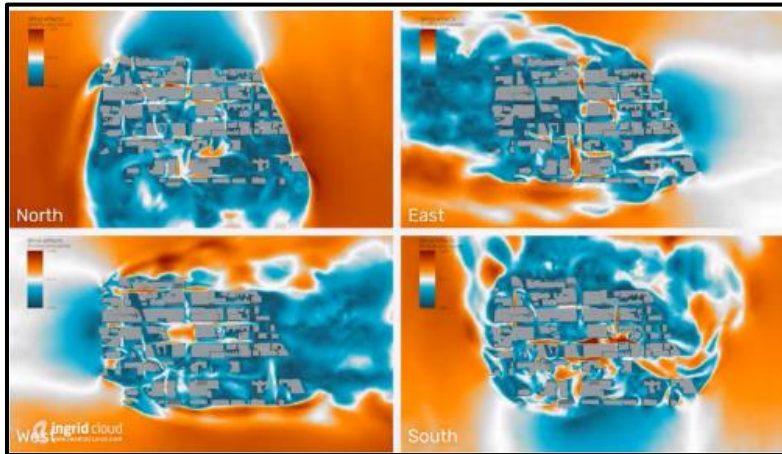
3.2.1. Autodesk Forma

Autodesk Forma, kavramsal tasarım, modelleme araçları ve gerçek zamanlı analiz yetenekleriyle ön tasarım aşamasını planlayarak tasarımı geliştiren bulut tabanlı bir yazılımdır. Bulut bilişimle desteklenmektedir. Ekiplerin projeleri ilk günden itibaren dijital olarak teslim etmelerine yardımcı olur. Revit programıyla bağlantı kurmaktadır. Akıllı tasarım kararları almak, riski azaltmak ve sürdürülebilirlik sonuçlarını iyileştirmek için gerçek zamanlı veri öngörülerini kullanmaktadır. Yapay zekâ destekli analizler yardımıyla güneş ışığı, gün ışığı potansiyeli, rüzgâr, gürültü ve mikro iklim faktörlerini analiz edebilmektedir. Bu sayede yapılar ve çevreleri hakkında gerçek zamanlı bilgiler elde edilebilmektedir. Karmaşık konseptli tasarım projeleri 3 boyutlu olarak modellenebilmektedir. Aynı zamanda birden fazla tasarım çözümü test edilip değerlendirilebilmektedir. Revit ile senkronize olarak çalışabilen Autodesk Forma, ön

tasarımdan ayrıntılı tasarıma proje geçişini kolaylaştırmaktadır. Kentsel mekanlarda rüzgârın yayalara etkisini ve yaya konforunu ölçmek için tercih edilmektedir (Url 5).

3.2.2. Ingrid Cloud

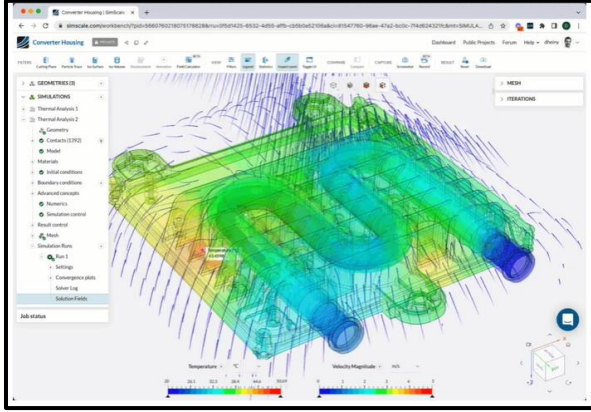
Ingrid Cloud, otomatik iş akışları için özel algoritmalar kullanan, kullanıcı dostu bir arayüz aracılığıyla doğruluğu artıran ve insan hatalarını azaltan profesyonel bir rüzgâr simülasyon yazılımı ve hizmet çözümüdür (Url 6). Rüzgâr enerjisi endüstrisi için CFD simülasyon hizmetleri sunarak CO₂ emisyonlarını azaltır ve rüzgâr performansını artırır. Yazılım, binaların rüzgâr performansını birbirleriyle karşılaştırır, coğrafi konuma göre rüzgâr konforu verileri sağlar ve komşu binalara etkileyen rüzgâr yükünü simüle eder. Aynı zamanda bina performansının değerlendirilmesine de olanak tanımaktadır (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Ingrid Cloud ile yapı etrafındaki rüzgâr simülasyonları (Ingrid Cloud, 2021)

3.2.3. SimScale

SimScale, mühendislerin ve tasarımcıların performansı test etmeleri, dayanıklılığını optimize etmeleri ve tasarım verimliliğini artırmaları için bilgisayar dinamik akışkanlarına (CFD'ler) anında erişim sunan bir bulut yazılımıdır. Herhangi bir web tarayıcısından ve herhangi bir bilgisayardan erişilebilen bu program, akışkanlar mekaniği ve ısı transferi için kullanılmaktadır. Ancak programda geometri değişikliği veya boyut görüntüleme olanağı sunulmamaktadır. SimScale'in web platformu, sonuçların 3 boyutlu olarak görselleştirilmesine olanak tanımaktadır (Şekil 3.3.). Akışkanlar mekaniği, termodinamik ve akustik endüstrilerindeki simülasyonlar için kullanışlıdır. Isı transferi çalışmaları için çeşitli analiz türleri tercih edilmektedir (Gavrić, 2021).



Şekil 3.3. SimScale ile simülasyonlar (Url 7)

3.2.4. ArchiDynamics

ArchiDynamics rüzgâr, yangın, gün ışığı, bağlam, güneş ve iklim analizi gibi modüller sunan, mimarlar için kullanışlı bir şekilde tasarlanmış mimari modelleme ve analiz aracıdır. Bina formlarının dinamik olarak değiştiği durumlarda etkilidir, zamandan tasarruf sağlamak ve derinlemesine bilgi gerektirmektedir. Kullanımı kolay olmakla birlikte modern bir kullanıcı arayüzüne sahiptir. Özellikle dinamik bina formları için kullanışlıdır. Hızlı ve sağlam bir arayüzle mimarların binaları çevresel parametrelere göre tasarlamasına ve analiz etmesine olanak tanıyan bir yazılımdır. Arayüzü mevcut mimari uygulamalar referans alınarak tasarlandığı için fazla vakit harcayan simülasyon süreçlerine olan ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır. Uzun süren bir öğrenme süreci bulunmamaktadır. Gerçek zamanlı olarak çalışmaktadır (Url 8).

3.2.5. Autodesk Flow Design

Flow Design programında kontur ve belirlenebilen miktarları için görselleştirme ayarları bulunmamaktadır. Aynı zamanda koordinatlara bakarak nokta seçimine yönelik mevcut bir araçtan da yoksundur. Bu sebeplerden dolayı hız değerlerinin tahmini görsel olarak sınırlanmaktadır (Olenkov vd. 2019). Autodesk Flow Design genel olarak ANSYS Fluent programıyla karşılaştırmalı olarak kullanılmaktadır. Mevcut yapılardaki yaya rüzgâr konforunu analiz ederken tercih edilmektedir (Daemei, 2019).

Flow Design, yapıların ve etraflarındaki hava akışının hızlı bir şekilde görselleştirilmesi için Autodesk aracılığıyla tasarlanan, sanal yolla oluşturulmuş bir rüzgâr tünelidir. Kullanıcı

dostu olan program Autocad ve Revit gibi diğer mimari yazılımlarla uyumlu olarak çalışmaktadır. Sistem, hava akışı hareketinin etkileşimli 2D ve 3D simülasyonlarına olanak tanımaktadır. Ancak rüzgâr parametrelerini ayarlamak için sınırlı seçeneklere sahiptir (Sousa vd. 2015). Rüzgâr tüneline simüle etmek için kullanılan Autodesk Flow Design yazılımının merkezinde mimariyle ilgili çalışmalar ve makineler yer almaktadır (Daemei vd. 2019). Flow Design yazılımından ortaya çıkan sonuçlar doğrultusunda model etrafındaki rüzgâr hareketi tanımlanarak tasarım kararları alınmasında etkili olmaktadır (Amri, 2017) (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Autodesk Flow Design modelleme (Url 9)

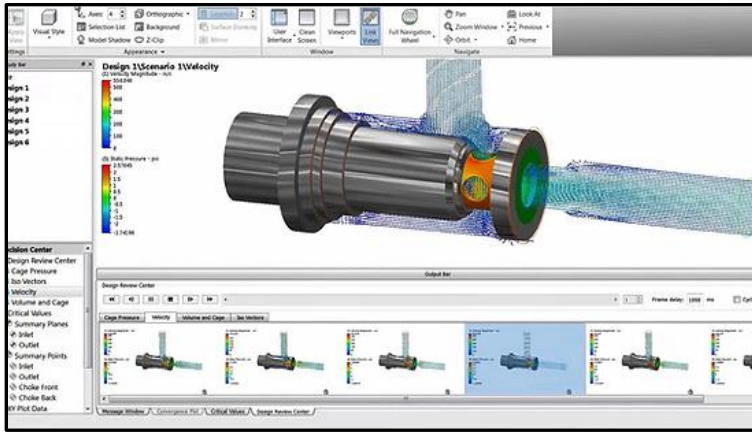
3.2.6. DesignBuilder CFD

DesignBuilder, bina performans analizi ve çevre kontrolü yapmak amacıyla kullanılan, çevresel performansı artıran bir simülasyon yazılımıdır. Hareket denklemlerini çözmek, akış geometrisi ve ağ oluşturmak amacıyla tercih edilmektedir. DesignBuilder CFD, bina yapıları etrafındaki hava hızı, basınç ve sıcaklık dağılımı hakkında bilgi sağlayarak yapılacak olan analizler için ön hazırlık işlevi görmektedir (Url 10). Elde edilecek bu bilgiler doğal havalandırma simülasyonları ve iç mekân konfor koşullarının değerlendirilmesi için çok önemlidir. Yazılım programı çevresel kontrolü ve performansı artırmak için tasarlanmıştır (Url 11).

3.2.7. Autodesk CFD

Autodesk CFD yazılımı, mühendisler ve analistler tarafından sıvı ve gaz performansını öngörmek, yüzeylerdeki ısı transferini ve sıvıların akışkanlık tasarımını analiz etmek ve API'ler aracılığıyla otomasyonu etkinleştirmek için kullanılan bir hesaplamalı akışkanlar

dinamiği simülasyon aracıdır. Fazla enerji tüketimini engellemek, tasarım aşamasında verimliliği artıracak kararlar alabilmek, ürünlerde oluşabilecek arıza risklerini ortadan kaldırmak, yüksek maliyetli fiziksel modelleri azaltmak ve simülasyonlarla dijital ortamda çalışmalar yapabilmek amacıyla kullanılmaktadır. Autodesk CFD programı özellikle mühendislik alanında sistem tasarımında kolaylık sağlamaktadır (Şekil 3.5.). Akışkan sıvı yüzeylerindeki hareketi ve bu yüzeylere etkiyen termal konforu analiz etmek amaçlanmaktadır (Url 12).

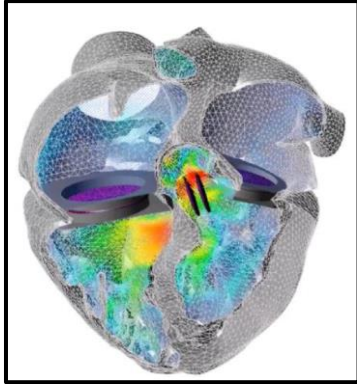


Şekil 3.5. Autodesk CFD modelleme (Url 12)

Bu yazılım aracılığıyla veri bilgi merkezleri, aydınlatmayla ilgili tasarımlar, elektronik soğutma sistemi, HVAC tasarımları gibi farklı endüstri kuruluşlarında kullanım alanı bulunmaktadır. Isı transfer çözümlemesi yapabilmesi, serbest yüzeyleri (sıvı ve gaz) modelleyebilmesi, basınç düşüşü ve akış kontrollerini yapabilmesi, hareketli yapıların çevrelerindeki sıvılarla olan etkileşimlerini analiz edebilmesi, güneş enerjisinin yapı ve mekanlara olan etkisini incelemesi, sabit referanslı bir yapı etrafındaki hareketli cihazları analiz etmesi temel özellikleri arasındadır. Analiz sonuçları kesitsel görünümelerde 3 boyutlu ve renklendirilmiş şekilde görselleştirilebilmektedir. Revit gibi mimari programlardan aktarım yapılabilir. Kullanım kolaylığı sayesinde tercih edilme oranı yüksek bir yazılımdır (Url 12). Problem tespiti, ön işlemler, çözüm ve son işlemler olmak üzere 4 aşamadan oluşmaktadır (Soğancı ve Tutkun, 2021).

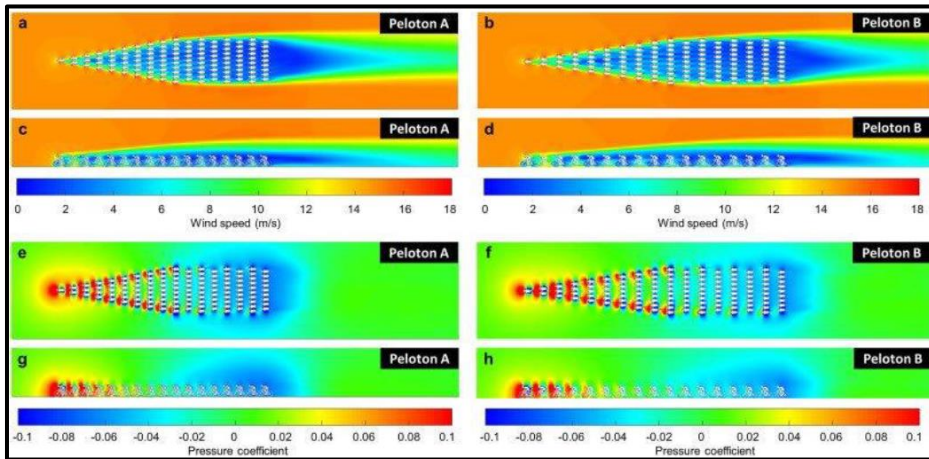
Bilgisayar kaynaklarının hızlı gelişimi ve erişilebilirliği yeni uygulama alanlarının gelişmesine yol açmıştır. Örneğin, uluslararası bir konsorsiyum olan Canlı Kalp Projesi'nde (Living Heart Project) canlı insan kalbinden alınan akış, yapısal ve sıvı-katı etkileşim analizleri kullanılarak çeşitli analizler gerçekleştirmiştir (Şekil 3.6.). Bu analizler tıp

alanında da güvenilir bir şekilde uygulanmaktadır (Dassault Systemes, 2019).



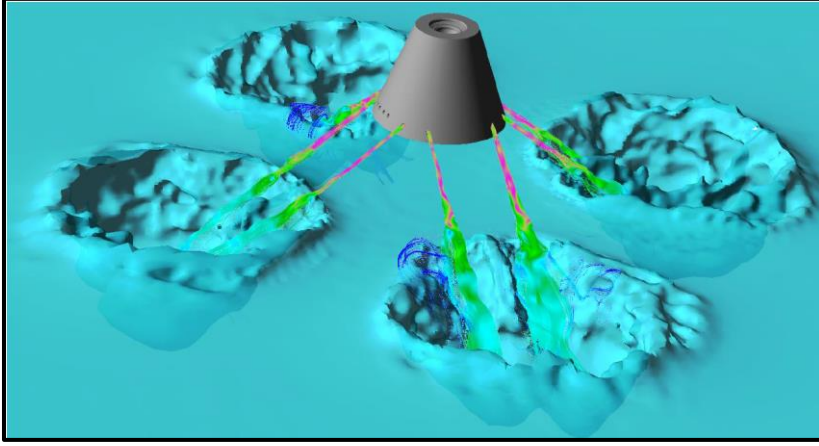
Şekil 3.6. Autodesk CFD canlı kalp modellemesi (Aksenov vd. 2016)

Spor alanındaki bir çalışmada, Eindhoven Teknolojisi ve KU Leuven Üniversiteleri, CFD yazılım geliştiricisi ve yüksek performanslı donanım sağlayıcı şirketlerin katılımıyla 121 bisikletçi üzerindeki kaldırma ve sürüklenme kuvvetleri CFD analizleriyle karşılaştırılarak incelenmiştir (Şekil 3.7.). Peloton Projesi olarak adlandırılan çalışma hem fiziksel deneyleri hem de simülasyonları içermektedir. Amaç, CFD yöntemini vaka bazında kalibre ederek gelecekteki uygulamalar için güvenilir bir model sağlamaktır. Bu yöntem, büyük ölçekli deneylerin maliyetini ve sıklığını azaltmayı hedeflemektedir.



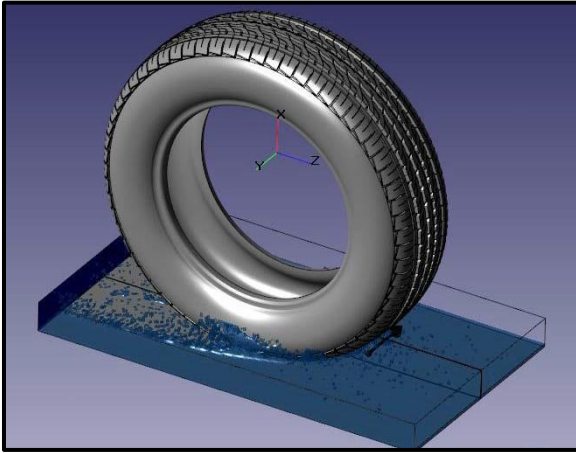
Şekil 3.7. Autodesk CFD bisikletli grup rüzgâr-basınç analizleri (Blocken vd. 2018)

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği, havacılık endüstrisinde de yaygın olarak tercih edilmektedir. Örnek bir çalışmada uzay aracının yeniden inişi modellenmiştir. Yapılan analizle, kaldırma kuvveti, sürüklenme kuvveti ve farklı Mach sayılarındaki momentler incelenmiştir. Uzay aracının suya iniş anı Şekil 3.8.'de gösterilmektedir (Dyadkin vd. 2005).



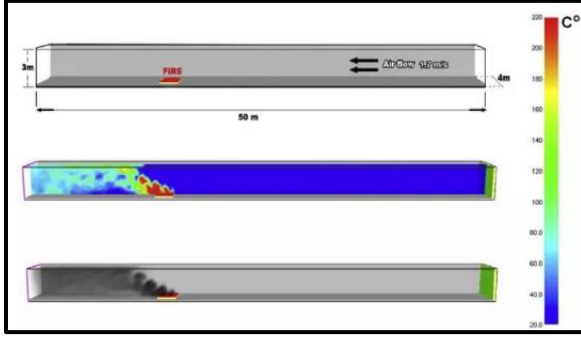
Şekil 3.8. Autodesk CFD uzay aracının suya inişi modellemesi (Dyadkin vd. 2005)

Autodesk CFD'nin bir diğer kullanım alanı da otomotiv sektörüdür. Farklı şekilde tasarlanmış otomobil lastiklerinin ıslak zemindeki kayganlığının test edilmesi için bir çalışma yapılmıştır. Karmaşık bir yapıya sahip lastik geometrisinin sıvılarla etkileşimi incelenmiştir (Şekil 3.9.).



Şekil 3.9. Autodesk CFD otomobil lastiğinin ıslak zeminde kaymasının modellemesi (Dyadkin vd. 2005)

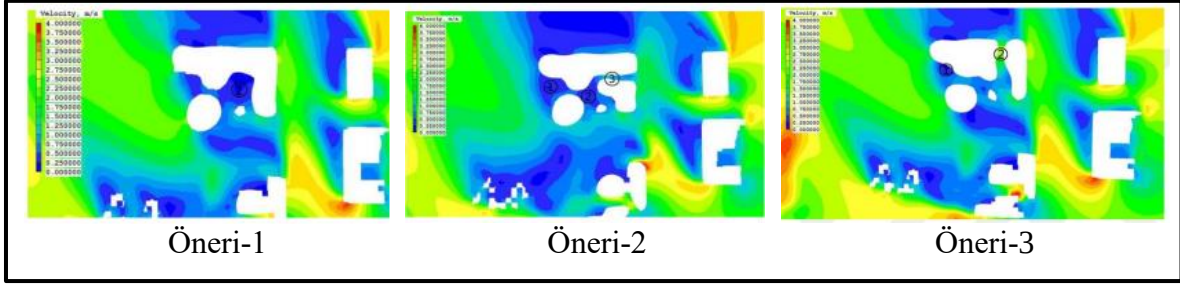
CFD analiz yazılımları yangın simülasyonlarında da kullanılmaktadır. Kapalı mekân özelliği taşıyan otopark, alışveriş merkezi ve tünellerde ortaya çıkabilecek yangınlarda duman tahliyesinin incelenmesiyle ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Yapılacak olan akış analizleriyle tasarımdaki eksikliklerin giderilmesi amaçlanmaktadır. Bu tip durumlarda fiziksel olarak test yapmak hem maliyetli hem de zaman alıcı olmaktadır. CFD yazılımı ve akış analizleriyle maliyetten ve zamandan tasarruf sağlanmaktadır. Şekil 3.10.'da mevcut bir tünelde oluşacak yangın simülasyonunda ortaya çıkan duman analiz edilmiştir (Adjiski vd. 2015).



Şekil 3.10. Autodesk CFD tünelde yangın simülasyonu (Dyadkin vd. 2005)

Yerleşim planı analizi ve modellemelerinde Autodesk CFD programından yararlanılmaktadır. Zhai (2006) tarafından yapılan çalışmada vaziyet planı modellemesiyle bina etrafındaki rüzgâr yükü analizlerini yapabilmek ve yaya konforunu düzenleyebilmek amaçlanmıştır. Guo ve ark. (2015b) tarafından hazırlanan çalışma Çin'in Guangzhou kentinde yeşil bina tasarımı üzerine yapılmıştır. Yüksek ortalama sıcaklıklara ve bağıl neme sahip bir şehirde doğal havalandırmanın önemine odaklanılan çalışmada kullanıcılar için rüzgâr konfor seviyeleri dikkate alınmıştır. Çeşitli açık alan alternatifleri araştırılarak üç farklı alternatif kültür merkezi oluşturulmuştur. Çalışma, yeşil bina tasarımında ve enerji tüketiminde bu faktörlerin dikkate alınmasının önemini vurgulamaktadır. Alanın kütleli modeli PHOENICS programına aktararak analizler yapılmıştır.

Çalışmada, birinci alternatifteki L şeklindeki kütlenin avlularda durgun alanlar oluşturduğu ve rüzgâr hızını 1 m/s'nin altına düşürdüğü tespit edilmiştir. Bu değerin belirlenen yaya konforuna uygun olmadığı görülmüştür. İkinci alternatif, 0-1,5 m/s'lik ortalama bir rüzgâr hızı aralığına sahiptir ve bazı noktalarda hız artışı yaşanmaktadır (Şekil 3.11.). Üçüncü seçenek, 1-2,5 m/s arasında düzgün bir rüzgâr dağılımına sahiptir ve bu sebeple sıcak yaz iklimi için daha uygun bulunmuştur. Üçüncü alternatifin yaya konforu için daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır (Guo vd. 2015 b).

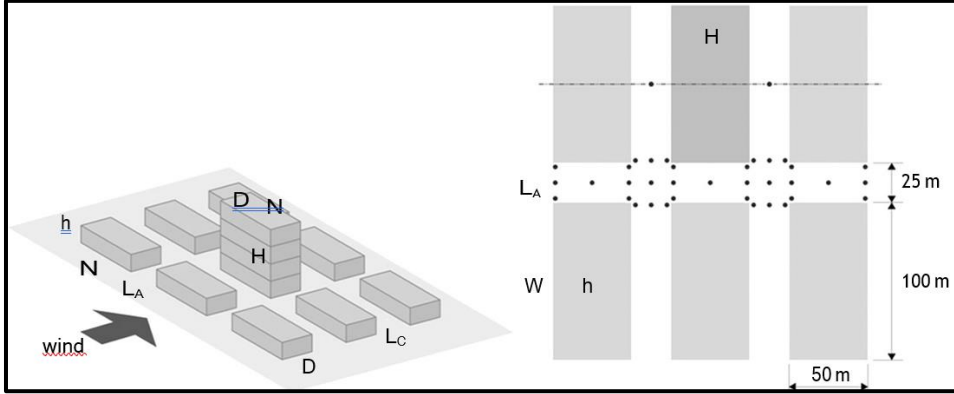


Şekil 3.11. Guangzhou kültür merkezi öneri rüzgâr analizleri (Guo vd. 2015 b)

Elshaer ve ark. (2015) tarafından hazırlanan çalışmada yüksek bir binanın köşe şekli modifikasyona uğratarak analizler yapılmıştır. Montazeri ve Bocken (2013) tarafından hazırlanan çalışmada balkonlu ve balkonsuz olan orta yüksekliğe sahip bir binaya etkiyen rüzgâr basıncını analiz etmek için CFD yazılımından yararlanılmıştır. Prabhakaran ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada VIT kampüsünde bulunan rüzgâr türbinlerindeki yaya konfor ve rüzgâr akış analizleri CFD simülasyonu ile analiz edilmiştir. Zeyrek (2019) tarafından hazırlanan çalışmada dikdörtgen plan tipolojisine sahip ve çift çatı eğimli yapılarındaki rüzgâr hızından kaynaklı ortaya çıkan dış duvar basınçları analiz edilmiştir.

3.2.8. CFD Fluent

Reiter tarafından (2010) hazırlanan çalışmada CFD Fluent yazılımı kullanılarak kentsel çevreye konumlandırılan karmaşık yapı binalar analiz edilmiştir. Çalışmanın amacı yazılımın doğruluğunu kontrol etmektir. Oluşturulan simülasyonlar mevcut rüzgâr kuvvetiyle karşılaştırılmıştır. Rüzgâr tüneli simülasyonundaki önemli noktalar Şekil 3.12.'de gösterilmektedir. Araştırma sonucunda yoğun kentsel bölgelerdeki rüzgâr kuvveti analizleri için CFD Fluent programının kullanılmasının uygun olduğu tespit edilmiştir. Yapılan simülasyonlar kentsel mekanlardaki rüzgârın olumsuz etkisini değerlendirmek amacıyla doğrulanmıştır.



Şekil 3.12. CFD Fluent kentsel çevre analizleri (Reiter, 2010)

3.2.9. Programların değerlendirilmesi

İncelenen 8 farklı program ve içerdikleri analiz özellikleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir. Değerlendirmeler sonucu her programda öncelikli olarak akışkanlar dinamiği analizi yapıldığı tespit edilmiştir. Autodesk Forma yazılımının kullanım kolaylığı orta olarak derecelendirilmiştir. Grafik arayüzü bulunmaktadır. Akışkanlar dinamiği analizinin yanı sıra ısı analiz ve güneş analizleri mevcuttur. Otomatik meshleme yapmaktadır. Ingrid Cloud yazılımı yüksek kullanım kolaylığına sahiptir. Grafik arayüzü mevcuttur. Programda akışkanlar dinamiği analizi yapılmaktadır. Otomatik meshleme özelliği ve bulut tabanlı hesaplama özellikleri bulunmaktadır. Simscale programı da yüksek kullanım kolaylığına sahiptir. Grafik arayüzü vardır. Yazılımda akışkanlar dinamiği analizinin yanı sıra ve ısı analiz de gerçekleştirilmektedir. Otomatik meshleme yapmaktadır.

