



**BİR ENTEGRE HAVZA YÖNETİM ARACI OLARAK
HAVZA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK İNDEKSİNİN (WSI)
TÜRKİYE'YE UYGUNLUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ:
AKARÇAY HAVZASI ÖRNEĞİ**

Özlem İRİTAŞ

**DOKTORA TEZİ
ÇEVRE BİLİMLERİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KASIM 2024

ETİK BEYAN

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

- 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 çalışmasında 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.

Özlem İRİTAŞ

11 /11/2024

BİR ENTEGRE HAVZA YÖNETİM ARACI OLARAK HAVZA
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK İNDEKSİNİN (WSI) TÜRKİYE'YE UYGUNLUĞUNUN
DEĞERLENDİRİLMESİ: AKARÇAY HAVZASI ÖRNEĞİ
(Doktora Tezi)

Özlem İRİTAŞ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kasım 2024

ÖZET

Su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı hayatın devamlılığı için elzemdir. Gelecek kuşakların da ihtiyaçlarını karşılayabilmesine olanak sağlayarak suyun sürdürülebilir kullanımı amacıyla, özellikle 90'lı yıllardan sonra entegre su kaynakları yönetimi başta olmak üzere çeşitli yaklaşımlar ortaya konmuştur. Sürdürülebilirliği ölçmek üzere çok sayıda indeks geliştirilmiştir. Bu indekslerde genellikle konunun sadece çevre veya ekonomik yönleri ele alınmıştır. Ancak sürdürülebilirlik ekonomik, çevresel ve sosyal boyutların birlikte ve dengeli şekilde işlemesi ile sağlanabilir. UNESCO tarafından geliştirilen Havza Sürdürülebilirlik İndeksi (WSI); hidroloji, çevre, yaşam şartları ve politika konularını (HELP) mevcut baskılar ve bu baskılara verilen politika yanıtları ile birlikte tek bir toplu göstergede ele almaktadır. WSI, iklim değişikliği de dâhil olmak üzere çeşitli etkiler altında, farklı zaman dilimlerinde ve senaryolarda havza sürdürülebilirliğinin karşılaştırmalı ölçümünü sağlaması açısından diğer indekslere kıyasla bir avantaj sağlamaktadır. Ayrıca daha sade ve anlaşılabilir olması nedeniyle, havzadaki tüm paydaşlara ve karar vericilere planlama ve karar verme süreçlerinde yardımcı olabilir. Bu tez çalışmasında; WSI'nın Türkiye'de bir entegre havza yönetim aracı olarak kullanmak üzere uygun olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla; hem ülkemizin 25 nehir havzası arasında nispeten küçük havzalardan biri olması, hem de mevcut proje sonuçlarının veri olarak kullanılabilmesi nedeniyle Akarçay Havzasında WSI uygulanmıştır. Çalışma sonucunda WSI'ya göre Akarçay Havzası'nın 0,65 değeri ile “orta” sürdürülebilir olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar; havzanın sürdürülebilirliğini sağlamak için, karar verici ve politika üreticiler açısından öncelikli olarak havzada kişi başına düşen su miktarının artırılması, havzanın ortalama 5 Günlük Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ₅) değerinin azaltılması ve kişi başına düşen Gayrisafi Yurtiçi Hasılanın artırılması yönünde çalışmalar yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Çalışma sonuçlarının Akarçay Havzası Nehir Havza Yönetim Planı sonuçları ile uyumlu olduğu tespit edilmiş ve WSI'nın “Politik Yanıt” parametresinde değişiklik yapılarak, ülkemizin diğer havzalarında da benzer çalışmanın tekrarlanması sonrasında bir sürdürülebilirlik indeksi olarak kullanılabilmesi değerlendirilmiştir.

Bilim Kodu : 90318

Anahtar Kelimeler : Su sürdürülebilirlik indeksi, entegre havza yönetimi, indikatör, politika, İGE, WSI, Akarçay Havzası

Sayfa Adedi : 103

Danışman : Prof. Dr. A. Çağlan GÜNAL

EVALUATION OF THE SUITABILITY OF
THE WATERSHED SUSTAINABILITY INDEX (WSI) AS AN INTEGRATED BASIN
MANAGEMENT TOOL FOR TÜRKİYE: THE CASE OF AKARÇAY BASIN

(Ph. D. Thesis)

Özlem İRİTAŞ

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

November 2024

ABSTRACT

Sustainable use of water resources is essential for the continuity of life. In order to ensure the sustainable use of water in order to use water while ensuring that future generations can meet their needs, especially after the 90s, various approaches such as integrated water resources management have emerged. Many indices have been developed to measure sustainability. These indices usually address only the environmental or economic aspects of the issue. However, sustainability can be achieved through the combined and balanced functioning of economic, environmental and social dimensions. The Watershed Sustainability Index (WSI), developed by UNESCO, addresses hydrology, environment, livelihoods and policy issues (HELP) together with current pressures and policy responses to these pressures in a single combined indicator. WSI provides an advantage over other indices in terms of providing comparative measurements of basin sustainability under various impacts, including climate change, in different time periods and scenarios. In addition, since it is simpler and more understandable, it can help all stakeholders and decision-makers in the basin in planning and decision-making processes. In this thesis study, the suitability of WSI for use as an integrated basin management tool in Turkey was investigated. For this purpose, WSI was applied to the Akarçay Basin because it is one of the relatively small basin among 25 river basins of Türkiye and the current project results can be used as data. As a result of the study, according to the WSI, the sustainability of the Akarçay Basin was determined to be at a "medium level" with a value of 0,65. The results show that in order to ensure the sustainability of the basin, studies should be carried out by decision makers and policy makers to firstly increase the amount of water per capita in the basin, to reduce the average 5-day Biological Oxygen Demand (BOD₅) of the basin and to increase the Gross Domestic Product per capita. It was determined that the results of study were consistent with the results of the Akarçay Basin River Basin Management Plan and it was evaluated that the WSI could be used as a sustainability index after changing the "Political Response" parameter of the WSI and repeating similar studies in other basins of Türkiye.

Science Code : 90318

Key Words : Water sustainability index, integrated basin management, indicator, policy, HDI, WSI, Akarçay Basin

Page Number : 103

Supervisor : Prof. Dr. A. Çağlan GÜNAL

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim ve tez çalışmamın her aşamasında bana sonsuz destek veren, hayatın armağanı olan çok değerli danışmanım Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. A. Çağlan GÜNAL'a, tez konusu seçimi dahil, çalışmamın her aşamasında desteklerini esirgemeyen kıymetli Müsteşarım, Su Enstitüsü Başkanı Prof. Dr. Lütfi AKCA'ya, değerli görüş ve katkıları için Tarım ve Orman Bakanı Danışmanı Doç Dr. Bülent SELEK'e, çalışma sahası önerileri için Su Yönetimi Genel Müdür Yardımcısı Yakup KARAASLAN'a, doktora eğitimimizi keyifli bir öğrenme ortamına dönüştüren tüm kıymetli hocalarıma özel bir teşekkür borç bilirim.

Havza Sürdürülebilirlik İndeksi, uzmanlarla yapılan istişareleri önceleyen bir indeks olduğundan her parametre için pek çok uzmanla görüşme gerçekleştirdim. Bu süreçteki katkı ve destekleri için; DSİ Genel Müdürü Mehmet Akif BALTA başta olmak üzere DSİ Genel Müdürlüğüne, yatırımlar konusundaki değerlendirmesi için Değerlendirme ve Destekleme Dairesi Başkanı Cengiz KUTSAL'a, su kalitesi değerlendirmeleri için Tarım ve Orman Uzmanı Esra ŞILTU ve Çevre Yüksek Mühendisi Melih KAYAL'a, tarımsal su verimliliği değerlendirmeleri için Dr. M. İmran KULAT'a, teknoloji ve tezin eleştirel değerlendirmesi konusunda verdikleri destek için Kimya Yüksek Mühendisi Recep Tayyip KANBER ve Çevre Yüksek Mühendisi Sinan ASAL'a, CORINE verileri için Samsun ÇEM Şube Müdürü Mesut YILMAZ'a, İnsani Gelişim Endeksini anlamama yardımcı olan YASED Ekonomik Araştırmalar Direktörü Ayşegül DÜŞÜNDERE'ye ve kıymetli çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Beni bugünlere getiren, varlıkları şükür sebebim olan ve her daim arkamda olan canım annem Özden, canım babam Süleyman ve kardeşim Cem CAN'a, birlikte geçireceğimiz vakitlerinden feragat ederek, sabır gösterdikleri ve sonsuz destekleri için sevgili eşim AYBÜ Tıp Fakültesi Adli Tıp A.D. Başkanı Doç. Dr. Servet B. İRİTAŞ ile hayatımın anlamı, en kıymetlim olan çocuklarım Zeynep ve A. Eren İRİTAŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. SU SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK İNDEKSLERİ.....	5
3. HAVZA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK İNDEKSİ.....	23
3.1. UNESCO –IHP HELP Girişimi ve WSI.....	23
3.1.1. Hidroloji göstergesi.....	28
3.1.2. Çevre göstergesi.....	30
3.1.3. Yaşam göstergesi	31
3.1.4. Politika göstergesi	31
3.2. İnsani Gelişme Endeksi ve Alt İndekslerinin Hesaplanması	32
3.2.1. Yaşam beklentisi endeksi.....	34
3.2.2. Eğitim endeksi.....	34
3.2.3. Gelir endeksi	35
4. ÇALIŞMA SAHASI: AKARÇAY HAVZASI.....	37
4.1. Akarçay Havzası Genel Bilgiler.....	38
4.2. Akarçay Havzası Nehir Havza Yönetim Planı Raporu	43
5. ARAŞTIRMA BULGULARI	47

	Sayfa
5.1. Hidroloji Verileri.....	47
5.1.1. Baskı parametreleri	47
5.1.2. Durum parametreleri	51
5.1.3. Yanıt parametreleri.....	52
5.2. Çevre Verileri.....	58
5.2.1. Baskı parametreleri	58
5.2.2. Durum parametresi.....	63
5.2.3. Yanıt parametresi	64
5.3. Yaşam Verileri	66
5.3.1. Baskı parametresi	67
5.3.2. Durum parametresi.....	68
5.3.3. Yanıt parametresi	75
5.4. Politika Verileri.....	76
5.4.1. Baskı parametresi	76
5.4.2. Durum parametresi.....	77
5.4.3. Yanıt parametresi	80
5.5. Akarçay Havzası Sürdürülebilirlik İndeksi	83
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	85
6.1. Hidroloji Göstergesi Sonuçları.....	86
6.2. Çevre Göstergesi Sonuçları.....	86
6.3. Yaşam Göstergesi Sonuçları	86
6.4. Politika Göstergesi Sonuçları	86
KAYNAKLAR	91
ÖZGEÇMİŞ	101

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin ölçülmesine yönelik ana modeller ve yaklaşımlar	16
Çizelge 2.2. Literatürde sıklıkla yer alan bazı indekslerde yer alan faktörler, gösterge ve kriterler ile uygulama alanları.....	19
Çizelge 3.1. Havza Sürdürülebilirlik İndeksinin gösterge ve parametreleri	24
Çizelge 3.2. Baskı parametreleri: Seviyeler ve değerler	26
Çizelge 3.3. Durum parametreleri: Seviyeler ve değerler.....	27
Çizelge 3.4. Yanıt parametreleri: Seviyeler ve değerler	28
Çizelge 3.5. İGE boyut göstergeleri minimum ve maksimum değerleri	33
Çizelge 4.1. Akarçay Havzası'nda bulunan illerin alansal dağılımı	39
Çizelge 4.2. Akarçay Havzasına ait su potansiyeli değerleri.....	42
Çizelge 4.3. Akarçay Havzası için belirlenen tedbirler ve gereken yatırım miktarları.....	46
Çizelge 5.1. Akarçay Havzası nüfus verileri	47
Çizelge 5.2. Akarçay Havzasında yıllara göre kişi başına düşen su miktarı	48
Çizelge 5.3. Akarçay Havzasındaki BOİ ₅ değişimini görmek üzere seçilen izleme noktalarının bilgileri.....	49
Çizelge 5.4. Akarçay Havzasında seçilen izleme noktalarına ait BOİ ₅ sonuçları	50
Çizelge 5.5. DSI tarafından işletilen ve devredilen sulama tesislerinin sulama randımanı	52
Çizelge 5.6. Akarçay Havzasında içme ve kullanma suyu için çekilen ve dağıtılan su miktarı	53
Çizelge 5.7. Afyonkarahisar Belediyesi atıksu verileri	55
Çizelge 5.8. Konya Büyükşehir Belediyesi atıksu verileri	56
Çizelge 5.9. Akarçay Havzası için birleştirilmiş hidroloji göstergesi	57
Çizelge 5.10. Akarçay Havzası kentsel nüfusu.....	58
Çizelge 5.11. CLC verilerine göre Akarçay Havzasında tarım alanı sınıfından başka sınıflara değişen alanlar	61

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.12. CLC Tarımdan dönüşen alanların arazi örtüsü sınıflandırması.....	61
Çizelge 5.13. Akarçay Havzası 2012 CLC'a göre tarım alanlarının kapladığı alan.....	62
Çizelge 5.14. CLC Arazi örtüsü sınıflandırması (doğal bitki örtüsüne sahip alanlar)....	63
Çizelge 5.15. CLC'de Doğal Bitki Örtüsü olarak sınıflandırılan ve Akarçay Havzası sınırları içerisinde bulunan alanların yüz ölçümü	64
Çizelge 5.16. Akarçay Havzasındaki korunan alanlar	65
Çizelge 5.17. Akarçay Havzası için birleştirilmiş çevre göstergesi.....	66
Çizelge 5.18. Akarçay Havzası'nda bulunan illerin alansal dağılımı	67
Çizelge 5.19. İl bazında kişi başına gayrisafi yurt içi hasıla, 2004-2020.	68
Çizelge 5.20. Afyonkarahisar ve Konya için hesaplanan yaşam beklentisi endeksi değerleri	69
Çizelge 5.21. Afyonkarahisar ve Konya İllerinde 25 üstü kişilerin sayısı ve bitirdikleri okul türleri.....	70
Çizelge 5.22. Ayfonkarahisar ve Konya illerinde bulunan 25 yaş üstü kişilerin okulda geçirdikleri süre ve ortalama eğitim süresi	71
Çizelge 5.23. Afyonkarahisar ve Konya için hesaplanan OES ve OESE değerleri.....	71
Çizelge 5.24. Okullaşma oranı ve ilgili yaş aralığındaki toplam nüfus (2015-2019).....	72
Çizelge 5.25. Afyonkarahisar ve Konya için hesaplanan BES ve BESE değerleri	72
Çizelge 5.26. Akarçay Havzası için 2015-2019 yılları arasında eğitim endeksi değerleri	73
Çizelge 5.27. İl bazında kişi başına satın alma gücü pariteli gayrisafi yurt içi hasıla (kdbGSYH), 2015-2019.	73
Çizelge 5.28. Yıllara göre hesaplanan İGE-gelir endeksi değerleri.....	74
Çizelge 5.29. Akarçay Havzası insani gelişme endeksi.....	74
Çizelge 5.30. Akarçay Havzasında İGE'nin son 5 yıldaki değişimi.....	75
Çizelge 5.31. Akarçay Havzası için birleştirilmiş yaşam göstergesi	76
Çizelge 5.32. Akarçay Havzası için 2015-2019 yılları arasında eğitim endeksi değerleri	77
Çizelge 5.33. Akarçay Havzasında 2015-2019 yılları arasında su kaynakları yönetimi kapsamında yapılan yatırımlar.....	81

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.34. Akarçay Havzası için birleştirilmiş politika göstergesi	82
Çizelge 5.35. Tüm göstergelerin seviye ve değerleri ile Akarçay Havzası WSI değeri	83

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. İGE'nin hesaplanması.....	32
Şekil 4.1. Akarçay Havzasındaki illerin alansal dağılımı	40
Şekil 4.2. Akarçay Havzası baskı-etki-risk değerlendirmesi sonuçları	45

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 4.1. Akarçay Havzası'nın işaretlendiği 25 hidrolojik havzayı gösteren Türkiye haritası	38
Harita 4.2. Akarçay Havzası sınırları içerisinde bulunan il ve ilçeler	39
Harita 4.3. Akarçay Havzasındaki başlıca nehirler ve göller.....	41
Harita 5.1. Akarçay NHYP kapsamında yer alan izleme noktaları	49
Harita 5.2. Akarçay Havzası 2012 CORINE arazi örtüsü sınıflaması	59
Harita 5.3. Akarçay Havzası 2018 CORINE arazi örtüsü sınıflaması	60
Harita 5.4. Akarçay Havzası CORINE arazi örtüsü 2012-2018 değişim haritası.....	60

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Kısaltmalar	Açıklamalar
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AWSI	Arap Su Sürdürülebilirlik İndeksi
BES	Beklenen Eğitim Süresi
BESE	Beklenen Eğitim Süresi Endeksi
BM	Birleşmiş Milletler
BOİ₅	5 Günlük Biyolojik Oksijen İhtiyacı
BOY	Beklenen Okullaşma Yaşı
CLC	Corine Land Cover
CVI	İklim Kırılabilirlik İndeksi
CWSI	Kanada Su Sürdürülebilirlik İndeksi
DKMP	Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EE	Eğitim Endeksi
EPI	Çevresel Baskı İndeksi
ESKY	Entegre Su Kaynakları Yönetimi
GE	Gelir Endeksi
GSMH	Gayrisafi Milli Hasıla
GSYH	Gayrisafi Yurtiçi Hasıla
HELP	Hidroloji- Çevre- Yaşam- Politika
HKEP	Havza Koruma Eylem Planı
HMP	Havza Master Planı
HSEESI	Hidro-Sosyal-Ekonomik-Çevresel Sürdürülebilirlik İndeksi
ISST	Sürdürülebilirlik Sentetik Bölgesel İndeksi
İGE	İnsani Gelişme Endeksi
kbdMG	Kişi Başına Düşen Milli Gelir
KYP	Kuraklık Yönetim Planı

Kısaltmalar	Açıklamalar
NHYP	Nehir Havza Yönetim Planı
OECD	Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü
OES	Ortalama Eğitim Süresi
OESE	Ortalama Eğitim Süresi Endeksi
OOY	Ortalama Okullaşma Yaşı
PSR	Baskı-Durum-Yanıt
SAGP	Satınalma Gücü Paritesi
SCWI	Sürdürülebilir Şehirler Su İndeksi
SÇD	Su Çerçeve Direktifi
SI	Sürdürülebilirlik İndeksi
SIUWM	Entegre Kentsel Su Yönetimi Sürdürülebilirlik İndeksi
SKA	Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları
SSTP	Sektörel Su Tahsis Planı
SUSi	Sayısal Sürdürülebilirlik İndeksi
SWaM	Sürdürülebilir Su Yönetimi İndeksi
SWI	Sürdürülebilir Su İndeksi
SYGM	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
SYKK	Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TYP	Taşkın Yönetim Planı
UNDP	Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
UNESCO	Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü
WJWSI	Batı Java Su Sürdürülebilirlik İndeksi
WPI	Su Yoksulluğu İndeksi
WSC	Suya Duyarlı Şehirler İndeksi
WSI	Havza Sürdürülebilirlik İndeksi
WSSI	Su Temini Sistemleri Sürdürülebilirlik İndeksi
YAS	Yeraltı Suyu
YB	Doğuşta Beklenen Yaşam Süresi
YBE	Yaşam Beklentisi Endeksi
YÜS	Yerüstü Suyu

1. GİRİŞ

Nüfus ve tüketimin artması ile zamanla üretim-tüketim dengesi bozulmuş ve sürekli bir büyümenin mümkün olmadığı, kaynakların hızla tükenerek canlı yaşamını tehdit edebileceği gerçeği ile yüzleşilmiştir. 1960’lardan sonra, insanın çevre üzerindeki etkisini kontrol altına almak için bazı adımlar atılması gerektiğini kabul etme süreci başlamış ve günümüzde sürdürülebilirlik konusu her türlü faaliyetin kilit noktası haline gelmiştir. Sürdürülebilirlik kavramının en temel çerçevesi, Dünya Ekonomik Kalkınma Komisyonu tarafından yayınlanan Brundtland Raporunda *“bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların da kendi gereksinimlerini karşılayabilme olanağından ödün vermeksizin karşılamak”* ifadesiyle çizilmiştir (BM, 1987). Sonraki dönemde sürdürülebilir bir yaşam için çevre, sosyal ve ekonomik bileşenlerin birbiriyle çok sıkı bir ilişki içinde olduğu anlaşılmıştır.