ArchiDynamics, yüksek kullanım kolaylığı olan yazılımlardandır. Grafik arayüzü bulunmaktadır. Akışkanlar dinamiği analizinin yanı sıra ısı güneş analizi mevcuttur. Otomatik meshleme özelliği ve entegre revit uyumluluğu bulunmaktadır. Autodesk Flow Design yazılımı yüksek kullanım kolaylığına sahiptir. Grafik arayüzü mevcut olmakla birlikte akışkanlar dinamiği analizi için tercih edilmektedir. Otomatik meshleme yapmaktadır. Basit bir arayüze sahiptir. Designbuilder CFD yazılımı orta düzeyde kullanım kolaylığına sahiptir. Grafik arayüzü vardır. Akışkanlar dinamiği analizi ve ısı analiz yapmaktadır. Otomatik meshleme özelliği ve yapısal analiz entegrasyonu bulunmaktadır. Autodesk CFD yazılımı yüksek derecede kullanım kolaylığına sahiptir. Grafik arayüzü bulunmaktadır. Akışkanlar dinamiği analizi, ısı analiz ve güneş analizi yapmaktadır. Otomatik meshleme özelliği bulunmaktadır. Yüksek çözünürlüklü akış simülasyonları

oluşturmaktadır. CFD Fluent yazılımı orta düzeyde kullanım kolaylığına sahiptir. Grafik arayüzü bulunmaktadır. Programda akışkanlar dinamiği analizi ve ısı analiz yapılmaktadır. Otomatik meshleme özelliği ve paralel hesaplama özellikleri mevcuttur.

Yapılan literatür incelemesi sonucunda analiz çalışmaları için en yaygın olarak tercih edilen programın Autodesk CFD olduğu görülmüştür. Simülasyon programının kullanımının rahatlığı, diğer mimari yazılım programlarıyla olan etkileşiminin kolaylığı, zaman ve maliyetten tasarruf sağlaması tercih edilme oranını artıran sebeplerden olmaktadır. Genel olarak akışkanlar dinamiği analizi amaçlı kullanılan bir yazılım olmasının yanı sıra güneş analizi ve ısı analizleri için de kullanılmaktadır. İncelenen çalışmalar doğrultusunda özellikle yüksek katlı yapıların analizinde tercih edilen bir program olduğu görülmüştür. Yapılan tez çalışması kapsamında yerleşke analizi için en kullanışlı ve uygun yazılımın Autodesk CFD olduğuna karar verilmiştir.

Çizelge 3.1. Programlar ve özellikleri (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Program/ Özellik	Kullanım Kolaylığı	Grafik Arayüzü	Analiz Türleri	Mesh Seçeneği	Ek Özellikler
Autodesk Forma	Orta	Var	Akışkanlar Dinamiği, Isıl Analiz, Güneş Analizi	Otomatik	Kolay kullanım
Ingrid Cloud	Yüksek	Var	Akışkanlar Dinamiği	Otomatik	Bulut tabanlı hesaplama
SimScale	Yüksek	Var	Akışkanlar Dinamiği, Isıl Analiz	Otomatik	Termal analiz
Archi- Dynamics	Yüksek	Var	Akışkanlar Dinamiği, Güneş Analizi	Otomatik	Entegre Revit uyumu
Autodesk Flow Design	Yüksek	Var	Akışkanlar Dinamiği	Otomatik	Basit arayüz
Designbilde r CFD	Orta	Var	Akışkanlar Dinamiği, Isıl Analiz	Otomatik	Yapısal analiz entegrasyon
Autodesk CFD	Yüksek	Var	Akışkanlar Dinamiği, Isıl Analiz, Güneş Analizi	Otomatik	Yüksek çözünürlük, akış simülasyonu Yapısal analiz
CFD Fluent	Orta	Var	Akışkanlar Dinamiği, Isıl Analiz	Otomatik	Paralel hesaplama

4. ALAN ÇALIŞMASI

Bina aerodinamiği ve rüzgâr yönünün az katlı toplu konut projesindeki bina yüksekliği, konumu ve binalar arası mesafe ilişkisi üzerine etkilerini analiz edebilmek amacıyla Ankara ili Yenimahalle ilçesinde yer alan Tunç Park Ankara toplu konutları çalışma alanı olarak seçilmiştir. Örneklemdaki bina yerleşimi ile ilgili veriler proje müellifinden alınmıştır. Çalışmanın son aşamasında elde edilen veriler doğrultusunda yerleşkedeki 13 blok bilgisayar ortamında SketchUp programı aracılığıyla modellenmiştir. Modelleme aşamasında kapı ve pencere boşluklarının modele eklenmemesine dikkat edilmiştir. CFD simülasyonundaki bloklar yalın kütleler şeklinde oluşturulmuştur. İncelenen benzer çalışmalarda da pencere ve kapı açıklıkları eklemekten masif modellere odaklanıldığı görülmüştür. Bütün veriler girildikten sonra analizler gerçekleştirilmiştir.

Yapılan tez çalışmasında örneklem yerleşkedeki binaları etkileyen rüzgâr kuvveti değerinin en aza indirgenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda yerleşkedeki binaların yükseklikleri, konumları ve birbirleriyle olan mesafeleri değiştirilerek rüzgâr kuvveti etkisinin minimum düzeyde olduğu yerleşke tasarımı ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda öncelikle Tunç Park Ankara Toplu Konut Yerleşkesinin konumu, yerleşkedeki konut özellikleri ve çevresel faktörler incelenmiştir. Yerleşkedeki binaların, alınan yerleşim verileri kapsamında tipolojik özellikleri, kat yükseklikleri, blok tipleri, mesafe ilişkileri ve sahip olduğu sosyal donatılar anlatılmıştır. Daha sonra yerleşke üzerinde yapılacak analizler için kullanılacak hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi benimsenmiştir. Autodesk CFD yazılımı aracılığıyla ve belirlenen sınır koşulları doğrultusunda yerleşke üzerindeki analizler gerçekleştirilmiştir. Toplu konut yerleşkesindeki bina yüksekliklerinin, bina konumlarının ve binalar arası mesafelerin değiştirilmesiyle ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda öneri yerleşke tasarımı oluşturulmuştur

4.1. Tunç Park Ankara Toplu Konut Yerleşkesinin İncelenmesi

Tez çalışması kapsamında seçilen örneklem yerleşke Ankara ili Yenimahalle ilçesinde bulunmaktadır. Çalışma alanı olarak Ankara ilinin tercih edilme sebepleri arasında başkent olması, büyük şehir özelliği taşıması, kentte hızla artan nüfus miktarı, bu artış miktarı doğrultusunda ortaya çıkan konut ihtiyacının artması ve yapısal farklılıklar, bina aerodinamiği kapsamında il içi bina incelemelerin mevcut olması gösterilebilir.

Ankara ili özelinde Tunç Park Ankara yerleşkesinin tercih edilme sebepleri ise az katlı toplu konut yerleşkesi olarak tasarlanması, farklı yükseklik ve konumlara göre yerleştirilmiş farklı blok tiplerindeki binalara sahip olması, konumlandırıldığı bölgede mevcut durumda bulunan kültür merkezi, okul, AVM, tıp merkezi ve sanayi tesisleri gibi sosyal aktivite ve insan yoğunluğunun fazla olduğu, kentsel açıdan önemli yapılarla ilişki içinde olmasıdır. Ayrıca anayol üzerinde bulunması, ulaşım kolaylığı sağlaması ve yüksek katlı konut bölgelerine yakınlığı örneklem olarak seçilme nedenlerindendir (Şekil 4.1.). Kent içinde konumlandırılışı, yerleşke olarak toplu konut özelliğinde olması, çevresel faktörlerin ve yapılara etkiyen rüzgâr kuvvetinin tespit edilmesinde etken rol oynamaktadır. Yerleşkede konumlandırılan farklı tipteki binaların tez çalışması kapsamında incelenmek üzere seçilen bina yüksekliği, bina konumu ve binalar arası mesafe ilişkisi farklılaştırılması kriterleri ile ilgili yapılacak deneysel çalışmalarda çeşitlilik sağlayacak olması bir diğer etken sebep olarak gösterilmektedir.



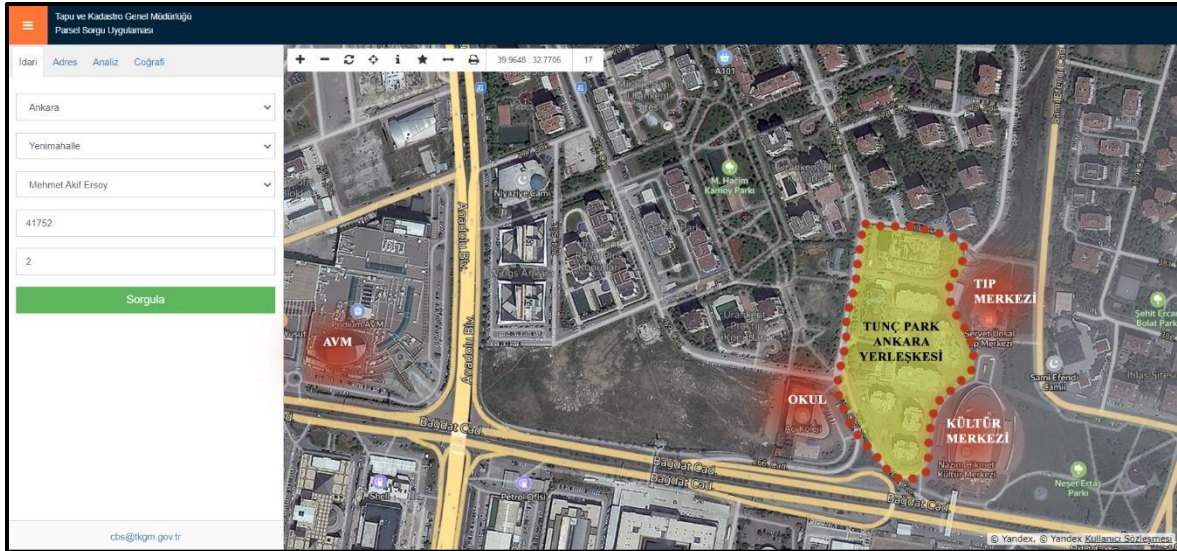
Şekil 4.1. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi (Paye Mühendislik Arşivi, 2023)

4.2. Tunç Park Ankara Toplu Konut Yerleşkesi Bina Yerleşim Verileri

Mevcut yerleşkede A, D, F ve L tip olmak üzere plan tipolojisine sahip 13 blok bulunmaktadır. Basketbol, tenis ve çocuk oyun alanları gibi sosyal donatılar mevcuttur. Yerleşke düzeneğindeki yaya kullanım alanları oldukça fazladır. Çalışma bölgesindeki bina

konumları ve bina yükseklikleri ile ilgili verilere proje müellifi aracılığıyla ulaşılmıştır. Alanda bulunan 13 blok elde edilen veriler doğrultusunda SketchUp programında modellenmiştir.

2021 yılında yapımına başlanan yerleşkenin mimarı ve tasarımcısı Atilla Şengonca, yüklenici firması Tunç Gold Yapı olmakla birlikte müşavir firması Paye Mühendislik Mimarlık ve İnş. A.Ş.'dir. Yerleşke Ankara ili Yenimahalle ilçesinde 30 000 m² arsa üzerine yerleştirilmiştir. Kullanım alanı 18 500 m² olarak belirlenmiştir. 9 000 m² yeşil alan bulunmaktadır. Tipoloji olarak konut ve alışveriş olarak sınıflandırılabilir. Yerleşkede konumlandırılan yapılar dikdörtgen forma sahiptir. Bina dış cephelerinde giydirme cephe tercih edilmiştir. Şekil 4.2.' de yerleşkenin harita gösterimi bulunmaktadır.



Şekil 4.2. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi harita gösterimi (Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Web Sitesi, 2023)

Örneklem olarak seçilen Tunç Park Ankara toplu konut projesinde basketbol, tenis ve çocuk oyun alanları gibi sosyal aktivite alanları bulunmaktadır (Şekil 4.3.). A, D, F ve L tip olarak adlandırılan blokların 3 tanesi F blok, 4 tanesi L blok, 2 tanesi A blok ve 4 tanesi D bloktur. F ve L tip bloklar birbirinden bağımsızken A ve D tip bloklar U şeklinde birbirlerine komşu olarak konumlandırılmıştır. Çizelge 4.1.'de yerleşkeye ait genel bilgiler verilmiştir.

Çizelge 4.1. Örneklem bina olarak seçilen Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesine ait genel bilgiler (Paye Mühendislik arşivi, 2023)

YERLEŞKENİN ADI	Tunç Park Ankara	
YERİ	Ankara, Türkiye	
MİMARİ	Atilla Şengonca	
YAPIM YILI	2021	
PROJE TİPOLOJİSİ	Konut, Alışveriş	
PROJE BİLGİLERİ	Yüklenici: Tunç Gold Yapı Müşavir: Paye Mühendislik Arsa Alanı: 30 500 m ² Kullanım alanı: 18 500 m ² Yeşil Alan: 9 000 m ²	
YAPILARIN FORMU	Dikdörtgen forma sahip 13 bloktan oluşmaktadır.	
KULLANILAN MALZEMELER	Binada beton ve cam olmak üzere temel malzemeler kullanılmıştır. Giydirme dış cepheden oluşmaktadır.	



Şekil 4.3. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi (Paye Mühendislik Arşivi, 2023)

Şantiyesi devam etmekte olan yerleşkedeki F ve L tip bloklar tamamlanmışken A ve D tip blokların inşası devam etmektedir (Resim 4.1.).



Resim 4.1. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi (Paye Mühendislik Arşivi, 2023)

4.3. Tunç Park Ankara Toplu Konut Yerleşkesi Bina Aerodinamiği Analiz Yönteminin Belirlenmesi

Bina aerodinamiği kapsamında yapılan literatür taraması sonucu bina konumu, bina yüksekliği ve binaların birbirlerine göre konumlarına yönelik değişkenlerin olduğu çalışmalar incelenmiş ve bu çalışmalarda tercih edilen bina aerodinamiği analiz yöntemleri değerlendirilmiştir.

Literatür araştırması sonucunda deneysel ve sayısal olmak üzere iki farklı bina aerodinamiği analiz yönteminin kullanıldığı ortaya çıkmıştır. Deneysel analiz yöntemlerinden yaygın olarak rüzgâr tüneli testlerinin kullanıldığı tespit edilmiştir. Sayısal analiz yöntemlerinden ise hesaplamalı akışkanlar dinamiğinin (CFD) büyük bir çoğunluk tarafından tercih edildiği bilinmektedir. Bina aerodinamiği analizi için hesaplamalı akışkanlar dinamiği yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu kararın verilmesinde CFD'nin kullanımının yaygın olması ve zamandan tasarruf sağlaması etkili olmuştur.

Örneklem yerleşkedeki rüzgâr kuvveti analizi için araştırmalarda en çok kullanılan simülasyonlar belirlenmiştir. Literatür çalışmalarına dayanılarak rüzgâr analizinde tercih edilen Autodesk Forma, Ingrid Cloud, SimScale, ArchiDynamics, Autodesk Flow Design, Designbuilder CFD ve Autodesk CFD yazılımları değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda tez çalışmasında kullanılacak programın Autodesk CFD olmasına karar verilmiştir. Autodesk CFD'nin tercih edilmesinde incelenen çalışmalarda öncelikli olarak kullanılması, farklı mimari programlarla entegre çalışması, kullanım kolaylığı ve analizleri kısa sürede ortaya çıkarması etkin rol oynamıştır.

Literatürde benzer çalışmalar değerlendirildiğinde bina aerodinamiği analizlerinde yapı yüksekliği, yapılar arası mesafe ve yapı konumu değişkenlerine dikkat edildiği tespit edilmiştir. Bu nedenle Autodesk CFD programı kullanılarak yapılan analizlerde mevcut yerleşkedeki bina yüksekliği, binalar arası mesafe ilişkisi ve bina konumu öncelikli olarak analiz edilmiş, daha sonra bu değişkenler farklılaştırılarak analiz sonuçlarındaki değişimler karşılaştırılmıştır.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre Ankara'nın ortalama rüzgâr hızı 3 m/s olarak tespit edilmiştir (Url 4). Bu nedenle yerleşkede yapılan analizde rüzgâr hızı 3 m/s olarak kabul edilmiştir.

Rüzgâr yönü ise literatür çalışmaları referans alınarak kuzey-güney doğrultusunda ve güneyden kuzeye doğru bir akış analiziyle değerlendirilmiştir. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre Ankara'nın yıllık sıcaklık değeri 12°C'dir (Url 4). Bu sebeple örneklem yerleşkede yapılan analizde sıcaklık değeri 12°C olarak kabul edilmiştir. Yapılan analizlerde rüzgâr hızı, rüzgâr yönü ve sıcaklık değeri sabit tutulmuştur. Yerleşkedeki binaların mevcut durumdaki yükseklikleri A, D, F ve L bloklarda yaklaşık olarak 25 m'dir. Bina yükseklikleri, bina konumları ve binalar arası mesafe ilişkileri farklılaştırılarak analizler yapılmıştır.

Çizelge 4.2.'de örneklem yerleşkedeki Autodesk CFD analizinde girdi ve çıktı olarak ortaya çıkan değişkenler gösterilmektedir. Sıcaklık, rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, bina yüksekliği, binalar arası mesafe ilişkisi, bina konumu ve yönlenme programa girilen değerlerdir. Bu girdiler sonucu oluşan rüzgâr hızı ise programın çıktısı olarak kabul edilmektedir. Sıcaklık, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü sabit tutulup bina yüksekliği, binalar arası mesafe değerleri ve bina konumlandırılması farklılaştırılarak analizler yapılmıştır. Simülasyon çalışmaları sonucunda farklı rüzgâr hızları oluştuğu görülmüştür.

Çizelge 4.2. Autodesk CFD analiz girdileri ve çıktıları (Url.4, Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Analiz Parametreleri	Analiz Değerleri	Analiz Çıktıları
Sıcaklık	12 °C	Rüzgâr Hızı
Rüzgâr Hızı	3 m/s	
Rüzgâr Yönü	Kuzey-Güney Doğrultusu	
Bina Yüksekliği	Mevcut ve değişken	
Bina Konumu ve Yönlenme	Mevcut ve değişken	
Binalar Arası Mesafe	Mevcut ve değişken	

4.4. Tunç Park Ankara Toplu Konut Yerleşkesinin Autodesk CFD Programı Aracılığı ile Analiz Edilmesi

Tez çalışması kapsamında Tunç Park Ankara Toplu Konut yerleşkesinin analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz çalışmaları için sayısal simülasyon yöntemi olan hesaplamalı akışkanlar dinamiği tercih edilmiştir. CFD simülasyon programlarından ise Autodesk CFD kullanılmaktadır. Yerleşke üzerindeki sıcaklık değeri, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü sabit

tutulup, bina yüksekliği, bina konumu ve yönlenme değerleri ve binalar arası mesafe ilişkisi değişken olarak belirlenmiştir. Yerleşkenin üç boyutlu modeli SketchUp programı aracılığıyla oluşturulmuştur. Daha sonra oluşturulan model Autodesk CFD programına aktarılarak analizler başlatılmıştır. Bina yüksekliği analizi, bina konumu ve yönlenme analizi, binalar arası mesafe ilişkisi analizi olmak üzere 3 farklı başlıkta, mevcut değerler değiştirilerek simülasyonlar oluşturulmuştur.

4.4.1. Toplu konut yerleşkesinde bina yüksekliğinin rüzgâr hareketlerine etkisinin analizi

Bina yüksekliği analizinde Çizelge 4.3.'te görülen analiz girdileri dikkate alınmıştır. Rüzgâr hızı değeri analiz çıktısı olarak kabul edilmektedir. Analiz girdilerinde sıcaklık, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü değerleri sabit tutulmuştur. 12 °C'de, 3 m/s hızında ve kuzey-güney doğrultusunda olan rüzgâr kuvveti mevcut durumda 25 m yüksekliğinde kabul edilen A, D, F ve L bloklara uygulanmıştır.

Az katlı binalarda yükseklik üst sınırı 21,50 m iken yüksek yapılarda yükseklik üst sınırı 51,50 m'dir. Bu nedenle bina yüksekliği analizinde az katlı bina üst sınırı ve yüksek yapı üst sınırı referans alınmıştır. Daha sonra 12 °C'de, 3 m/s hızında ve kuzey-güney doğrultusunda olan rüzgâr kuvveti 21,50 m yüksekliğine indirilen bloklara uygulanmıştır. Bir sonraki aşamada 12 °C'de, 3 m/s hızında ve kuzey-güney doğrultusunda olan rüzgâr kuvveti 51,50 m yüksekliğine çıkarılan bloklara uygulanmıştır. Analiz sonuçları değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.3. Autodesk CFD bina yüksekliği analizi girdileri ve çıktıları (Url.4, Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Analiz Parametreleri	Analiz Değerleri	Analiz Çıktıları
Sıcaklık	12 °C	Rüzgâr Hızı
Rüzgâr Hızı	3 m/s	
Rüzgâr Yönü	Kuzey-Güney Doğrultusu	
Bina Yüksekliği	25 m (Mevcut)	
	21,50 m	
	51,50 m	

Mevcut yapı yüksekliğinde yerleşkeyi etkileyen hava hareketinin analizi

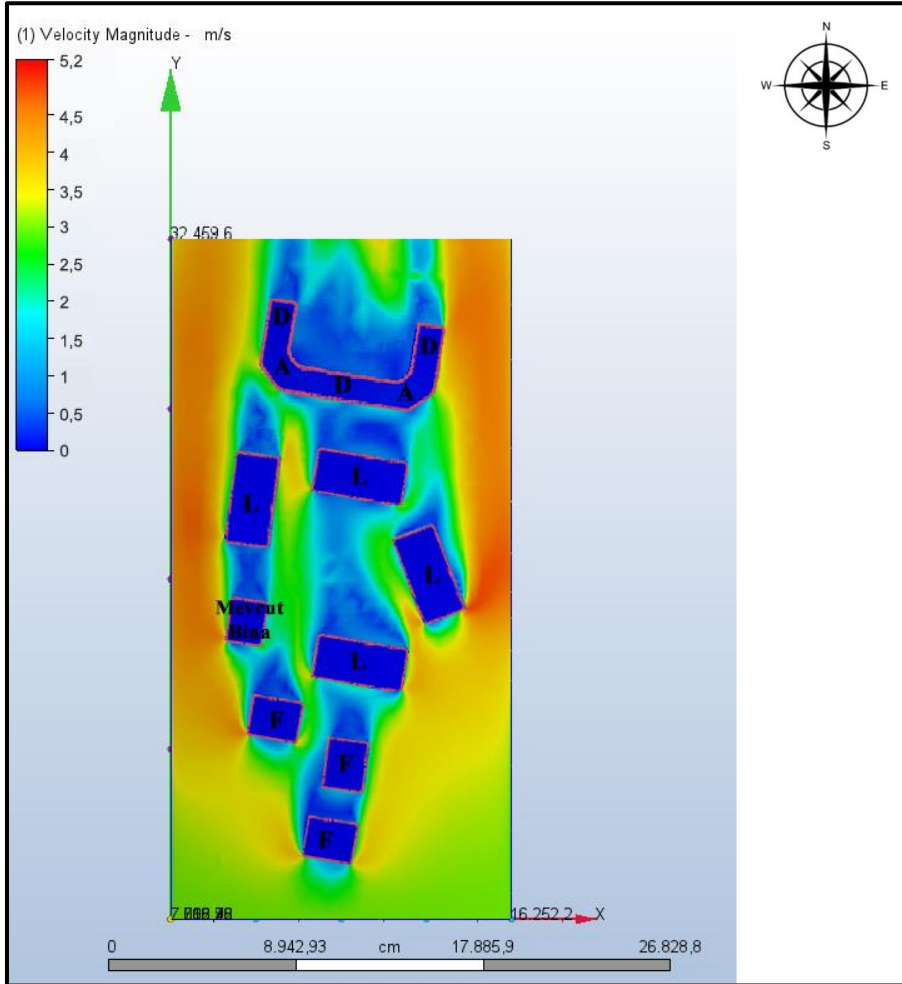
Mevcut yapı yüksekliği analizinde yerleşke üzerinde konumlandırılmış binalara etki eden rüzgâr kuvveti ölçülecektir. Analiz girdilerinde sıcaklık, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü değerleri sabit tutulmuştur. Bina yüksekliği değeri mevcut yükseklik değeri olup 25 m olarak kabul edilmiştir. Çizelge 4.4.'te mevcut yapı yüksekliği analizine yönelik parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. Autodesk CFD mevcut yapı yüksekliği analizi girdileri (Url.4, Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Analiz Parametreleri	Analiz Değerleri
Sıcaklık	12 °C
Rüzgâr Hızı	3 m/s
Rüzgâr Yönü	Kuzey-Güney Doğrultusu
Bina Yüksekliği	25 m (Mevcut)

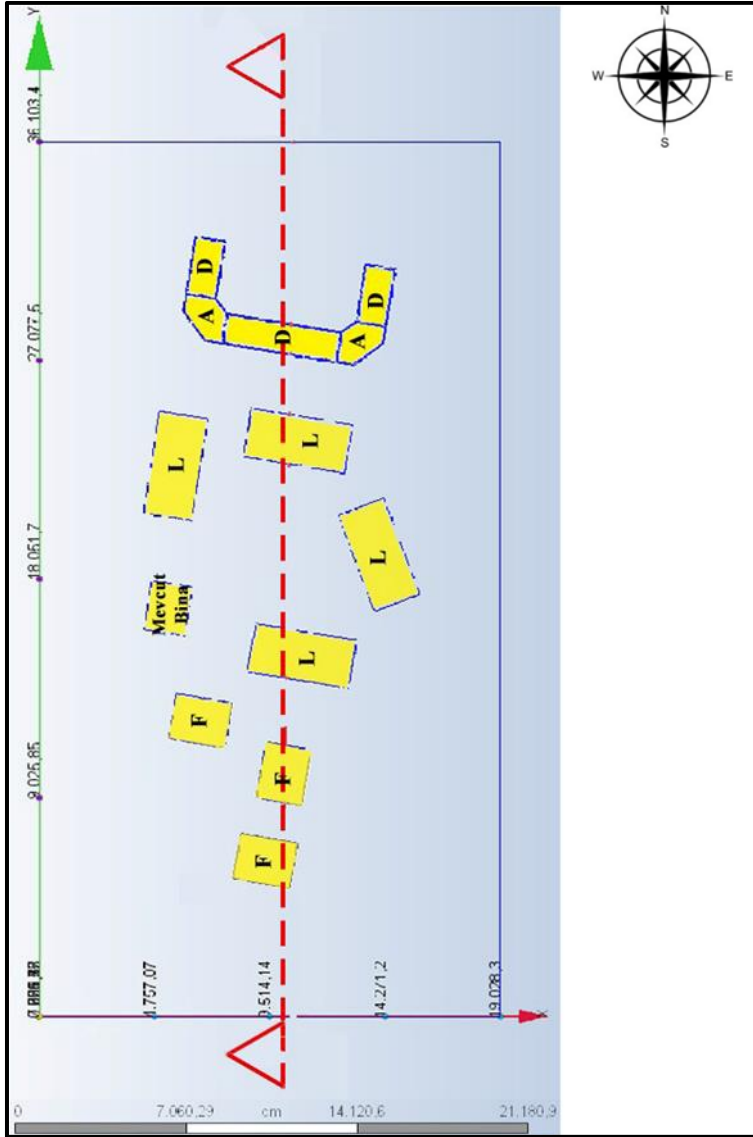
Yapılan ilk analizde öncelikli olarak yerleşkede mevcut durumda bulunan yapılara etki eden rüzgâr kuvveti ölçülmüştür. 25 m yükseklikte olan A, D, F ve L bloklarına 12 °C'de, 3 m/s hızında ve kuzey-güney doğrultusunda etkiyen rüzgâr kuvvetinin ulaştığı maksimum hız değeri 5,2 m/s olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.4'te yerleşkedeki rüzgâr kuvvetinin değer aralığı vaziyet planı ölçeğinde gösterilmektedir. En düşük rüzgâr kuvveti değer aralığı 0,0-2,0 m/s ve en yüksek rüzgâr kuvveti değer aralığı 4,5-5,2 m/s olarak açığa çıkmıştır. F-L bloklarının çevresinde rüzgâr hızının 0,0-2,0 m/s aralığında olduğu görülmektedir. A-D bloklarının da kuzeye bakan taraflarındaki rüzgâr hızı değer aralığı da 0,0-2,0 m/s'dir. Rüzgâr hızının bu kısımlarda en düşük olduğu görülmektedir. Güney yönüne hâkim olan rüzgâr kuvveti değer aralığı 2,0-3,5 m/s olarak gözükmemektedir. Doğu ve batı yönünde konumlandırılmış L bloklarının arasında da 2,0-3,5 m/s rüzgâr hızı değer aralığının yaygın olduğu görülmektedir. Bu bölgelerde ortalama bir rüzgâr kuvveti bulunmaktadır. Yerleşkenin güneydoğu ve güneybatı taraflarında ise 3,5-4,0 m/s değer aralığındaki rüzgâr hızının hâkim olması, bu alanlarda ortalamanın üstünde bir rüzgâr kuvvetinin etkili olduğunu göstermektedir. Yerleşkenin doğuya ve batıya bakan yamaçlarında rüzgâr kuvveti değer

aralığı 4,5-5,2 m/s olarak görülmektedir. Rüzgâr hızının en yüksek olduğu bölgeler bu alanlar olarak değerlendirilmektedir.