Su olmadan, kalkınmanın mümkün olmaması nedeniyle, sürdürülebilir kalkınma ile sürdürülebilir su yönetimi doğal olarak ilişkilidir ve farklı su sektörlerinin taleplerine göre tahsis yapılırken, su kaynaklarını desteklemek üzere farklı kaynakların dengelenmesini gerektirir (Russo ve diğerleri, 2014). Sürdürülebilirlik kavramı, çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi, bu üç boyutu entegre eden politikalar ve uygulamalar gerektirir (Falkenmark ve Rockström, 2004). Geleneksel yönetim yaklaşımlarının karmaşık su sistemlerinin sürdürülebilir yönetiminde başarısız olduğu konusundaki geniş çaplı tartışmaları sonucunda 1990’lardan bu yana, daha entegre ve bütünsel yaklaşımlara doğru küresel bir paradigma değişimi yaşanmıştır (Bilalova ve diğerleri, 2023).

Entegre Su Kaynakları Yönetimi (ESKY); su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını sağlamak maksadıyla sosyal, ekonomik ve çevresel ihtiyaçları dengelemeyi hedefleyen oldukça kapsamlı bir kavramdır (GWP, 2000). ESKY yaklaşımında, suyun miktar ve kalitesi göz önünde bulundurularak, havza bazında planlama yapılır ve yönetilir. Bu şekilde, farklı sektörlerin su talepleri dengelenir ve uzun vadede suyun sürdürülebilirliği sağlanır (UNEP, 2012). Davis (2007) ESKY’yi, suyun birden fazla amaç için geliştirilmesi amacıyla faaliyetlerin koordineli olarak gerçekleştirilmesi için kolaylaştırılmış bir ‘paydaşlar’ süreci olarak tanımlamıştır. Davis’e (2007) göre; bu süreç, hidrolojik ve ekolojik bütünlüğü bozmadan sosyal hedefleri de tüm yönlerde destekleyen hedefler, kurumlar, uygulama ve uyarlamalardan oluşur ve en iyi şekilde nehir havzası veya alt havza ölçeklerinde uygulanır.

Birleşmiş Milletler (BM) de benzer olarak; ESKY'yi hayati ekosistemlerin sürdürülebilirliğinden ödün vermeden toplum ve ekonomi genelinde rekabet eden su taleplerini dengelemeye yardımcı olan bir yaklaşım olarak tanımlamış ve ESKY'nin koordineli politika ve düzenleyici çerçeveler, yönetim düzenlemeleri ve finansman yoluyla sağlanacağını ifade etmiştir (UNEP, 2021).

ESKY, suyun ekosistem hizmetleri üzerindeki etkilerini, su kalitesini ve miktarını, ekonomik kalkınmayı ve toplumsal refahı dikkate alır. Örneğin, suyun arz talep dengesinin talep yönünde bozulması ve kirlenmesi, ekosistemleri ve biyolojik çeşitliliği olumsuz etkiler ve bu durum, uzun vadede ekonomik ve sosyal maliyetlere yol açabilir (Postel ve Richter, 2003). Entegre su kaynakları yönetiminin üç temel alanı bulunur: kapsam, ölçek ve yönetim. Kapsam, su kaynakları, ilgili sektörler, yoksulluğun ortadan kaldırılması ve toplum arasında adalet ile ilgili sosyal konular gibi unsurlardan oluşur. Ölçek yerelden ulusala ve nehir havzası düzeyine kadar değişmektedir. Yönetişim kamu, iş dünyası ve daha geniş toplulukları kapsar (Juwana, 2012).

Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetiminde, yerel topluluklar, su kullanıcıları, hükümetler ve sivil toplum kuruluşları olarak sıralanabilecek paydaşlar arasında iş birliği sağlanarak su yönetimi süreçlerine katılım artırılmalıdır (Pahl-Wostl, 2007). Bu katılım, yerel bilgi ve deneyimlerin karar alma süreçlerine dahil edilmesini sağlar ve su yönetimi politikalarının kabul edilebilir olmasına katkıda bulunarak daha etkin olmasını sağlar. Paydaşların su yönetimine aktif katılımı, su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımını teşvik eder (Jaspers, 2003).

ESKY, BM tarafından Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'na (SKA) ulaşmanın bir yolu olarak görülmüş ve resmi olarak SKA küresel gösterge çerçevesine dahil edilmiştir. Böylece BM ve üye devletler 2030 yılına kadar ESKY'nin yüksek düzeyde uygulanmasını sağlama ve ilerlemeyi SKA göstergesi 6.5.1 yoluyla ölçme taahhüdünde bulunmaktadır. BM bu taahhüdün gerçekleşmesine destek olmak üzere geliştirdiği SKA 6 ESKY Destek Programı ile, ESKY'nin uygulanma derecesine ilişkin SKA göstergesi 6.5.1'e yönelik ülke yanıtlarının tasarlanması ve uygulanmasında hükümetlere yardımcı olmaktadır (Global Water Partnership, 2021).

Bilalova ve diğerleri (2023), yaptıkları çalışmada ESKY'nin uygulanmasının, suyun sürdürülebilir yönetimini ve suyla ilgili ekosistemlerin sağlığını ne ölçüde iyileştirdiğini incelemişlerdir. ESKY ve SKA 6.5.1'in boyutları ile suyla ilgili temel çevresel sürdürülebilirlik göstergeleri olan SKA 6.2.1 (temel sanitasyona erişim), 6.3.1 (arıtılmış atık su), 6.4.1 (su kullanım verimliliği), 6.4.2 (su stresi), 6.6.1 (trofik durum ve bulanıklık) ve 6.3.2 (ortam su kalitesi) arasında regresyon analizleri gerçekleştirmişlerdir. SKA 6.3.1 ve SKA 6.3.2 hariç, tüm SKA'lar için 124 ülkeyi kapsayan bu analizin sonuçlarının, ESKY'nin su stresi, su kalitesi ve bulanıklık dışında esas olarak suyla ilgili sürdürülebilirlik göstergelerinin iyi durumuyla ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir. Yönetişim düzenlemeleri, ekonomi, çevresel ve coğrafi koşullar gibi kontrol değişkenlerin de güçlü şekilde etkili olduğunu gözlemlemişlerdir.

ESKY, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için kritik bir yaklaşımdır. Su kaynaklarının korunması, ekonomik kalkınma ve toplumsal refahın dengelenmesi, iklim değişikliğine uyum sağlanması ve katılımcı yaklaşımların teşvik edilmesi, ESKY'nin temel unsurlarıdır. Bu kapsamlı yaklaşım, su kaynaklarının uzun vadede sürdürülebilirliğini sağlamak için gereklidir ve su yönetimi politikalarının etkinliğini artırır (Molle, 2008).

ESKY, insan ve tatlı su sistemleri arasındaki tüm etkileşimleri içererek mevcut ve gelecek nesiller için uzun vadeli faydaları optimize etmek şeklinde bir çerçeve çizdiğinden, baskı yaratan unsurları anlamak gerekli ancak yetersizdir. Bu tür hedefler doğası gereği karmaşıktır, büyük belirsizlikler içerir ve karar vericilerin su dağıtım ve tüketimi, ekosistem hizmetleri ve ekosistem işlevi ile yararlanıcı gruplar arasındaki dengeyi sağlamasını gerektirir. Birden fazla disiplinden gelen bilgilerin ölçümünü ve entegre edilmesini gerektirmesi nedeniyle bu oldukça zor bir iştir (Hester ve Little 2013).

Nehir havzalarının bir bütün olarak ve entegre bir şekilde yönetilmesi için ele alınması gereken temel konular Jaspers'in (2003) çeşitli ülkelerin entegre nehir havzası yönetimi sistemlerini tercih etmelerinin gerekçelerini araştırdığı çalışmasında belirtilmiştir. Söz konusu çalışmada değişimi tetikleyen unsurların; hidrolojik sınırlar, en düşük düzeyde karar almayı mümkün kılan işlevsel ve merkezi olmayan bir yönetim, karar alma ve planlamaya paydaş katılımı, maliyet geri dönüşü ve fiyatlandırma gibi ihtiyaçlar olduğunu belirtilmiştir. Zimbabwe, Güney Afrika, Tanzanya, Türkiye, Endonezya, Fransa ve Hollanda'daki durum arasında karşılaştırmalı bir değerlendirme yapılan çalışmada, su kaynakları planlamasında

karar alma süreçlerine katılım ve temsil için açık kuralları olan paydaş platformları önemli araçlar olarak belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca etkin su fiyatlandırmasının ve kirleten öder prensibinin uygulanabilmesi için kapsamlı bir su hakları ve deşarj izinleri sisteminin gerekli olduğu belirtilerek, fonlara ilk erişime sahip olmanın önemine dikkat çekilmekte ve yeterli insani ve kurumsal kapasitenin doğru zamanda ve doğru yerde bulunmasının temel şart olduğu ifade edilmektedir.

ESKY ilkelerinin uygulanmasını desteklemek üzere ve su kaynaklarında sürdürülebilirliği ölçmek için çeşitli yaklaşımlar ve modeller geliştirilmiştir. Değerlendirme yöntemleri, sorunun karmaşıklığına ve ayrılan araştırma kaynaklarına bağlı olarak, basit gösterge yöntemlerinden birden fazla modelin entegrasyonuna kadar uzanır. Bu modellerde güvenilirlik, dayanıklılık, kırılabilirlik, su kıtlığı, su bağımlılığı, verimlilik, su kirliliği, yönetim kapasitesi, su varlığı, temiz su kaynakları, hidroloji, agronomi, ekonomi, sosyal, kurumsal ve ekonomik yapı gibi faktörler, çok çeşitli parametreler ve indekslerle formülize edilerek suyun/havzanın sürdürülebilirliğinin ölçülmesi amaçlanmaktadır. Ancak literatürde yer alan modellerin çoğu çok karmaşıktır (Russo ve diğerleri, 2014).

Türkiye’de Entegre Havza Yönetimi gelişimine katkı vermek üzere havza ölçeğinde sürdürülebilirliğin ve benimsenen politikaların etkinliğinin ölçülebilmesi için doğru, uygulanabilir, veri ihtiyacı nispeten az olan ve karar vericilere yön vererek kolaylık sağlayacak bir indeks ihtiyacı görülerek literatür taraması yapılmıştır. Tez çalışması kapsamında; BM UNESCO Uluslararası Hidroloji Programı’nın (IHP) liderliğinde su ile ilgili öncelikli konuları belirlemek amacıyla Chavez ve Alipaz (2007) tarafından geliştirilen Havza Sürdürülebilirlik İndeksi’nin (WSI) Türkiye’de bir entegre havza yönetim aracı olarak kullanmak üzere uygun olup olmadığı araştırılmıştır. Hidroloji, çevre, yaşam ve politika konularını Baskı-Durum-Yanıt (PSR) işlevini kullanarak tek bir toplu göstergede entegre eden WSI, Akarçay Havzası üzerinde çalışılmıştır. Tez çalışması sonucunda; 0,65 indeks değeri ile Akarçay Havzasının “orta” derecede sürdürülebilir olduğu tespit edilmiştir.

2. SU SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK İNDEKSLERİ

Sosyal, ekonomik ve çevresel konular gibi birçok faktör, nehir havzasının su sürdürülebilirliğini dinamik şekilde etkiler ancak bu konular genellikle entegre şekilde değil, ayrı ayrı değerlendirilir (Viessman, 1990). Su yönetimi konusu sıklıkla çevresel etki değerlendirmesi mantığıyla ele alınır. Ancak su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi konusunda politika oluşturmak, doğru proje değerlendirmesi, sağlam bir mevzuat ve kurumlar arası entegre bir koordinasyon gerektirir (Smith ve Rast, 1998).

Su sürdürülebilirliği indeksleri, zaman içinde göstergelerdeki değişiklikleri izlemenin yanı sıra, su sistemlerinin karmaşık yönlerini bilimsel bilgiler ile çerçeveleyerek karar verme sürecine yardımcı olmak için de kullanılabilir (Jarzebski, 2024). Diğer bir deyişle, indeksler yalnızca mevcut durumu ortaya koymak için değil, aynı zamanda su sistemlerini sürdürmek için gerekli adımları belirlememize yardımcı olmak için de kullanılabilir (Vollmer, Regan ve Andelman, 2016). Karar vericilerin, ESKY ilkeleri ile uygulama arasındaki boşluğu kapatmak için somut ve ilgili hedefler belirlemelerine, ilerlemeleri ölçmelerine ve gerektiğinde politikaları düzeltmelerine yardımcı olacak kılavuzlara ihtiyaçları vardır ve bu indeksler aracılığıyla sağlanabilir (Waas 2016). Bir değerlendirme aracı olarak indeksler tüm sistemi kapsayamasa da su yönetimi politikalarını ve kurumsal kapasiteleri değerlendirme konusunda oldukça yararlıdır (Dizdaroğlu, 2017).

Göstergeye dayalı su sürdürülebilirliği değerlendirmesinin ana unsurları; bileşenlerin ve göstergelerin seçimini, alt indeks değerlerinin elde edilmesini, bileşenler ve göstergeler için ağırlıklandırma şemalarını, bileşenlerin ve göstergelerin bir araya getirilmesini, indeksin sağlamlık analizini ve nihai indeks değerinin yorumlanmasını içerir. Gösterge bazlı su sürdürülebilirliği değerlendirmesi için mevcut indeksler kullanılabilir, mevcut indeksler her bir paydaş için özelleştirilebilir veya yeni su sürdürülebilirliği indeksleri geliştirilebilir. Bu indeksler, su kaynaklarının iyileştirilmesine katkıda bulunan tüm faktörlerin belirlenmesi de dahil olmak üzere, su kaynaklarının mevcut koşulları hakkında bilgi sağlayabilir. Bu bilgi, mevcut su kaynaklarının mevcut durumunu daha geniş topluluklara iletmek için kullanılabilir (Juwana, 2012). Ayrıca su sürdürülebilirliği indeksleri, karar vericilerin su kaynakları yönetimiyle ilgili sorunları, zorlukları ve programları önceliklendirmesine yardımcı olmak için kullanılabilir. Rogers ve diğerleri (2020) göstergelerin sistem değişikliklerini yönlendirmede “..belirsizliği azaltmak ve farklı çıkar grupları arasında etkili

ve açık iletişimi sağlamak (McCool ve Stankey, 2004); performansı değerlendirmek ve ölçmek (Spiller vd., 2012); erken uyarılar sağlamak (Spiller vd., 2012); politikaların etkileri hakkında geri bildirim sağlamak (Chiras ve Corson, 1997 ; Swanson vd., 2010) ve istenen toplumsal değişime yönelik vizyonları birlikte oluşturmak ve yolları değerlendirmek (Lehtonen vd., 2016)” yönleriyle etkili olduğunu ifade etmiştir.

İndekslerin amacı bir hanenin ne kadar su sıkıntısı çektiği, ekonomik büyümenin etkileri gibi doğrudan ölçülemeyen bir şeyi ölçmektir (Sullivan, 2002). Suyun teknik, idari ve sosyal bileşenleri ile sürdürülebilirliğini ölçmeye çalışan pek çok indeks türetilmiştir. Günümüzde çok sayıda gösterge yaygın olarak kullanılmaktadır. Sürdürülebilir kalkınmanın, her türden olmak üzere, 50'den fazla göstergesi tanımlanmıştır.

Bir indeksin dayanağı bileşenler ve göstergelerdir. Bu nedenle bir indeks geliştirirken bileşenlerin seçimi ve göstergeler son derece önemlidir. Bu seçim yapılırken genellikle literatürden daha önce çalışılmış sürdürülebilirlik çerçeveleri ve mevcut bileşen ve gösterge setleri taranır (Chaves ve Alipaz, 2007). Bu tarama sırasında ihtiyaçlara göre bir dizi bileşen ve gösterge belirlenir ve bunlar üzerinde ilgili taraflarla yapılan çalışmalar ile geliştirilir (Juwana, 2012).

Su sürdürülebilirliği, su kaynaklarının verimli ve dengeli bir şekilde yönetildiği, sürekli ve uyumlu bir durumu ifade eder. Bu durum, insanların (ekonomik, sosyal ve sağlık gibi) gereksinimlerinin ve çevrenin ihtiyaçlarının uyumlu bir şekilde karşılandığı bir dengeyi hedefler. Su sürdürülebilirliği, özellikle artan insan kaynaklı baskılar altında, nüfus artışı, hızlı kentleşme, endüstriyel gelişme ve iklim değişikliği gibi etkenlerle daha da önem kazanmaktadır. Değişen şartlarla, tatlı su kaynaklarının miktarı ve kalitesi ciddi şekilde etkilenebilir. Sosyo-ekonomik gelişme ve durumun su kalitesini büyük ölçüde etkilemesi nedeniyle su sürdürülebilirliği çok karmaşık bir konudur ve çok yönlü zorluklara sahiptir. Su sürdürülebilirliğinin önemi, BM'nin 2015'te kabul ettiği 17 sürdürülebilir kalkınma hedefi içinde de yerini almaktadır ve özellikle SKA 6 (temiz su ve sanitasyon erişimi) gibi hedeflerle yakından ilişkilidir. Su sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesi için geliştirilen araçlar, su kaynaklarının uzun vadeli sürdürülebilirliğinin sağlanmasında hayati bir rol oynar. Bu araçlar, mevcut su kaynaklarının durumunu değerlendirmek, iyileştirmek ve sürdürülebilir su yönetimi stratejileri geliştirmek için kullanılabilir (Jarzebski ve diğerleri, 2024).

Su kaynaklarında sürdürülebilirliğin ölçülmesine yönelik çeşitli yaklaşımlar ve modeller geliştirilmiştir. Hollanda'daki Delft Hidrolik Laboratuvarı, bir su kaynakları projesinin sürdürülebilir kalkınmaya katkısını/katkılarını ölçmek için bir yöntem önermiştir (Baan, 1994). Beş kriter ve bu kriterlere ait alt kriterlere verilen sayısal değerlerin toplamından oluşan sürdürülebilirlik indeksinde; sosyo-ekonomik yönler ve büyüme, dayanıklılık, doğal ve çevresel kaynak/sistemlerin taşıma kapasitesi ve geliştirilmesi, ve korunması, atık bertarafı, kamu sağlığı, güvenliği ve refahı; altyapı çalışmalarının esnekliği ve sürdürülebilirliği, çok işlevli kullanıma yönelik yönetim fırsatları ve değişen koşullara uyum sağlama fırsatları ele alınmıştır (Maiolo ve diğerleri, 2019; Baan, 1994).

Loucks (1997), çeşitli ekonomik, çevresel, ekolojik ve sosyal kriterlerin güvenilirlik, dayanıklılık ve kırılganlık ölçümlerinin ağırlıklı bir kombinasyonuna göre sürdürülebilirlik indekslerini belirlemek için başka bir yaklaşım önermiştir. Uygun ekonomik, çevresel, ekolojik ve sosyal kriterlerin belirlenmesinden sonra, bunların niceliksel (veya dilsel) olarak ifade edilebilmesi ve su kaynağı sisteminin zaman serisi değişkenlerinden belirlenebilmesi gerektiğini ifade eder.

Su yoksulluğu sınırı olarak da bilinen Su Yoksulluğu İndeksi (WPI), bir bölgenin evsel ihtiyaçlar ve nüfusun büyüklüğüyle orantılı gıda üretimi talebi için mevcut su kaynaklarının zenginliğini veya yokluğunu gösteren bir ölçüdür. Salameh (2000) ise, Su yoksulluğunu; *“yenilenebilir su miktarının, mevcut iklim koşullarında bir kişinin gıda üretimi ve evsel kullanımlarını karşılamak için gerekli olan miktara oranı”* olarak tanımlayan daha geniş bir bakış açısı getirmiştir. Su kıtlığının boyutunu haneler bazında değerlendirebilmesi, indeksin ana avantajlarından biri olarak değerlendirilmiştir (Gökçe,2022).

Cai, McKinney ve Lasdon (2002), bir havza optimizasyon modelinde sayısal sürdürülebilirlik kriterlerini kullanan, su temininde riskin en aza indirilmesini, çevrenin korunmasını, su tahsisinde eşitliği ve su altyapısının geliştirilmesinde ekonomik verimliliği sağlayan yeni bir uzun vadeli modelleme çerçevesi önermiştir.

Daha önce su indeksleri genel olarak Lohani ve Mustapha (1982) tarafından geliştirilen indekste olduğu gibi kullanılabilirlik ve kalite konularını ele almaktayken, yoksulluğa ilişkin göstergeler de bazı sosyal ve ekonomik değişkenleri dikkate almaktaydı. Sullivan tarafından önerilen WPI ise, bu iki gösterge setini birleştiren ilk örneklerdendir ve en sık

kullanılanlarındandır (Garriga ve Foguet 2011). Sullivan (2002), suyun kullanılabilirliğine ilişkin fiziksel tahminleri yoksulluğu yansıtan sosyoekonomik değişkenlerle ilişkilendirerek, su stresi ve kıtlığına ilişkin entegre bir değerlendirme üretmek için disiplinler arası bir yaklaşımın benimsenmesi için WPI önermiştir. Bu öneriyle teknik ve sosyal bilimler arasında disiplinler arası bir çalışma ile yoksul hanelerin su temini konusundaki mağduriyetlerini önlemek ve su tahsisine yönelik daha adil bir çözüm bulunabilmesi için bu indeksi tartışmaya açmıştır. İndeks, gelişim sürecinin sonunda yoksulluk ve su sorunlarına ilişkin çevresel ve sosyo-ekonomik önlemleri birleştiren bir çerçeve sağlamıştır (Lawrance ve diğerleri, 2002). WPI'nin beş bileşeni Kaynaklar, Erişim, Kapasite, Kullanım ve Çevre'dir. Sullivan bu indeksi “karar vericilerin, su ile yoksulluğu birbirine bağlayan fiziksel, ekonomik ve sosyal etkenleri tanımlayıp takip ederek, birbiriyle kesişen konuları bütünsel bir şekilde hedeflemesine olanak sağlaması amacıyla geliştirdiklerini” ifade etmektedir. Uygulamanın sonunda, WPI aynı zamanda dünya çapında suya erişim ve yoksulluk durumunun ulusal düzeyde karşılaştırılmasına da katkıda bulunmuştur (Sullivan, 2002; El Gafy, 2018; Cohen ve Sullivan, 2010).

Özellikle su yoksulluğu gibi sosyal bileşenleri de içeren indeksler ile anlamlı bir yönetim aracı oluşturmaktaki en büyük sorun; fiziksel ve sosyoekonomik bilgileri karşılaştırılabilir ölçeklerde ifade etmektedir. Ölçek büyütme ve küçültme, ciddi hatalara yol açabileceğinden indeksleri uygulamadaki önemli zorluklardan biridir (Gibson, Ostrom ve Ahn, 2000, Jarzebski, 2024).

Sullivan (2002) ölçeğin önemini; “Suyun fiziksel mevcudiyeti çok kısa mesafelerde bile değişebilir, aynı zamanda toplulukların suya erişim durumu da değişkendir. Bu değişkenlik su yoksulluğunun özü olarak tanımlanmaktadır” şeklinde ifade etmiştir. Mali kaynaklar yeterliyse ileri teknolojilerle pek çok şekilde suya erişmek mümkündür. İndekslerin bu değişimlerin gerçek boyutunu ne ölçüde doğru yansıttığı, uygulandıkları ölçeklere bağlıdır dolayısı ile politikanın uygulanacağı en doğru ölçeği etkileyecektir. İndeksin çalışılacağı ölçek doğru belirlenmezse sonuçlar gölgelenebilir. Örneğin su şebekesinin mevcut olduğu bir bölgede yaşayanlar fiziksel olarak suya erişimi varmış gibi görünür ancak hane hizmet bedelini ödeyemediğinde erişimi olmayacaktır. Bununla birlikte, değişkenliğin boyutunu tanımlamaya çalışan indeksler türetilabilir; örneğin, temiz suya ve sanitoryona erişimi olan bir nüfusun yüzdesinin ölçümü, hangi ölçekte inşa edilmiş olursa olsun değişkenliğin bir göstergesidir (Sullivan ve diğerleri, 2003; 2006).

Su yoksulluğunu ele alan bir indekste, indekslerin gerçek değişimleri ne ölçüde doğru şekilde yansıtacağı, bunların uygulandığı ölçeklere bağlı olacaktır ve politika amaçları açısından, politika hedefleri en uygun ve ilgili ölçeği belirleyecektir. Herhangi bir topluluk ve hane içinde su kaynaklarına erişim ve su kaynaklarına erişimde önemli farklılıklar meydana gelebilir, ancak bunlar uygun olmayan ölçeklerde çalışan indeksler tarafından gölgelenebilir. Bu değişiklikler, örneğin bir topluluğun bazı bölümlerinin mevcut bir su dağıtım ağının komuta seviyesinin üzerinde olması durumunda fiziksel olabilir veya suyun mevcut olduğu ancak bir hanenin erişim veya dağıtım maliyetini karşılayamadığı durumlarda ekonomik olabilir (Sullivan ve Meigh, 2007). Bununla birlikte, değişkenliğin boyutunu tanımlamaya çalışan indeksler türetilebilir; örneğin, temiz suya ve sanitasyona erişimi olan bir nüfusun yüzdesinin ölçümü, hangi ölçekte inşa edilmiş olursa olsun değişkenliğin bir göstergesidir. Ayrıca, ulusal düzeydeki bir indeks, erişimdeki bölgesel farklılıklar hakkında hiçbir şey söylemeyebilir ve bölgesel indeksler, kırsal ve kentsel nüfus veya cinsiyetler arasındaki farklar hakkında hiçbir şey göstermeyebilir. Bunu ele almanın bir yolu, herhangi bir yerin bilgilerinin o yerin diğer tüm veri türleriyle ilişkilendirilmesine olanak tanıyan coğrafi referanslı veri kümelerinin kullanılması olabilir (Gurnell ve Montgomery, 1999).

Esty ve Levy tarafından (2004) ulusların önümüzdeki birkaç on yılda çevreyi koruma yeteneğini ölçmek üzere bir Çevre Sürdürülebilirlik İndeksi önerilmiştir. İndeks, bunu doğal kaynak zenginliklerini, geçmiş ve mevcut kirlilik seviyelerini, çevre yönetim çabalarını ve bir toplumun çevresel performansını iyileştirme kapasitesini içeren 5 bileşen ve 76 değişkeni, çevresel sürdürülebilirliğin 21 göstergesine entegre ederek ölçmektedir. Birkaç ülkeye uygulanmasına rağmen, gösterge ve değişken sayısının fazla olması veri kıtlığı olan bölgelerde uygulanabilirliğini azaltmaktadır (Chavez ve Alipaz, 2007).

Sullivan ve Meigh (2005), ülkelerin, bölgelerin ve toplulukların su kaynaklarıyla ilgili kırılganlıklarını tahmin eden ve WPI'nin bir varyasyonu olan İklim Kırılganlık İndeksini (CVI) önermişler ve birkaç farklı alanda uygulanmıştır (Sullivan ve Byambaa, 2013). Kher ve diğerleri (2012) tarafından CVI'nın bir varyasyonu, Hane Halkı Düzeyinde Su İçin CVI ölçmek için Hindistan'da uygulanmıştır. İndeks bütünleştirici olmakla birlikte, Chavez ve Alipaz (2007) tarafından göstergeleri subjektif ve havzaya özgü olmamakla eleştirilmiştir.

Maiolo, Martirano, Morrone ve Pantusa (2006), su kaynaklarının yerel ölçekte sürdürülebilir yönetimini değerlendirmek için bir Sürdürülebilirlik Sentetik Bölgesel İndeksi (ISST) önermiştir. Mevcut DPSIR (Sürücü Kuvvet-Baskı-Durum-Etki-Tepki) yaklaşımı yerine çevresel, ekonomik, sosyal ve kurumsal boyutları içeren temel göstergelerden elde edilen bileşik bir gösterge olan ISST'yi elde etmek için bir model geliştirmişlerdir. Çalışmada 155 belediye 'Optimum Bölgesel Ortam' olarak tanımlanmış ve bunlar, önerilen sürdürülebilirlik göstergesinin değerine göre 5 kategoriye ayrılmıştır. Sonuçlarda bu indeks ile çeşitli kullanıcı sınıfları tarafından farklı sürdürülebilirlik senaryolarının simüle edilebileceği ve analistin öznelliğinin en aza indirildiği ancak verilerin toplanmasının oldukça zaman aldığı belirtilmektedir.

Kanada Su Sürdürülebilirlik İndeksi (CWSI), Kanada için bir su sürdürülebilirlik indeksi geliştirmek üzere WPI çerçevesini benimseyen bileşik bir su indeksidir. Kaynak, Ekosistem Sağlığı, Altyapı, İnsan Sağlığı ve Kapasite bileşenlerinden oluşur. CWSI, su politikası ve göstergeler hakkında uzman kişilerin liderliğinde yapılan bir uzmanlar çalıştay, veri çalışması, ikili istişareler ve literatür taraması sonucunda geliştirilmiştir. Ortaya çıkan çerçeve, beş politika temelli kategori veya bileşendeki on beş göstergenin iç içe geçmiş bir yapısından oluşur. Bir topluluğu değerlendirmek için her göstergeye ilişkin puanlar (0-100 arasında) hesaplanır. Bir topluluğun CWSI puanı ne kadar yüksekse, tatlı suyun ekolojik, sosyo-ekonomik ve sağlık faydalarından yararlanma ve bunu sürdürme konusunda o kadar iyi konumdadır. Bu çerçeve ve değerlendirme metodolojisi, 2006'da Kanada'daki altı sahada teste tabi tutulmuştur. CWSI'nin içerdiği başlıca göstergeler arasında su kalitesi, su miktarı, su kullanımı verimliliği, ekosistem ve insan sağlığı, su kaynaklarına erişim, altyapı durumu ve su güvenliği gibi konular yer almaktadır. CWSI, özellikle su yönetimi politikalarının etkinliğini değerlendirmek ve iyileştirmek için önemli bir araç olarak kabul edilir. İndeks, su kaynaklarının korunması, su kullanımının optimize edilmesi ve ekosistemlerin sürdürülebilirliği gibi konularda başarılı ve zayıf yönleri ortaya koymak için kapsamlı bir çerçeve sunar. Ayrıca su depolama alternatiflerinin araştırılması ve operatör eğitimi gibi su ve atık su altyapısı kararlarına değerli girdiler sağlar ve Kanada'daki diğer yerleşim ve havzalara uygulanabileceği iddia edilmektedir (Kanada Politika Araştırma Girişimi, 2024).

Carter (2006) tarafından, WaterAid'in Kırsal Su Temini Ağı'nın üç ana temasından biri olan kendi kendine su teminine (Self-help water supply) yönelik iyileştirmeler kapsamında, Uganda'nın güney ve doğusunda bir araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada; erişim, su kalitesi,

güvenilirlik, maliyet ve yönetim şeklindeki 5 bileşen ve bunlar altında yer alan 15 göstergeden oluşan Su Temini Sistemleri Sürdürülebilirlik İndeksi (WSSI) kullanılmıştır. Bir saha değerlendirme aracı olan WSSI, özellikle düşük gelirli ülkelerin hem kentsel hem de kırsal bölgelerindeki içme suyu sistemlerinin hızlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlamak amacıyla geliştirilmiştir ve uygulanması kolaydır.

Sullivan, Meigh ve Lawrence (2006), WPI'ni farklı mekânsal ölçeklerde analiz ederek, bu indeksin yerel, bölgesel ve ulusal düzeyde nasıl değişiklikler gösterdiğini incelemiştir. Çalışma, su yoksulluğunun değerlendirilmesinde kullanılan bu indeksin ölçek değişimi ile birlikte nasıl farklı sonuçlar ortaya koyduğunu ve bu sonuçların karar vericiler ve politika yapıcılar için ne anlama geldiğini tartışmaktadır. WPI, su kaynaklarına erişim, suyun kalitesi, suyun ekonomik kullanımı, kapasite ve çevresel sürdürülebilirlik gibi beş temel bileşeni içermektedir. Yapılan çalışma bu indeksin farklı mekânsal ölçeklerde nasıl uygulandığını ve hangi sonuçları verdiğini göstermiştir: WPI, yerel ölçekte uygulandığında, küçük toplulukların su yoksulluğu durumu hakkında detaylı bilgi sağlar. Bu, yerel yönetimlerin ve topluluk liderlerinin su ile ilgili sorunları daha etkin bir şekilde tanımlamasına ve çözüm üretmesine yardımcı olur. Bölgesel ölçekte uygulandığında, farklı yerleşim birimleri arasındaki su yoksulluğu farklılıklarını belirlemeye olanak tanır ve bölgesel kalkınma planlarının hazırlanmasında önemli bir rol oynar. Ulusal ölçekte uygulanan WPI, bir ülkenin genel su yoksulluğu durumunu değerlendirir. Bu, ulusal politika yapıcıların su kaynakları yönetimi ve kalkınma stratejilerini belirlemesinde kritik öneme sahiptir. Ulusal ölçekli değerlendirmeler, ülkenin farklı bölgeleri arasındaki su yoksulluğu eşitsizliklerini de ortaya koyar. Çalışma, yerel, bölgesel ve ulusal düzeyde elde edilen verilerin birbirini tamamlayıcı nitelikte olduğunu ve bu verilerin su yoksulluğunun azaltılmasında kritik rol oynadığını göstermektedir.

Chaves ve Alipaz (2007), hidrolojik, çevresel, yaşam ve politika konularının yanı sıra mevcut baskıları ve politika yanıtlarını Baskı-Durum-Yanıt (PSR) işlevini kullanan tek bir toplu göstergede entegre etmek için WSI geliştirmişlerdir.

Ali (2009), Arap bölgesindeki su durumunun çeşitli fiziksel, sosyo-ekonomik ve çevresel unsurlarını içeren kavramsal bir çerçeve olan Arap Su Sürdürülebilirlik İndeksi'ni (AWSI) önermiştir. İndeks 22 değişkene dayalı 8 göstergeden oluşur.

De Carvalho, Carden ve Armitage (2009) tarafından Entegre Kentsel Su Yönetimi Sürdürülebilirlik İndeksi (SIUWM) önerilmiştir. Sürdürülebilirlik, sosyal, çevresel ve ekonomik boyutları vurgulayan indeks 20 göstergeden ve 64 değişkenden türetilen 5 bileşen içermektedir.

Juwana ve diğerleri (2010 a, b), Batı Java'daki su kaynaklarının sürdürülebilirlik durumunu değerlendirmenin yanı sıra entegre su kaynakları yönetiminde kullanılmak üzere su konularını önceliklendirebilmek üzere, iki bölümlü bir seride Batı Java Su Sürdürülebilirlik İndeksi'ni (WJWSI) geliştirmek üzere bir çalışma yapmışlardır. Birinci bölümde dört bileşen ve 12 göstergeden oluşan kavramsal çerçeveyi geliştirmişlerdir. İkinci bölümde ise, paydaşlardan gelen geri bildirimlere dayanarak WJWSI çerçevesini sonuçlandırmak için Delphi tekniğini uygulamışlar ve indeksin nihai çerçevesini 3 bileşen ve 13 gösterge/alt göstergeye dayandırmışlardır. İndeksleri geliştirmek üzere genel olarak izlenen; kavramsal bir çerçeve geliştirme, indeksin bileşenlerini/göstergelerini sonlandırmak için Delphi tekniğini uygulama, indeks vaka çalışmalarına uygulama ve indeksin sağlık analizi adımlarının ilk ikisini gerçekleştirmişlerdir. Önerilen indeks daha sonra Batı Java'nın Citarum Havzasında uygulanmıştır (Juwana, Muttil ve Perera, 2011). Koruma, Su Kullanımı ve Politika ve Yönetim bileşenleri kapsamında 9 gösterge ve 6 alt gösterge yer almaktadır.