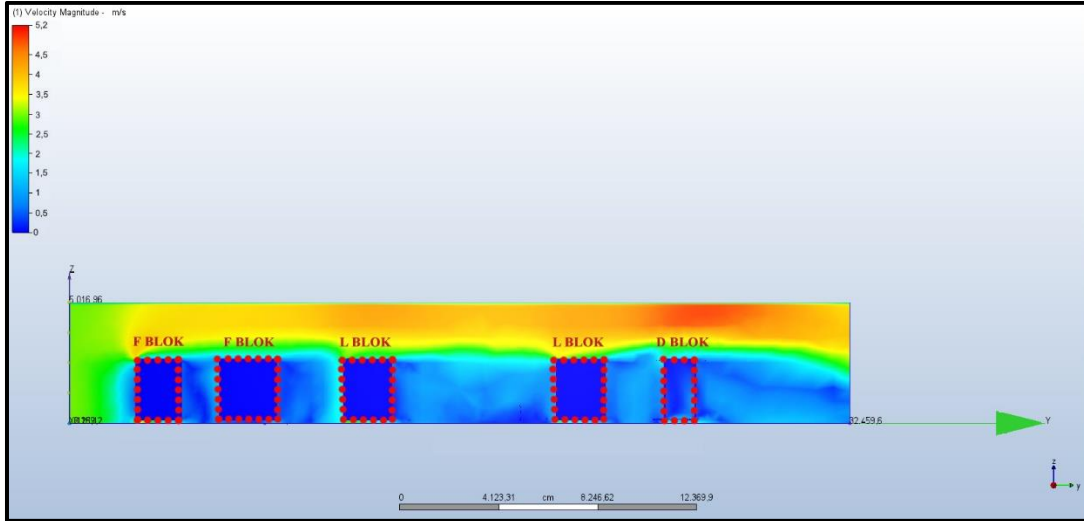
Şekil 4.4. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi mevcut yapı yüksekliği analizi (Autodesk CFD)

Şekil 4.5.'te mevcut durumda bulunan bloklardan alınan kesitin doğrultusu, yönü ve geçtiği bloklar gösterilmektedir. 2 tane F blok, 2 tane L blok ve 1 tane D bloktan geçen kesit silüeti oluşturulmuştur.



Şekil 4.5. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi kesit çizgisi (Autodesk CFD)

Yerleşkedeki rüzgâr kuvvetinin iki boyuttaki etkisinin incelenebilmesi için oluşturulan kesit diyagramı Şekil 4.6.'da gösterilmektedir. Rüzgâr kuvvetinin bina üst noktalarında ortalama değerde olduğu ve yükseklerle çıkıldıkça arttığı gözlenmektedir. Rüzgâr kuvvetinin en fazla etki ettiği alan ise D bloğun Z koordinatı doğrultusudur. Bu alandaki rüzgâr kuvveti değer aralığı 4,5-5,2 m/s aralığındadır. Rüzgâr hızının en düşük olduğu alanların ise bina aralarındaki bölgeler olduğu fark edilmektedir. Bu bölgelerdeki rüzgâr kuvveti değer aralığı 0,0-2,0 m/s aralığındadır. Kesit diyagramına göre yerleşkenin güneyine 2,0-3,5 m/s değer aralığındaki ortalama rüzgâr kuvvetinin, kuzeyine ise 0,0-2,0 m/s değer aralığındaki düşük rüzgâr kuvvetinin hâkim olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 4.6. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi mevcut yapı yüksekliği kesit analizi (Autodesk CFD)

21,50 m kat yüksekliğinde yerleşkeyi etkileyen hava hareketinin analizi

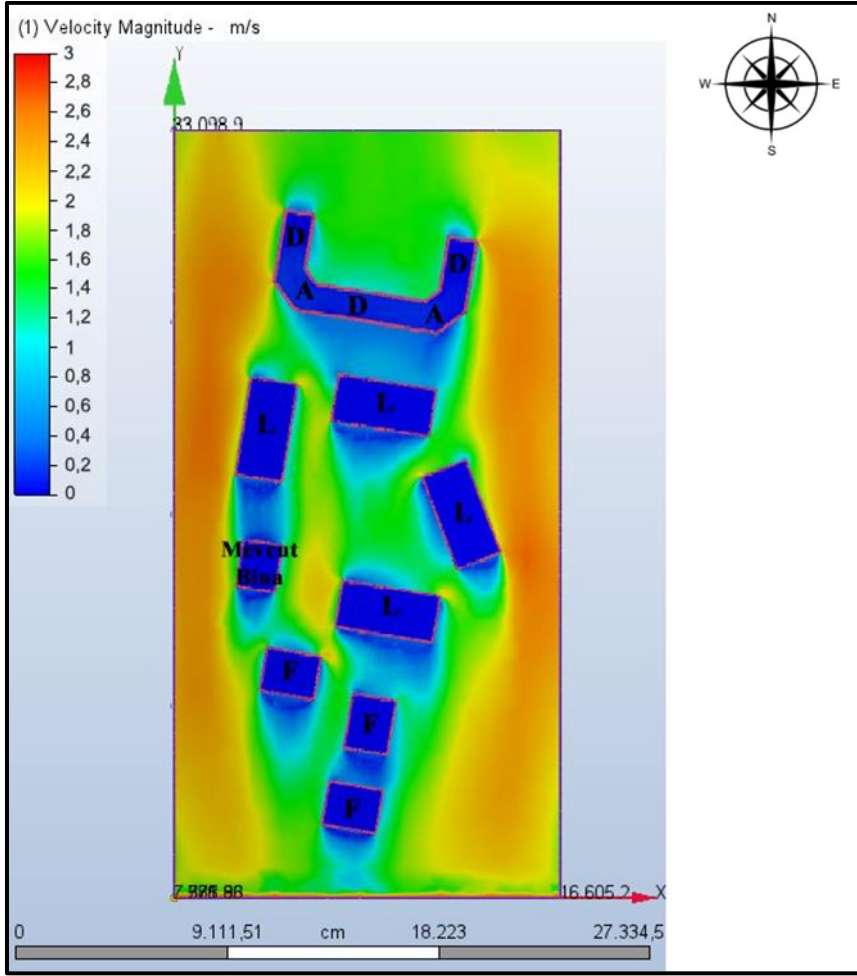
21,50 m kat yüksekliği analizinde mevcut blokların kat yüksekliği, az katlı binalarda yükseklik üst sınırı olan 21,50 m'ye göre ayarlanmıştır. Yerleşke üzerinde kat yüksekliği azaltılan bloklara etki eden rüzgâr kuvveti ölçülecektir. Analiz girdilerinde sıcaklık, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü değerleri sabit tutulmuştur. Bina yüksekliği değeri 21,50 m olarak değiştirilmiştir. Çizelge 4.5.'te 21,50 m kat yüksekliği analizine parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.5. Autodesk CFD mevcut yapı yüksekliği analizi girdileri (Url.4, Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Analiz Parametreleri	Analiz Değerleri
Sıcaklık	12 °C
Rüzgâr Hızı	3 m/s
Rüzgâr Yönü	Kuzey-Güney Doğrultusu
Bina Yüksekliği	21,50 m

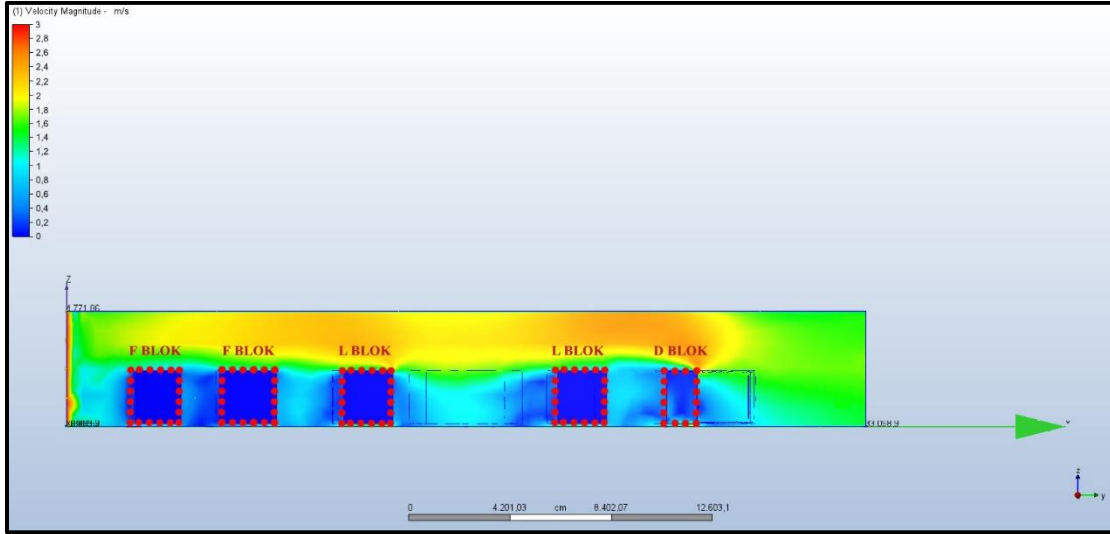
Yapılan ikinci analizde yerleşkede mevcut durumda bulunan yapıların kat yükseklikleri az katlı bina yükseklik üst sınırı olan 21,50 m'ye ayarlanmış ve etki eden rüzgâr kuvveti ölçülmüştür. Bloklara 12 °C'de, 3 m/s hızında ve kuzey-güney doğrultusunda rüzgâr kuvveti

uygulanmıştır. Rüzgâr kuvvetinin ulaştığı maksimum hız değerinin 3 m/s'yi geçmediği tespit edilmiştir. Şekil 4.7'de kat yüksekliği azaltılmış olan bloklara etkiyen rüzgâr kuvvetinin değer aralığı vaziyet planı ölçeğinde verilmiştir. En düşük rüzgâr kuvveti değer aralığı 0,0-1,0 m/s ve en yüksek rüzgâr kuvveti değer aralığı 2,6-3,0 m/s olarak açığa çıkmıştır. Bloklar arasında kalan bölgelere hâkim olan rüzgâr kuvveti değer aralığı 1,0-2,0 m/s olarak tespit edilmiştir. Özellikle F bloklarının etrafında, birbirine paralel konumlandırılan L bloklar arasında ve A-D bloklarının kuzeye bakan yamaçlarında artan rüzgâr kuvveti değer aralığının 1,2-1,8 m/s olduğu görülmektedir. Mevcut yükseklik üzerinden yapılan analiz sonuçlarına göre yüksekliğin azaltılmasıyla oluşturulan yerleşkede bu bölgelere etki eden rüzgâr hızının azaldığı belirlenmiştir. Mevcut durumda güney yönüne hâkim olan 2,0-3,5 m/s değer aralığındaki ortalama rüzgâr kuvvetinin yerini 1,2-1,8 m/s değer aralığına bıraktığı görülmektedir. Bu bölgelerdeki rüzgâr kuvveti hızının azaldığı tespit edilmiştir. Güneydoğu ve güneybatı yönlerindeki rüzgâr kuvveti hızı mevcut durumdaki analizde 3,5-4,0 m/s değer aralığındayken bina yüksekliğinin azaltılmasıyla yapılan analizde yaklaşık olarak 2,0-2,4 m/s değer aralığına düşmüştür. Mevcut duruma göre bu alanlarda da rüzgâr kuvveti etkisinin azaldığı görülmektedir. Rüzgâr hızının en yüksek olduğu alanlar doğu ve batı yönü olmuştur. Bu bölgelerdeki rüzgâr kuvveti değer aralığı 2,6-3,0 m/s olarak belirlenmiştir. Ancak mevcut durum analizine göre bu bölgelerde de etkili olan rüzgâr kuvvetinin azaldığı gözlenmiştir.



Şekil 4.7. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi 21,50 m kat yüksekliği analizi (Autodesk CFD)

Şekil 4.5.'te gösterilen kesit doğrultusunda yapılan iki boyuttaki rüzgâr kuvveti etkisi ölçüm diyagramı Şekil 4.8.'de görülmektedir. Mevcut durumdaki analizde güney yönüne hâkim olan 2,0-3,5 m/s değer aralığındaki rüzgâr kuvveti yerini 1,2-1,8 m/s değer aralığına bırakmıştır. Bu bölgedeki rüzgâr hızının azaldığı tespit edilmiştir. Rüzgâr kuvvetinin en fazla etki ettiği alan ise D bloğun Z koordinatı doğrultusudur. Bu doğrultudaki rüzgâr kuvveti değer aralığı yaklaşık olarak 2,6-3,0 m/s'dir. L blokları arasındaki rüzgâr kuvvetinin de mevcut duruma göre azaldığı fark edilmektedir.



Şekil 4.8. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi 21,50 m kat yüksekliği kesit analizi (Autodesk CFD)

51,50 m kat yüksekliğinde yerleşkeyi etkileyen hava hareketinin analizi

51,50 m kat yüksekliği analizinde mevcut blokların kat yüksekliği, yüksek yapılarda yükseklik üst sınırı olan 51,50 m'ye göre ayarlanmıştır. Yerleşke üzerinde kat yüksekliği artırılan bloklara etki eden rüzgâr kuvveti ölçülecektir. Analiz girdilerinde sıcaklık, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü değerleri sabit tutulmuştur. Bina yüksekliği değeri 51,50 m olarak değiştirilmiştir. Çizelge 4.6.'da 51,50 m kat yüksekliği analizine yönelik parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

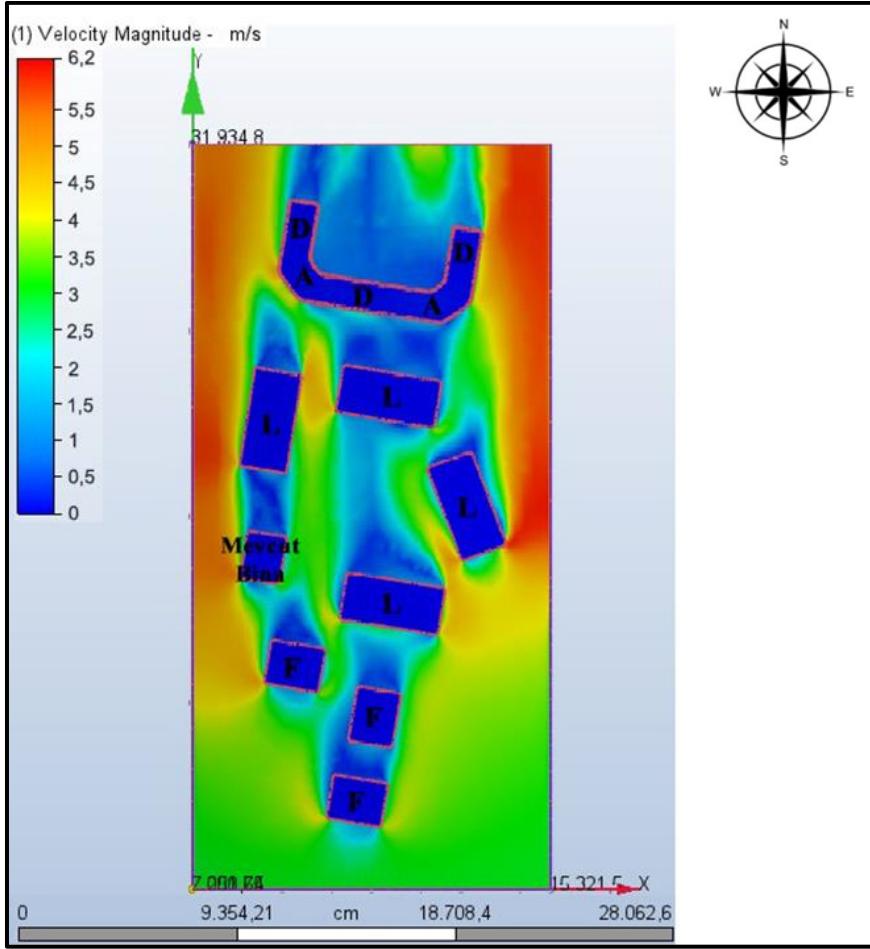
Çizelge 4.6. Autodesk CFD mevcut yapı yüksekliği analizi girdileri (Url.4, Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Analiz Parametreleri	Analiz Değerleri
Sıcaklık	12 °C
Rüzgâr Hızı	3 m/s
Rüzgâr Yönü	Kuzey-Güney Doğrultusu
Bina Yüksekliği	51,50 m

Yükseklik farkında oluşan değişiklikleri incelemek için gerçekleştirilen üçüncü analizde yerleşkede mevcut durumdaki yapıların kat yükseklikleri, yüksek yapılardaki yükseklik üst

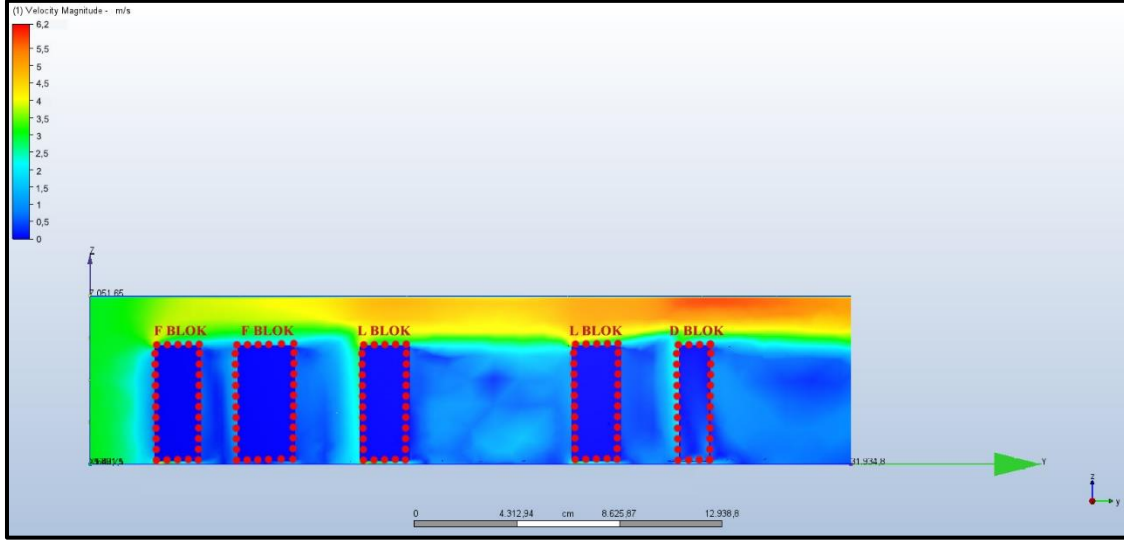
sınırı olan 51,50 m'ye çıkarılarak etki eden rüzgâr kuvveti değerlendirilmiştir. 12 °C'de, 3 m/s hızında ve kuzey-güney doğrultusunda etkiyen rüzgâr kuvvetinin ulaştığı maksimum hız değeri 6,2 m/s olarak ölçülmüştür. Şekil 4.9.'da kat yüksekliği artırılmış bloklara etki eden rüzgâr kuvvetinin değer aralığı vaziyet planı ölçeğinde görülmektedir. En düşük rüzgâr kuvveti değer aralığı 0,0-2,0 m/s ve en yüksek rüzgâr kuvveti değer aralığı 5,0-6,2 m/s olarak açığa çıkmıştır. Bloklar arasında kalan bölgelerdeki rüzgâr kuvveti değer aralığının yaklaşık olarak 2,5-4,0 m/s olarak mevcut duruma göre arttığı tespit edilmiştir. Bu bölgelerde daha yüksek şiddette rüzgâr etkisi hissedildiği tespit edilmiştir.

Güney yönüne hâkim olan rüzgâr hızı değer aralığı da yaklaşık olarak 2,5-4,0 m/s olarak belirlenmiştir. Bu alanda etkili olan mevcut durumdaki rüzgâr kuvveti değer aralığının 2,0-3,5 m/s iken 2,5-4,0 m/s değer aralığına yükselmesi, etkili olan rüzgâr kuvveti hızının arttığını göstermektedir. Kuzey yönündeki rüzgâr hızı değer aralığı 0,0-2,0 m/s olarak görülmektedir. Rüzgâr hızının bu kısımlarda en düşük olduğu belirlenmiştir. Güneydoğu ve güneybatı bölgelerine hâkim olan rüzgâr kuvveti değer aralığı yaklaşık olarak 3,0-4,0 m/s'dir. Yerleşkenin doğu, kuzeydoğu, batı ve kuzeybatı bölgelerine hâkim olan rüzgâr hızı değer aralığının 5,0-6,2 m/s olduğu görülmektedir. Rüzgâr kuvvetinin en etkili olduğu alanlar bu bölgeler olmuştur. Bloklar arasındaki kısımlarda da mevcut duruma göre rüzgâr hızı artmıştır.



Şekil 4.9. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi 51,50 m kat yüksekliği analizi (Autodesk CFD)

Şekil 4.5.'te gösterilen kesit doğrultusunda yapılan iki boyuttaki rüzgâr kuvveti etkisi ölçüm diyagramı Şekil 4.10.'da verilmiştir. Güney yönünde 2,5-4,0 m/s değer aralığına sahip rüzgâr hızı görülmektedir. Bu bölgede mevcut duruma göre rüzgâr kuvveti etkisinin arttığı tespit edilmiştir. Rüzgâr hızının en yüksek olduğu nokta ise D bloğun Z koordinatı doğrultusudur. Bu doğrultudaki rüzgâr hızı yaklaşık olarak 5,0-6,2 m/s değer aralığındadır. Bloklar arasındaki bölgelerdeki rüzgâr kuvveti ise 0,0-2,0 m/s değer aralığındadır. Bu bölgeler rüzgâr hızının en düşük olduğu alanlardır.



Şekil 4.10. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi 51,50 m kat yüksekliği kesit analizi (Autodesk CFD)

Bina yüksekliği analizlerinin değerlendirilmesi

12 °C’de, 3 m/s hızında ve kuzey-güney doğrultusunda etkiyen rüzgâr kuvvetiyle yapılan yükseklik analizlerinde yerleşke planı ve kesiti üzerinden iki farklı grafik kullanılmıştır. Normal kat yüksekliği, 21,50 m kat yüksekliği ve 51,50 m kat yüksekliği olmak üzere 3 farklı analiz yapılmıştır (Çizelge 4.7). Binanın kat yüksekliği arttıkça etkiyen rüzgâr yükünün de doğru orantılı bir şekilde arttığı görülmektedir. Yerleşkedeki en yüksek rüzgâr hızı yapıların tepe noktalarındadır. Kat yüksekliklerine bağlı olarak kuzey-güney doğrultusundaki rüzgâr kuvvetinin yerleşkedeki etkisi de farklılık göstermektedir. Doğu, kuzeydoğu, batı ve kuzeybatı doğrultusunda kat yüksekliği arttıkça etkiyen rüzgâr kuvvetinin arttığı yerleşke planı analizlerinde görülmektedir. Bu bölgelerde rüzgâr etkisi en yoğun şekilde hissedilmektedir. Bloklar arasında kalan bölgeler ise 3 farklı analizde de en düşük rüzgâr hızına sahip alanlar olmuştur. 21,50 m kat yüksekliği kesit analizinde yerleşkenin güneyine hâkim olan rüzgâr hızı daha düşüktür. 51,50 m kat yüksekliği kesit analizinde ise güneye hâkim olan rüzgâr kuvvetinin hızı daha yüksektir. Kuzeydeki rüzgâr kuvvetine ise düşük kat ve yüksek kat analizlerinde en düşük rüzgâr kuvveti değer aralığı hâkim olmaktadır. Ancak rüzgâr kuvvetinin etki ettiği alan yükseklikten dolayı değişkenlik göstermektedir. Bina kat yüksekliği arttıkça bloklara etki eden rüzgâr kuvveti de artmaktadır. 21,50 m kat yüksekliği analizinde ulaşılan en yüksek rüzgâr hızı 3 m/s, normal kat yüksekliği analizinde 5,2 m/s ve 51,50 m kat yüksekliği analizinde 6,2 m/s olarak tespit edilmiştir. Kat yüksekliğinin azaltılması ve 21,50 m’ye düşürülmesi sonucu etki eden rüzgâr kuvvetinin

ulaştığı en yüksek hız değerinde yaklaşık olarak %42 oranında düşüş meydana gelmiştir. Kat yüksekliğinin artması ve 51,50 m'ye çıkarılması ile oluşturulan analizde ise etki eden rüzgâr kuvvetinin ulaştığı en yüksek hız değerinde yaklaşık olarak %19 oranında artış görülmüştür. Yüzde oranları dikkate alındığında, yapılara etki eden aerodinamik kuvvetin en aza indirildiği tasarımın ortaya konulması hedeflendiği için kat yüksekliklerinin 21,50 m'ye ayarlanması gerektiği görülmektedir.