Sandoval-Solis, McKinney ve Loucks (2011) tarafından, Loucks (1997)'un geliştirdiği sürdürülebilirlik indeksini daha esnek ve bireysel havza gereksinimlerine göre ayarlanabilir hale getirmek için yapı, ölçek ve içeriğindeki iyileştirmeler yapılarak su kaynakları için alternatif yönetim politikalarını değerlendirmek ve karşılaştırmak üzere bir su kaynakları sürdürülebilirlik indeksi önerilmiştir. Çalışmada Rio Grande sınıraşan havzası örneği kullanılmış ve uluslararası anlaşma yükümlülüklerin karşılanması için özel olarak hazırlanan indeksler tanımlanmıştır. Bu indeksin, güvenilirlik, dayanıklılık, güvenlik açığı gibi performans kriterlerini sentezlerken, öte yandan su kullanıcılarının ve bölgelerin performansını karşılaştırmaya olanak sağladığı ifade edilmektedir.

Arcadis (2012, 2016), 31 ülkedeki 50 şehrin su sürdürülebilirliğini inceleyerek, küresel bir sıralama aracı olarak (Rogers, 2020) sürdürülebilir şehirler su indeksini (SCWI) önermiştir. Çalışmada şehirler, suyu nasıl yönettikleri ve sürdürülebilirliklerinin yanı sıra dayanıklılık, verimlilik ve kalite açısından ölçülen doğal risk ve kırılganlıklarına göre (afet riski, su ücretleri, yeşil alan ve kirlilik gibi bir dizi indeks ve gösterge ile) sıralanmıştır.

Gonzales ve Ajami (2015) tarafından, çeşitli tedarik kaynaklarına sahip olmanın önemini de göz önüne alan yenilikçi bir yol içeren ve arz, talep ve uyarlanabilir kapasite göstergelerinden oluşan sayısal bir indeks (SUSi) geliştirilmiştir.

Kim, I., Kim, Y. ve Kong (2016) tarafından, Kore'de idari düzeyde su kullanımı sürdürülebilirliğinin boyutunu tahmin etmek için Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü'nün (OECD) PSR çerçevesini benimseyen bir Sürdürülebilir Su İndeksi (SWI) önerilmiştir.

Oxley ve Mays (2017), nehir havzalarının yönetimi için Sürdürülebilirlik İndeksi (SI) belirlemeye yönelik yeni bir metodoloji geliştirmişler ve Arizona'daki Prescott Aktif Yönetim Alanı'na uygulamışlardır. Geliştirilen SI prosedürü iki grup performans kriteri kullanmaktadır. İlk grup arz-talep açıklarına dayanmaktadır ve su kaynaklarına yönelik riski ölçmektedir. İkinci grup yalnızca nehir taleplerine uygulanır ve bir nehrin tahsisini Değişkenlik Aralığı Yaklaşımı ve Değiştirilmiş Hidrolojik Değişim faktörü kullanarak hedeflenen akış rejimine göre karşılaştırır. Tüm sistemin sürdürülebilirliği, sürdürülebilirlik indekslerinin ağırlıklı toplamı kullanılarak belirlenir.

Maiolo ve Pantusa (2019), su yönetiminin sürdürülebilirliğini tahmin etmeye yönelik modellerin, bu alandaki Avrupa Birliği (AB) planlama ve yönergeleri gibi düzenleyici mevzuatı da dikkate alması gerektiğinden yola çıkarak Sürdürülebilir Su Yönetimi İndeksini (SWaM Index) önermişlerdir. Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini, doğal sistemler ve yapay sistemler ile sosyo-ekonomik ve kurumsal yönleri dikkate alınarak değerlendiren SWaM Index'in her ölçekte uygulanabileceği belirtilmiştir. SWaM Index temel çevresel, ekonomik, sosyal ve kurumsal göstergelerden hesaplanmaktadır. Su kaynakları yönetimi hem doğal hem de yapay (doğal kaynak kullanımını yönetmek için kurulmuş) su sistemleri ve ayrıca çevresel ve sosyo-ekonomik bakış açıları açısından ele alınmaktadır. SWaM Index'te, sütunlar olarak da bilinen üç sürdürülebilirlik boyutu olan; yapay sistemler, doğal sistemler, sosyo-ekonomik-kurumsal sistemler kullanılır. Bu sütunlar temalara, her tema alt temalara ve son olarak her bir alt tema temel göstergelere bölünmüştür. Yapay sistemler 3 tema, 6 alt tema ve 49 göstergeden, doğal sistemler ilgili AB Direktiflerinden oluşan 5 tema, 8 alt tema ve 33 göstergeden ve oluşmaktadır. Sosyo-ekonomik-kurumsal sistemler ise, ulusal ve/veya Avrupa veri tabanlarında bulunan istatistiksel, sosyo-ekonomik ve çevresel verilere dayanmaktadır. 3 tema, 7 alt tema ve 11 göstergeden oluşmaktadır.

Rogers ve diğerleri (2020) bir şehrin suya duyarlı performansını tanımlamak, değerlendirmek ve işlevsel hale getirmek için, yeni bir kıyaslama ve tanılama aracı olarak, Suya Duyarlı Şehirler Kooperatif Araştırma Merkezi tarafından geliştirilen Suya Duyarlı Şehirler İndeksi'ni (WSC) önermişlerdir. WSC, bir şehrin suya duyarlı hedefleriyle ilgili güçlü ve zayıf yönlerini teşhis etmek ve bir şehrin suya duyarlılığını artırmaya yardımcı olacak yönetim müdahalelerine rehberlik etmek için sağlam ve sektörle ilgili bir araç ve süreç sunmaktadır. Paydaşların iş birliği sürecine dayanan bu metodoloji, üç farklı Avustralya şehri için uygulanmıştır. İndeksin öncelikli eylemlerin belirlenmesi konusunda yardımcı olduğu belirtilmiştir. WSC'nin 7 hedefi içerdiği belirtilmektedir: İyi su hassasiyeti yönetimini sağlamak, topluluk sermayesini artırmak, temel hizmetlerde eşitliği sağlamak, üretkenliği ve kaynak verimliliğini artırmak, ekolojik sağlığı iyileştirmek, kaliteli kentsel alanlar sağlamak ve uyarlanabilir altyapıyı teşvik etmek. Çalışmada, indeksteki 34 göstergenin bu hedefleri ve Avustralya'nın son on yılda su bağlamında sürdürülebilirlik hedeflerini kapsadığı belirtilmektedir. Hem belediye hem de büyükşehir şehirlerini kapsayan bugüne kadarki uygulamalarıyla, WSC'nin kıyı ve kara, ılıman ve tropikal iklimler, yoğun ve seyrek nüfuslar, büyük şehirler ve bölgesel merkezler dâhil olmak üzere farklı bağlamlarda, Avustralya içinde ve uluslararası düzeyde güvenilir ve ortalama bir içgörü sağlayabileceği gösterilmiştir. Yazarlar, WSC'nin nitel derecelendirme açıklamaları ve sürece dayalı bir değerlendirme metodolojisi ile nicel bir çerçeve olarak tasarlanmasının, farklı yapılarda uygulanabilir olmasına yardımcı olduğunu ifade etmişlerdir. Puanlama yaklaşımının ise; yeterli paydaş ilgisinin olduğu herhangi bir şehirde, nicel verilerin eksik olduğu durumlarda bile kıyaslanmasının mümkün hale getirdiğini ileri sürmüşlerdir.

Zamanzad-Ghavidel ve diğerleri (2021) yeni bir "Hidro-Sosyal-Ekonomik-Çevresel Sürdürülebilirlik İndeksi" (HSEESI) aracılığıyla bir ülkedeki statükonun "göreceli" sürdürülebilirliğini değerlendirmek için su merkezli bir çerçeve önermiş ve bu çerçeveyi 12 yıllık bir dönem için Amerika'daki 35 ülkede test etmişlerdir. HSEESI ekonomik-sosyal kalkınma, bilgi ve teknoloji, sağlık-sanitasyon ve çevre olmak üzere dört boyut ve 12 ilgili göstergeye sahiptir. Sonuçlar hem Kuzey hem de Güney Amerika kıtalarında sosyal kalkınma, sağlık sanitasyonu ve çevresel boyutların nispeten sürdürülemez bir statüye sahip olduğunu, su kaynakları sistemlerinin bu boyutların ihtiyaçlarını karşılamak için yeterli kapasiteye sahip olmayabileceğini göstermiştir. Yazarlar indekzin sürdürülebilir planlama ve su kaynakları projelerinin geliştirilmesi için yöneticileri ve politika yapıcılarını bilgilendirmek için kullanılabileceğini ifade etmiştir.

Jarzebski ve diğerkleri (2024), çeşitli su sürdürülebilirlik indekslerini karşılaştırmak ve bu indekslerin temel ilkelerini, metodolojilerini ve uygulama potansiyellerini değerlendirdikleri çalışmalarında 124 yayının sistematik bir incelemesini yapmış, tematik analizler, anahtar kelime eşleşme haritalaması ve küme analizleri kullanılmışlardır. Anahtar kelimelere ilişkin analizleri, suyla ilgili indeksler bağlamında sürdürülebilir kalkınma, su kaynakları, su temini ve su tasarrufu arasındaki yakın ilişkinin altını çizmektedir. Çalışmada, mevcut literatürdeki araştırma boşlukları da tespit edilmiş birçok su sürdürülebilirlik göstergesi için tarihsel uygulama ve geleceğe yönelik projeksiyon eksikliği de dahil olmak üzere önemli sınırlamaların olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca, pek çok indeksin karmaşık olduğu ve havza veya bölgesel düzeyler için tasarlandığından bahisle farklı bağlamlara uyarlanabilirliğin sınırlandığı belirtilmektedir. Çalışmada, incelenen yayınların her birinin, su mevcudiyeti, kalite ve koruma, kaynak verimliliği ve çevresel etki, eşitlik ve kırsal alanlarda uzun vadeli sürdürülebilirlik, iklim değişikliğinin su kaynakları yönetimi üzerindeki etkileri gibi sürdürülebilirlik indeksindeki belirli hususları vurguladığına dikkat çekilmektedir. Anahtar kelimelerin analizi ile, suyla ilgili indekslerde sürdürülebilir kalkınma, su kaynakları, su temini ve su tasarrufu arasındaki yakın ilişkiyi ortaya çıkarmışlardır.

Yukarıda ilk geliştirilen indekslerden başlayarak, zaman içinde farklı ihtiyaçlar için geliştirilen indekslerden bahsedilmiştir. Bunlardan en yaygın kullanılanları (da Silva ve diğerkleri, 2020; Maiolo ve Pantusa, 2019); Sullivan (2002) tarafından geliştirilen WPI, Kanada Politika Araştırma Girişimi (2007) tarafından geliştirilen CWSI, Chaves ve Alipaz (2007) tarafından geliştirilen WSI ve Juwana ve diğerkleri (2010) tarafından geliştirilen WJWSI olarak karşımıza çıkmaktadır. Çok kullanılan bu dört indeks de su kaynaklarının sürdürülebilirliğine ilişkin çeşitli yönleri kapsayan bir dizi bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler Çizelge 2.1’de verilmiştir. Çizelge 2.1’de görüldüğü gibi; WPI 5 bileşen ve 17 göstergeden, CWSI 5 bileşen ve 15 göstergeden, WSI 4 bileşen ve 12 göstergeden, WJWSI ise 4 bileşen ve 12 göstergeden oluşmaktadır (Chavez ve Alipaz, 2007; Juwana, 2010b; Septiyana ve diğerkleri, 2023). Tüm indekslerde olduğu gibi, bu dört indeks için de bileşenler ve göstergeler, geliştirilmeleri sırasındaki kapsamlı literatür incelemelerine ve paydaş istişarelerine dayanarak belirlenmiştir.

Çizelge 2.1. Su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin ölçülmesine yönelik ana modeller ve yaklaşımlar (Juwana, 2012)

WPI Bileşenleri	İndikatör	CWSI Bileşenleri	İndikatör	WSI Bileşenleri	İndikatör	WJWSI Bileşenleri	İndikatör
Su Kaynakları	İç akışlar Dış Akışlar Nüfus	Su Kaynağı	Kullanılabilirlik Tedarik İhtiyaç	Hidroloji	Su Miktarı Biyolojik Oksijen İhtiyacı	Su Kaynakları	Su Miktarı İhtiyaç Kalite Arazi kullanımındaki değişim
Erişim	Temiz su Sanitasyon Sulama	Ekosistem Sağlığı	Stres Kalite Balık	Çevre	EPI Vejetasyon Koruma	Su izinleri	Kapsama Su kayıpları Finans
Kapasite	Gelir Ölüm oranı Eğitim Gelir Dağılımı	Altyapı	Talep Durum Arıtma	Yaşam	Gelir	Kapasite	Yoksulluk Öğretim
Kullanım	İnsani Endüstri ve Tarım	İnsan Sağlığı	Erişim Güvenilirlik Etki	Politika	Eğitim Kurumsal Kapasite ESKY giderleri	İnsan Sağlığı	Erişim Sanitasyon Sağlık Etkisi
Çevre	Su Kalitesi Kirlilik Mevzuat Bilgi Biyocoşnllilik	Kapasite	Finans Eğitim Öğretim				

Su kaynaklarına ilişkin mevcut bilimsel çalışmaların ana temaları, mevcut kaynakların uygun şekilde tahsis edilmesi, doğal afetler ve diğer olaylara karşı hassasiyetin değerlendirilmesi, iklim değişikliğinin su planları üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi ve yönetim optimizasyonu ile ilgilidir (Miolo ve Pantusa, 2019). Dolayısıyla, değişen kaynaklar, yönetim hedefleri ve talepler altında etkili bir şekilde işleyebilmelidir ve nispeten uyarlanabilir, sağlam ve değişime dirençli olacak şekilde tasarlanmaktadır (Loucks, 1999).

Su sürdürülebilirliğini değerlendirmeye yönelik mevcut araç ve göstergelerin hızlı bir şekilde artması ile hem kullanıcılar hem de araştırmacılar için seçenekler çoğalmış ve

hangisini kullanmanın en uygun olacağı konusunda seçim yapmak zorlaşmıştır. Su sürdürülebilirliğinin farklı yönlerini ölçmek için su miktarı, kalitesi, yönetimi ve sosyo-ekonomik faktörler de dahil çok çeşitli araç ve göstergelere ilişkin net bir öngörüye sahip olunmalıdır. Bu sayede doğru araç ve göstergelerin seçimi sağlanarak, daha etkili ve karşılaştırılabilir bir değerlendirme yapılabilir ve doğru kararlar alınmasına, daha bütünsel bir anlayışla sürdürülebilirliğe katkıda bulunulabilir (Jarzebski, 2024). Ancak bu tür göstergelerin sayısının artmasıyla birlikte daha sistematik incelemelere ihtiyaç duyulmaktadır (Juvana, Muttill, Perera, 2012). Sürdürülebilirlik değerlendirmelerinde en büyük sorun güvenilir ve erişilebilir verilerin bulunmamasıdır (Dizdaroğlu, 2017).

Yapılan literatür taramasında ülkemizde genel olarak su yönetimi ve sürdürülebilirliği ile dolaylı olarak ilişkili bazı indeksler ve göstergeler bulunduğu görülmüştür. Örneğin, su risk indeksleri su kaynaklarının stresini, kıtlığını ve kirliliğini değerlendirirken; çevresel performans indeksleri su yönetimi ve kalitesini genel çevresel performans çerçevesinde incelemektedir. Su kullanım indeksleri ise suyun etkin kullanımını ve verimliliği değerlendirirken, iklim değişikliği ile ilgili indeksler de su üzerindeki etkileri göz önünde bulundurarak dolaylı bir değerlendirme sağlamaktadır. Ancak bu indekslerin çoğunda konunun bir veya iki boyutunun ele alındığı, kullanılan modellerin uzmanlık gerektirdiği ve veri ihtiyacının fazla olduğu görülmüştür.

Gök (2015) tarafından WSI Ergene Havzası'nda 2008-2012 yılları arasında çalışılmış, 0,70 indeks değeri ile havza orta sürdürülebilir olarak bulunmuştur. Bunun nedeninin su kullanım verimliliği, havzadaki altyapı tesislerinin eksikliği, mevcut kirlilik durumu ve kurumsal kapasite parametrelerinin düşük değer alması olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca hidroloji hariç diğer parametrelerin sürdürülebilir yönetime etkisinin daha az olacağı varsayımı yapılarak indekste hidroloji parametresine 1, çevreye 0,75, politikaya 0,50, yaşama 0,25 katsayıları verilmek suretiyle ağırlıklı yaklaşım katsayı metodu ile indikatör seçim yöntemleri havzaya uygulanmıştır. WSI dışında önerilen her iki metotta da sürdürülebilirlik yine 'orta' olarak hesaplanmıştır.

Türkiye'de havza bazlı olarak yapılan pek çok planlama mevcuttur. Bu planlamalar yapılırken pek çok kurum tarafından gerek insan kaynakları gerekse finansal olarak ciddi yatırımlar yapılmaktadır. Bu kaynakların verimli kullanımı için su yönetimimizin sürdürülebilirliğini ve benimsenen politikaların etkinliğini ölçmek üzere bir sürdürülebilir

su yönetimi indeksinin kullanılması önem arz etmektedir. Bu indeksin ilgililerince kolay uygulanabilmesi ve daha az veri ile çalışılabilecek nitelikte olması uygulamayı kolaylaştıracaktır.

“Havza” ölçeğinde sürdürülebilirliğin ölçülebilmesi, yapılan politika ve planların etkinliğinin değerlendirilmesi için kolay uygulanır bir indeks ihtiyacı görülerek literatür taraması yapılmış ve yukarıda detaylı şekilde anlatılan birçok sürdürülebilirlik indeksi incelenmiştir. İncelen indekslerin pek çoğunda göstergelerin ve alt göstergelerin sayılarının fazlalığı ve veri ihtiyacının oldukça fazla olduğu görülmüştür. İncelenen gösterge ve alt göstergelerin bir kısmı Çizelge2.2’de özetlenmiştir.

Çizelge 2.2. Literatürde sıklıkla yer alan bazı indekslerde yer alan faktörler, gösterge ve kriterler ile uygulama alanları (Maiolo ve Pantusa, 2019; Juwana ve diğerleri, 2010b)

Yazar	İndeks	Faktörler	Göstergeler/ Kriterler (adet)	Formülizasyon	Uygulama
Loucks, 1997	SI	Güvenilirlik, Dayanıklılık, Savunmasızlık	52	$SI^i = Rel * Res^i * (1 - Vul)^i$	Kavramsal
Cai ve diğ., 2002	Yıllar Arası Kontrol Programı	Hidrolojik, Tarımsal, Ekonomik	7	YM^y y longterm	Syr Derya Nehri Havzası
Sullivan, 2002	WPI	Su Yoksulluğu İndeksi Su miktarı, Güvenli suya erişim, Temiz sanitasyon, Evsel suyun toplanması için harcanan süre.	3	$WPI = w_a A + w_s S + w_t (100 - T)$	İki farklı bölge veya ülke (Kavramsal, hayali)
Maiolo ve diğerleri, 2006	ISST	Yapay Sistemler, Doğal Sistemler, Sosyo- Ekonomik- Kurumsal	175	Matematiksel Toplama (hedefe olan mesafe)	Cosenza Eyaleti, İtalya
Chaves ve Alipaz, 2007	WSI	Hidroloji, Çevre, Yaşam, Politika	5	$WSI = (H + E + L + P)/4$	SF Verdadeiro Nehri Havzası
Politika Araştırması 1 Girişimi, 2007	CWSI	Tatlı Su Kaynakları, Ekosistem Sağlığı, Altyapı, İnsan Sağlığı ve Refahı, Toplumsal Kapasite	15	$CWSI = C1 + \dots + Cn/n$	Kanada

Çizelge 2.2. (devam) Literatürde sıklıkla yer alan bazı indekslerde yer alan faktörler, gösterge ve kriterler ile uygulama alanları (Maiolo ve Pantusa, 2019; Juwana ve diğerleri, 2010b)

Yazar	İndeks	Faktörler	Göstergeler/ Kriterler (adet)	Formülizasyon	Uygulama
Ali, 2009	AWSI	Su talepleri (water crowding), Su kıtlığı, Su bağımlılığı, Çevresel sürdürülebilirlik	8	Matematiksel toplama (Temel Bileşen Analizi)	Arap ülkeleri
De Carvalho ve diğerleri, 2009	SIUWM	Sosyal, Ekonomik, Çevresel, Siyasi, Durumsal	20	Yaşam Döngüsü Değerlendirme sinin (LCA) Uyarlanması	İki Güney Afrika şehir merkezi
Sandoval-Solis ve diğerleri, 2011	SI-Varyasyonu	Güvenilirlik, Dayanıklılık, Savunmasızlık	52	$SI^i = [Rel * Res^i * (1 - Vul)^i]^{1/3}$	Rio Grande Havzası
Arcadis, 2012	SCWI	Dayanıklılık, Verimlilik, Kalite	20	Matematiksel Toplama	Dünyadaki 50 Şehir
Gonzales ve Ajami, 2015	SUSi	Arz, Talep, Uyum	6	$SUSi = [(Arz) \cdot (Talep) \cdot (Uyarlama)]^{1/3} \cdot 10$	San Francisco Körfez Bölgesi'nin alt kümesi
Kim ve diğerleri, 2016	SWI	Su miktarı, Su kullanımı, Su kirliliği, Yönetim Kapasitesi	23	Matematiksel Toplama (Kümülatif Dağıtım Fonksiyonu (CDF))	Kore'deki 109 Havza

Çizelge 2.2. (devam) Literatürde sıklıkla yer alan bazı indekslerde yer alan faktörler, gösterge ve kriterler ile uygulama alanları (Maiolo ve Pantusa, 2019; Juwana ve diğerleri, 2010b)

Yazar	İndeks	Faktörler	Göstergeler/ Kriterler (adet)	Formülizasyon	Uygulama
Maiolo ve Pantusa, 2019	SWaM-Index	Çevresel, ekonomik, sosyal ve kurumsal	93	$\frac{1}{4} \sum P^N$ for $p : 1; 2; 3$	Kavramsal
Juwana I, Perera B, Muttill N. (2010b)	WJWSI	Koruma, Su Kullanımı ve Politika ve Yönetim	12	$S_i = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$ $S_i = 100 - \left(\frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \right)$ $S_i = \begin{cases} Z_1 & \text{if } X_i \text{ meets criteria 1} \\ Z_2 & \text{if } X_i \text{ meets criteria 2} \\ \dots & \dots \\ Z_n & \text{if } n \text{ meets criteria } n \end{cases}$	Batı Java Citarum Havzası

Bu indeks çalışmaları arasında; Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO) Uluslararası Hidroloji Programı (IHP) tarafından hidroloji, çevre, yaşam ve politika konularını içeren bir çerçeve benimsemiş ve bu program kapsamında hidroloji, çevre, yaşam ve politika konularını ve bu konuda yapılan çalışmalara havza tarafından verilen yanıtları birleştirebilecek ve kolay uygulanabileceği düşünülerek geliştirilen ve WSI adı verilen indeks dikkat çekmektedir. WSI kullanılarak yapılan pek çok çalışmaya rastlanmıştır.

Cortés ve diğerleri (2012) tarafından, Şili'nin yarı kurak bir bölgesinde yer alan ve UNESCO Hidroloji – Çevre – Yaşam – Politika (HELP) Programı'nın Nehir Havzası Ağı'na dahil olan Elqui havzasında 2001-2005 yılları için WSI uygulanmıştır. Çalışmada havza 0,61'lik bir WSI skoru ile “orta sürdürülebilirlikte” olarak belirlenmiş, havzanın ana güçlü yönlerinin Çevre ve Politika göstergeleri, zayıf yönünün ise su kıtlığı sorunları nedeniyle Hidroloji göstergesiyle ilgili olduğu ifade edilmiştir. Yazarlar WSI yönteminin hem analitik bir araç hem de paydaşlar için yararlı bir yönetim aracı olarak pratikliğini gösterdiğini ifade ederek, havzaların orta ve uzun vadeli planlama ve yönetim stratejileri için kullanılabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Mititelu-Ionuş (2017), WSI'yı, güneybatı Romanya'da yer alan Motru Nehri havzasında 5 yıl (2002-2007) ve 10 yıl için (2002-2012) uygulamıştır. Sonuç olarak, Motru Nehri havzası için havza sürdürülebilirlik indeksinin beş yıl için 0,36 ve 10 yıl için 0,51 olarak tespit etmiştir. En düşük puana sahip göstergelerin hidroloji ile politika-eğitim, en yüksek puanı ise çevre göstergesi olduğunu bildirmiştir. Yazar gösterge verilerine kolayca erişilebilir olması, teknik olmayan kitleler tarafından da kolayca anlaşılır olması, göstergelerinin havzadaki yönetim ve faaliyetlerdeki değişiklikleri yansıtması ve zaman içindeki değişiklikleri ölçebilir olması ve sürdürülebilirliğin çevresel, sosyal ve eğitimsel yönleri arasındaki bağlantıları göstermesi nedeniyle WSI'nın kullanışlı bir yönetim olarak kullanılabileceğini ifade etmiştir.

Elfithri ve diğerleri (2018), UNESCO HELP Programında yer alan, Malezya'daki Langat Nehri Havzası'nda 2009-2013 dönemi için mevcut 5 yıllık verileri kullanılarak bir WSI analizi gerçekleştirmişler, Langat Nehri Havzası'nın 0,68'lik bir WSI değeri ile orta sürdürülebilirlik kategorisine girdiğini belirlemişlerdir. Analiz sonucunda havzadaki zayıflığın ana nedeninin su kirliliği sorunları nedeniyle Hidroloji göstergesiyle ilgili olduğunu bildirerek, WSI'nın Langat Nehri Havzası yönetiminde pratik bir rehber ve yönetim aracı olarak kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Ahuchaogu, Ewemoje ve Isaiah (2019) Nijerya'da bulunan Ikpa Nehir Havzasının bir alt havzası olan Uyo Üniversitesi ana kampüsü havzasında HELP aracı ile yaptıkları sürdürülebilirlik değerlendirilmesinde, 0,60'lık bir skorla sözkonusu havzanın orta sürdürülebilir olduğunu belirlemişlerdir. HELP programına dahil olmanın büyük bir fayda sağladığını, çalışmanın ülkenin diğer havzalarında da yapılmasının faydalı olacağını belirtmişlerdir.

Bu tez çalışmasında UNESCO tarafından geliştirilen WSI'nın ülkemizde havza sürdürülebilirliğini ölçmede, dolayısı ile entegre havza yönetiminde bir araç olarak kullanılabiliyor olup olmadığı araştırılmıştır. WSI'ya ilişkin detaylı bilgi bir sonraki bölümde verilmiştir.

3. HAVZA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK İNDEKSİ

Bu bölümde, UNESCO tarafından geliştirilen WSI'nın gelişimi, indeksi oluşturan Hidroloji, Çevre, Yaşam ve Politika göstergeleri ve bu göstergelerin hesaplanmasında kullanılan parametreler ile bu parametrelerin hesaplama yöntemleri detaylı olarak anlatılmıştır.

3.1. UNESCO –IHP HELP Girişimi ve WSI

UNESCO-IHP liderliğinde, havzalarda su ile ilgili fiziksel (hidrolojik, klimatolojik ve ekolojik) ve fiziksel olmayan (teknik, sosyolojik, ekonomik, idari ve hukuki) kritik politika ve yönetim konularını değerlendirmek amacıyla disiplinler arası bir girişim başlatılmıştır. HELP olarak adlandırılan bu girişim, su hukuku ve politikası uzmanlarının, su kaynakları yöneticilerinin ve su bilimcilerinin suyla ilgili sorunlar üzerinde birlikte çalışabileceği bir çerçeve oluşturarak ve bir platform sağlayarak entegre havza yönetimine yeni bir yaklaşım getirmiştir. HELP girişimi, hidroloji ile toplumun ihtiyaçları arasındaki bağları geliştirmek için küresel bir havza ağı kurmuştur. Ağa üye olan uluslararası HELP havzaları, bir forum üzerinden ağında bilgi ve deneyim paylaşımında bulunmaktadır. Eylül 2009'daki tanıtımından bu yana 150'den fazla HELP üyesi Forum'a katılmıştır (UNESCO-IHP, 2010).

UNESCO-IHP, HELP platformu ile su ile ilgili öncelikli konuları belirlemek üzere; hidroloji, çevre, yaşam ve politika konularını içeren bir çerçeve benimsemiştir. Bu çerçeveye, farklı havza paydaşlarının etkili ve entegre eylemlerini engelleyen “paradigma kilidi” denen şeyin kırılması amaçlanmaktadır (UNESCO, 2010; Khan, 2022).

Bu girişim kapsamında UNESCO için, Chaves ve Alipaz (2007) tarafından hidrolojik, çevresel, yaşam ve politika konularının yanı sıra mevcut baskıları ve politika yanıtlarını tek bir nicel, dinamik ve toplu göstergede entegre etmek için, PSR işlevini kullanan WSI geliştirilmiştir.

WSI'nın geliştirilmesi sırasında literatürde yer alan gösterge kriterleri takip edilmiş ve uygulanabilirliğini göstermek için Güney Brezilya'da bir UNESCO-HELP operasyonel havzası olan S.F. Verdadeiro havzasına uygulanmıştır. Chavez ve Alipaz (2007), su kaynaklarına ilişkin önceki indekslerin havza ölçeğine özel olarak tasarlanmadığını ve göstergelerin neden-sonuç ilişkisini dikkate almadığını oysa sürdürülebilirlik

değerlendirmelerinin idari sınırlarla sınırlanamayacağını, bu nedenle indekslerin havza düzeyinde uygulanmasının önemli olduğunu belirtmişlerdir. Göstergeler arasındaki neden-sonuç ilişkilerini takip etmek amacıyla WSI geliştirilirken, HELP boyutlarının her birini (Hidroloji-Çevre-Yaşam-Politika) ele almak üzere Smeets ve diğerlerinin (1999) geliştirdiği PSR modelini kullanılmıştır.

WSI'da diğer indekslerden farklı olarak bileşenler ve göstergeler için sırasıyla gösterge ve parametreler (alt göstergeler) terminolojisi kullanılmaktadır. İndeks; insan faaliyetlerinin çeşitli çevresel sorunlar üzerindeki baskıları, bu baskıların doğal sistemlerin durumlarını nasıl etkilediği ve hükümetlerin ve toplulukların çevresel değişikliklere farklı politikalar ve düzenlemeler yoluyla yanıt verme konusundaki tepkileri konularının nedenselliğini analiz etmeyi amaçlamaktadır. HELP platformu ve PSR modeli kullanılarak WSI göstergeleri ve parametreleri geliştirilmiştir (Juwana, 2012). Çalışmanın sonucunda; dört farklı gösterge önerilmiştir: Hidroloji, Çevre, Yaşam ve Politika. Su yönetiminin dinamik bir süreç olduğu göz önünde bulundurularak ve bir havzanın su sürdürülebilirliğinin hidrolojisinin, çevresinin, yaşamının ve politikasının bir fonksiyonu olduğu varsayımı ile, bu dört göstergeye (HELP) bir matris şemasında, dinamik bir PSR modeli (OECD, 2003) uygulanmıştır. Sonuç olarak, bir havza sürdürülebilirlik indeksi oluşturulmuştur. WSI'nın sayısal gösterimi Eş. 3.1'de verilmiştir.

$$WSI = \frac{H+E+L+P}{4} \quad (3.1)$$

WSI 0-1 aralığında olduğunda; hidrolojik gösterge 0-1, çevre göstergesi 0-1, yaşam göstergesi 0-1 ve politika göstergesi 0-1 aralığındadır. Aksi olduğuna dair bir kanıt olmadığı için tüm göstergeler aynı ağırlığa sahiptir (Chavez ve Alipaz, 2007).

Hidroloji göstergesi iki baskı, iki durum ve iki yanıt parametresinden oluşur. Diğer üç göstergenin her birinin baskı, durum ve yanıtı temsil eden birer parametresi olmak üzere toplam 15 parametre bulunmaktadır. WSI göstergeleri ve parametreleri Çizelge 3.1.'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Havza Sürdürülebilirlik İndeksinin gösterge ve parametreleri

	Baskı	Durum	Yanıt
Göstergeler	Parametreler		
Hidroloji	Son 5 yılda havzada kişi başına düşen su miktarındaki değişim	Kişi başına düşen su miktarı	Su kullanım verimliliğinde iyileşme (son 5 yıl)
	Havza BOİ ₅ 'inde son 5 yıldaki değişim	Havzada yıllık ortalama BOİ ₅	Yeterli kanalizasyon arıtma/bertarafında iyileştirme (son 5 yıl)
Çevre	Havzanın Çevresel Baskı İndeksi (EPI) değeri (kırsal ve kentsel)	Doğal bitki örtüsü altındaki havza alanının yüzdesi	Son 5 yılda Havza koruma alanlarındaki değişim (Korunan alanlar, en iyi yönetim uygulamaları)
Yaşam	Havzada son 5 yılda kişi başına düşen GSMH'deki Değişim	Havzanın İnsani Gelişme Endeksi (İGE)-(idari bölge popülasyonu ile ölçülmüş)	Havza İnsani Gelişme Endeksinin 5 yıldaki değişimi
Politika	Havzada son 5 yılda İnsani Gelişme Endeksi-Eğitim'deki (İGE-Ed) değişim	Havzanın su kaynakları yönetimindeki kurumsal kapasitesi (yasal ve idari)	Havzada son 5 yılda Su Kaynakları Yönetimi için yapılan harcamalardaki değişim

Çizelge3.1'de dört göstergenin (HELP) her biri için, sırasıyla Baskı, Durum ve Yanıt (PSR) olmak üzere 3 sütuna bölünmüş WSI parametrelerini göstermektedir. Burada her gösterge ve parametre kombinasyonuna 0 ile 1 aralığında bir değer atanır. 0,25 zayıf seviyelere, 1,00 değeri ise optimum koşullara karşılık gelmektedir. Çizelge 3.2, Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4 ise, baskı, durum ve yanıt parametreleri için belirlenen seviye ve değerler ile açıklamalarını göstermektedir. Baskı; çevreye etki yapan veya etkiyi tetikleyebilecek insan faaliyetleri, Durum; belirli bir anda çevrenin farklı yönlerinin durumu ve Yanıt, çevre sorunlarına çözüm bulmaya ve bozulmuş sistemleri iyileştirmeye yönelik toplumsal çabaları ifade eder (Cortez ve diğerleri, 2012). Bir PSR modeli kullanmanın avantajı, neden-sonuç ilişkilerini içermesi,

paydaşların ve karar vericilerin parametreler arasındaki bağlantıları görmelerine yardımcı olmasıdır (OECD, 2003).

Çizelge 3.2. Baskı parametreleri: Seviyeler ve değerler

Gösterge	Baskı Parametreleri	Seviye	Değer
Hidroloji	$\Delta 1$ -Son 5 yılda havzada kişi başına düşen su miktarındaki değişim (m^3 /kişi.yıl)	$\Delta 1 < \% -10$	0,25
		$\% -10 \Delta 1 < \% 0$	0,50
		$0 < \Delta 1 < \% +10$	0,75
		$\Delta 1 > \% +10$	1,00
	$\Delta 2$ - Havza BOİ ₅ 'indeki değişim (son 5 yıl)	$\Delta 2 > \% 10$	0,25
		$0 < \Delta 2 \% 10$	0,50
		$\% -10 < \Delta 2 < \% 0$	0,75
		$\Delta 2 < \% -10$	1,00
Çevre	Havzanın EPI değeri (kırsal ve kentsel)	$EPI > \% 10$	0,25
		$\% 10 < EPI < \% 5$	0,50
		$\% 5 < EPI < \% 0$	0,75
		$EPI < \% 0$	1,00
Yaşam	Havzada son 5 yılda kişi başına düşen GSMH'deki Değişim	$\Delta < \% -10$	0,25
		$\% -10 \Delta < \% 0$	0,50
		$0 < \Delta < \% +10$	0,75
		$\Delta > \% +10$	1,00
Politika	Havzada son 5 yılda İnsani Gelişme Endeksi-Eğitim'deki (İGE-Ed) değişim	$\Delta < \% -10$	0,25
		$\% -10 \Delta < \% 0$	0,50
		$0 < \Delta < \% +10$	0,75
		$\Delta > \% +10$	1,00

Çizelge 3.3. Durum parametreleri: Seviyeler ve değerler

Gösterge	Durum Parametreleri	Seviye	Değer
Hidroloji	Kişi başına düşen su miktarı (m ³ /kişi.yıl)	Wa<1 700	0,25
		1700<Wa<3 400	0,50
		3400<Wa<5 100	0,75
		Wa>5 100	1,00
	Havza Ortalama BOİ ₅ (mg/l)	BOİ ₅ >10	0,25
		10<BOİ ₅ <5	0,50
		5<BOİ ₅ <3	0,75
		BOİ ₅ <3	1,00
Çevre	Doğal bitki örtüsü altındaki havza alanının yüzdesi (Av)	0 <Av <10	0,25
		10 <Av <25	0,50
		25 <Av <40	0,75
		Av> 40	1,00
Yaşam	Havza İnsani Gelişme Endeksi - İGE (ilçe popülasyonu ile ölçülmüş)	İGE <0,6	0,25
		0,6 <İGE <0,75	0,50
		0,75 <İGE <0,9	0,75
		İGE> 0,9	1,00
Politika	Havzanın Su Kaynakları Yönetimindeki Kurumsal Kapasitesi (yasal ve idari)	Zayıf	0,25
		Orta	0,50
		İyi	0,75
		Mükemmel	1,00

Çizelge 3.4. Yanıt parametreleri: Seviyeler ve değerler

Gösterge	Yanıt Parametreleri	Seviye	Değer
Hidroloji	Su kullanım verimliliğinde iyileşme (son 5 yıl)	Zayıf	0,25
		Orta	0,50
		İyi	0,75
		Mükemmel	1,00
	Yeterli kanalizasyon arıtma/bertarafında iyileştirme (son 5 yıl)	Zayıf	0,25
		Orta	0,50
		İyi	0,75
		Mükemmel	1,00
Çevre	Son 5 yılda Havza Koruma Alanlarındaki değişim (Korunan alanlar, en iyi yönetim uygulamaları)	$\Delta < \% -10$	0,25
		$\% -10 \Delta < \% 0$	0,50
		$0 < \Delta < \% +10$	0,75
		$\Delta > \% +10$	1,00
Yaşam	Havza İnsani Gelişme Endeksinin 5 Yıldaki Değişimi	$\Delta < \% -10$	0,25
		$\% -10 \Delta < \% 0$	0,50
		$0 < \Delta < \% +10$	0,75
		$\Delta > \% +10$	1,00
Politika	Havzada son 5 yılda Su Kaynakları Yönetimi için yapılan harcamalardaki değişim	$\Delta < \% -10$	0,25
		$\% -10 \Delta < \% 0$	0,50
		$0 < \Delta < \% +10$	0,75
		$\Delta > \% +10$	1,00

3.1.1. Hidroloji göstergesi

Hidroloji göstergesinde, su kaynakları üzerindeki “*Baskı*”yı temsil etmek üzere, son 5 yılda havzada kişi başına düşen su miktarındaki değişim ve Havza BOİ₅’inde son 5 yılda meydana gelen değişim parametreleri yer almaktadır. Chavez ve Alipaz (2007), analiz edilen dönemdeki su miktarı ve kalite bilgilerini uzun vadeli (5 yıl) ortalamayla karşılaştırdıklarından, hidrolojik “*Baskı*” parametrelerinin belirli koşullarda havzalardaki su

mevcudiyetini önemli ölçüde etkileyebilecek nihai iklim değişkenliği/değişim etkilerini birleştirme avantajına sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Miktara ilişkin parametre olan; son 5 yılda havzada kişi başına düşen su miktarındaki değişim ($\Delta 1$), $\Delta 1 < -10$, $-10 < \Delta 1 < 0$, $0 < \Delta 1 < +10$, $\Delta 1 > +10$ değerlerini alır ve sırasıyla 0,25- Zayıf, 0,50- Orta, 0,75- İyi ve 1,00- Çok iyi gösterge değerine karşılık gelir.