Çizelge 4.7. Autodesk CFD bina yüksekliği analizi bulgularının değerlendirilmesi (Url.4, Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Analiz Parametreleri	Analiz Değerleri	En Yüksek Rüzgâr Hızı
Sıcaklık	12 °C	Sabit Değer
Rüzgâr Hızı	3 m/s	Sabit Değer
Rüzgâr Yönü	Kuzey-Güney Doğrultusu	Sabit Değer
Bina Yüksekliği	25 m (Mevcut)	5,2 m/s
	21,50 m	3,0 m/s
	51,50 m	6,2 m/s

4.4.2. Toplu konut yerleşkesinde bina konumu ve yönlenme ilişkisinin rüzgâr hareketlerine etkisinin analizi

Bina konumu ve yönlenme analizinde binaların yerleşke üzerinde konumlandırılırken yaptığı açılar ve bina yönlenmelerinin güney-doğu doğrultusunda oluşturdukları açılar dikkate alınmıştır. Analizde dikkate alınan değerler Çizelge 4.8'de görülmektedir. Rüzgâr hızı değeri analiz çıktısı olarak kabul edilmektedir. Analiz girdilerinde sıcaklık, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü değerleri sabit tutulmuştur. Mevcut yapı yükseklikleri korunarak 12 °C'de, 3 m/s hızında ve kuzey-güney doğrultusunda rüzgâr kuvveti uygulanmıştır. Analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Zeren'in (1990) bahsettiği gibi binaların yerleşkeye dik veya açılı bir şekilde konumlandırılması gerekmektedir. Aynı zamanda güneş ışınlarından en verimli şekilde faydalanabilmek için binalar güney yönünden doğu yönüne doğru 10°'yi geçmeyecek şekilde yerleştirilmelidir. Mevcut yerleşkedeki blokların kuzeybatı doğrultusunda açılı bir şekilde konumlandırıldığı görülmektedir. Binaların güneyden batıya 10°'lik açıyla yerleştirildiği tespit edilmiştir. Yapılan analizde mevcut bloklar öncelikle kuzey-güney

doğrultusunda 90°'lik açıyla yerleştirilmiş, daha sonra güneyden doğuya doğru 10°'lik açıyla konumlandırılmıştır.

Çizelge 4.8. Autodesk CFD bina konumu ve yönlenme analizi girdileri ve çıktıları (Url.4, Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Analiz Parametreleri	Analiz Değerleri	Analiz Çıktıları
Sıcaklık	12 °C	Rüzgâr Hızı
Rüzgâr Hızı	3 m/s	
Rüzgâr Yönü	Kuzey-Güney Doğrultusu	
Bina Konumu ve Yönlenme	Güneyden Batıya 10°'lik Açı (Mevcut)	
	Kuzey-Güney Doğrultusunda 90°'lik Açı	
	Güneyden Doğuya 10°'lik Açı	

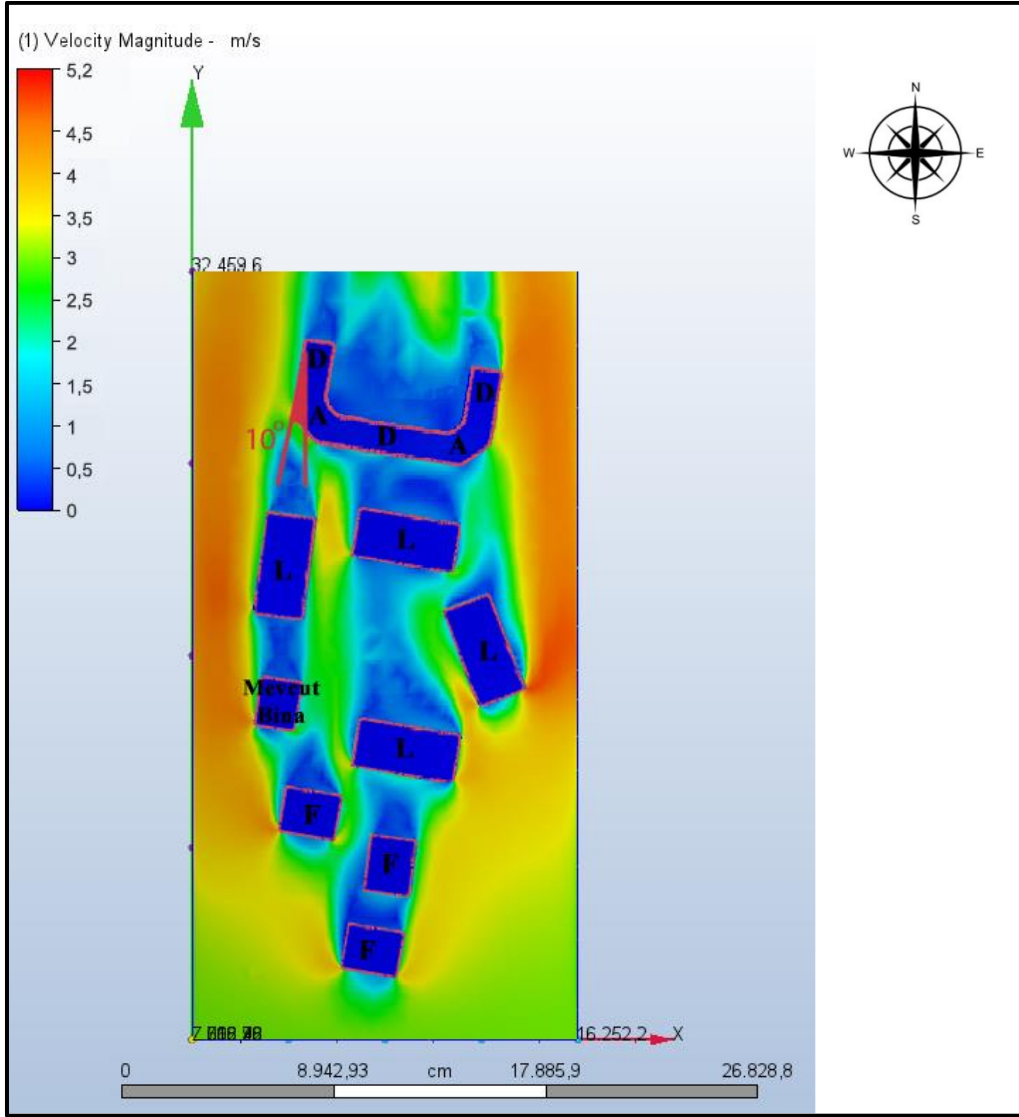
Güneyden batıya 10° açılı (mevcut) yerleşimde yerleşkeyi etkileyen hava hareketinin analizi

Güneyden batıya 10° açılı (mevcut) yerleşim analizinde yerleşke üzerinde mevcut durumda konumlandırılmış binalara etki eden rüzgâr kuvveti ölçülecektir. Analiz girdilerinde sıcaklık, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü değerleri sabit tutulmuştur. Bina konumu mevcut yönlenme şeklinde olup güneyden batıya 10°'lik açılı yerleşim olarak kabul edilmiştir. Çizelge 4.9.'da güneyden batıya 10°'lik açılı yerleşim analizine yönelik parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.9. Autodesk CFD güneyden batıya 10° açılı yerleşim analizi girdileri (Url.4, Yazar tarafından oluşturulmuştur)

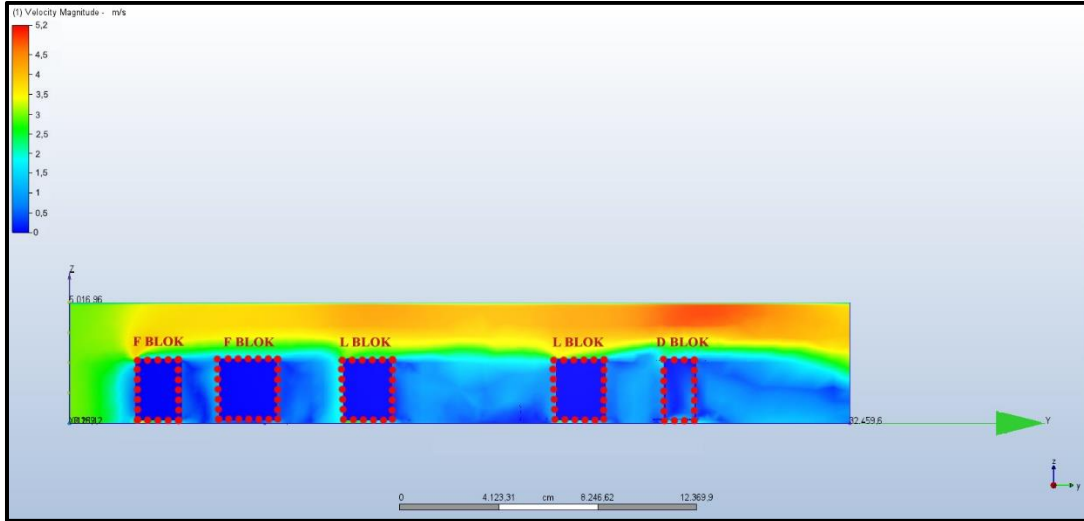
Analiz Parametreleri	Analiz Değerleri
Sıcaklık	12 °C
Rüzgâr Hızı	3 m/s
Rüzgâr Yönü	Kuzey-Güney Doğrultusu
Bina Konumu ve Yönlenme	Güneyden Batıya 10°'lik Açı (Mevcut)

Yapılan ilk analizde yerleşkede mevcut durumda güneyden batıya 10° açıyla yerleştirilmiş bloklara etki eden rüzgâr kuvveti ölçülmüştür. 25 m yükseklikte olan A, D, F ve L bloklarına 12°C 'de, 3 m/s hızında ve kuzey-güney doğrultusundaki rüzgâr kuvvetinin ulaştığı maksimum hız değeri 5,2 m/s olarak ölçülmüştür. Şekil 4.11'de yerleşkedeki rüzgâr kuvvetinin değer aralığı vaziyet planı ölçeğinde gösterilmektedir. Mevcut yapı yüksekliği analizinde de belirtildiği gibi en düşük rüzgâr kuvveti değer aralığı 0,0-2,0 m/s ve en yüksek rüzgâr kuvveti değer aralığı 4,5-5,2 m/s olarak açığa çıkmıştır. F-L blokların çevresinde ve A-D bloklarının kuzeye bakan taraflarında rüzgâr hızının 0,0-2,0 m/s aralığında olduğu görülmektedir. Rüzgâr hızının bu kısımlarda en düşük olduğu fark edilmektedir. Güney yönü doğrultusunda ve L bloklarının arasında rüzgâr hızı ortalama kuvvettedir. Hâkim olan rüzgâr kuvveti değer aralığı 2,0-3,5 m/s olarak gözükmemektedir. Yerleşkenin güneydoğu ve güneybatı doğrultularında ortalamanın üstünde, 3,5-4,0 m/s değer aralığındaki bir rüzgâr kuvvetinin etkili olduğu görülmektedir. Yerleşkenin doğuya ve batıya bakan yamaçlarına 4,5-5,2 m/s değer aralığındaki rüzgâr kuvveti hakimdir. Bu nedenle rüzgâr hızının en yüksek olduğu bölgeler doğuya ve batıya bakan yamaçlar olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.11. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi güneyden batıya 10° açılı (mevcut) yerleşim analizi (Autodesk CFD)

Şekil 4.5.'te gösterilen kesit doğrultusunda yapılan iki boyuttaki rüzgâr kuvveti etkisi ölçüm diyagramı Şekil 4.12.'de gösterilmektedir. Mevcut yapı yüksekliği analizinde de tespit edildiği gibi rüzgâr kuvvetinin bina üst noktalarında ortalama değerde olduğu ve yükseklerle çıkıldıkça arttığı görülmektedir. Rüzgâr hızının ise en düşük olduğu alanların bina aralarındaki bölgeler olduğu tespit edilmiştir. Kesit diyagramına göre yerleşkenin güneyine ortalama rüzgâr kuvvetinin, kuzeyine ise düşük rüzgâr kuvvetinin hâkim olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 4.12. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi güneyden batıya 10° açılı (mevcut) yerleşim kesit analizi (Autodesk CFD)

Kuzey-güney doğrultusunda 90°'lik açılı yerleşimde yerleşkeyi etkileyen hava hareketinin analizi

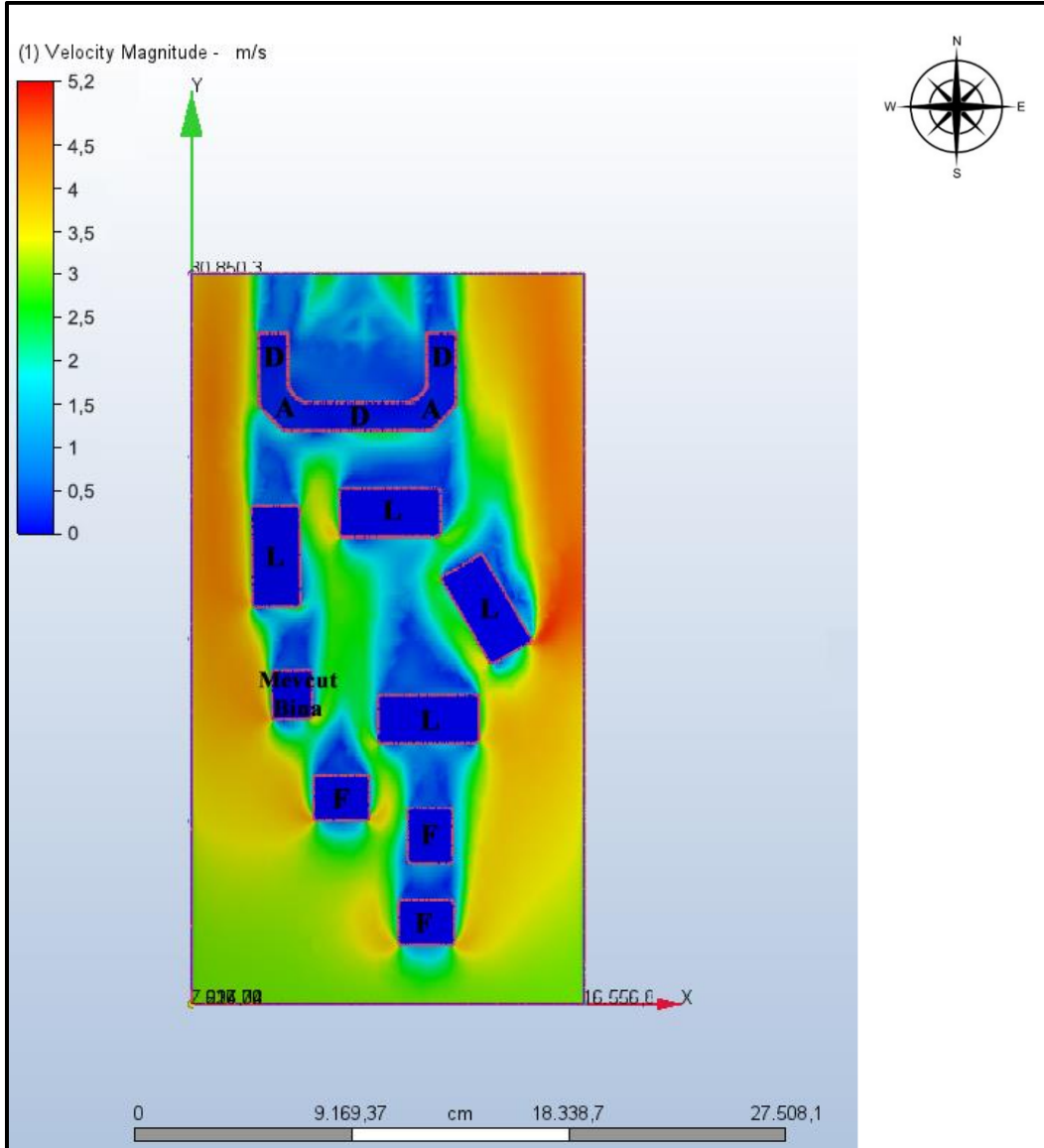
Kuzey-güney doğrultusunda 90°'lik açılı yerleşim analizinde yerleşke üzerinde konumu değiştirilen binalara etki eden rüzgâr kuvveti ölçülecektir. Analiz girdilerinde sıcaklık, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü değerleri sabit tutulmuştur. Bina yönlenmeleri kuzey-güney doğrultusunda 90°'lik açı yapacak şekilde değiştirilmiştir. Çizelge 4.10.'da kuzey-güney doğrultusunda 90°'lik açılı yerleşim analizine yönelik parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.10. Autodesk CFD kuzey-güney doğrultusunda 90°'lik açılı yerleşim analizi girdileri (Url.4, Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Analiz Parametreleri	Analiz Değerleri
Sıcaklık	12 °C
Rüzgâr Hızı	3 m/s
Rüzgâr Yönü	Kuzey-Güney Doğrultusu
Bina Konumu ve Yönlenme	90°'lik Açılı Yerleşim

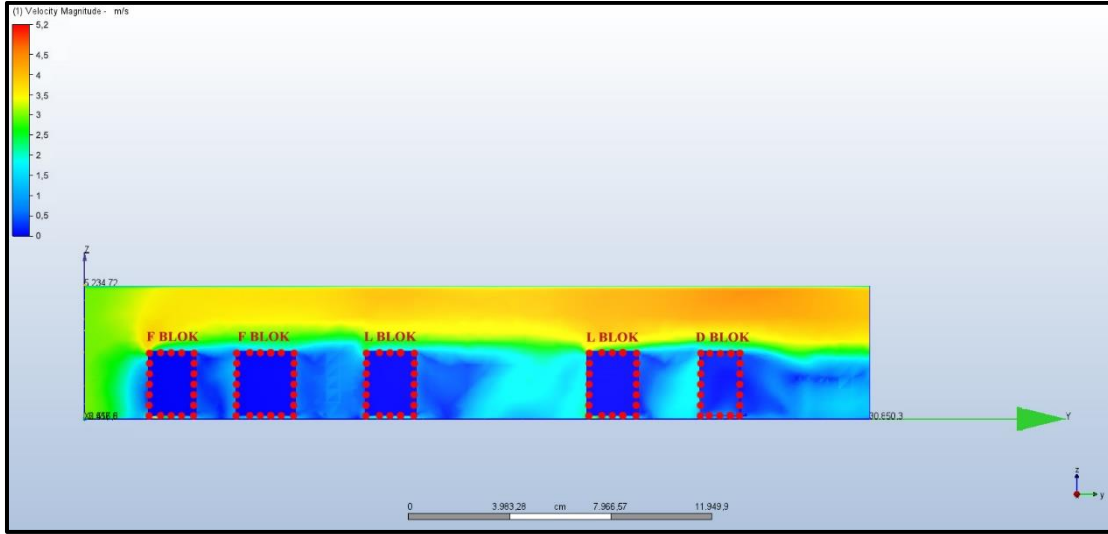
Yapılan ikinci analizde yerleşkede mevcut durumda bulunan 25 m yüksekliğindeki bloklar 90°'lik dik açıyla konumlandırılmış ve etki eden rüzgâr kuvveti ölçülmüştür. Bloklara 12

°C’de, 3 m/s hızında ve kuzey-güney doğrultusunda rüzgâr kuvveti uygulanmıştır. Rüzgâr kuvvetinin ulaştığı maksimum hız değerinin 5,2 m/s olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.13’te 90°’lik dik açıyla konumlandırılmış olan bloklara etkiyen rüzgâr kuvvetinin değer aralığı vaziyet planı ölçeğinde verilmiştir. En düşük rüzgâr kuvveti değer aralığı 0,0-2,0 m/s ve en yüksek rüzgâr kuvveti değer aralığı 4,5-5,2 m/s olarak açığa çıkmıştır. Bloklar arasında kalan bölgelerde ve blokların kuzeye bakan yamaçlarında 0,0-2,0 m/s değer aralığındaki rüzgâr kuvveti hakimdir. Özellikle A-D bloklarının kuzeye bakan yamaçlarında rüzgâr hızının en düşük olduğu fark edilmiştir. F bloklarının güneye bakan yamaçlarında ve birbirine paralel konumlandırılan L bloklar arasında yaklaşık olarak 2,0-3,5 m/s değer aralığındaki rüzgâr hızının hâkim olduğu görülmektedir. Yerleşkedeki bu bölgelerde daha fazla rüzgâr etkisinin hissedildiği belirlenmiştir. Güney yönüne de 2,0-3,5 m/s değer aralığındaki rüzgâr kuvvetinin hâkim olduğu görülmektedir. Kuzeydoğu ve kuzeybatı doğrultusunda hâkim olan rüzgâr kuvvetinin yaklaşık olarak 3,5-4,5 m/s değer aralığında olduğu fark edilmiştir. Rüzgâr hızının en yüksek olduğu alanlar ise doğu ve batı yönü olmuştur. Bu bölgelerdeki rüzgâr hızı değer aralığının 4,5-5,2 m/s olduğu görülmektedir. Güneydoğu ve güneybatı doğrultusundaki rüzgâr kuvveti hızı değer aralığının 3,5-4,0 m/s olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.13. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi dik açılı yerleşim analizi (Autodesk CFD)

Şekil 4.5.'te gösterilen kesit doğrultusunda yapılan iki boyuttaki rüzgâr kuvveti etkisi ölçüm diyagramı Şekil 4.14.'te görülmektedir. Kuzey yönüne ve D bloğunun kuzeye bakan yamaçlarına 0,0-2,0 m/s değer aralığındaki rüzgâr kuvvetinin hâkim olduğu görülmektedir. L blokları arasında ve L-D blokları arasında da 0,0-2,0 m/s değer aralığındaki rüzgâr kuvvetinin etkili olduğu tespit edilmiştir. D bloğun Z koordinatı doğrultusunda mevcut duruma göre etki eden rüzgâr kuvveti azalmıştır.



Şekil 4.14. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi dik açılı yerleşim kesit analizi (Autodesk CFD)

Güneyden doğuya 10° açılı yerleşimde yerleşkeyi etkileyen hava hareketinin analizi

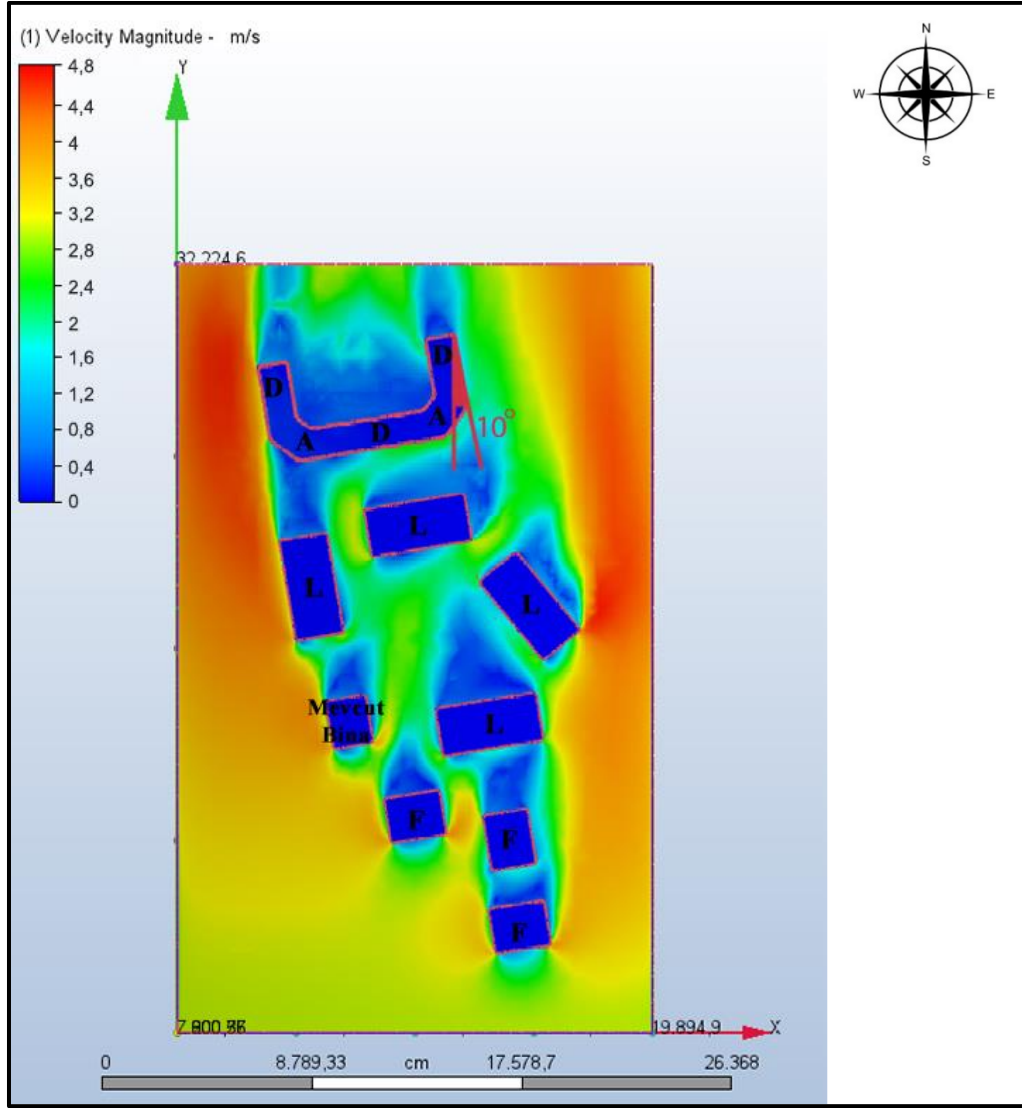
Güneyden doğuya 10° açılı yerleşim analizinde yerleşke üzerinde konumu değiştirilen binalara etki eden rüzgâr kuvveti ölçülecektir. Analiz girdilerinde sıcaklık, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü değerleri sabit tutulmuştur. Bina yönlenmeleri güneyden doğuya 10° açı oluşturacak şekilde değiştirilmiştir. Çizelge 4.11.'de güneyden doğuya 10° açılı yerleşim analizine yönelik parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.11. Autodesk CFD güneyden doğuya 10° açılı yerleşim analizi girdileri (Url.4, Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Analiz Parametreleri	Analiz Değerleri
Sıcaklık	12 °C
Rüzgâr Hızı	3 m/s
Rüzgâr Yönü	Kuzey-Güney Doğrultusu
Bina Konumu ve Yönlenme	Güneyden Doğuya 10°'lik Açılı Yerleşim

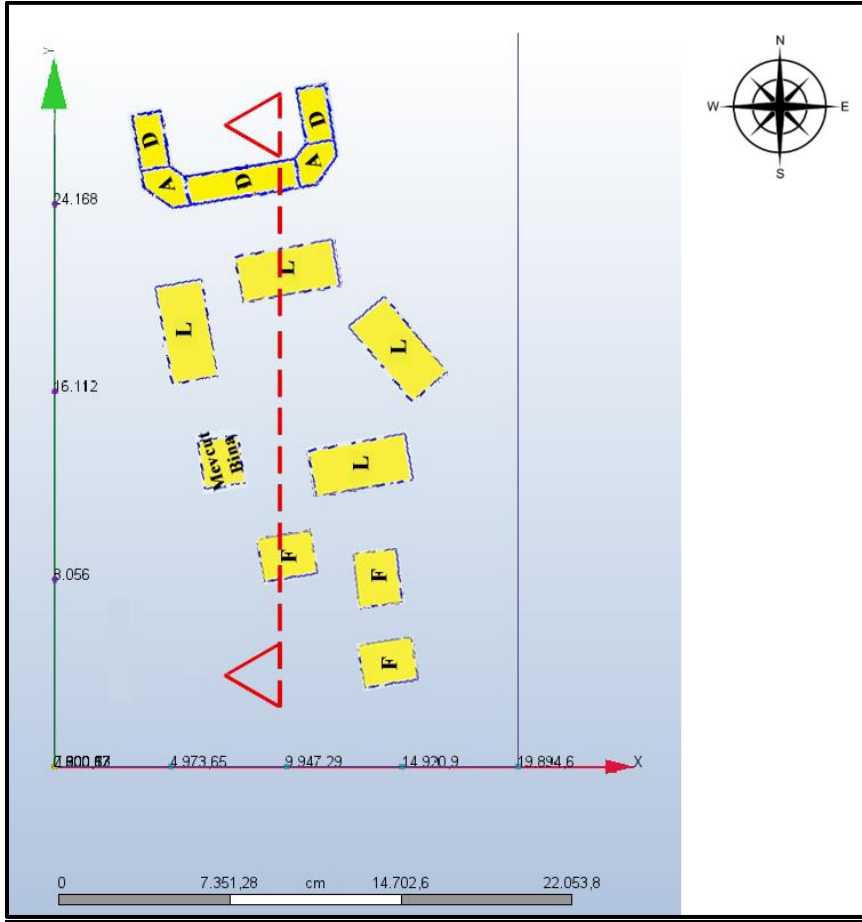
Yapılan üçüncü analizde yerleşkede güneyden doğuya 10° açıyla yerleştirilmiş bloklara etki eden rüzgâr kuvveti ölçülmüştür. 25 m yükseklikte olan A, D, F ve L bloklarına 12 °C'de, 3 m/s hızında ve kuzey-güney doğrultusundaki rüzgâr kuvvetinin ulaştığı maksimum hız

değeri 4,8 m/s olarak ölçülmüştür. Şekil 4.16’da yerleşkedeki rüzgâr kuvvetinin değer aralığı vaziyet planı ölçeğinde gösterilmektedir. En düşük rüzgâr kuvveti değer aralığı 0,0-1,6 m/s ve en yüksek rüzgâr kuvveti değer aralığı 4,0-4,8 m/s olarak açığa çıkmıştır. F-L blokların çevresine ve A-D bloklarının da kuzeye bakan taraflarına 0,0-1,6 m/s değer aralığındaki rüzgâr kuvvetinin hâkim olduğu görülmektedir. Yerleşkenin güneyine hâkim olan rüzgâr kuvveti değer aralığı yaklaşık olarak 2,8-3,2 m/s olarak belirlenmiştir. Birbirine paralel olan L blokların arasında rüzgâr hızı değer aralığının 2,0-3,2 m/s’ye düştüğü ve mevcut durum analizine göre bu alanda rüzgâr hızı etkisinin azaldığı görülmektedir. Özellikle Şekil 4.15.’de belirtilen 10°’lik açının gösterildiği D bloğun doğuya bakan yamaçlarına yaklaşık olarak 2,0-3,2 m/s değer aralığındaki rüzgâr hızının hâkim olduğu görülmektedir. Bu bölgelerde rüzgâr hızı ortalama kuvvettedir. Yerleşkenin kuzeydoğu ve kuzeybatı doğrultularında 4,0-4,8 m/s değer aralığında ve ortalamanın üstünde bir rüzgâr kuvvetinin etkili olduğu görülmektedir. Yerleşkenin doğuya ve batıya bakan yamaçlarına da 4,0-4,8 m/s değer aralığındaki rüzgâr kuvveti hakimdir. Rüzgâr hızının en yüksek olduğu bölgeler doğuya ve batıya bakan yamaçlar olarak tespit edilmiştir.