Kaliteye ilişkin parametre olan Havza BOİ₅'inde son 5 yılda meydana gelen değişim parametresi ($\Delta 2$) ise; $\Delta 2 > 10$, $0 < \Delta 2 < 10$, $-10 < \Delta 2 < 0$ ve $\Delta 2 < -10$ değerlerini alır ve sırasıyla 0,25- Zayıf, 0,50- Orta, 0,75- İyi ve 1,00- Çok iyi gösterge değerine karşılık gelir.

Su kaynaklarının “Durum”unu temsil etmek üzere, kişi başına düşen su miktarı ve havzanın ortalama BOİ₅ değeri parametreleri yer almaktadır. Su miktarı hem yüzey hem de yeraltı suyu kaynakları dikkate alınarak kişi başına düşen yıllık su miktarıdır. Falkenmark ve Widstrand (1992)'e göre, su miktarı 1 700 m³ /kişi-yıl altına düştüğünde su stresi ortaya çıkar. Bu nedenle, kişi başına su miktarı için minimum standardın katları olmak üzere beş seviye seçilmiştir. (a) $W_a < 1\,700$ (b) $1\,700 < W_a < 3\,400$; (c) $3\,400 < W_a < 5\,100$; (d) $5\,100 < W_a < 6\,800$ ve (e) $W_a > 6\,800$ m³/kişi.yıl, bu değerler sırasıyla çok zayıf, zayıf, orta, iyi ve mükemmel kişi başı su miktarına karşılık gelir.

Havzanın ortalama BOİ₅ değeri parametresi; $BOİ > 10$, $10 < BOİ < 5$, $5 < BOİ < 3$ ve $BOİ < 3$ değerlerini alır ve sırasıyla 0,25- Zayıf, 0,50- Orta, 0,75- İyi ve 1,00- Çok iyi gösterge değerine karşılık gelir.

Chavez ve Alipaz (2007) tarafından, havzalarda BOİ₅ bilgisinin sıklıkla mevcut olması ve diğer önemli su kalitesi parametreleriyle (çözünmüş oksijen, bulanıklık, kirletici konsantrasyonları) ilişkili olması nedeniyle kalite parametresi olarak seçildiği ifade edilmiştir. Havzadaki diğer su kalitesi parametrelerinin (örneğin nitrojen) BOİ₅'ten daha kritik olması durumunda, bunların su kalitesi göstergesi olarak kullanılabileceği bildirilmiştir.

Hidroloji göstergesi altında su kaynaklarının durumunu iyileştirmeye yönelik çabalar anlamına gelen “Yanıt”ı temsil etmek üzere ise, son 5 yılda su kullanım verimliliğindeki

iyileşme ve atık su arıtma/bertarafı konusundaki iyileştirme parametreleri yer almaktadır. Her iki parametre de Zayıf, Orta, İyi ve Çok iyi olarak değer alır ve bunlar sırasıyla 0,25- Zayıf, 0,50- Orta, 0,75- İyi ve 1,00- Çok iyi gösterge değerine karşılık gelir.

3.1.2. Çevre göstergesi

Çevre göstergesi için *Baskı* parametresi, havza tarım alanı ve kentsel nüfusun 5 yıllık bir dönemdeki ortalama yüzde değişimine göre tahmin edilen EPI'dir. Belirli bir havzadaki tarımsal ve kentsel alanların oranı su kalitesiyle ilişkilidir (Hunsaker ve Levine, 1995). WSI'da kullanılan EPI, Sawyer (1997) tarafından geliştirilen Antropik Baskı İndeksi'nin bir modifikasyonudur.

Bir havzanın EPI değeri Eş. 3.2 ile hesaplanır:

$$EPI = \frac{\text{Havza Kentsel Nüfusunun Yüzde Değişimi} + \text{Havza Tarım Alanının Yüzde Değişimi}}{2} \quad (3.2)$$

EPI pozitif, negatif veya sıfır olabilir. Pozitif değerler, havzanın geriye kalan doğal bitki örtüsü üzerinde daha yüksek baskılara işaret etmektedir.

EPI; $EPI > \%10$, $\%10 < EPI < \%5$, $\%5 < EPI < \%0$ ve $EPI < \%0$ değerlerini alabilir ve sırasıyla 0,25- Zayıf, 0,50- Orta, 0,75- İyi ve 1,00- Çok iyi gösterge değerine karşılık gelir.

Çevresel “*Durum*” parametresi, havzanın genel çevresel bütünlüğünün bir göstergesi olarak flora ve fauna biyoçeşitliliği ile yüksek oranda ilişkilidir. WSI'da doğal bitki örtüsü altındaki havza alanının, havza alanına yüzdesi (A_v) olarak tanımlanmıştır. A_v ; $0 < A_v < 10$, $10 < A_v < 25$, $25 < A_v < 40$, $A_v > 40$ değerlerini alabilir ve sırasıyla 0,25- Zayıf, 0,50- Orta, 0,75- İyi ve 1,00- Çok iyi gösterge değerine karşılık gelir.

Çevresel “*Yanıt*” parametresi, son 5 yılda Havza Koruma Alanlarındaki değişim (Korunan alanlar ve En iyi Yönetim Uygulamaları vb) olarak tanımlanmıştır. Değişim (Δ); $\Delta < \% -10$, $\% -10 < \Delta < \% 0$, $0 < \Delta < +\%10$ ve $\Delta > +\%10$ değerlerini alabilir ve sırasıyla 0,25- Zayıf, 0,50- Orta, 0,75- İyi ve 1,00- Çok iyi gösterge değerine karşılık gelir.

3.1.3. Yaşam göstergesi

Yaşam göstergesi altında “*Baskı*” parametresi havzada son 5 yılda kişi başına düşen GSMH’deki Değişimden yani İGE-Kişi başına gelir alt indeksindeki değişimden (Δ) elde edilir. Δ , $\Delta < \% -10$, $\% -10 < \Delta < \% 0$, $0 < \Delta < +\% 10$ ve $\Delta > + \% 10$ değerlerini alabilir ve sırasıyla 0,25- Zayıf, 0,50- Orta, 0,75- İyi ve 1,00- Çok iyi gösterge değerine karşılık gelir. Yaşam ve Politika göstergelerinde yer alan İGE ve İGE alt indekslerinin hesaplanma yöntemi bir sonraki alt bölümde anlatılmaktadır.

“*Durum*” parametresi; Havzanın İGE değeridir. İGE; $\text{İGE} < 0,6$, $0,6 < \text{İGE} < 0,75$, $0,75 < \text{İGE} < 0,9$, $\text{İGE} > 0,9$ değerlerini alabilir ve sırasıyla 0,25- Zayıf, 0,50- Orta, 0,75- İyi ve 1,00- Çok iyi gösterge değerine karşılık gelir.

“*Yanıt*” parametresi Havza İGE’sinin son 5 yıldaki değişimi (Δ) ile ölçülür. Δ , $\Delta < \% -10$, $\% -10 < \Delta < \% 0$, $0 < \Delta < +\% 10$ ve $\Delta > + \% 10$ değerlerini alabilir ve sırasıyla 0,25- Zayıf, 0,50- Orta, 0,75- İyi ve 1,00- Çok iyi gösterge değerine karşılık gelir.

3.1.4. Politika göstergesi

“*Baskı*” parametresi; havzada son 5 yılda İGE-Eğitim alt indeksindeki değişimden (Δ) ile elde edilir. Δ , $\Delta < \% -10$, $\% -10 < \Delta < \% 0$, $0 < \Delta < +\% 10$ ve $\Delta > + \% 10$ değerlerini alabilir ve sırasıyla 0,25- Zayıf, 0,50- Orta, 0,75- İyi ve 1,00- Çok iyi gösterge değerine karşılık gelir.

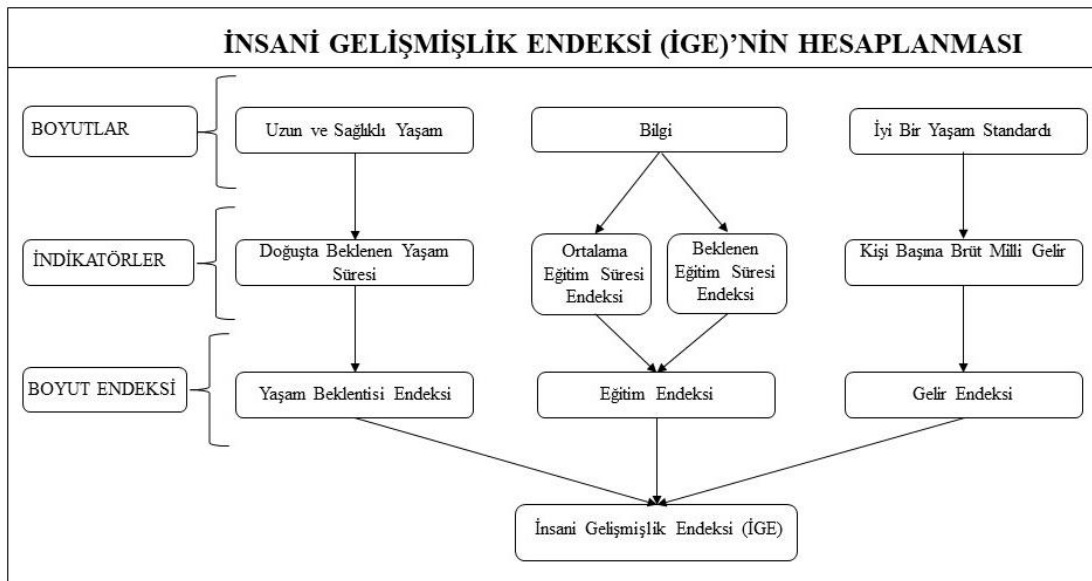
“*Durum*” parametresi; havzanın su kaynakları yönetimindeki kurumsal kapasitesinden (yasal ve idari) elde edilir. Zayıf, Orta, İyi ve Çok iyi olarak değer alır ve bunlar sırasıyla 0,25- Zayıf, 0,50- Orta, 0,75- İyi ve 1,00- Çok iyi gösterge değerine karşılık gelir.

“*Yanıt*” parametresi; havzada son 5 yılda Su Kaynakları Yönetimi için yapılan harcamalardaki değişimden (Δ) elde edilir. Δ , $\Delta < \% -10$, $\% -10 < \Delta < \% 0$, $0 < \Delta < +\% 10$ ve $\Delta > + \% 10$ değerlerini alabilir ve sırasıyla 0,25- Zayıf, 0,50- Orta, 0,75- İyi ve 1,00- Çok iyi gösterge değerine karşılık gelir.

3.2. İnsani Gelişme İndeksi ve Alt İndekslerinin Hesaplanması

Ülkelerin kalkınma ve gelişme durumu uzun yıllar sadece ekonomik büyüme ile ölçülmüştür. Ancak 90'lı yıllarla birlikte sürdürülebilir kalkınma, toplumsal refah gibi kavramların önemi giderek artmış ve ülkelerin kalkınmasında insani gelişme bir kıstas olarak ele alınmaya başlanmıştır. İGE, ülkeler için yaşam uzunluğu, eğitim ve yaşam standardı boyutları kullanılarak yaşam kalitesi ve insan hakları konusunda bir ölçü oluşturur (İrtaş ve Günal, 2024). Bu endeks vasıtasıyla bir ülkenin gelişmişlik düzeyi ve ekonomisinin yaşam düzeyini ne ölçüde etkilediği bilgisine ulaşılabilir. Gelişme düzeyini ölçmek üzere insan refahına vurgu yapan İGE, ilk defa 1990 yılında Pakistanlı ekonomist Mahbub ul Haq tarafından geliştirilmiştir. 1993 yılından bu yana Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) tarafından hesaplanarak “Yıllık Gelişme Raporu”nda sunulmaktadır. Bu raporda ülkeler 0-1 aralığında ve düşük-orta-yüksek-çok yüksek şeklinde kategorilendirilerek sınıflandırılır. İGE, eğitim, sağlık ve gelir alt endekslerinin bileşiminden oluşmaktadır (UNDP, 2020a).

2010 itibarıyla BM Gelişme Raporu İGE hesaplamalarında yeni bir metodoloji kullanmaya başlamıştır. Yeni hesaplama sistemi, eğitimde geçen ve geçmesi beklenen süre, doğumda yaşam beklentisi ve satın alma gücü pariteli milli geliri esas alan parametreler içermektedir. İGE'nin hesaplanmasında UNDP Teknik Notlarında yer alan metodoloji kullanılmıştır (UNDP, 2022a). İGE hesaplaması Şekil 3.1'de şematize edilmiştir.



Şekil 3.1. İGE'nin hesaplanması (İrtaş ve Günal, 2024)

Sağlık; doğuştan beklenen yaşam süresini ifade etmektedir. Beklenen ortalama ömür olarak da bilinmektedir. UNDP'ye göre (UNDP, 2020a): “sağlıklı bir yaşamın olduğu toplumda ortalama ömür artarken, eğitim seviyesi de yükselmekte ayrıca sağlıklı bir toplumda hem yaşam kalitesinin hem de sağlık hizmetlerinin iyi olduğu kabul edilmektedir”.

Eğitim; toplumun bilgiyi üretmesi ve ulaşması konusundaki temel etken bireylerin eğitim seviyesidir. İGE'nin alt endekslerinden biri olan eğitim endeksini hesaplamada ülkede Beklenen Okullaşma Yılı (BOY) ve Ortalama Okullaşma Yılı (OOY) bilgileri kullanılmaktadır. BOY, okula başlama yaşında olan bireylerin kaç yıl eğitim almasının beklendiği yani; bireyin eğitim alması beklenen toplam süre ile ölçülmektedir. OOOY, 25 yaş ve üzerindeki yaştaki bireylerin ömürleri boyunca ortalama olarak kaç yıl eğitim aldıklarını yani; yetişkin nüfusun ortalama öğrenim süresini ifade etmektedir (Çağlar ve diğerleri, 2017).

Gelir; Tıraş (2019) tarafından, “*insanca bir yaşam sürebilmek için ihtiyaç duyulan temel mal ve hizmetleri elde etmede kullanılan kaynaklar*” olarak tanımlanmakta ve “*Satın alma gücü paritesine (SAGP) göre kişi başı GSMH olarak*” hesaplandığı ifade edilmektedir.

Birimleri birbirinden farklı olan gelir, eğitim ve sağlık göstergelerini birlikte değerlendirebilmek için, sıfırdan bire kadar değişen birimsiz ölçeğe dönüştürebilmek üzere her bir göstergenin minimum ve maksimum değerleri belirlenmektedir (Şeker, Demir, 2011 ve UNDP, 2020a). İGE'nin boyut göstergeleri için belirlenen minimum ve maksimum değerler Çizelge 3.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. İGE boyut göstergeleri minimum ve maksimum değerleri (UNDP, 2020a)

Boyut	Gösterge	Minimum	Maksimum
Sağlık	Doğuştan Beklenen Yaşam Süresi YB (yıl)	20	85
Eğitim	BOY (yıl)	0	18 (12*)
	OOY (yıl)	0	15
Yaşam Standardı	GSMH (2017, \$)	100	75 000

* Bu çalışmada illerde daimî olarak yaşayan gençlerin verisi bulunamadığından lise sonrası öğrenciler hesaplamaya dahil edilmemiştir.

Minimum ve maksimum değerler belirlendikten sonra her bir boyut endeksi Eş. 3.3 ile hesaplanır:

$$\text{Boyut Endeksi} = \frac{\text{Gerçek Değer} - \text{Minimum Değer}}{\text{Maksimum Değer} - \text{Minimum Değer}} \quad (3.3)$$

Boyut endeksleri hesaplandıktan sonra İGE hesaplanması için Eş. 3.4'te gösteriliği üzere; Yaşam Beklentisi Endeksi (YBE), Eğitim Endeksi (EE), Gelir Endeksi (GE)'nin geometrik ortalaması alınır.

$$\text{İGE} = \sqrt[3]{YBE \cdot EE \cdot GE} \quad (3.4)$$

3.2.1. Yaşam beklentisi endeksi

Yaşam Beklentisi Endeksi Eş. 3.5 ile hesaplanır:

$$YBE = \frac{YB-20}{85-20} \quad (3.5)$$

3.2.2. Eğitim endeksi

Eğitim Endeksi, ortalama yetişkin eğitim süresi ile henüz eğitim çağında olan çocuklar için beklenen eğitim süresinden hesaplanmaktadır. EE aşağıdaki Eş. 3.6, Eş. 3.7 ve Eş. 3.8 ile hesaplanmaktadır:

$$(EE) = \frac{(\text{Ortalama Eğitim Süresi Endeksi (OESE)}) + (\text{Beklenen Eğitim Süresi Endeksi (BESE)})}{2} \quad (3.6)$$

$$(OESE) = \frac{\text{Ortalama Eğitim Süresi (OES)} - 0}{15 - 0} \quad (3.7)$$

$$(BESE) = \frac{\text{Beklenen Eğitim Süresi (BES)}}{18 - 0} \quad (3.8)$$

Ortalama eğitim süresi endeksi

25 yaş ve üzeri kişilerin hayatı boyunca aldıkları eğitim yıllarının ortalaması olan, yetişkin nüfusun ortalama öğrenim süresini gösteren bir göstergedir (Şeker, Demir, 2011 ve UNDP, 2020a).