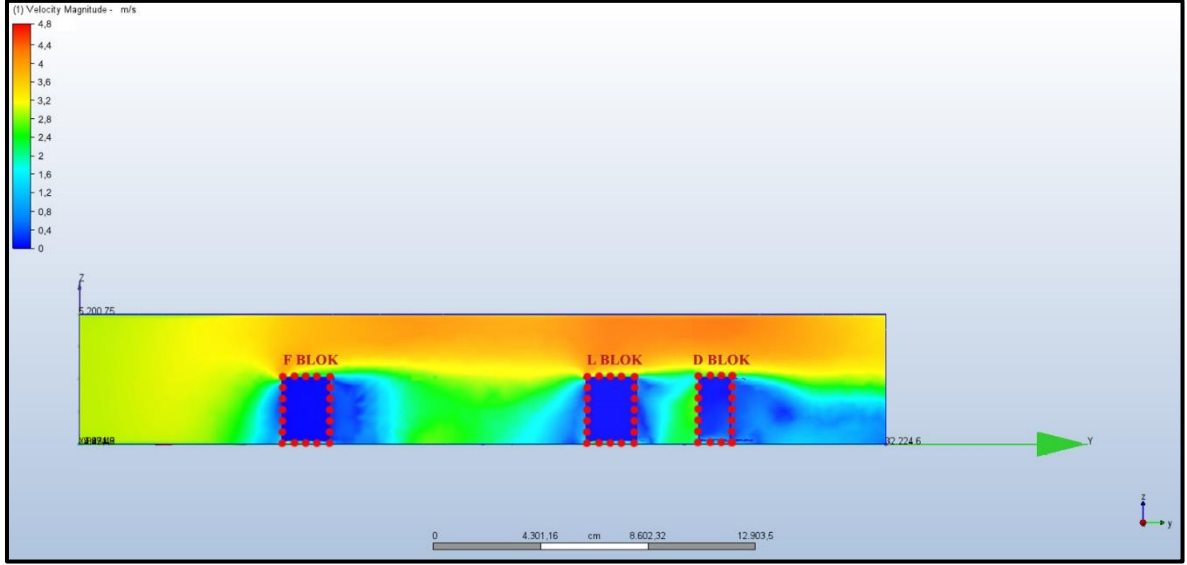
Şekil 4.15. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi güneyden doğuya 10° açılı yerleşim analizi (Autodesk CFD)

Şekil 4.16.'da mevcut durumda bulunan bloklardan alınan kesitin doğrultusu, yönü ve geçtiği bloklar gösterilmektedir. 1 tane D blok, 1 tane L blok ve 1 tane F bloktan geçen kesit silüeti oluşturulmuştur.



Şekil 4.16. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi 10° açılı yerleşim analizi kesit çizgisi (Autodesk CFD)

Şekil 4.16.'da gösterilen kesit doğrultusunda yapılan iki boyuttaki rüzgâr kuvveti etkisi ölçüm diyagramı Şekil 4.17.'de görülmektedir. Analizde güney yönüne hâkim olan rüzgâr kuvveti değer aralığının yaklaşık olarak 2,8-3,2 m/s olduğu görülmüştür. Bu kısımlarda rüzgâr hızının ulaştığı maksimum değerın mevcut duruma göre azaldığı söylenebilmektedir. F-L blokları arasında kalan kısımda da yaklaşık olarak 2,0-2,8 m/s değer aralığındaki ortalama rüzgâr kuvvetinin hakimiyeti görülmektedir. Yerleşkenin kuzeyine hâkim olan rüzgâr kuvveti değer aralığı ise 0,0-1,6 m/s olarak tespit edilmiştir. Bu bölge en düşük rüzgâr kuvvetinin etkisi altındadır.



Şekil 4.17. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi güneyden doğuya 10° açılı yerleşim kesit analizi (Autodesk CFD)

Bina konumu ve yönlenme analizlerinin değerlendirilmesi

12 °C’de, 3 m/s hızında ve kuzey-güney doğrultusunda etkiyen rüzgâr kuvvetiyle yapılan bina konumu ve yönlenme analizlerinde yerleşke planı ve kesiti üzerinden iki farklı grafik kullanılmıştır. Güneyden batıya 10° açılı (mevcut) yerleşim analizi, dik açılı yerleşim analizi ve güneyden doğuya 10° açılı yerleşim analizi olmak üzere 3 farklı analiz yapılmıştır (Çizelge 4.12). Güneyden doğuya doğru yerleştirilen bloklara etkiyen rüzgâr kuvvetinin daha az olduğu tespit edilmiştir. Mevcut durumdaki yerleşimde ve dik açılı yerleşimde rüzgâr kuvveti etkilerinin birbirine yakın seviyede olduğu tespit edilmiştir. Güneyden batıya 10° açılı (mevcut) yerleşim analizinde ve dik açılı yerleşim analizinde ulaşılan en yüksek rüzgâr hızı 5,2 m/s olmuştur. Güneyden doğuya 10° açılı yerleşim analizinde ulaşılan en yüksek rüzgâr hızı ise 4,8 m/s olarak ölçülmüştür. Bina yönlenmelerinin güneyden doğuya 10° açılı olacak şekilde konumlandırıldığı analizdeki etki eden rüzgâr kuvvetinin ulaştığı en yüksek hız değerinde yaklaşık olarak %8 oranında düşüş meydana gelmiştir. Yüzde oranı dikkate alındığında, binalara etki eden aerodinamik etkinin en aza indirildiği tasarımın ortaya konulması hedeflendiği için yerleşimin güneyden doğuya 10° açılı olacak şekilde ayarlanması gerektiği görülmektedir.

Çizelge 4.12. Autodesk CFD bina konumu ve yönlenme analizi bulgularının değerlendirilmesi (Url.4, Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Analiz Parametreleri	Analiz Değerleri	En Yüksek Rüzgâr Hızı
Sıcaklık	12 °C	Sabit Değer
Rüzgâr Hızı	3 m/s	Sabit Değer
Rüzgâr Yönü	Kuzey-Güney Doğrultusu	Sabit Değer
Bina Konumu ve Yönlenme	Güneyden Batıya 10°'lik Açılı Yerleşim (Mevcut)	5,2 m/s
	90°'lik Açılı Yerleşim	5,2 m/s
	Güneyden Doğuya 10°'lik Açılı Yerleşim	4,8 m/s

4.4.3. Toplu konut yerleşkesinde binalar arası mesafe ilişkisinin rüzgâr hareketlerine etkisinin analizi

Binalar arası mesafe ilişkisi analizinde soğuk iklim bölgelerindeki yerleşimler için göz önünde bulundurulanan “H-H” kuralı dikkate alınmıştır. Çizelge 4.13.’te analiz girdileri ve çıktıları görülmektedir. Analiz girdilerinde sıcaklık, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü değerleri sabit tutulmuştur. Bloklara 12 °C’de, 3 m/s hızında ve kuzey-güney doğrultusunda rüzgâr kuvveti uygulanmıştır. Analiz sonuçları değerlendirilmiştir.

Orhon’a (1988) göre doğal havalandırmadan en üst düzeyde yararlanabilmek için binalar arası mesafe minimum H (bina boyu), maksimum 5H (5 kat bina boyu) kadar olmalıdır. Öncelikle mevcut durum analizi yapılarak binalar arası mesafeler tespit edilmiştir. İkinci analizde binalar arası mesafeler mevcut bina yüksekliği olan 25 m’ye göre ayarlanarak analiz yapılmıştır. Üçüncü analizde bina yükseklikleri az katlı binalarda yükseklik üst sınırı olan 21,50 m’ye göre ayarlanmıştır. Binalar arası mesafenin mevcut bina yüksekliğine göre düzenlenmesi gerektiği için binalar arasındaki mesafe de 21,50 m olarak ayarlanmıştır ve bu şekilde analiz yapılmıştır. Dördüncü analizde binalar yüksek yapılarındaki yükseklik üst sınırı olan 51,50 m’ye göre ayarlanmıştır. Binalar arası mesafe mevcut bina yüksekliğine göre düzenlendiği için binalar arasındaki mesafe de 51,50 m olarak ayarlanmıştır ve bu şekilde analiz yapılmıştır. Yerleşkenin konumlandırıldığı parsel alanının 5H kuralını uygulamak için yeterli olmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle bloklar mevcut H yüksekliğine göre ve bina yüksekliklerinin değiştirilmesiyle oluşan H yüksekliklerine göre konumlandırılmıştır.

Çizelge 4.23. Autodesk CFD binalar arası mesafe ilişkisi analizi girdileri (Url.4, Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Analiz Parametreleri	Analiz Değerleri	Analiz Çıktıları
Sıcaklık	12 °C	Rüzgâr Hızı
Rüzgâr Hızı	3 m/s	
Rüzgâr Yönü	Kuzey-Güney Doğrultusu	
Binalar Arası Mesafe	Mevcut Mesafe	
	25 m	
	21,50 m	
	51,50 m	
Bina Yüksekliği	Mevcut Yükseklik	
	25 m	
	21,50 m	
	51,50 m	

Binalar arası mevcut mesafe ilişkisinde yerleşkeyi etkileyen hava hareketinin analizi

Binalar arası mevcut mesafe ilişkisi analizinde yerleşke üzerinde konumlandırılmış binalara etki eden rüzgâr kuvveti ölçülecektir. Analiz girdilerinde sıcaklık, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü değerleri sabit tutulmuştur. Binalar arası mesafe değeri mevcut durumdaki halini korumuştur. Bina yüksekliği değeri mevcut yükseklik değeri olup 25 m olarak kabul edilmiştir. Çizelge 4.14.'te binalar arası mevcut mesafe ilişkisi analizine yönelik parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

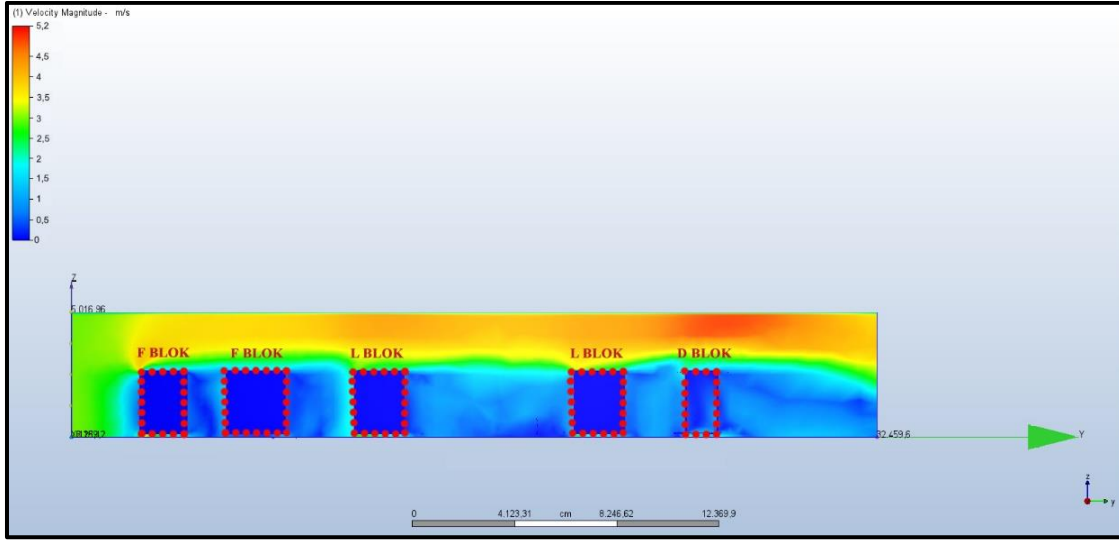
Çizelge 4.14. Autodesk CFD binalar arası mevcut mesafe ilişkisi analizi girdileri (Url.4, Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Analiz Parametreleri	Analiz Değerleri
Sıcaklık	12 °C
Rüzgâr Hızı	3 m/s
Rüzgâr Yönü	Kuzey-Güney Doğrultusu
Binalar Arası Mesafe	Mevcut Mesafe
Bina Yüksekliği	Mevcut Yükseklik

İlk olarak yapılan analizde yerleşkede mevcut durumda binalar arası mesafeler tespit edilmiştir ve bloklara etki eden rüzgâr kuvveti ölçülmüştür. D-L blokları arası mesafe 24 m,

L-L blokları arası 17, 15 ve 14 m, mevcut bina ve L blokları arası 27 ve 28 m, L-F blokları arası 14 m, F-F blokları arası 16 m'dir. 25 m yükseklikte olan A, D, F ve L bloklarına etkiyen 12 °C'de, 3 m/s hızında ve kuzey-güney doğrultusundaki rüzgâr kuvvetinin ulaştığı maksimum hız değeri 5,2 m/s olarak ölçülmüştür. Şekil 4.18'de yerleşkedeki rüzgâr kuvvetinin değer aralığı vaziyet planı ölçeğinde gösterilmektedir.

En düşük rüzgâr kuvveti değer aralığı 0,0-2,0 m/s ve en yüksek rüzgâr kuvveti değer aralığı 4,5-5,2 m/s olarak açığa çıkmıştır. F-L blokların çevresinde ve A-D bloklarının kuzeye bakan taraflarında 0,0-2,0 m/s değer aralığındaki rüzgâr kuvveti etkilidir. Rüzgâr hızının bu kısımlarda en düşük olduğu fark edilmektedir. Güney yönü doğrultusunda ve L bloklarının arasında rüzgâr hızının ortalama kuvvette olduğu ve değer aralığının 2,0-3,5 m/s olduğu görülmektedir. Yerleşkenin güneydoğu ve güneybatı doğrultularında ortalamanın üstünde ve 3,5-4,0 m/s değer aralığında bir rüzgâr kuvvetinin etkili olduğu tespit edilmiştir. Yerleşkenin doğuya ve batıya bakan yamaçlarına 4,5-5,2 m/s değer aralığındaki rüzgâr kuvveti hakimdir. Bu nedenle rüzgâr hızının en yüksek olduğu bölgeler doğuya ve batıya bakan yamaçlar olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.19. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi binalar arası mevcut mesafe ilişkisi kesit analizi (Autodesk CFD)

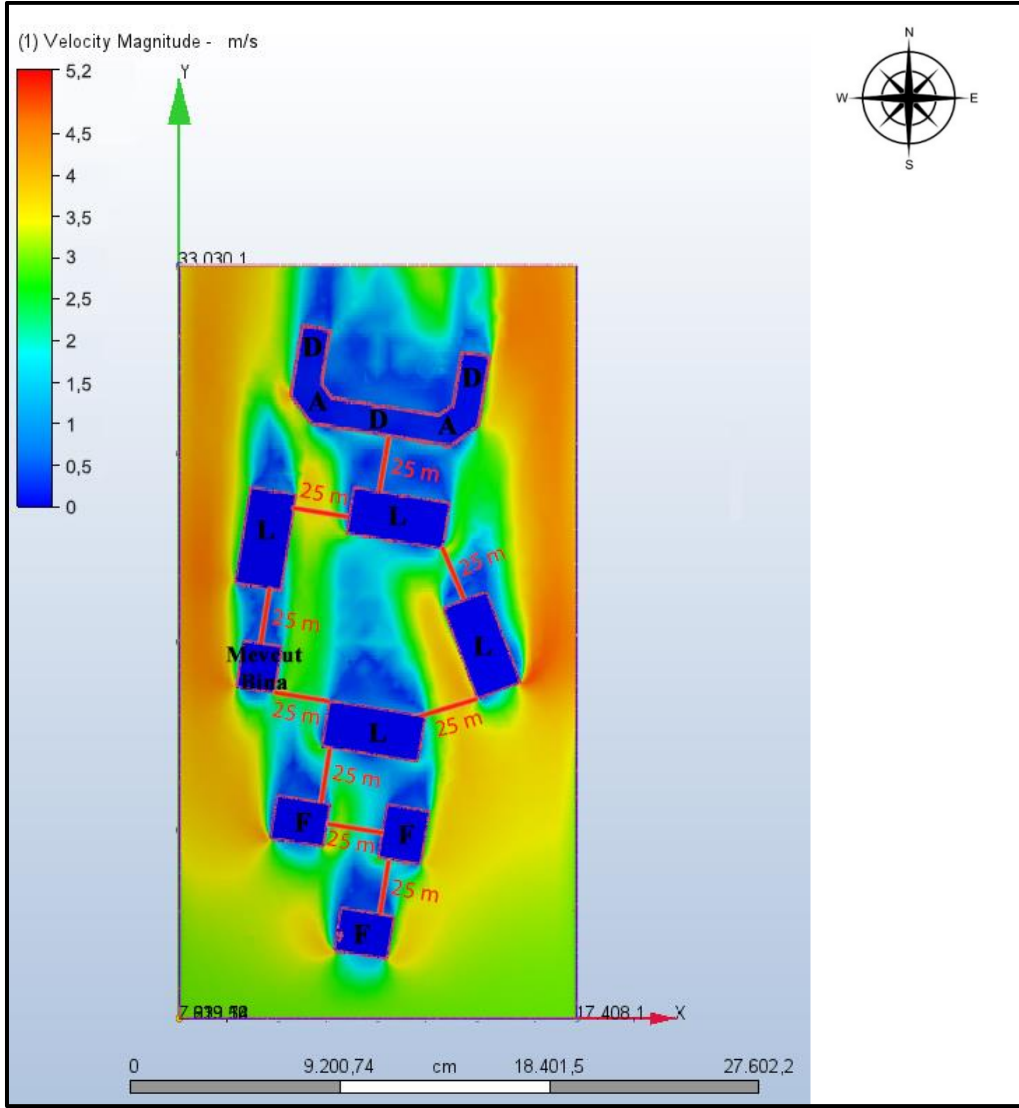
Binalar arası “H=25 m” mesafe ilişkisinde yerleşkeyi etkileyen hava hareketinin analizi

Binalar arası “H=25 m” mesafe ilişkisi analizinde yerleşke üzerinde binalar arası mesafe ilişkisinin değişmesiyle bloklara etki eden rüzgâr kuvveti ölçülecektir. “H-H” kuralı doğrultusunda bina yükseklikleri ve binalar arası mesafeler birbirine eşit olacak şekilde ayarlanacaktır. Analiz girdilerinde sıcaklık, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü değerleri sabit tutulmuştur. Binalar arası mesafe değeri 25 m olarak ayarlanmıştır. “H-H” kuralı doğrultusunda bina yükseklikleri değeri mevcut yükseklik değeri olup 25 m olarak kabul edilmiştir. Çizelge 4.15.’te binalar arası “H=25 m” mesafe ilişkisi analizine yönelik parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.15. Autodesk CFD binalar arası “H=25 m” mesafe ilişkisi analizi girdileri (Url.4, Yazar tarafından oluşturulmuştur)

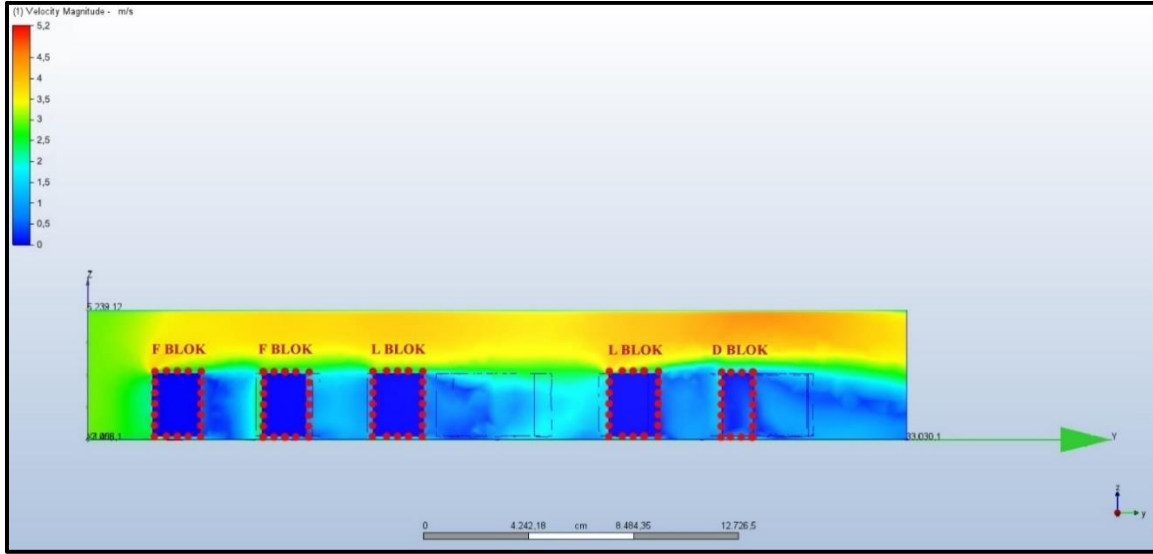
Analiz Parametreleri	Analiz Değerleri
Sıcaklık	12 °C
Rüzgâr Hızı	3 m/s
Rüzgâr Yönü	Kuzey-Güney Doğrultusu
Binalar Arası Mesafe	25 m
Bina Yüksekliği	25 m (Mevcut Yükseklik)

Yapılan ikinci analizde yerleşkedeki binalar arası mesafeler mevcut bina yüksekliğine göre ayarlanmıştır. Mevcut durumdaki bina yüksekliği 25 m olduğu için binalar arası mesafeler 25 m olarak düzenlenmiştir. A, D, F ve L bloklarına etkiyen 12 °C’de, 3 m/s hızında ve kuzey-güney doğrultusundaki rüzgâr kuvvetinin ulaştığı maksimum hız değeri 5,2 m/s olarak ölçülmüştür. Şekil 4.20’de yerleşkedeki rüzgâr kuvvetinin değer aralığı vaziyet planı ölçeğinde gösterilmektedir. En düşük rüzgâr kuvveti değer aralığı 0,0-2,0 m/s ve en yüksek rüzgâr kuvveti değer aralığı 4,5-5,2 m/s olarak açığa çıkmıştır. Birbirinden uzaklaşan blokların çevresine 0,0-2,0 m/s değer aralığındaki rüzgâr hızı hâkim olmaktadır. Birbirine paralel olarak konumlandırılmış ve birbirine bakan L blokları arasında mevcut duruma göre rüzgâr kuvveti etkisinin arttığı gözlenmektedir. Güney yönü doğrultusunda rüzgâr hızının ortalama kuvvette ve 2,0-3,5 m/s değer aralığında olduğu görülmektedir. Yerleşkenin güneydoğu ve güneybatı doğrultularına hâkim olan rüzgâr kuvveti yaklaşık olarak 3,5 -4,0 m/s değer aralığındadır. Yerleşkenin doğuya ve batıya bakan yamaçlarında 4,5-5,2 m/s değer aralığındaki rüzgâr hızı hakimdir. Bu nedenle rüzgâr hızının bu alanlarda en yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.20. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi binalar arası “ $h=25$ m” mesafe ilişkisi analizi (Autodesk CFD)

Şekil 4.5.’te gösterilen kesit doğrultusunda yapılan iki boyuttaki rüzgâr kuvveti etkisi ölçüm diyagramı Şekil 4.21.’de gösterilmektedir. Rüzgâr kuvvetinin bina üst noktalarında ortalama değerde olduğu görülmektedir. Rüzgâr hızının ise en düşük olduğu alanların bina aralarındaki bölgeler olduğu tespit edilmiştir. Kesit diyagramına göre yerleşkenin güneyine ortalama rüzgâr kuvveti, kuzeyine ise düşük hızda rüzgâr kuvveti hâkimdir. D bloğun Z koordinatı doğrultusuna etkiyen rüzgâr kuvvetinin mevcut duruma göre azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.21. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi binalar arası “ $h=25$ m” mesafe ilişkisi kesit analizi (Autodesk CFD)

21,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası “ $H=21,50$ m” mesafe ilişkisinde yerleşkeyi etkileyen hava hareketinin analizi

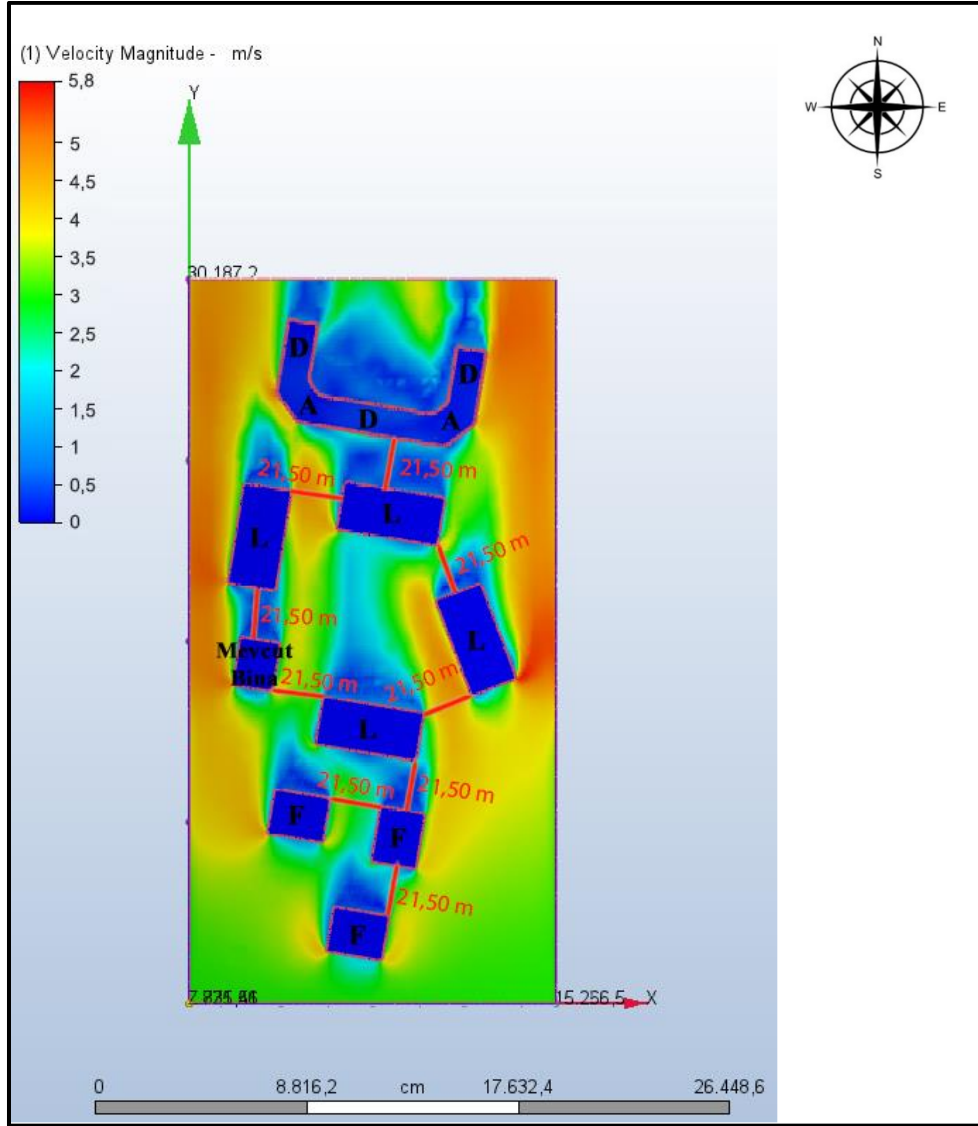
21,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası “ $H=21,50$ m” mesafe ilişkisi analizinde yerleşke üzerinde binalar arası mesafe ilişkisinin değişmesiyle bloklara etki eden rüzgâr kuvveti ölçülecektir. “H-H” kuralı doğrultusunda bina yükseklikleri ve binalar arası mesafeler birbirine eşit olacak şekilde ayarlanacaktır. Analiz girdilerinde sıcaklık, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü değerleri sabit tutulmuştur.

Binalar arası mesafe değeri az katlı binalarda yükseklik üst sınırı olan 21,50 m’ye göre ayarlanmıştır. “H-H” kuralı doğrultusunda bina yükseklikleri değeri de 21,50 m olarak değiştirilmiştir. Çizelge 4.16.’da 21,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası “ $H=21,50$ m” mesafe ilişkisi analizine yönelik parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.16. Autodesk CFD 21,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası “H=21,50 m” mesafe ilişkisi analizi girdileri (Url.4, Yazar tarafından oluşturulmuştur)

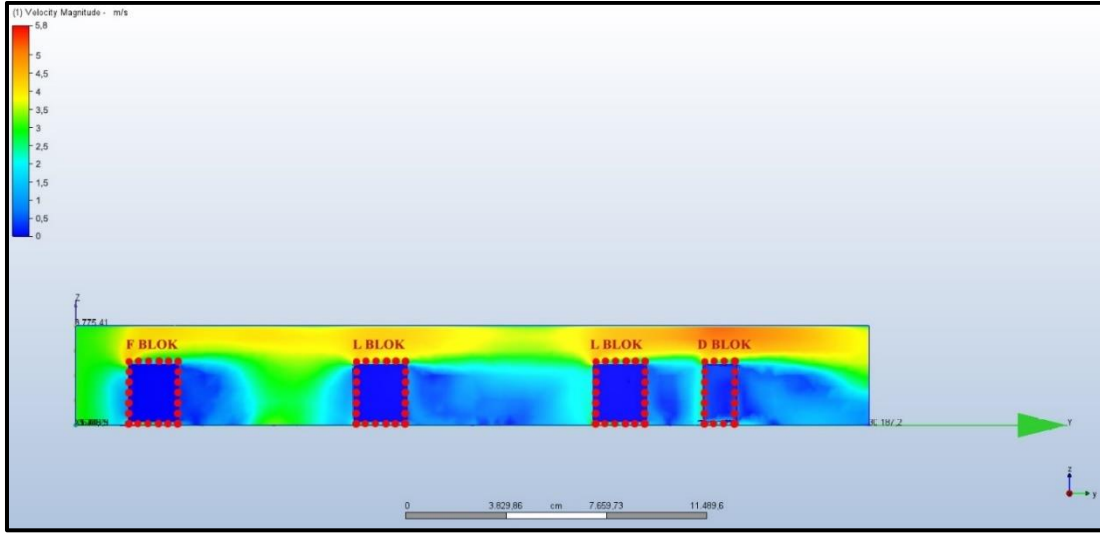
Analiz Parametreleri	Analiz Değerleri
Sıcaklık	12 °C
Rüzgâr Hızı	3 m/s
Rüzgâr Yönü	Kuzey-Güney Doğrultusu
Binalar Arası Mesafe	21,50 m
Bina Yüksekliği	21,50 m

Yapılan üçüncü analizde bina kat yüksekliğinin binalar arası mesafeye eşit olması gerektiği tespiti doğrultusunda yerleşkedeki bina yükseklikleri az katlı binalarda yükseklik üst sınırı olan 21,50 m’ye düşürülmüştür. Bu nedenle binalar arası mesafeler de 21,50 m olarak düzenlenmiştir. A, D, F ve L bloklarına etkiyen 12 °C’de, 3 m/s hızında ve kuzey-güney doğrultusundaki rüzgâr kuvvetinin ulaştığı maksimum hız değeri 5,8 m/s olarak ölçülmüştür. Şekil 4.22’de yerleşkedeki rüzgâr kuvvetinin değer aralığı vaziyet planı ölçeğinde gösterilmektedir. En düşük rüzgâr kuvveti değer aralığı 0,0-2,0 m/s ve en yüksek rüzgâr kuvveti değer aralığı 5,0-5,8 m/s olarak açığa çıkmıştır. Birbirine paralel olarak konumlandırılmış L blokların arasındaki mevcut duruma göre etki eden rüzgâr kuvvetinin arttığı gözlenmektedir. Güney yönü doğrultusunda ise rüzgâr hızının ortalama kuvvette ve yaklaşık olarak 2,5-4,0 m/s değer aralığında olduğu görülmektedir. Güneydoğu ve güneybatı doğrultularına hâkim olan rüzgâr kuvvetinin yaklaşık olarak 4,0-4,5 m/s değer aralığında olduğu fark edilmiştir. Yerleşkenin doğuya ve batıya bakan yamaçlarında 5,0-5,8 m/s değer aralığındaki rüzgâr kuvveti hakimiyet göstermektedir. Bu bölgeler rüzgâr hızının en yüksek olduğu alanlar olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.22. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi 21,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası “h=21,50 m” mesafe ilişkisi analizi (Autodesk CFD)

Şekil 4.5.’te gösterilen kesit doğrultusunda yapılan iki boyuttaki rüzgâr kuvveti etkisi ölçüm diyagramı Şekil 4.23.’te gösterilmektedir. Rüzgâr kuvvetinin bina tepe noktalarında ortalama değerde olduğu ve yükseklerle çıkıldıkça arttığı görülmektedir. Kesit diyagramına göre yerleşkenin güneyine ortalama rüzgâr kuvvetinin, kuzeyine ise düşük rüzgâr kuvvetinin hâkim olduğu tespit edilmiştir. Rüzgâr kuvvetinin en fazla etki ettiği alan ise D bloğun Z koordinatı doğrultusudur.



Şekil 4.23. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi 21,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası “h=21,50 m” mesafe ilişkisi kesit analizi (Autodesk CFD)

51,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası “H=51,50 m” mesafe ilişkisinde yerleşkeyi etkileyen hava hareketinin analizi

51,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası “H=51,50 m” mesafe ilişkisi analizinde yerleşke üzerinde binalar arası mesafe ilişkisinin değişmesiyle bloklara etki eden rüzgâr kuvveti ölçülecektir. “H-H” kuralı doğrultusunda bina yükseklikleri ve binalar arası mesafeler birbirine eşit olacak şekilde ayarlanacaktır. Analiz girdilerinde sıcaklık, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü değerleri sabit tutulmuştur.

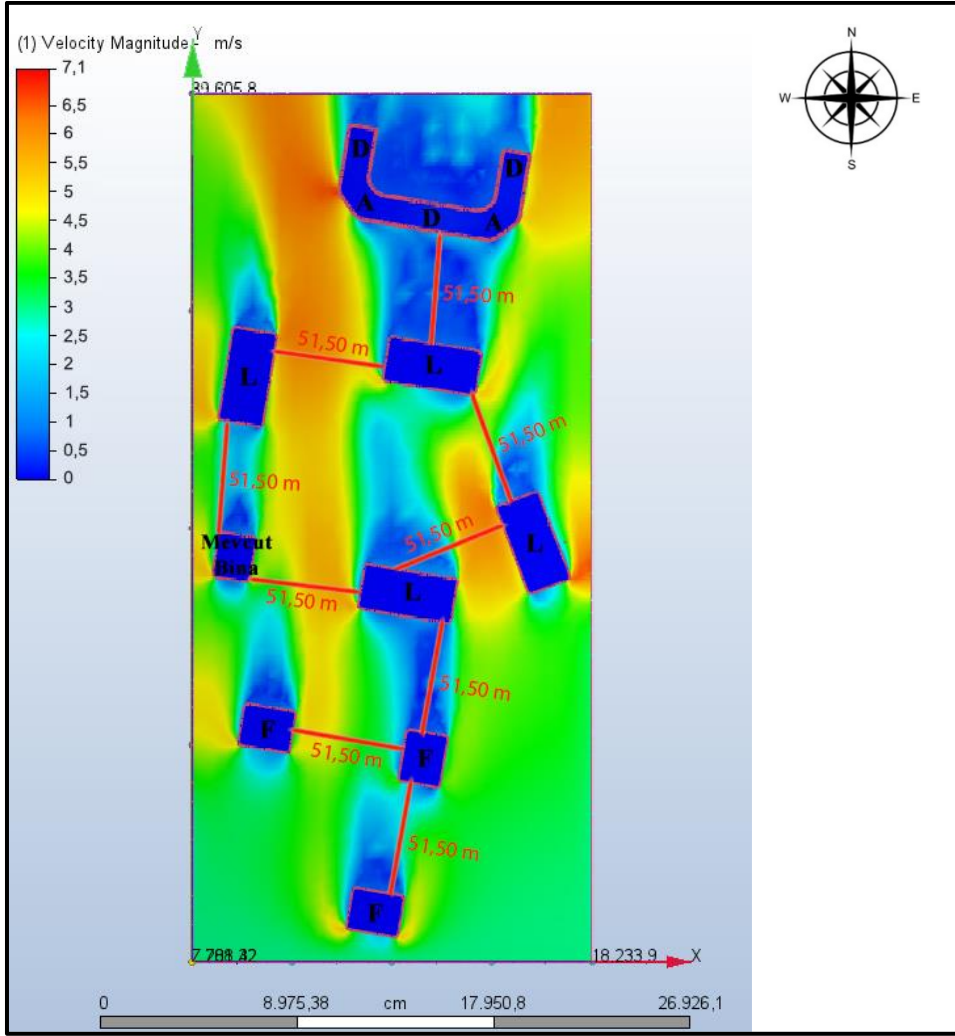
Binalar arası mesafe değeri yüksek katlı binalarda yükseklik üst sınırı olan 51,50 m’ye göre ayarlanmıştır. “H-H” kuralı doğrultusunda bina yükseklikleri değeri de 51,50 m olarak değiştirilmiştir. Çizelge 4.17.’de 51,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası “H=51,50 m” mesafe ilişkisi analizine yönelik parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.17. Autodesk CFD 51,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası “H=51,50 m” mesafe ilişkisi analizi girdileri (Url.4, Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Analiz Parametreleri	Analiz Değerleri
Sıcaklık	12 °C
Rüzgâr Hızı	3 m/s
Rüzgâr Yönü	Kuzey-Güney Doğrultusu
Binalar Arası Mesafe	51,50 m
Bina Yüksekliği	51,50 m

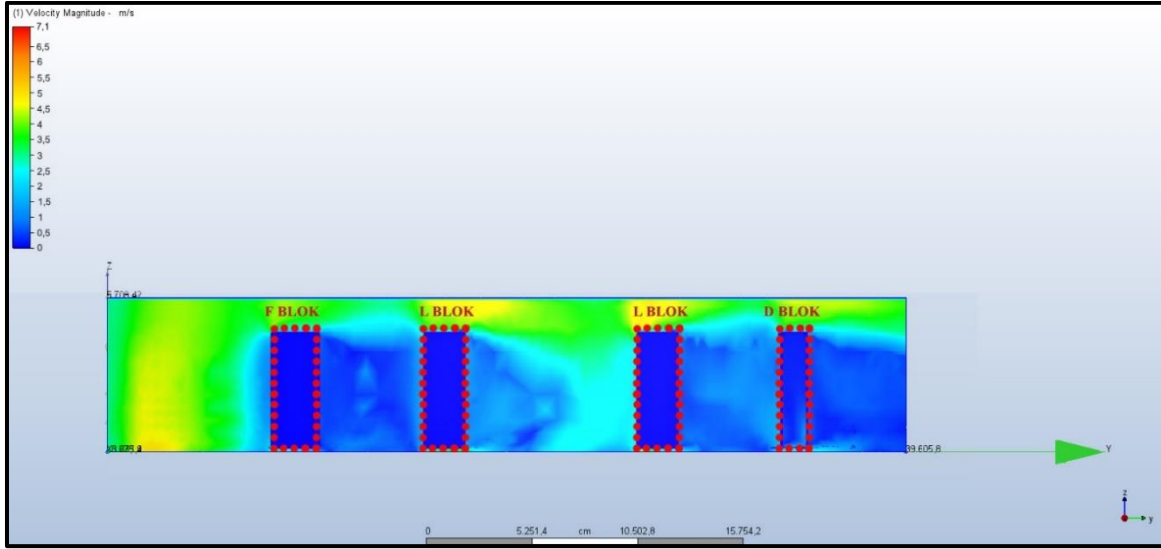
Yapılan dördüncü analizde bina kat yüksekliğinin binalar arası mesafeye eşit olması gerektiği tespiti doğrultusunda yerleşkedeki binalar yüksek yapılardaki yükseklik üst sınırı olan 51,50 m'ye göre ayarlanmıştır. Bu nedenle binalar arası mesafeler de 51,50 m olarak düzenlenmiştir. A, D, F ve L bloklarına etkiyen 12 °C'de, 3 m/s hızında ve kuzey-güney doğrultusundaki rüzgâr kuvvetinin ulaştığı maksimum hız değeri 7,1 m/s olarak ölçülmüştür. Şekil 4.24'te yerleşkedeki rüzgâr kuvvetinin değer aralığı vaziyet planı ölçeğinde gösterilmektedir. En düşük rüzgâr kuvveti değer aralığı 0,0-2,5 m/s ve en yüksek rüzgâr kuvveti değer aralığı 6,5-7,1 m/s olarak açığa çıkmıştır. Birbirlerine olan uzaklıkları artan binalar arasındaki rüzgâr kuvveti etkisinin de arttığı tespit edilmiştir. Özellikle L blokların arasındaki rüzgâr kuvveti değer aralığının yaklaşık olarak 4,5-6,0 m/s değer aralığına yükseldiği gözlenmektedir. Mevcut duruma göre bu bölgedeki rüzgâr kuvveti etkisinin arttığı fark edilmektedir.

Güney yönü doğrultusunda rüzgâr hızının ortalama kuvvette olduğu ve 3,0-4,5 m/s değer aralığında olduğu görülmektedir. Güneydoğu ve güneybatı doğrultularına hâkim olan rüzgâr kuvveti değer aralığı da yaklaşık olarak 3,0-4,5 m/s olarak tespit edilmiştir. Bu kısımlara etki eden rüzgâr kuvvetinin mevcut duruma göre arttığı görülmektedir. Yerleşkenin doğuya ve batıya bakan yamaçlarında rüzgâr kuvveti etkisinin fazla olduğu görülmektedir. Mevcut duruma göre rüzgâr hızı etkisinin binaların iç kısımlarında daha çok arttığı gözlenmektedir. Özellikle kuzeybatı doğrultusundaki rüzgâr kuvvetinin bölgedeki en yüksek hıza ve yaklaşık olarak 6,0-7,1 m/s değer aralığına sahip olduğu fark edilmektedir.



Şekil 4.24. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi 51,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası “h=51,50 m” mesafe ilişkisi analizi (Autodesk CFD)

Şekil 4.5.’te gösterilen kesit doğrultusunda yapılan iki boyuttaki rüzgâr kuvveti etkisi ölçüm diyagramı Şekil 4.25.’te gösterilmektedir. Birbirine paralel olarak konumlandırılan L bloklar arasındaki rüzgâr kuvveti etkisinin arttığı gözlenmektedir. F-L ve L-D blokları arasındaki rüzgâr hızının en düşük değerde olduğu görülmektedir. Kesit diyagramına göre yerleşkenin güneyine ortalama rüzgâr kuvveti, kuzeyine ise düşük hızda rüzgâr kuvveti hâkimdir.



Şekil 4.25. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi 51,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası “h=51,50 m” mesafe ilişkisi kesit analizi (Autodesk CFD)

Binalar arası mesafe ilişkisi analizlerinin değerlendirilmesi

12 °C’de, 3 m/s hızında ve kuzey-güney doğrultusunda etkiyen rüzgâr kuvvetiyle yapılan binalar arası mesafe ilişkisi analizlerinde yerleşke planı ve kesiti üzerinden iki farklı grafik kullanılmıştır. Binalar arası mevcut mesafe ilişkisi analizi, binalar arası “H=25 m” mesafe ilişkisi analizi, 21,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası “H=21,50 m” mesafe ilişkisi analizi ve 51,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası “H=51,50 m” mesafe ilişkisi analizi olmak üzere 4 farklı analiz yapılmıştır (Çizelge 4.18.). Binalar arası mesafenin arttırılmasına bağlı olarak yerleşkede özellikle birbirine paralel olan L blokları arasındaki rüzgâr kuvveti etkisinin arttığı fark edilmiştir. Blokların birbirinden uzaklaştırılması, mevcut durumdaki rüzgâr kuvvetini gözle görülür bir şekilde etkilemiştir ve rüzgâr kuvvetinin yapılara olan etkisini artırmıştır. Mevcut durumdaki bina yükseklikleriyle yapılan ilk iki analizde de ulaşılan en yüksek rüzgâr kuvveti hızının aynı olduğu tespit edilmiştir. Binalar arası mesafenin 21,50 m olarak ayarlandığı analizde mevcut duruma göre özellikle F ve L bloklar arası mesafe artırılmış olduğu için ortalama rüzgâr hızı kuvvetinde de artış görülmüştür. Binalar arası mesafenin 51,50 m olarak ayarlandığı analiz sonucu ise en yüksek rüzgâr hızına sahip olmuştur.

Birinci ve ikinci analizde ulaşılan en yüksek rüzgâr hızı 5,2 m/s, üçüncü analizde 5,8 m/s ve dördüncü analizde 7,1 m/s olmuştur. Kat yüksekliklerinin ve binalar arası mesafenin 21,50 m olarak düzenlendiği üçüncü analizde yerleşkeye etki eden rüzgâr kuvvetinin ulaştığı en

yüksek hız değerinde yaklaşık olarak %12 oranında artış görülmüştür. Kat yüksekliklerinin ve binalar arası mesafenin 51,50 m olarak düzenlendiği dördüncü analizde yerleşkeye etki eden rüzgâr kuvvetinin ulaştığı en yüksek hız değerinde ise yaklaşık olarak %37 oranında artış görülmüştür. Yüzde oranları dikkate alındığında, parsel sınırı ve çevredeki binalar da göz önünde bulundurulduğunda, binalara etki eden aerodinamik etkinin en aza indirildiği tasarımın ortaya konulması için mevcut durumdaki binalar arası mesafenin korunmasının daha uygun olacağı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.18. Autodesk CFD binalar arası mesafe ilişkisi analizi bulgularının değerlendirilmesi (Url.4, Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Analiz Parametreleri	Analiz Değerleri	En Yüksek Rüzgâr Hızı
Sıcaklık	12 °C	Sabit Değer
Rüzgâr Hızı	3 m/s	Sabit Değer
Rüzgâr Yönü	Kuzey-Güney Doğrultusu	Sabit Değer
Binalar Arası Mesafe	Binalar Arası “Mevcut” Mesafe	5,2 m/s
	Binalar Arası “H=25 m” Mesafe	5,2 m/s
	21,50 m Kat Yüksekliği / “H=21,50 m”	5,8 m/s
	51,50 m Kat Yüksekliği / “H=51,50 m”	7,1 m/s

Bulguların değerlendirilmesi

Tunç Park Ankara Toplu Konut Yerleşkesi üzerinden bina yüksekliği, bina konumu ve binalar arası mesafe ilişkisi analizleri ve değerlendirmeleri yapılmıştır. Belirlenen kriterler doğrultusunda yapılan analizler sonucunda açığa çıkan en yüksek rüzgâr kuvveti değeri tespit edilmiştir. Analiz girdilerinde sıcaklık, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü değerleri sabit tutulmuştur. Bina yüksekliği, bina konumu ve binalar arası mesafe ilişkisi değerleri ise farklılaştırılarak analiz çıktıları değerlendirilmiştir.

3 farklı analiz çeşidinin analiz çıktıları arasından en düşük rüzgâr hızına sahip olan ve yüzde oranı olarak bakıldığında mevcut duruma göre azalma görülen analizin girdileri öneri yerleşke tasarımında kullanılmak üzere belirlenmiştir. Bu doğrultuda bina yüksekliği

analizlerinden mevcut duruma göre rüzgâr kuvvetinin ulaştığı en yüksek hız değerinde yaklaşık olarak %42 oranında düşüş görülen ve 3 m/s rüzgâr hızı çıktısı olan analizin girdileri, bina konumu ve yönlenme analizlerinden mevcut duruma göre rüzgâr kuvvetinin ulaştığı en yüksek hız değerinde yaklaşık olarak %8 oranında düşüş görülen ve 4,8 m/s rüzgâr hızı çıktısı olan analizin girdileri ve binalar arası mesafe ilişkisi analizlerinden 5,2 m/s rüzgâr hızı çıktısı olan mevcut durum analizinin girdileri önerilen yerleşke tasarımı analizinde kullanılmak üzere tespit edilmiştir. Autodesk CFD aracılığıyla yapılan analizlerin girdileri ve çıktıları Çizelge 4.19.’da gösterilmektedir.

Çizelge 4.19. Autodesk CFD analiz bulgularının değerlendirilmesi (Url.4, Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Analiz Parametreleri	Analiz Değerleri	En Yüksek Rüzgâr Hızı
Sıcaklık	12 °C	Sabit Değer
Rüzgâr Hızı	3 m/s	Sabit Değer
Rüzgâr Yönü	Kuzey-Güney Doğrultusu	Sabit Değer
Bina Yüksekliği	25 m (Mevcut)	5,2 m/s
	21,50 m	3,0 m/s
	51,50 m	6,2 m/s
Bina Konumu ve Yönlenme	Güneyden Batıya 10°’lik Açılı Yerleşim (Mevcut)	5,2 m/s
	90°’lik Açılı Yerleşim	5,2 m/s
	Güneyden Doğuya 10°’lik Açılı Yerleşim	4,8 m/s
Binalar Arası Mesafe	Binalar Arası “Mevcut” Mesafe	5,2 m/s
	Binalar Arası “H=25 m” Mesafe	5,2 m/s
	21,50 m Kat Yüksekliği / “H=21,50 m”	5,8 m/s
	51,50 m Kat Yüksekliği / “H=51,50 m”	7,1 m/s

Önerilen yerleşke tasarımının rüzgâr hareketlerine etkisinin analizi

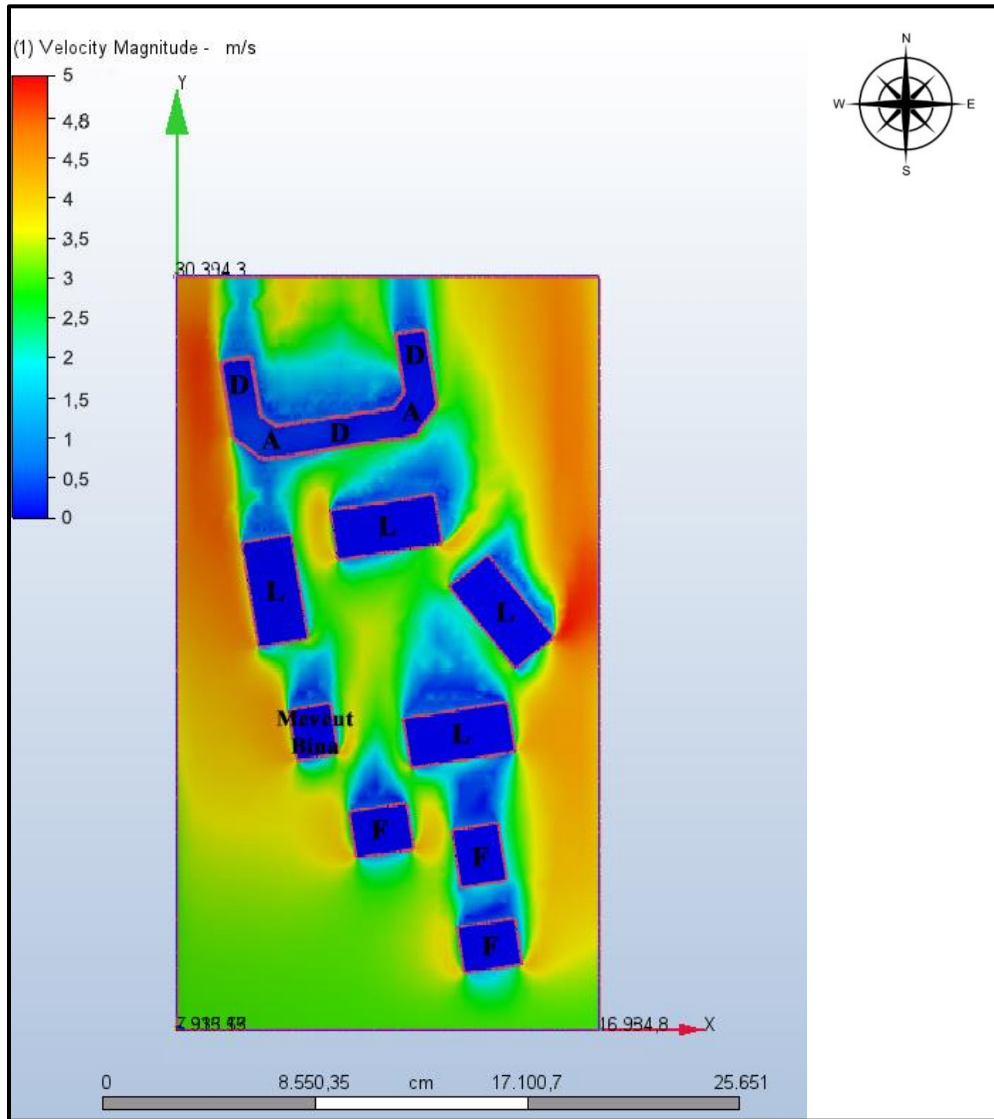
Yapılan analizler sonucu bina aerodinamiği etkisinin en aza indirildiği bir öneri yerleşke tasarımı geliştirilmiştir. Önerilen yerleşke tasarımı analizinde farklı yükseklikte ve konumdaki mevcut mesafe değeri korunan yapılara etki eden rüzgâr kuvveti ölçülecektir. Analiz girdilerinde sıcaklık, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü değerleri sabit tutulmuştur. A, D, F ve L bloklarına 12 °C’de, 3 m/s hızında ve kuzey-güney doğrultusunda rüzgâr kuvveti etki etmiştir. Bloklar 21,50 m yüksekliğinde ve güneyden doğuya doğru 10°’lik açı yapacak şekilde konumlandırılmıştır. Yapıların birbirlerine göre mesafe ilişkileri korunmuştur. Çizelge 4.20.’de önerilen yerleşke tasarımı için Autodesk CFD analizinde dikkate alınan değerler verilmiştir.