Beklenen eğitim süresi endeksi

Okula başlama yaşındaki bir çocuğun öğrenim hayatının toplam yıl sayısına tekabül etmektedir (Şeker, Demir, 2011 ve UNDP, 2020a).

3.2.3. Gelir endeksi

Gayrisafi Millî Hasıla, bir ülke vatandaşlarının belirli bir yılda ürettikleri toplam mal ve hizmetlerin, belli bir para birimi karşılığındaki toplam değeridir. Kişi başı gayrisafi milli gelir; SAGP oranları kullanılarak uluslararası dolara çevrilen gayri safi milli gelir anlamına gelmektedir. Uluslararası bir Amerikan Doları'nın GSMH üzerindeki satın alma gücü, Amerika Birleşik Devletleri'nde sahip olduğu ile aynıdır (UNDP; 2020, 2020a,b). GSMH ile ilgili hesaplamalar yapılırken kullanılacak verilerin sabit (reel) fiyatlarla alınması yani paranın baz alınan yıl değerine getirilmesi gereklidir. Reel fiyatlarla çalışabilmek üzere; SAGP (Purchasing Power Parity: PPP) hesaplanır. Akçay ve Erataş (2015) bir değişim oranı olan SAGP'yi “...ülkeler arasındaki fiyat farklılıklarını ortadan kaldırarak, ülkelerin para birimlerinin satın alma gücünü eşitlemekte ve uluslararası gelişmişlik karşılaştırmalarında önemli bir ölçüt olarak karşımıza çıkmaktadır. SAGP teorisi uzun dönemde reel döviz kurunun sabit olduğu varsayımına dayanmaktadır” şeklinde özetlemektedir. SAGP bulunduğundan sonra, kişi başına GSYH değeri bu parite değeri ile çarpılarak reel GSYH'ye ulaşılır. Kişi Başı İGE – GE hesaplanmasında Eş. 3.9 kullanılır. Burada minimum değer 100, maksimum değer \$75 000 alınır. Formüldeki “kdbMG”; Kişi Başına Düşen Milli Gelir anlamındadır ve reel GSYH ye karşılık gelmektedir (UNDP, 2020a,b).

GE, kdbMG \$75,000 ise 1, \$100 ise 0 olarak alınır.

$$GE = \frac{\ln(kdbMG) - \ln(100)}{\ln(75\,000) - \ln(100)} \quad (3.9)$$

4. ÇALIŞMA SAHASI: AKARÇAY HAVZASI

WSI'nin uygulaması için, yerel ve bölgesel düzeyde havza yönetimi 2 500 km²'ye kadar olan su havzalarında daha etkili olduğundan havza sürdürülebilirliğinin tahmininde WSI uygulaması için önerilen üst sınır olarak belirtilmiştir. Ancak ülkemizde bu büyüklükteki havzalar için yeterli veri bulunmadığı görülmüştür. İndeks kapsamında verilerin optimum şekilde temin edilebileceği ve indeksin verimli çalışabileceği en uygun havza belirlenmeye çalışılmış, hem nispeten daha yeterli verisi olması, hem de indekste küçük havzalarda çalışılmasının önerilmesi nedeniyle Akarçay Havzasında çalışılmasına karar verilmiştir.

Akarçay Havzasında, WSI'da tanımlanan “Hidroloji, Çevre, Yaşam ve Politika” ana başlıkları altında yer alan indikatörler için gereken veriler temin edilmiştir. Bu amaçla ilgili kurumlarla yazışmalar yapılmış, kurumlardan gelen veriler değerlendirilerek hesaplamaları yapılmıştır. Verilerin değerlendirilmesi sonrasında, bu veriler indekste tanımlandığı şekliyle kullanılarak havzanın sürdürülebilirlik indeks değeri hesaplanmıştır.

Havzada yapılan diğer çalışmalar ve havza yönetim planları incelenerek indeks sonucunun bu planlarda yer alan bilgiler ve sonuçlarla ne kadar uyum gösterdiği incelenmiştir. Ayrıca havzanın sürdürülebilirlik durumu ilgili kurumların çalışmaları ile birlikte yorumlanarak indeksin ülkemizde uygulanabilirliği değerlendirilmiştir.

Havza için Tarım Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünce (DSİ) hazırlanmış olan Havza Master Planı (HMP), Su Yönetimi Genel Müdürlüğünce (SYGM) hazırlanmış olan Nehir Havza Yönetim Planı (NHYP) Kuraklık Yönetim Planı (KYP), Taşkın Yönetim Planı (TYP) ve Sektörel Su Tahsis Planı (SSTP) bulunmaktadır.

Akarçay Havzası'nın genel özelliklerine ilişkin aşağıda yer alan bilgiler DSİ tarafından hazırlanmış olan HMP (DSİ, 2016) ve SYGM tarafından hazırlanmış olan KYP'den (SYGM, 2015 ve 2023) alınmıştır.

Türkiye, coğrafi çeşitliliği, farklı iklim koşulları ve su kaynaklarının dağılımı gibi etmenler göz önünde bulundurularak 25 ana havzaya ayrılmıştır. Bu ayırım, su kaynaklarının en verimli şekilde yönetilmesi, hidrolojik bütünlüğün sağlanması ve yönetim açısından ideal bir yapı sunmaktadır.

4.1. Akarçay Havzası Genel Bilgiler

Akarçay Havzası, Türkiye'nin batısında, Ege Bölgesi'nin iç kesimleri ile Orta Anadolu'nun batı kısmında bulunan kapalı bir havza olmakla birlikte ülkemizin 25 su havzasından biridir (Harita 4.1). Akarçay Havzası sismik olarak aktif bir havza olup, kuzeybatı-güneydoğu yönünde ortalama 130 km uzunlukta ve 20 km genişlikte olan bir çöküntü havzasıdır. Coğrafi olarak Orta Anadolu ile Ege Bölgesi'nin geçiş noktasında bulunmaktadır. Akarçay Havzası, Kuzey ve doğusunda Sakarya Havzası, güneyinde Antalya Havzası ve Konya Kapalı Havzası, batı ve güneybatısında Büyük Menderes Havzası ile komşudur (SYGM, 2016). Bu komşu havzalar, Akarçay Havzası ile hidrografik ve iklimsel açıdan etkileşim içindedir ve bölgedeki su kaynaklarının yönetimi ve planlanmasında önemli bir rol oynamaktadır.



Harita 4.1. Akarçay Havzası'nın işaretlendiği 25 hidrolojik havzayı gösteren Türkiye haritası

Yüzölçümü bakımından 7 995 km² ile Akarçay Havzası Türkiye'nin yüzölçümünün yaklaşık %1'lik kısmını oluşturmaktadır (DSİ, 2016). Havza alanı büyük oranda Afyonkarahisar ve Konya illerindeki su toplama alanlarını kapsamakta olup, Kütayha ve Uşak illerinin de havzaya çok küçük oranlarda da olsa katkısı bulunmaktadır. Havza sınırları içerisinde alansal olarak Afyonkarahisar, Konya, Isparta, Kütahya ve Uşak illeri sırasıyla %77,70, %20,71, %1,57, %0,01, %0,01 oranlarında yer almaktadır (SYGM, 2023).

Harita 4.2’de gösterildiği üzere; Afyonkarahisar ilinin 13 ilçesi, Konya ilinin 5 ilçesi ve diğer illerden de toplamda 5 ilçe havza sınırlarında tamamı veya bir bölümü dâhil olacak şekilde Akaçay Havzasında yer almaktadır (SYGM, 2023).

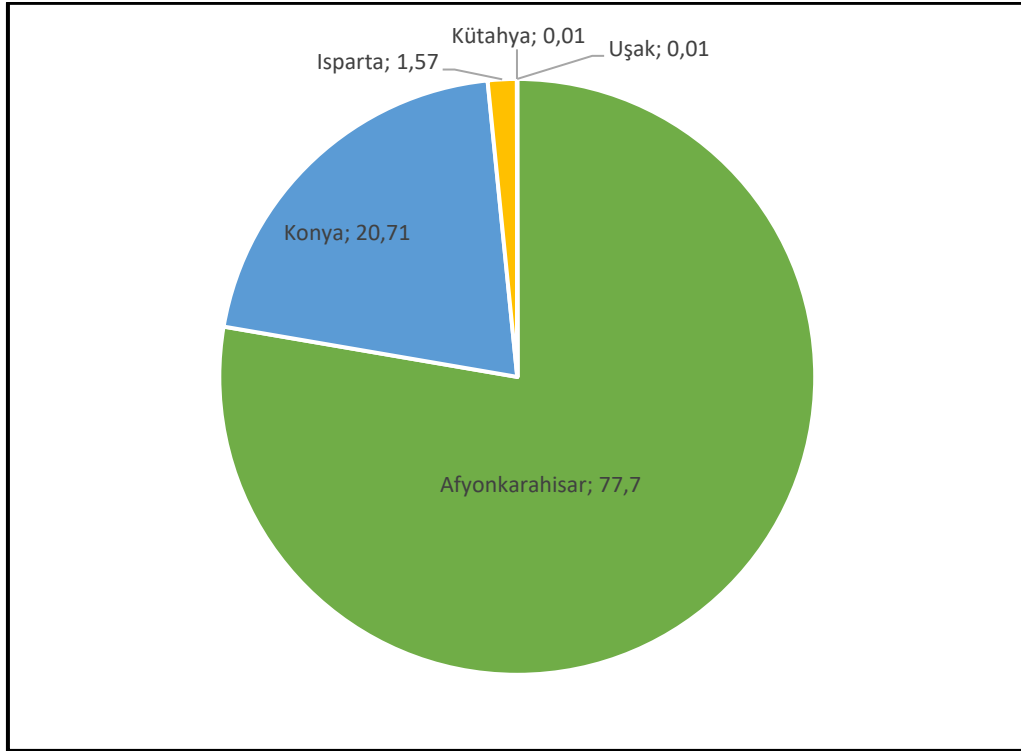


Harita 4.2. Akaçay Havzası sınırları içerisinde bulunan il ve ilçeler

Havza’yı oluşturan illerin havza alanı içerisindeki dağılımları ve havzaya giren kısımlarının alansal olarak dağılım yüzdeleri Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1’de verilmektedir (SYGM, 2015).

Çizelge 4.1. Akaçay Havzası’nda bulunan illerin alansal dağılımı

İl	İlin Toplam Alanı (km ²)	Akaçay Havzasına Giren Alan (km ²)	Havza Alanının İllere Göre Dağılımı (%)	İl Alanının Havzaya Giren Kısım (%)
Afyonkarahisar	14 772	6 211,58	77,70	42,05
Konya	41 001	1 655,84	20,71	4,04
Isparta	8 913	125,043	1,57	1,41
Kütahya	12 043	0,93	0,01	0,01
Uşak	5 382	0,62	0,01	0,01
Toplam	82 111	7 994,50	100	47,52



Şekil 4.1. Akarçay Havzasındaki illerin alansal dağılımı

Akarçay Kapalı Havzası; Ege, Orta Anadolu ve Akdeniz bölgelerinin birleştiği bir noktada kalmaktadır. Havzanın kuzeydoğusunda Emir ve Türkmen dağları, kuzeybatısında İlbudak dağı, güneydoğusuna Sultan dağları ve güneybatısında ise Ahır ve Kumalar dağları bulunmaktadır. (SYGM, 2023). Akarçay Havzası 903 ila 2 609 metre arasında değişen yüksekliklere ve ortalama 1 214 metre rakıma sahiptir.

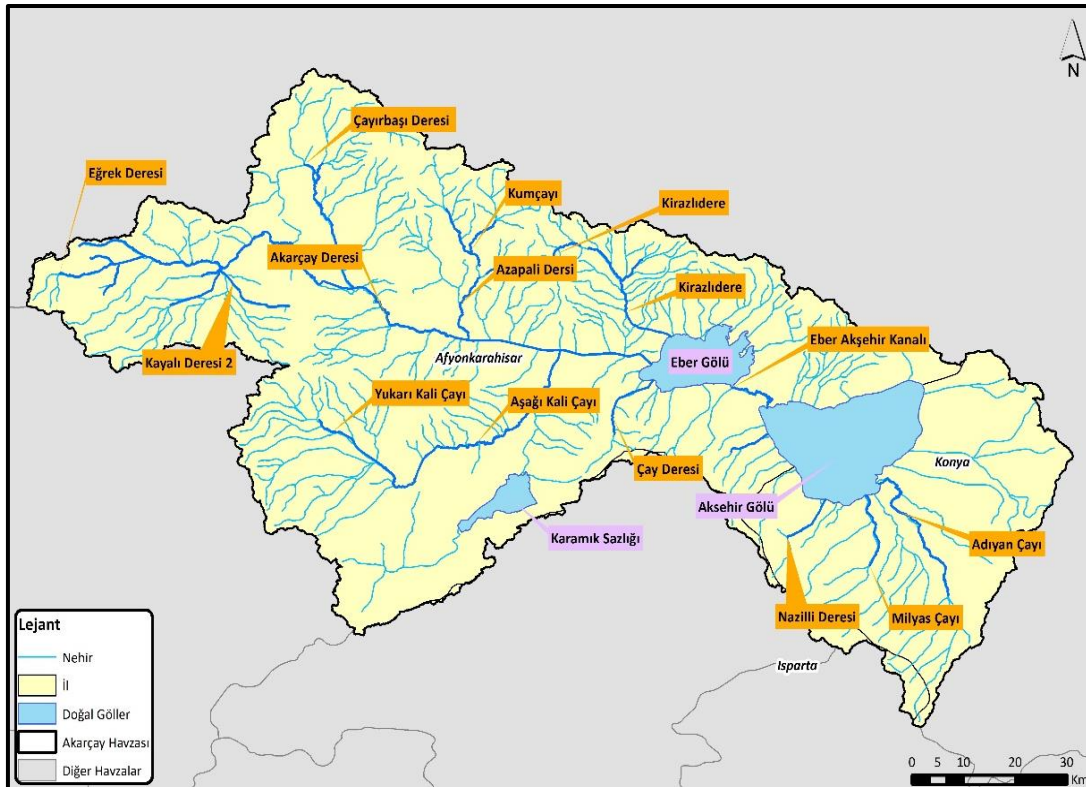
Havzada Afyonkarahisar, Büyük Sincanlı, Küçük Sincanlı, Şuhut ve Emirdğâğ Ovaları bılca ovalar olarak yer almaktadır. Akarçay Havzasında karasal iklim hâkim olmakla birlikte, Ege Bölgesi ile İç Anadolu Bölgesi iklimleri arasında bir geçiş iklimi özelliği göstermektedir. Yaz ayları sıcak ve kurak, ilkbahar ve kış ayları ise soğuk ve yağışlıdır (DSİ, 2016).

Havzadaki yıllık sıcaklık ortalaması ise 11,5°C, yıllık toplam yağış ortalaması 439,9 mm, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2 425 saat ve yıllık ortalama rüzgâr hızı 1,91 m/s'dir. Havza genelinde yıllık nisbi nem ortalaması %61,5'tir (SYGM, 2023).

Akarçay Havzasına adını veren Akarçay Nehri başlıca iki ana koldan oluşmaktadır: Aksu (Araplı) Deresi kolu; Sincanlı Ovası'nın batısında çok sayıda gözden doğar. Akdeğirmen,

Ayvalı, Balmahmut ve Köprülü'den geçerek Afyonkarahisar Ovası'na ulaşır. Diğer kol olan Acıçay ise, İhsaniye ve Gazlıgöl civarından doğarak güneye doğru akar. Bu iki kol, Afyonkarahisar'ın batısında birleşerek Akarçay Nehri'ni meydana getirirler. Akarçay Nehri, buradan sonra doğuya doğru, Şuhut (Kali) Çayı'nı da toplayarak Eber Gölü'ne ulaşır. Kali Çayı yaklaşık 75 km ve Akarçay Nehri yaklaşık 144 km uzunluğa sahiptir. Havzada Eber ve Akşehir Gölüne dökülen Kali Çayı, Yeniköy Deresi, Engilli Deresi, Çay Deresi ve Adıyan Suyu gibi küçük dereler de bulunmaktadır (SYGM, 2019).

Havzanın en önemli gölleri Eber Gölü, Karamık Gölü ve Akşehir Gölü'dür. Bolvadin ilçesi sınırları içerisinde yer alan Eber Gölü 150 km² yüzölçümüne sahiptir ve Akarçay ve Sultan dağlarından gelen kaynak suları ile beslenmektedir. Çay ilçesi sınırları içinde yer alan Karamık Gölü (bataklığı) 40 km² yüzölçümüne sahiptir ve sularını güneydeki düden (suyutan) aracılığıyla Eğirdir Gölü'ne akıtarak gölü besler. 304 km²'lik yüzölçümüne sahip olan Akşehir Gölü ise, Afyonkarahisar-Konya il sınırları içerisinde yer alır ve Eber Gölü ve Sultandağı akarsularıyla beslenir (DSİ, 2016). Akarçay Havzasında bulunan başlıca nehir ve göller Harita 4.3'te verilmiştir.



Harita 4.3. Akarçay Havzasındaki başlıca nehirler ve göller

Akarçay Havzası 3 076 452 dekar tarım alanına sahiptir. Bu tarım alanı iller bazında değerlendirildiğinde, Afyonkarahisar ili 2 134 176 dekar ve %69,36 oran ile Akarçay Havzasında en büyük tarım alanına sahip il konumundadır. Havzadaki toplam üretimin %85,01'ini tahıllar, geri kalan kısmı ise sebze, meyve ve az miktarda örtü altı ürünler oluşturmaktadır (SYGM, 2013).

Akarçay Havzasının yeraltı ve yerüstü su potansiyeli DSİ web sitesinde “DSİ 2022 Yılı Resmi Su Kaynakları İstatistikleri” başlığı altında yayınlanan “1.2. Havzalara Göre Yıllık Ortalama Yüzeysuyu (YÜS) Su Potansiyeli, 2013-2022” ve “1.3.Havzalara Göre Yıllık Ortalama Yeraltısuyu (YAS) Potansiyeli, 2013-2022” adlı tablolarda yer almaktadır (DSİ, 2022). Bu veriler kullanılarak oluşturulan Akarçay Havzasına ait su potansiyeli Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Akarçay Havzasına ait su potansiyeli değerleri (DSİ, 2022).