Çizelge 4.20. Autodesk CFD önerilen yerleşke tasarımı analizi girdileri (Url.4, Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Analiz Parametreleri	Analiz Değerleri
Sıcaklık	12 °C
Rüzgâr Hızı	3 m/s
Rüzgâr Yönü	Kuzey-Güney Doğrultusu
Bina Yüksekliği	21,50 m
Bina Konumu ve Yönlenme	Güneyden Doğuya 10°’lik Açılı Yerleşim
Binalar Arası Mesafe	Mevcut mesafe

A, D, F ve L bloklarına etkiyen 12 °C’de, 3 m/s hızında ve kuzey-güney doğrultusundaki rüzgâr kuvvetinin ulaştığı maksimum hız değeri 5 m/s olarak ölçülmüştür. Şekil 4.26’da yerleşkedeki rüzgâr kuvvetinin değer aralığı vaziyet planı ölçeğinde gösterilmektedir. En düşük rüzgâr kuvveti değer aralığı 0,0-2,0 m/s ve en yüksek rüzgâr kuvveti değer aralığı 4,5-5,0 m/s olarak açığa çıkmıştır. Bloklar arasında kalan bölgelere hâkim olan rüzgâr kuvveti ortalama düzeyde ve değer aralığı 2,5-3,5 m/s olarak görülmektedir. Güney yönüne de 2,5-3,5 m/s değer aralığında ortalama rüzgâr kuvveti etki etmektedir. Yerleşkenin güneydoğu ve güneybatı taraflarına ise yaklaşık olarak 3,5-4,0 m/s değer aralığındaki rüzgâr kuvvetinin hâkim olması, bu alanlarda ortalamanın üstünde bir rüzgâr kuvvetinin etkili olduğunu

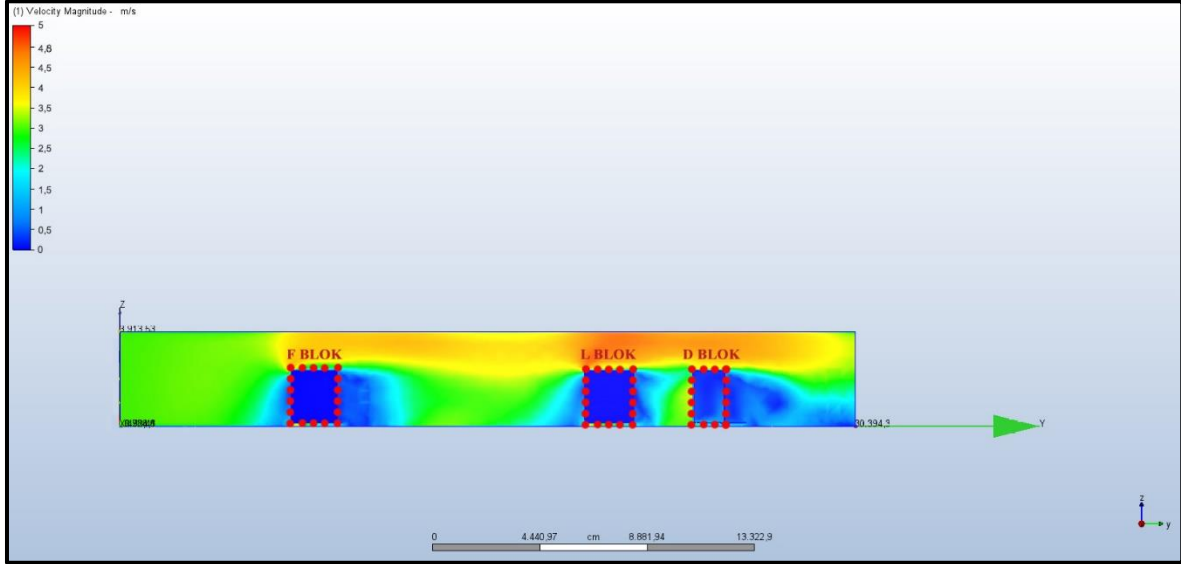
göstermektedir. Yerleşkenin doğuya ve batıya bakan yamaçlarında 4,5-5,0 m/s değer aralığındaki rüzgâr kuvveti görülmektedir. Rüzgâr hızının en yüksek olduğu bölgeler bu alanlar olarak değerlendirilmektedir. Yerleşkede kuzeydoğu doğrultusundaki A-D bloklarının çevresindeki rüzgâr kuvveti değer aralığının 2,5-3,5 m/s olarak tespit edilmesi, bu bölgeye etki eden rüzgâr kuvvetinin mevcut duruma göre azaldığını göstermektedir. Kuzeybatı doğrultusunda görülen 4,5-5,0 m/s değer aralığındaki rüzgâr kuvveti, bu kısımlardaki rüzgâr kuvveti değerinin en yüksek olduğunu belirtmektedir.



Şekil 4.26. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi önerilen yerleşke tasarımı analizi (Autodesk CFD)

Şekil 4.16.'da gösterilen kesit doğrultusunda yapılan iki boyuttaki rüzgâr kuvveti etkisi ölçüm diyagramı Şekil 4.27.'de gösterilmektedir. Rüzgâr kuvvetinin bina tepe noktalarında

ortalama değerde olduğu ve yükseklerle çıkıldıkça arttığı görülmektedir. Rüzgâr kuvvetinin en fazla etki ettiği alan ise L bloğun Z koordinatı doğrultusudur.



Şekil 4.27. Tunç Park Ankara toplu konut yerleşkesi önerilen yerleşke tasarımı kesit analizi (Autodesk CFD)

Autodesk CFD programı aracılığıyla yapılan analiz çalışmaları sonucu mevcut durumdaki yerleşkeye farklı bir yaklaşım önerisi getirilmiştir. Bina yüksekliği, bina konumu ve binalar arası mesafe ilişkileri ile ilgili analiz sonuçları incelenerek toplu konut yerleşkesindeki rüzgâr kuvveti etkisinin en aza indirgenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında kullanılan analiz girdileri doğrultusunda öneri yerleşke tasarımı geliştirilmiştir. Autodesk CFD aracılığıyla yapılan önerilen yerleşke tasarımı analizinin bulguları Çizelge 4.21.'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.21. Önerilen yerleşke tasarımı analizi bulgularının değerlendirilmesi (Url.4, Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Analiz Parametreleri	Analiz Değerleri	En Yüksek Rüzgâr Hızı
Sıcaklık	12 °C	5 m/s
Rüzgâr Hızı	3 m/s	
Rüzgâr Yönü	Kuzey-Güney Doğrultusu	
Bina Yüksekliği	21,50 m	
Bina Konumu ve Yönlenme	Güneyden Doğuya 10°'lik Açılı Yerleşim	
Binalar Arası Mesafe	Mevcut Mesafe	

Önerilen yerleşke tasarımı sonucu ulaşılan en yüksek rüzgar hızı değerinde mevcut duruma göre yaklaşık olarak %4 oranında düşüş olduğu tespit edilmiştir. Tunç Park Ankara Yapılan analizlerin değerlendirilmesi sonucu ortaya çıkan öneri yerleşke tasarımı çalışmasının girdileri değiştirilerek, farklı tipteki yerleşkelerde mevcut bina aerodinamiği etkisinin en aza indirildiği çeşitli tasarım önerileri ortaya konulabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında bina aerodinamiğinin yapı yüksekliği, yapı konumu ve yapılar arası mesafe ile ilişkisi üzerine birçok araştırma ve çalışma gerçekleştirilmiştir. Belirlenen kriterler doğrultusunda az katlı toplu konut projesi olan Tunç Park Ankara Toplu Konut Yerleşkesi üzerinde analiz ve incelemeler yapılmıştır. 12 °C sıcaklık, 3 m/s rüzgâr hızı ve kuzey-güney doğrultusundaki rüzgâr yönü değerleri, yapılan analizlerde ortak kabul edilen ve sabit tutulan girdiler olmuştur. Bina yüksekliği, bina konumu ve binalar arası mesafe ilişkisi girdileri analizlere göre farklılaştırılmıştır. Autodesk CFD analiz çıktısı olarak rüzgâr hızı dikkate alınmıştır. Analiz aşamasında Tunç Park Ankara Toplu Konut Yerleşkesinin SketchUp programında oluşturulan 3 boyutlu alan çalışması Autodesk CFD programına aktarılmıştır.

Yerleşkede değiştirilen bina yükseklikleri, bina konumları ve binalar arası mesafe ilişkileri sonucu rüzgâr kuvvetinde oluşan farklılıklar ve bunların bina aerodinamiğine etkisi Autodesk CFD programı aracılığıyla analiz edilmiştir. Bu kapsamda rüzgâr kuvvetinin binalar üzerine etkisinin arttığı ve azaldığı durumlar tespit edilmiştir. Yapılan analizler birbirleriyle karşılaştırılmış ve analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Tez çalışmasında mevcut yerleşkedeki yapılar etrafındaki akış modeli değiştirilerek binalara etki eden aerodinamik kuvvetin en aza indirildiği yerleşke tasarım önerisinin ortaya konulması hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda bina yüksekliği analizi, bina konumu ve yönlenme analizi ve binalar arası mesafe ilişkisi analizleri olmak üzere 3 farklı kriter belirlenerek analizler gerçekleştirilmiştir.

İlk olarak belirlenen bina yüksekliği kriteri doğrultusunda yapılan bina yüksekliği analizinde mevcut bina yüksekliği, 21,50 m bina yüksekliği ve 51,50 m bina yüksekliği olmak üzere 3 farklı yükseklik değeri kullanılmıştır. Yapılara etkiyen rüzgâr kuvveti değerleri Autodesk CFD yazılımı aracılığıyla ölçülmüştür. Mevcut bina yüksekliği analizinde rüzgâr hızı 5,2 m/s, 21,50 m bina yüksekliği analizinde rüzgâr hızı 3 m/s ve 51,50 m bina yüksekliği analizinde rüzgâr hızı 6,2 m/s olarak tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre binaları etkileyen aerodinamik kuvvetin en az olduğu yükseklik değeri 21,50 m olmuştur. Bu analiz sonucu açığa çıkan en yüksek rüzgâr hızı değerinde %42 oranında düşüş tespit edilmiştir.

İkinci kriter olan bina konumu ve yönlenmelerinin değiştirilmesiyle yapılan analizde güneyden batıya 10°'lik açılı yerleşim (mevcut), kuzey-güney doğrultusunda 90°'lik açılı yerleşim ve güneyden doğuya 10°'lik açılı yerleşim olmak üzere 3 farklı konumlandırılma yapılmıştır. Yapılara etkileyen rüzgâr kuvveti değerleri Autodesk CFD yazılımı aracılığıyla ölçülmüştür. Güneyden batıya 10°'lik açılı yerleşim (mevcut) analizinde rüzgâr hızı 5,2 m/s, kuzey-güney doğrultusunda 90°'lik açılı yerleşim analizinde rüzgâr hızı yine 5,2 m/s ve güneyden doğuya 10°'lik açılı yerleşim analizinde rüzgâr hızı 4,8 m/s olarak tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre binaları etkileyen aerodinamik kuvvetin en az olduğu değerin güneyden doğuya 10°'lik açılı yerleşim analizinde olduğu tespit edilmiştir. Bu analiz sonucu açığa çıkan en yüksek rüzgâr hızı değerinde yaklaşık olarak %8 oranında düşüş tespit edilmiştir.

Üçüncü kriter olan binalar arası mesafe ilişkisi doğrultusunda binalar arası mevcut mesafe ilişkisi, binalar arası h=25 m mesafe ilişkisi, 21,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası h=21,50 m mesafe ilişkisi ve 51,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası h=51,50 m mesafe ilişkisi olmak üzere 4 farklı analiz çalışması yapılmıştır. Yapılara etkileyen rüzgâr kuvveti değerleri Autodesk CFD yazılımı aracılığıyla ölçülmüştür. Mevcut mesafe ilişkisi analizinde rüzgâr hızı 5,2 m/s, binalar arası h=25 m mesafe ilişkisi analizinde rüzgâr hızı yine 5,2 m/s, 21,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası h=21,50 m mesafe ilişkisi analizinde rüzgâr hızı 5,8 m/s ve 51,50 m kat yüksekliğindeki binalar arası h=51,50 m mesafe ilişkisi analizinde rüzgâr hızı 7,1 m/s olarak tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre binaları etkileyen aerodinamik kuvvetin en az olduğu değerin binalar arası mevcut mesafenin korunması sonucu ortaya çıktığı tespit edilmiştir.

Autodesk CFD yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilen analizler doğrultusunda, binalara etki edecek aerodinamik kuvvetin en aza indirgenmesi kapsamında Tunç Park Ankara Toplu Konut Yerleşkesi üzerinde yeni bir yerleşke tasarımı önerisi geliştirilmiştir. Tasarım önerisinin oluşturulmasında analiz çıktılarından yararlanılmıştır. Bina yüksekliği analizinde yapıları etkileyen rüzgâr kuvveti değerinin 21,50 m yükseklikle yapılan analizde en düşük olması ve ulaşılan en yüksek rüzgâr hızı değerinde %42 oranında düşüş olması nedeniyle öneri yerleşke tasarımında yapı yükseklikleri 21,50 m olarak ayarlanmıştır. Bina konumu ve yönlenme analizinde yapıları etki eden rüzgâr kuvvetinin güneyden doğuya 10°'lik açılı yerleşimde en az olması sebebiyle ve ulaşılan en yüksek rüzgâr hızı değerinde %8 oranında düşüş olması nedeniyle öneri yerleşke tasarımındaki binalar güneyden doğuya 10°'lik açılı

olacak şekilde yerleştirilmiştir. Binalar arası mesafe ilişkisi analizinde yapıları etkileyen rüzgâr kuvvetinin mevcut durumdaki binalar arası mesafe ilişkisi analizinde en az olduğunun tespit edilmesi doğrultusunda öneri yerleşke tasarımıdaki binalar arası mesafeler mevcut durumdaki haliyle bırakılmıştır. Analiz sonuçlarına göre rüzgâr hızı 5 m/s olarak ölçülmüştür. Önerilen yerleşke tasarımıda ulaşılan en yüksek rüzgâr hızı değerinde mevcut duruma göre yaklaşık olarak %4 oranında düşüş tespit edilmiştir.

Toplu konut yerleşkesi özelinde yapılan çalışma sonucu rüzgâr kuvvetinin toplu konutlardaki yapılara etkisinin, tek başına konumlandırılmış olanlara göre çeşitli faktörlere bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir. Özellikle binaların yüksekliklerinin, birbirlerine göre konumlarının ve birbirleri arasındaki mesafelerinin değiştirilmesi sonucu farklı kuvvetlerdeki rüzgâr hızından etkilendikleri görülmüştür. Bu tip yerleşkelerde konumlandırılan yapıların bina aerodinamiği ayrı ayrı gözetilmelidir. Bu nedenle yapılan tez çalışması kapsamında toplu konut yerleşkelerindeki rüzgâr kuvveti etkilerini değerlendirmek ön planda tutulmaktadır.

Literatür araştırmaları kapsamında bina aerodinamiği kavramının genel olarak yüksek katlı yapılar ve tek başına konumlandırılan yapılar üzerinden incelendiği tespit edilmiştir. Az katlı konutlar ve toplu konut yerleşkeleri özelinde bina aerodinamiği optimizasyonuna yönelik çalışmaların yetersiz olduğu görülmektedir. Tez çalışması kapsamında özellikle az katlı konutlarda ve toplu konut yerleşkelerinde bina aerodinamiği etkisinin yapıların yüksekliği, konumu ve birbirine olan mesafelerine göre nasıl optimize edilmesi gerektiği somut bir şekilde ortaya konulmuştur. Bu bulgu sayesinde toplu konut tasarımı literatürüne önemli bir katkı sağlanmıştır. Yapılan çalışmanın tasarlanacak olan toplu konut projeleri için örnek teşkil etmesi ve projelerin ön tasarım aşamasında aerodinamik etkilerin göz önünde bulundurulması öngörülmektedir. Analizlerin sonucunda ortaya çıkan öneri yerleşke tasarımı, binaların etrafındaki aerodinamik etkilerin azaltılabilir olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda mühendislik ve mimarlık alanlarında dayanıklı ve sürdürülebilir toplu konut tasarımlarına yönelik çalışmalara dikkat edilmesi gerekmektedir.

Yapılan çalışmada, bina aerodinamiğinin yapı yüksekliği, yapı konumu ve yapılar arası mesafe ile ilişkisinin ön tasarım aşamasında dikkat edilmesi gereken önemli kriterlerden olduğu tespit edilmiştir. Yapılan analizler sonucu Ankara ilinde konumlandırılan az katlı bir toplu konut yerleşkesindeki bina aerodinamiği etkisi düşürülmüştür. Değerlendirilen analiz

sonuçları doğrultusunda ortaya çıkan öneri yerleşke tasarımı sayesinde rüzgâr kuvvetinin olumsuz etkisinin en aza indirgenmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak uygun bina yüksekliğinin, bina konumlandırılmasının ve binalar arası mesafe ilişkisinin toplu konut yerleşkesindeki yapılar etrafındaki aerodinamik kuvvet etkisini azalttığı ortaya konulmuştur. Ayrıca karasal iklim bölgesindeki Ankara ili özelinde yapılan çalışmada sabit tutulan iklim değeri kriterinin değiştirilmesiyle ve çalışmanın sıcak iklim bölgelerindeki şehirlerde de yapılmasıyla, tez çalışmasının kapsamı dışında tutulan bina aerodinamiği ve iklim bölgeleri ile ilişkisi araştırılabilir. Bina tasarımı ve aerodinamik optimizasyonun iklimsel faktörlerle ilişkisini ortaya koymaya yönelik yeni bir araştırma alanı oluşturulabilir.

KAYNAKLAR

- Adil, S. (2010). *Ekolojik kentleşme ve toplu konutlarda ekolojik planlama yaklaşımının Başakşehir 4. Etap örneğinde incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 4-24.
- Adjiski, V., Mirakovski, D., Despodov, Z. and Mijalkovski, S. (2015). Simulation and optimization of evacuation routes in case of fire in underground mines. *Journal of Sustainable Mining*, 14(3), 133-143.
- Aksenov, A., Pokhylko, V., Yushenko, A., Butz, B., Sridhar, P., D'souza, K. and Vucinic, D. (2016). *Numerical modeling and simulations of human heartbeat as fluid-structure interaction multiphysics phenomena*. 3rd International Conference on Computational Methods in Engineering and Health Sciences. Fukuoka, 5-19.
- Altaban, Ö. ve Osmay, S. (1996). *Toplu konut alanlarında örgütlenme ve işletme*. Ankara: T.C. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi Başkanlığı, 2-32.
- Altın E.S. (1997). *Toplu konut ve kimlik*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 3-19.
- Amin, J. A. and Ahuja, A. K. (2010). Aerodynamic modifications to the shape of the buildings: A review of the state-of-the-art. *Asian Journal of Civil Engineering (Building And Housing)*, 11(4), 433-450
- Amin, J. A. and Ahuja, A. K. (2013). Effects of side ratio on wind-induced pressure distribution on rectangular buildings. *Journal of Structures*, 1, 176739.
- Amin, J. A. and Ahuja, A. K. (2014). Characteristics of wind forces and responses of rectangular tall buildings. *International Journal of Advanced Structural Engineering*, 6, 1-14.
- Amri, S. B. (2017). Analisis aliran angin pada atap miring melalui uji simulasi flow design. *Langkau Betang: Jurnal Arsitektur*, 4(2), 136-143.
- Arcan, E. F. ve Evci, F. (1999). *Mimari tasarıma yaklaşım: bina bilgisi çalışmaları*. (Birinci baskı). İstanbul: Tasarım Yayın Grubu, 7-19.
- Architectural Institute of Japan (AIJ). (1996). *AIJ recommendations for loads on buildings* (Third edition). Tokyo: Architectural Institute of Japan, 6-35.
- AS/NZS 1170.2, (2000). *Design guide for wind, Australian/ New Zealand standart*. Wellington: Council of Standards New Zealand Published, 20-42.
- Aslan, F. Y. (2007). *Toplu konut yerleşimlerinde peyzaj tasarımı ve yönetimi sorunlarının çözümünün, Ankara koru-yön örneğinde irdelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 3-21.
- Aygün, C. ve Başkaya, Ş. (2003). Çok katlı bir bina etrafındaki rüzgâr akışının oluşturduğu yüzey basınçlarının deneysel olarak incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(4), 15-31.

- Bailey, A. and Vincent, N. D. G. (1939). Wind-pressure experiments at the severn bridge. *Journal of the Institution of Civil Engineers*, 11(5), 363-380.
- Baker, B. (1884). *The forth bridge* (Third edition). London: Bedford Press, 14-55.
- Balendra, T. and Nathan, G. K. (1987). Longitudinal, lateral and torsional oscillations of a square section tower model in an atmospheric boundary layer. *Engineering Structures*, 9(4), 218-224.
- Baş, H. ve Türkseven, D. İ. (2019). Kentsel açık alanlarda yaya rüzgâr konforunun analizi: İzmir Karşıyaka çarşısı örneği. *Megaron*, 14(2), 12-36.
- Bayraktar, E. (2007). *Bir insanlık hakkı konut: TOKİ'nin planlı kentleşme ve konut üretim seferberliği*. (Birinci baskı). İstanbul: Boyut Matbaacılık, 14-51.
- Begeç, H. (2022). Yüksek yapılarda rüzgâr türbinlerinin kullanımının incelenmesi. *Eksen Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 3(2), 1-18.
- Bekdemir, A. P. (2003). *İstanbul-Bahçeşehir toplu konut yerleşmesinde dış mekân kullanım olanaklarının irdelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 4-24.
- Beneke, D. L. and Kwok, K. C. S. (1993). Aerodynamic effect of wind induced torsion on tall buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 50, 271-280.
- Bennett, J. (2007). *Wind design guide*. Southampton: Architectural Aerodynamics Course, 12-39.
- Berger, J., Gasparin, S., Mazuroski, W. and Mendes, N. (2020). An efficient two-dimensional heat transfer model for building envelopes. *Numerical Heat Transfer, Part A: Applications*, 79(3), 163-194.
- Berköz, E., Küçükdoğu, M., Yılmaz, Z. ve Kocaaslan, G. (1995). *Enerji etkin konut ve yerleşme tasarımı*. İstanbul: Tübitak-İntag 201, Araştırma Raporu, 3-41.
- Blocken, B. and Persoon, J. (2009). Pedestrian wind comfort around a large football stadium in an urban environment: CFD simulation, validation and application of the new Dutch wind nuisance standard. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 97(5-6), 255-270.
- Blocken, B., van Druenen, T., Toparlar, Y., Malizia, F., Mannion, P., Andrianne, T. and Diepens, J. (2018). Aerodynamic drag in cycling pelotons: New insights by CFD simulation and wind tunnel testing. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 179, 319-337.
- Braun, A. L. and Awruch, A. M. (2007). Aerodynamic analysis of buildings using numerical tools from computational wind engineering. *Mecánica Computacional*, 11, 1236-1251.

- Buğday, H. A. (1991). *Endüstrileşmiş toplu konutta farklı kullanıcı gereksinimlerini karşılayıcı çözümler doğrultusunda bir mimari tasarım araştırması*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 12-29.
- Buldurur, M. (1983). *Kentsel tasarımda güneş enerjisinden optimum yararlanma konusunda bir araştırma ve İstanbul'da çeşitli uygulama örnekleri*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2-39.
- Chauhan, B. and Ahuja, A. (2017). Effect of height and orientation of interfering buildings on wind loads on tall buildings, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 12(3), 14-29.
- Chen, Q. Y. (2004). Using computational tools to factor wind into architectural environment design. *Energy and Buildings*, 36(12), 1197-1209.
- Chung, D.H.J. and Malone-Lee, L.C. (2010). Computational fluid dynamics for urban design, *15th International Conference on Computer-Aided Architectural Design*, 357-366.
- Clarke, J. H. (1965). The design and location of building inlets and outlets to minimize wind effect and building re-entry of exhaust fumes. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 26(3), 242-248.
- Cui, D., Liang, S. and Wang, D. (2021). Observed and projected changes in global climate zones based on Köppen climate classification. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 12(3), 701-702.
- Çabuk, S. (2006). *Coğrafi bilgi sistemleri destekli stratejik çevresel değerlendirme çalışması: Eskişehir kenti için toplu konut alanı yer seçimi*. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 3-18.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2021). *Kentsel dönüşüm raporu*. Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 7-29.
- Daemei, A. B., Khotbehsara, E. M., Nobarani, E. M. and Bahrami, P. (2019). Study on wind aerodynamic and flow characteristics of triangular-shaped tall buildings and CFD simulation in order to assess drag coefficient. *Ain Shams Engineering Journal*, 10(3), 541-548.
- Daemei, A.B. (2019). Wind tunnel simulation on the pedestrian level and investigation of flow characteristics around buildings. *Journal of Energy Management and Technology*, 3(1), 58-68.
- Davenport, A. G. (1961). The application of statistical concepts to the wind loading of structures. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 19(4), 449-472.
- Dragutinovic, A. (2023). Mass housing neighbourhoods and urban commons: Values-based governance and intervention framework for new Belgrade blocks. *A+ BE| Architecture and the Built Environment*, 15, 1-276.
- Duran, B. ve Açikel, H. H. (2022). Farklı rüzgâr hızlarında çoklu bina etrafındaki rüzgâr yükünün sayısal olarak incelenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 38(2), 314-323.

- Dülgeroğlu, Y., Aydın, S., Yılmaz, Z., Pulat, G. ve Özgünler, M. (1996). Toplu konutlarda nitelik sorunu. *T.C Başbakanlık Toplu Konut İdaresi. Konut Araştırmaları Dizisi*, 2(4), 1-2.
- Dyadkin, A. A., Krylov, A. N., Reshetin, A. G., Semenov, Y. P., Simakova, T. V., Tokarev, V. A. and Kazakov, M. N. (2005). Aerodynamic of reentry spacecraft clipper. *European Conference for Aerospace Sciences*, Berlin, 3-39.
- Edwards, B (2001). *Design challenge of sustainability* (Third edition). London: Architectural Design, 31.
- Elshaer, A., Bitsuamlak, G. and El Damatty, A. (2015, June). Aerodynamic shape optimization for corners of tall buildings using CFD. In *14th International Conference on Wind Engineering*, Porto Alegre, Brazil.
- Erell, E., Pearlmutter, D. and Williamson, T. (2011). *Urban microclimate: Designing the spaces between buildings* (Third edition). New York: Earthsan, 7-15.
- Erke, D. (2004). *Adana metropolünde uygulanan toplu konutların mekansal, alansal ve boyutsal analizleri*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 14-39.
- Evans, M. (1980). *Housing, climate and comfort*, (First Edition). London: The Architectural Press Limited, 7-17.
- Fertelli, A. ve Balta, M. (2017). Tek ve iki bina etrafındaki rüzgâr etkilerinin sayısal olarak incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3), 111-120.
- Fraidoon, A. B. (2020). *Design and seismic performance evaluation of rc high-rise building According to Turkish seismic code 2018*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 7-21.
- Gandemer, J. and Guyot., A. (1976). *Integration du phenomene vent dans la conception du milieu bati*. Paris: Premier Ministre Groupe Central des Villes Nouvelles Secretariat General, 21-36.
- Gavrić, T. (2021). *Use of the Simscale online platform for simulations of fluid mechanics and heat transfer: diploma thesis of the first-level university study program*. Doctoral Dissertation, University of Maribor Faculty of Chemistry and Chemical Technology, Maribor, 12-41.
- Glendinning, M. (2008). Ennobling the ordinary: post war mass housing the challenge of change. *Docomomo Journal*, 39, 7-25.
- Gölbaşı, D. (2015). *Yerleşim alanları içerisinde farklı geometrilere sahip yapılar üzerinde ısı transferi ve akış yapılarının deneysel ve teorik olarak incelenmesi*. Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 16-32.
- Gölbaşı, D., Buyruk, E. ve Karabulut, K. (2021). Farklı mesafeli ve üçlü-çapraz yerleştirilmiş çatısız binalar etrafındaki akış özelliklerinin deneysel olarak incelenmesi. *Engineer & the Machinery Magazine*, 62(704), 4-14.

- Guo, W., Liu, X. and Yuan, X. (2015). Study on natural ventilation design optimization based on CFD simulation for green buildings. *Procedia Engineering*, 121, 225-231.
- Gutnikov, V. A., Lifanov, I. K. and Setukha, A. V. (2006). Simulation of the aerodynamics of buildings and structures by means of the closed vortex loop method. *Fluid Dynamics*, 41(4), 555-567.
- Gül, A. ve Küçük, V. (2001). Kentsel açık-yeşil alanlar ve Isparta kenti örneğinde irdelenmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 2(1), 27-48.
- Gültekin, A. T. (2002). Toplu konutlarda yapı bileşenlerinin kalite değerlendirmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 17(3), 137-152.
- Haan Jr, F. L., Kareem, A. and Szewczyk, A. A. (1998). The effects of turbulence on the pressure distribution around a rectangular prism. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 77, 381-392.
- Hadžiabdić, M. (2023). *Bina şekli, yüksekliği ve karşılıklı konumunun dış havalandırma verimliliği ve hava kalitesi üzerindeki etkisinin araştırılması*. Sarajevo, International University of Sarajevo, 4-14.
- Hayashida, H. and Iwasa, Y. (1990). Aerodynamic shape effects of tall building for vortex induced vibration. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 33(1-2), 237-242.
- Huang, G. and Chen, X. (2007). Wind load effects and equivalent static wind loads of tall buildings based on synchronous pressure measurements. *Engineering Structures*, 29(10), 2641-2653.
- İlgin H.E. ve Günel M.H. (2007). The role of aerodynamic modifications in the form of tall buildings against wind excitation. *METU Journal of the Faculty of Architecture*, 2, 17-25.
- İlgin, H. E. ve Günel M. H. (2021). Rüzgâr enerjisinin yüksek binalara mimari entegrasyon stratejilerinin tipolojik sınıflandırması için bir öneri. *Yapı Dergisi*, 4, 2-23.
- Isyumov, N. and Poole, M. (1983). Wind induced torque on square and rectangular building shapes. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 13(1-3), 183-196.
- İmamoğlu, E. O. ve İmamoğlu, V. (1996). *İnsan, evi ve çevresi: Ankara'da bir toplu konut araştırması/cE. O. İmamoğlu, V. İmamoğlu*. Ankara: Başbakanlık Toplu Konut İdaresi Başkanlığı, 4-21.
- İnce, H. ve Erdem, N. (2020). Bir imar adasındaki binaların oluşturduğu gölgelerin konum bakımından incelenmesi: Trakya Bölgesi örneği. *Geomatik Dergisi*, 5(1), 58-71.
- İnternet: Archidynaics (2024). Hi, meet ArchiDynamics! A simple and innovative award-winning environmental analysis software running in real-time. URL-1: <https://archidynamics.com/>, Son Erişim Tarihi: 04.07.2024.
- İnternet: ASRAE (2024). How do particle filters work? URL-2: <https://www.ashrae.org/>, Son Erişim Tarihi: 03.07.2024.

- İnternet: Autodesk (2024). Autodesk CFD: karmaşık sıvı, gaz ve hava sistemleri için mühendislik simülasyon yazılımı. URL-3: <https://www.cadbim.com.tr/autodesk-cfd>, Son Erişim Tarihi: 04.07.2024.
- İnternet: Autodesk (2024). Autodesk support and problem solving. URL-4: <https://knowledge.autodesk.com>, Son Erişim Tarihi: 04.07.2024.
- İnternet: Britannica. (2023). Climate - wind patterns, air pressure, jet streams. URL-5: <https://www.britannica.com/science/climate-meteorology>, Son Erişim Tarihi: 04.06.2024.
- İnternet: BSI (2024). Stay up to date with standards? URL-6: <https://knowledge.bsigroup.com/>, Son Erişim Tarihi: 04.07.2024.
- İnternet: Dassault Systemes (2019). The living heart project. Dassault systems. URL-7: <https://www.3ds.com/products-services/simulia/solutions/life-sciences/the-living-heart-project/>, Son Erişim Tarihi: 06.07.2024.
- İnternet: DesignBuilder (2024). DesignBuilder simülasyonu + CFD eğitim kılavuzu. URL-8: <https://www.yumpu.com/en/document/read/11688936/simulation-and-cfd-training-guide-designbuilder>, Son Erişim Tarihi: 04.07.2024.
- İnternet: DesignBuilder (2024). DesignBuilder Yazılımı 2009. DesignBuilder 2.1 Kullanım Kılavuzu. URL-9: <http://www.designbuildersoftware.com>, Son Erişim Tarihi: 04.07.2024.
- İnternet: Mevzuat Bilgi Sistemi (2024). Planlı alanlar imar yönetmeliği. URL-10: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=23722&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>, Son Erişim Tarihi: 04.07.2024.
- İnternet: MGM (2024). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. URL-11: <https://www.mgm.gov.tr/>, Son Erişim Tarihi: 04.07.2024.
- İnternet: Performans (2024). Performance Network. URL-12: <https://www.performance.network/pages/ingrid-cloud>, Son Erişim Tarihi: 04.07.2024.
- İnternet: Sajkaca. (2023). Nothing against Serbia: Block 23 in New Belgrade. URL-13: [https://sajkaca.blogspot.com?contentReference\[oaicite:0\]{index=0}](https://sajkaca.blogspot.com?contentReference[oaicite:0]{index=0}), Son Erişim Tarihi: 03-.05.2024.
- İnternet: Simcale (2024). Cloud-based engineering platform for fluid dynamic simulation. URL-14: <https://www.simscale.com/product/cfd/>, Son Erişim Tarihi: 04.07.2024.
- İnternet: Simic, I. (2022). Investor urbanism vs climate change – How do the blocks in New Belgrade remain without greenery? URL-15: <https://klima101.rs/investitorski-urbanizam-zelenilo-novi-beograd/>, Son Erişim Tarihi: 25.10.2024.

- İnternet: Yapı (2024). Yazılım, (Mimari yapı sistemi). URL-16: <https://www.mgm.gov.tr/>,
 Url 5: [https://www.yapikatalogu.com/mimari-ic-mimari-hizmetler/yazilim-mimari-yapi-sistemi/arti-ve-arti-teknoloji-hizmetleri-autodesk-forma37113#:~:text=Autodesk%20Forma%20\(eski%20ad%C4%B1yla%20Spacemaker,dayal%C4%B1%20analiti%C4%9Fi%20ve%20otomasyonlar%C4%B1%20kullan%C4%B1n.,](https://www.yapikatalogu.com/mimari-ic-mimari-hizmetler/yazilim-mimari-yapi-sistemi/arti-ve-arti-teknoloji-hizmetleri-autodesk-forma37113#:~:text=Autodesk%20Forma%20(eski%20ad%C4%B1yla%20Spacemaker,dayal%C4%B1%20analiti%C4%9Fi%20ve%20otomasyonlar%C4%B1%20kullan%C4%B1n.,) Son Erişim Tarihi: 04.07.2024.
- Jafari, M. and Alipour, A. (2021). Review of approaches, opportunities, and future directions for improving aerodynamics of tall buildings with smart facades. *Sustainable Cities and Society*, 72, 102979.
- Ju, P., Li, M. and Wang, J. (2022). Review of research advances in CFD techniques for the simulation of urban wind environments. *FDMP-Fluid Dynamics & Materials Processing*, 18, 449-462.
- Karaca, M. (2008). *Toplu konutlarda enerji etkinliği; Toplu Konut İdaresi Başkanlığı (TOKİ) toplu konut projeleri üzerinden bir inceleme*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 4-17.
- Karadağ, İ. (2019). *Development of an architectural aerodynamics algorithm for early design stage*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 4-21.
- Kareem, A. (1984). Model for predicting the acrosswind response of buildings. *Engineering Structures*, 6(2), 136-141.
- Kareem, A. (1985). Lateral-torsional motion of tall buildings to wind loads. *Journal of Structural Engineering*, 111(11), 2479-2496.
- Kareem, A. and Cermak, J. E. (1984). Pressure fluctuations on a square building model in boundary-layer flows. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 16(1), 17-41.
- Karji, A., Woldeesenbet, A., Khanzadi, M. and Tafazzoli, M. (2019). Assessment of social sustainability indicators in mass housing construction: a case study of Mehr housing project. *Sustainable Cities and Society*, 50, 101697.
- Katırcı, U. (2003). *Çevre ve yaşam için yapı tasarımı: Norman Foster*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 4-13.
- Katsumura, A., Katagiri, J., Marukawa, H. and Fujii, K. (2001). Effects of side ratio on characteristics of across-wind and torsional responses of high-rise buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 89(14-15), 1433-1444.
- Kauppinen, A., Kiviste, M., Pirhonen, J., Tuominen, E., Laukkarinen, A., Huttunen, P. and Vinha, J. (2022). Air pressure differences over external walls in new and retrofitted schools and daycare centers. *Buildings*, 12(10), 1629.
- Kaya, B. E. ve Akıner, İ. (2022). Toplu konut ve sosyal konut üretiminin küreselleşme bağlamında irdelenmesi: Dünyadan ve Türkiye’den örnekler. *Kent Akademisi*, 15(4), 1789-1811.

- Kaydok, T. (2014). *Farklı kesitlere sahip yüksek binalar üzerinde türbülanslı akışların sayısal incelenmesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 7-14.
- Kellekçi, Ö. L. (1998). *Toplu konut kullanıcılarının konut ve çevresinden memnuniyetlerinin belirlenmesi: Bahçeşehir örneği*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 3-17.
- Kim, Y. M., Cho, J. E. and Kim, H. Y. (2002). Acrosswind pressure distribution on a rectangular building. In *Proceedings of the 2nd Internal Symposium on Wind and Structure*, 333-342.
- Koçlar, O. G. (2010). Güneş enerjisi ve yapı. *Diyarbakır Mimarlar Odası Bülteni*, 1, 11-12.
- Korobar, V. P. (2017). The encounter at the margins of city and society: The case of the aerodrom housing area in skopje. *sITA–Studii de Istoria și Teoria Arhitecturii*, 5, 47-60.
- Köppen, W. (1918). Klassifikation der klimate nach temperatur, niederschlag und jahresablauf (Classification of climates according to temperature, precipitation and seasonal cycle). *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 64, 193-203.
- Kummitha, O. R., Kumar, R. V. and Krishna, V. M. (2021). CFD analysis for airflow distribution of a conventional building plan for different wind directions. *Journal of Computational Design and Engineering*, 8(2), 559-569.
- Kurt, U. (1999). *Toplu konutta çevre kalitesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 5-12.
- Kwok, K. C. (2013). Wind-induced vibrations of structures: with special reference to tall building aerodynamics. *Advanced Structural Wind Engineering*, 4, 121-155.
- Lacey, R. (1987). *Ford: The men and the machine*. (First edition). New York: Ballantine Books, 14-87.
- Lechner, N. (2014). *Heating, cooling, lighting: Sustainable design methods for architects* (Third edition). New Jersey: John Wiley & Sons, 14-36.
- Lee, B. E. (1975). The effect of turbulence on the surface pressure field of a square prism. *Journal of Fluid Mechanics*, 69(2), 263-282.
- Li, Q. S. and Melbourne, W. H. (1999). The effect of large-scale turbulence on pressure fluctuations in separated and reattaching flows. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 83(1-3), 159-169.
- Lin, N., Letchford, C., Tamura, Y., Liang, B. and Nakamura, O. (2005). Characteristics of wind forces acting on tall buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 93(3), 217-242.
- Lythe, G. R. and Surry, D. (1990). Wind-induced torsional loads on tall buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 36, 225-234.

- Macdonald, E.J. (1975). *Wind loading on buildings*. (First edition). London: Applied Science Publishers, 3-41.
- Merkezi, Y. E. (2006). *Türkiye’de konut sektörü ve T.C. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi’nin (TOKİ) konut üretimindeki yeri*. Ankara: TOKİ, 21-55.
- Merrick, R. and Bitsuamlak, G. (2009). Shape effects on the wind-induced response of high-rise buildings. *Journal of Wind and Engineering*, 6(2), 1-18.
- Milojević, M. P., Maruna, M. and Djordjević, A. (2019). Transition of collective land in modernistic residential settings in New Belgrade, Serbia. *Land*, 8(11), 174.
- Milovanović, A., Dragutinovic, A., Nikezić, A., Pottgiesser, U., Stojanovski, M., Ivanovska Deskova, A. and Damjanovska, T. (2022). Rehabilitation of mass housing as a contribution to social equality: insights from the east-west European academic dialogue. *Sustainability*, 14(13), 8106.
- Mišković, J. (1969). Detailed urban plan of Blocks 22 and 23 in New Belgrade. *Urbanizam Beograda*, 2, 8-9.
- Moin, P. and Kim, J. (1997). Tackling turbulence with supercomputers. *Scientific American*, 276(1), 62-68.
- Montazeri, H. and Blocken, B. (2013). CFD simulation of wind-induced pressure coefficients on buildings with and without balconies: validation and sensitivity analysis. *Building and Environment*, 60, 137-149.
- Mooneghi, M. A. and Kargarmoakhar, R. (2016). Aerodynamic mitigation and shape optimization of buildings. *Journal of Building Engineering*, 6, 225-235.
- Moonen, P., Defraeye, T., Dorer, V., Blocken, B. and Carmeliet, J. (2012). Urban physics: Effect of the micro-climate on comfort, health and energy demand. *Frontiers of Architectural Research*, 1(3), 197-228.
- Moya R., Watkins, S., Ding, Y., Burry, J. and Burry, M. (2014). *Aerodynamic features as auxiliary architecture*. Hong Kong: Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia, 295-304.
- Naji, S. (2012). *Enerji etkin az katlı binalarda taşıyıcı sistem alternatiflerinin karşılaştırılması*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 7-32.
- Ok, V. (2007). *Sağlıklı kentler için pasif iklimlendirme ve bina aerodinamiği*. VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi bildiri kitabı. Ankara: Mimarlar, Mühendisler Odası, 213-227.
- Olenkov, V. D., Lazareva, I. V. and Biryukov, A. D. (2019). *Numerical simulation of wind flow around building complex with different software approaches*. Bristol: IOP Publishing, 5-49.
- Orhon, İ. (1988). *Toplu konut işletmesi I proje planlama-tasarım el kitabı*. (Birinci baskı). Ankara: TUBİTAK, 3-41.

- Özdemir, B. B. (2005). *Sürdürülebilir çevre için binaların enerji etkin pasif sistemler olarak tasarlanması*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 3-29.
- Özsoy, A. (2011). Toplu konut uygulamalarının gelişimi. *EkoYapı Dergisi*, 3, 21-41.
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G., ve Aydın, S. (2017). Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri. *Coğrafya Dergisi*, 35, 17-27.
- Pagan, W. W. (1934). What aerodynamics can teach the civil engineer. *Engineering News Record*, 113(18), 565.
- Paltun, S. (2022). *Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir model önerisi*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 7-14.
- Paltun, S. Gültekin, A.B. ve Çelebi, G. (2015). Binaların Aerodinamik Biçimsel Yapısının İrdelenmesi Bina Formu ve Rüzgâr İlişkisi. *2nd International Sustainable Buildings Symposium*, 432-439.
- Pereira, S. M. (2017). Mass housing in Lisbon: Some times it works. *Journal of Housing and the Built Environment*, 32, 513-532.
- Petzet, M., and Heilmeyer, F. (2012). Reduce, reuse, recycle. *Architecture as Resource*, 4, 21-32.
- Poddaeva, O. I. and Dunichkin, I. V. (2017). Architectural and construction aerodynamics. *Bulletin of MGSU*, 12(6), 602-609.
- Prabhakaran, S. A., Rajasekarababu, K. B., Vinayagamurthy, G. and Sivakumar, R. (2021). *CFD simulation for pedestrian comfort and wind safety in VIT campus for windresource management*. Bristol: IOP Publishing, 4-19.
- Reinhold, T. A. and Sparks, P. R. (1980). *The influence of wind direction on the response of a square-section tall building*. In *Wind Engineering*, Oxford: Pergamon, 685-698.
- Reiter, S. (2010). Assessing wind comfort in urban planning. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 37(5), 857-873.
- Reyhan, M. K., Memarzadeh, R., Doosti, S. and Latifi, A. (2022). Interaction between high-rise building, wind and pollution in district twenty-two of Tehran Municipality, Iran. *Global Nest Journal*, 24(3), 382-391.
- Sabel, C. F, and Zeitlin, J. (2002). *World of possibilities: Flexibility and mass production in western industrialization*. Cambridge: Cambridge University Press, 7-41.
- Schwab, V. (2022). *Assessing the potential impacts of tall buildings on a predominantly low-rise built urban environment: A case study from Västerås*. Stockholm, Sweden: Redshine Publication, 4-64.
- Senior, D. (1970). *Skopje resurgent: The story of a United Nations Special Fund town planning Project*. New York: United Nations, 17-36.

- Session, I. C. (2020). *CE 75.04–wind engineering for tall buildings*. Doctoral Dissertation, Pathum Thani, Tayland: Asian Institute of Technology, 3-41.
- Sharma, A., Mittal, H. and Gairola, A. (2018). Mitigation of wind load on tall buildings through aerodynamic modifications. *Journal of Building Engineering*, 18, 180-194.
- Sheffield, J. W. and Barbera, J. J. (1992). The 1991 uniform building code wind load provisions. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 44(1-3), 2921-2932.
- Sinha, A. (2020). Building orientation as the primary design consideration for climate responsive architecture in urban areas. *Architecture and Urban Planning*, 16(1), 32-40.
- Soğancı, S. ve Tutkun, M. O. (2021). Akış analizleri (CFD) ve mühendislik süreçlerine katkıları. *Tesisat Mühendisliği*, 182, 35-45.
- Sousa, J. P. M., Moya, R. A. C., Prohasky, D. and Vaz, C. E. V. (2015). Empirical analysis of three wind simulation tools to support urban planning in early stages of design. *Blucher Design Proceedings*, 2, 363-370.
- Stanton, T. E. (1925). Report on the measurement of the pressure of the wind on structures. *Minutes of the Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 219(1925), 125-140.
- Stathopoulos, T. (2006). Pedestrian level winds and outdoor human comfort. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 94(11), 769-780.
- Stathopoulos, T. (2009). Wind environment around tall buildings: The impact of building height and arrangement on pedestrian comfort. *Building and Environment*, 44(8), 1836-1845.
- Süataç, S. (2006). *Yirminci yüzyıl toplu konut örneklerinin incelenmesi* Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 11-26.
- Şabanoğlu, Ö. (2018). *Toplu konut yerleşimlerindeki açık alanlarda rüzgârın kullanıcı konforuna etkisinin analizi ve değerlendirilmesi*. Yüksek Lisan Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 7-41.
- Tallin, A. and Ellingwood, B. (1985). Wind induced lateral-torsional motion of buildings. *Journal of Structural Engineering*, 111(10), 2197-2213.
- Tamaskani Esfahankalateh, A., Farrokhzad, M., Saberi, O. and Ghaffarianhoseini, A. (2021). Achieving wind comfort through window design in residential buildings in cold climates, a case study in Tabriz city. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 16(2), 502-517.
- Tanaka, H., Tamura, Y., Ohtake, K., Nakai, M. and Kim, Y. C. (2012). Experimental investigation of aerodynamic forces and wind pressures acting on tall buildings with various unconventional configurations. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 107, 179-191.

- Tapan, M. (1996). *Toplu konut ve Türkiye'deki gelişimi: Tarihten günümüze Anadolu'da konut ve yerleşme*. (İkinci baskı). Ankara: Tarih Vakfı Yayınları, 21-52.
- Thiele, B. (2002). The human right to adequate housing: a tool for promoting and protecting individual and community health. *American Journal of Public Health*, 92(5), 712-715.
- TOKİ, ODTÜ-MATPUM (2008). *Toplu konut alanlarında kentsel çevresel standartları oluşturmak için gerekli insan-çevre ilişkileri verilerinin derlenme yönteminin geliştirilmesi araştırma çalışması*. Ankara: Toplu Konut İdaresi Başkanlığı, 14-25.
- Tominaga, Y., Mochida, A., Shirasawa, T., Yoshie, R., Kataoka, H., Harimoto, K. and Nozu, T. (2004). Cross comparisons of CFD results of wind environment at pedestrian level around a high-rise building and within a building complex. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 3(1), 63-70.
- Tominaga, Y., Mochida, A., Yoshie, R., Kataoka, H., Nozu, T., Yoshikawa, M. and Shirasawa, T. (2008). AIJ guidelines for practical applications of CFD to pedestrian wind environment around buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 96(10-11), 1749-1761.
- Tönük, S. (2001). *Bina tasarımında ekoloji*. (Birinci baskı). İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi, 34-56.
- Tsukagoshi, H., Tamura, Y., Sasaki, A. and Kanai, H. (1993). Response analyses on along-wind and across-wind vibrations of tall buildings in time domain. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 46, 497-506.
- Turok, I. (2016). Getting urbanization to work in Africa: The role of the urban land-infrastructure-finance nexus. *Area Development and Policy*, 1(1), 30-47.
- TÜBİTAK (1988). *Toplu konut üretiminde kalite için donatılar*. (Birinci baskı). Ankara: Tübitak Yapı Araştırma Enstitüsü, 7-16.
- Türkaslan, A. ve Irmak, E. (1988). *Konut sorunu: Toplu konut uygulama sonuçları ve son zamanlardaki gelişmeler*. (Birinci baskı). Ankara: TOBB, 3-29.
- Türkel, E. B. ve Ergen, E. (2016). Tünel kalıp sistemi kullanılan betonarme yüksek yapılarda, yükseklik ve kat alanı ile maliyet arasındaki ilişki. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(6), 418-426.
- UN General Assembly (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. New York: United Nations, 7-16.
- UNESCO, WHC (2011). Recommendation on the historic urban landscape. In *Proceedings of the Records of the General Conference 36th Session*.
- UN-Habitat (2020). *World cities report: The value of sustainable urbanization*. New York: United Nations, 3-27.
- Van Knippenberg, K., Boonstra, B. and Boelens, L. (2022). Communities, heritage and planning: towards a co-evolutionary heritage approach. *Planning Theory & Practice*, 23(1), 26-42.

- Varkute, N. S. and Maurya, R. S. (2013). CFD simulation in township planning—A case study. *International Journal of Computational Engineering Reserch*, 3(3), 16-39.
- Vickery, B. J. (1968). *Wind loads on building: with particular reference to the dynamic nature of wind and its effects* Doctoral Dissertation, University of Maribor Faculty of Chemistry and Chemical Technology, Maribor, 7-23.
- Von Karman, T. and Duwez, P. (1950). The propagation of plastic deformation in solids. *Journal of Applied Physics*, 21(10), 987-994.
- Warsido, W., P. (2013). *Reducing uncertainties in estimation of wind effects on tall buildings using aerodynamic wind tunnel tests*. Doctoral Dissertation, Florida International University, Florida, 3-57.
- Wootton, L. R. (1961). Wind force on structures—final report of the task committee on wind forces of the committee on loads and stresses of the structural division, ASCE. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 126(2), 1124-1198.
- Xu, F., Yang, J. and Zhu, X. (2020). A comparative study on the difference of CFD simulations based on a simplified geometry and a more refined BIM based geometry. *Aip Advances*, 10(12), 7-15.
- Yan W.S. (2014). Wind effects on a tall building with recessed cavities. *HKU Theses Online (HKUTO)*.
- Yaşa, E. (2004). *Avlulu binalarda doğal havalandırma ve soğutma açısından rüzgâr etkisi ile oluşacak hava akımlarına yüzey açıklıklarının etkisinin deneysel incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 3-19.
- Yetkin, G. (2009). *Toplu konut uygulamalarındaki fiziksel mekân özelliklerinin irdelenmesi-Konya örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 4-64.
- Yılmaz, Z. (2006). Akıllı binalar ve yenilenebilir enerji. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 91, 7-15.
- You, W., Gao, Z., Chen, Z. and Ding, W. (2017). Improving residential wind environments by understanding the relationship between building arrangements and outdoor regional ventilation. *Atmosphere*, 8(6), 102.
- Yücel, M. (2010). *Yüksek binaların yakın çevre bina yüzeylerindeki hava akışına etkileri-four winds örneği*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 7-36.
- Yücel, O. (2008). *Toplu konutlarda modülerlik ve esneklik kavramları, İstanbul'daki toplu konutların plan tipi üzerinden analizi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 3-16.
- Zeren, L. (1978). *Mimarlıkta Yapma Çevre Tasarımı ve Güneş Enerjisi, Güneş Enerjisi ve Çevre Dizaynı Ulusal Sempozyumu*. İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

- Zeren, L. (1990). *Fiziksel çevre kontrolü ders notları*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, 3-62.
- Zeyrek, H. (2019). *Rüzgâr etkisindeki binalarda dış yüzey basınçlarının hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 3-13.
- Zhai, Z. (2006). Application of computational fluid dynamics in building design: aspects and trends. *Indoor and Built Environment*, 15(4), 305-313.
- Zhang, Q., Zhou, D., Xu, D. and Rogora, A. (2023). Association between wind environment and spatial characteristics of high-rise residential buildings in cold regions through field measurements in xi'an. *Buildings*, 13(8), 2007.
- Zhao, S. Y., Su, X. S., Chen, C. and Chen, L. (2016). An application study on the simulative optimization of the ventilation of the existing buildings based on CFD. *Revista De La Facultad De Ingenieria*, 31, 103-112.
- Zhou, Y., Kijewski, T. and Kareem, A. (2003). Aerodynamic loads on tall buildings: interactive database. *Journal of Structural Engineering*, 129(3), 394-404.



Gazili olmak ayrıcalıktır