	2015	2016	2017	2018	2019
YÜS (hm ³ /yıl)	490	325,53	325,53	370	375
YAS (hm ³ /yıl)	345,4	345,4	345,4	345,4	345,4
Toplam (hm ³ /yıl)	835,4	670,93	670,93	715,4	720,4

Akarçay Havzası içerisinde tarımsal amaçlı yapılan sulamalar; DSİ tarafından işletmeye açılmış ve devredilen sulamalar ile DSİ tarafından işletilen sulamalar olarak ayrılmaktadır. Ayrıca yeraltı suyu kullanılarak yapılan sulamalar da su kullanımlarına dahil edilmiştir. Havzada ayrıca içme-kullanma, hayvancılık, turizm, sanayi ve ekosistem su kullanımları da bulunmaktadır (DSİ,2016).

Havzadaki başlıca yerüstü ve yeraltı suyu sulama tesisleri toplam şebeke alanı 102 248 hektardır. Havzada yapılan su bütçesine göre, gelecekte sulamaya yüzey suyundan 107,4 hm³; yeraltı suyundan 211,0 hm³ olmak üzere yıllık toplam 318,4 hm³ su ayrılmıştır (DSİ, 2016).

DSİ Akarçay Havzası Master Planında (DSİ, 2016) yer alan bilgilere göre; Havzada içmesuyu ihtiyacı halen büyük oranda yeraltı suyundan sağlanmaktadır. Akarçay Nehri memba tarafında Afyonkarahisar içme-endüstri suyu için Akdeğirmen barajı inşa edilmiştir. Çay barajının inşasına devam edilmektedir. Akdeğirmen barajından 16,0 hm³; Çay barajından 8,0 hm³ olmak üzere yıllık toplam 24,0 hm³ su içmesuyuna tahsis edilmiştir.

Havzada yapılan su bütçesine göre, gelecekte içme-endüstri suyuna yeraltı suyundan 41,0 hm³; yüzeysel depolamalardan (Akdeğirmen ve Çay barajları) 24,0 hm³ olmak üzere, yıllık toplam 65,0 hm³ su ayrılmıştır.

4.2. Akarçay Havzası Nehir Havza Yönetim Planı Raporu

Ülkemiz su havzalarının AB Su Çerçeve Direktifine (SÇD) uyumlu şekilde, miktar ve kalite açısından korunarak, sürdürülebilir kullanılmasına olanak sağlamak için yatırım programlarına, orta ve uzun vadeli kararlara rehberlik etmek üzere ‘Ulusal Havza Yönetim Stratejisi’ yayınlanmıştır. Ulusal Strateji, On Birinci Kalkınma Planı ve Tarım ve Orman Bakanlığı 2019-2023 Stratejik Planı’nda da bu yöndeki hedefler belirlenmiştir. Ülkemizdeki 25 nehir havzası için NHYP hazırlanması çalışmaları yürütülmektedir.

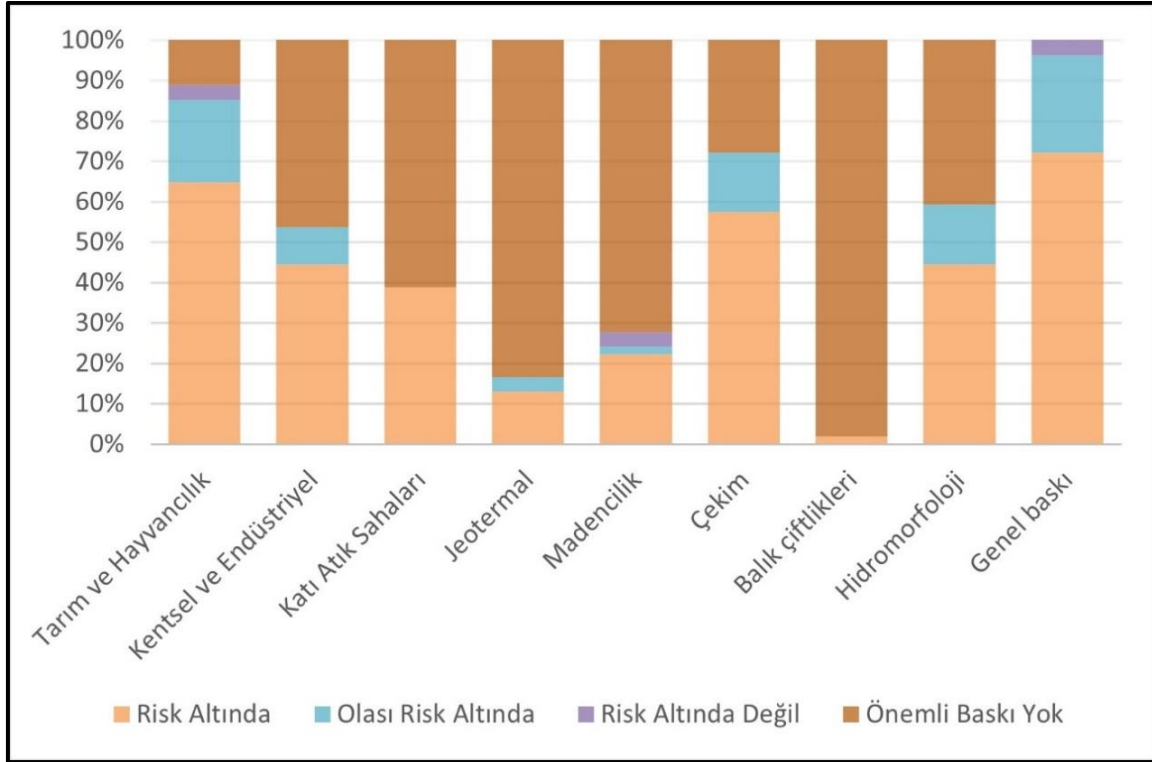
Akarçay, Batı Akdeniz ve Yeşilırmak havzalarının NHYP’leri, SYGM tarafından 2017-2021 yılları arasında yürütülen “3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları İçin Teknik Yardım Projesi” kapsamında hazırlanmıştır. NHYP’lerde YÜS ve YAS üzerinde insan faaliyetlerinden kaynaklanan önemli baskı ve etkileri belirlenir ve çevresel hedefler ulaşma durumu ve bu hedeflere ulaşamama riski olan su kütleleri belirlenir.

NHYP Raporunda (SYGM, 2021); Akarçay Havzasında bulunan toplam 40 YÜS külesinden; 20’si nehir ve 2’si göl suyu külesi olan 22 YÜS’ün önemli noktasal baskı altında bulunduğu bildirilmektedir. Noktasal baskıyı oluşturan kirlilik kaynakları kentsel atıksu deşarjları, arıtma çamurları, endüstriyel atıksular, balık çiftlikleri, jeotermal deşarjlar, madenler ve katı atık düzenli depolama sahaları olarak sıralanmıştır. Önemli yayılı kirletici baskısı altında olan YÜS külesi sayısı ise 7’si göl ve 28’i nehir suyu külesi olmak üzere toplam 35 olarak verilmiştir. Yayılı kirlilik baskısını oluşturan kirlilik kaynaklarının ise hayvancılık, tarımda kullanılan gübreler ile pestisitler, madenler ve düzensiz döküm sahaları olduğu belirtilmiştir.

Raporun ‘Risk değerlendirmesi’ bölümünde; “40 yerüstü su külesi arasında 29 YÜS külesi “risk altında” kategorisinde sınıflandırılırken 11 YÜS külesi “olası risk altında” kategorisine dâhil edilmiştir. YÜS külelerinin hiçbiri “risk altında değil” kategorisinde bulunmamaktadır” ifadesi yer almaktadır.

Söz konusu Raporda Akarçay Havzasındaki 14 YAS kütlesi de miktar ve kalite bakımından değerlendirilmiştir. 7 YAS kütlesinin miktar bakımından ‘risk altında’ olduğu, 6 YAS kütlesinin miktar bakımından ‘risk altında olmadığı’ ve 1 YAS kütlesinin ‘potansiyel risk altında’ olduğu tespiti yer almaktadır. Başka bir ifadeyle; su miktarı açısından YAS kütlelerinin %50’si risk altında ve %7’si de potansiyel risk altındadır. Kalite açısından ise 10 YAS kütlesinin (toplamda %71) risk altında olduğu belirlenmiştir. Raporun “Önemli Su Yönetimi Konuları” bölümünde de iyi duruma ulaşması bakımından risk altında olan su kütleleri ile bu risklerin hangi baskı unsurları ile alakalı oldukları ortaya konulmuştur. Akarçay Havzasındaki baskıların %90’ının tarım ve hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan yayılı kirlilik, aşırı çekim, morfolojik değişiklikler, endüstriyel ve kentsel deşarjlar, katı atık depolama sahaları, madenler ve jeotermal faaliyetler nedeniyle oluştuğu belirlenmiştir. Su ürünleri yetiştiriciliğinin oluşturduğu baskının, toplam baskıların %10’undan azını oluşturduğu ifade edilmiştir.

Önemli su yönetimi konuları bölümü altında; ekolojik hayat için gerekli olan çevresel koşulları sağlama açısından Akarçay’daki yerüstü sularının yaklaşık %73’ünün risk altında, %27’sinin ise olası risk altında, yeraltı sularının da %85’inin risk altında veya olası risk altında olduğu belirtilmektedir. NHYP’de risk altındaki su kütlelerinin baskı durumu ve hangi sektörlerden ne oranda kaynaklandığı Şekil 4.2’de özetlenmiştir (SYGM,2021).



Şekil 4.2. Akarçay Havzası baskı-etki-risk değerlendirme sonuçları (SYGM,2021)

NHYP (SYGM, 2021) kapsamında hazırlanan Akarçay Havzasında su kütlelerinin AB SÇD'ye göre "iyi" duruma getirilmesi ve çevresel hedeflere ulaşılması maksadıyla hazırlanan 'Tedbirler Programı'nda; programın uygulanması için, toplamda 1 666,65 milyon TL'lik (2018 fiyatlarıyla) bir yatırım gerektiği, bunun da kişi başına yıllık ortalama 2 733,51 TL'lik bir yatırım gerektireceği hesaplanmıştır. Nispi yatırım maliyeti bakımından *en ilgili tedbirler; yayılı ve noktasal kirlilik kaynaklarının önlenmesi ile su verimliliğinin iyileştirilmesi* olarak ortaya konulmuştur. Tedbirler programının uygulanabilmesi için gerekli yatırımların %54'ünün kamu sektörü yatırımları, %46'sının ise özel sektör yatırımları olacağı ifade edilmektedir.

Raporun 'Tedbirler Programı'nın uygulanması halinde; NHYP'nin 1. Döngüsü olan 2026 sonunda iyi duruma ulaşan YÜS sayısının 3'ten 15'e, ikinci döngü olan 2032 sonunda 18'e ve üçüncü döngü olan 2038'de 23'e çıkması öngörülmektedir.

Aynı şekilde havzadaki halihazırda iyi durumda olan 2 yeraltı suyu kütlesinin sayısının 1.döngünün sonunda toplamda 9'a, ikinci döngü sonunda 10 ulaşması öngörülmektedir. Akarçay NHYP Raporu Tedbirler Programında, her bir sektör için, her bir tedbirin hangi kurum/kuruluş tarafından, hangi zaman diliminde ve ne kadarlık bir maliyetle uygulanacağı

detaylı şekilde çalışılmıştır. NHYP (SYGM, 2021) kapsamında yapılan ekonomik analizler sonucunda; Çizelge 4.3'te özetlenen tedbirler programı oluşturulmuştur. Nispi yatırım maliyeti açısından; yayılı ve noktasal kirlilik kaynakları ile su verimliliğinin iyileştirilmesinin en etkili tedbirler olacağı belirtilmiştir.

Çizelge 4.3. Akarçay Havzası için belirlenen tedbirler ve gereken yatırım miktarları (SYGM,2021).

Kod	Tedbir Grubu	Yatırım maliyeti (milyon TL)		
		Döviz kuru: 5,6627 TL/EUR (2018 yılı için ortalama oran)		
		Temel tedbirler	Tamamlayıcı tedbirler	Toplam
1	Noktasal kirliliğe yönelik tedbirler	176,01	161,41	337,43
2	Yayılı kirliliğe yönelik tedbirler	430,72	296,61	727,33
3	Su kullanım verimliliğinin iyileştirilmesi	196,98	294,04	491,02
4	Su kütlelerinde morfolojik iyileştirme	13,63	18,06	31,69
5	Çevresel akış uygulamaları	0,00	1,64	1,64
6	Miktar veya kalite sorunu olan yeraltı suyu kütlelerine özel tedbirler	4,71	0,00	4,71
7	İçme suyunun korunması	7,01	0,00	7,01
8	Süre uzatımı ile ilgili tedbirler (yerüstü suları)	3,28	0,00	3,28
9	Kontrol ve yönetim	29,81	0,00	29,81
Toplam (milyon TL)		862,15	771,77	1 633,92
Toplam (milyon €)		152,25	136,29	288,54

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde WSI’da yer alan gösterge ve parametreler Akarçay Havzası için elde edilen veriler kullanılarak bulunmuş ve Akarçay Havzası için WSI değeri hesaplanmış ve havzanın sürdürülebilirlik derecesi ortaya konulmuştur.

5.1. Hidroloji Verileri

WSI’da yer alan Hidroloji Göstergesini hesaplayabilmek üzere Hidrolojik Baskı, Durum ve Yanıt parametreleri hesaplanmış ve birleştirilmiş Hidroloji değerine ulaşmak üzere bu üç parametrenin basit ortalaması alınmıştır.

5.1.1. Baskı parametreleri

$\Delta 1$ -Son 5 yılda havzada kişi başına düşen su miktarındaki değişim (m^3 /kişi. yıl)

Akarçay Havzasında “ $\Delta 1$ -Son 5 yılda havzada kişi başına düşen su miktarındaki değişimi (m^3 /kişi. yıl)” hesaplayabilmek için havzanın YAS ve YÜS potansiyeli verileri Bölüm 4.1’de yer alan Çizelge 4.2’den alınmıştır.

Akarçay Havzasında son 5 yılda kişi başına düşen su miktarındaki değişimin hesaplanabilmesi için SYGM’nin Nihai Su Talepleri Analiz Raporunda (SYGM, 2018) yer alan; havzada bulunan belediye, mahalle ve köy bilgileri kullanılarak, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) “Belediye, köy ve mahalle nüfusları” veri setinden (TÜİK, 2022) 2015-2019 yılları arasında Akarçay Havzasının nüfusu hesaplanmıştır. Bu verilere göre havzanın 2015, 2016, 2017, 2018 ve 2019 yıllarına ait nüfusu Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Akarçay Havzası nüfus verileri (TÜİK, 2022)

	2015	2016	2017	2018	2019
Afyonkarahisar	496 807	503 459	506 357	512 924	519 450
Konya	104 128	103 977	103 839	103 517	103 331
Akarçay Havzası	600 935	607 436	610 196	616 441	622 781

Çizelge 4.2 ve Çizelge 5.1’de yer alan verilere göre havzada kişi başına düşen su miktarı Eş. 5.1 ile hesaplanmıştır. Hesaplanan, yıllara göre kişi başı su miktarı sonuçları Çizelge 5.2’de verilmiştir.

$$\text{Kişi Başına Düşen Su Miktarı} = \frac{\text{Havza Su Potansiyeli}}{\text{Nüfus}} \quad (5.1)$$

Çizelge 5.2. Akarçay Havzasında yıllara göre kişi başına düşen su miktarı

Yıllar	2015	2016	2017	2018	2019
Kişi Başına Düşen Su Miktarı (m ³ /kişi)	1 390	1 105	1 100	1 161	1 156

Hidroloji verilerinin baskı parametrelerinden olan “Δ1-Son 5 yılda havzada kişi başına düşen su miktarındaki değişimi (m³/kişi. yıl)” verisi 2015 ve 2019 yılları arasında havzada oluşan su miktarı değişimi havzanın 2019 yılı ile 2015 yılı kişi başına düşen su miktarı farkının 2015 yılı kişi başına düşen su miktarına bölünmesiyle hesaplanmıştır. Buna göre 5 yıllık dönemde (2015-2019) kişi başına düşen su miktarının yüzde değişimi;

$$= \frac{1\,156 - 1\,390}{1\,390} \times 100 = \% -17 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Bu hesaplamalar neticesinde Δ1-Son 5 yılda havzada kişi başına düşen su miktarındaki değişim, %-17 olarak hesaplanmıştır. WSI indeksine göre bu seviye 0,25 değerine denk gelmektedir

Δ 2- Havza BOİ₅’indeki değişim (son 5 yıl)

Havza BOİ₅ değişimini görebilmek üzere Akarçay Yönetim Planı (SYGM, 2021) kapsamında DSİ tarafından yapılan ve Harita 5.1’de yerleri verilen izleme verileri incelenmiştir. İzleme sonuçları arasından, veri durumu da göz önüne alınarak temsil ediciliğinin yüksek olduğu değerlendirilen üç izleme noktası seçilerek BOİ₅ değerlerindeki değişime bakılmıştır. Seçilen izleme noktalarına ait bilgiler Çizelge 5.3.’te verilmiştir.

Çizelge 5.3. Akarçay Havzasındaki BOİ₅ değişimini görmek üzere seçilen izleme noktalarının bilgileri

	1. Nokta	2. Nokta	3. NOKTA
İstasyon Kodu	AKGİN007	AKGİN008	AKGİN002
Mevkii	Afyon Merkez Mareşal Fevzi Çakmak Bulvarı DSİ Kalite İstasyonu	Afyon Bolvadin Bolvadin Köprüsü DSİ Kalite İstasyonu	Konya Akşehir Karabulut Köyü Köprüsü
Su Kütlesi Adı	Akarçay Deresi	Akarçay Deresi	Milyas Çayı
İzleme Türü	Gözetimsel	Gözetimsel	Gözetimsel

AKGİN007 kodlu izleme noktası Akarçay deresinin Afyonkarahisar şehri girişinde membaa yakın tarafında, AKGİN008 kodlu izleme noktası Akarçay deresinin şehir merkezinden geçtikten sonra Eber Gölüne mansaplandığı ve nispeten kirliliğe maruz kaldıktan sonraki bölümünde ve AKGİN002 kodlu izleme noktası ise Milyas Çayının kısmen tarımdan kaynaklı kirliliği de yansıtacak şekilde Akşehir gölüne dökülen tarafında yer alan izleme noktalarıdır. Havzanın batısı, ortası ve doğusundan birer nokta ile havzanın mümkün olan en yüksek derecede temsil edilmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Belirlenen noktalara ait izleme sonuçları Çizelge 5.4’te verilmiştir.



Harita 5.1. Akarçay NHYP kapsamında yer alan izleme noktaları

Çizelge 5.4. Akarçay Havzasında seçilen izleme noktalarına ait BOİ₅ sonuçları

	TARİH	BOİ ₅ (mg/l) AKGİN007	Ortalama BOİ ₅ AKGİN007	BOİ ₅ (mg/l) AKGİN008	Ortalama BOİ ₅ AKGİN008	BOİ ₅ (mg/l) AKGİN002	Ortalama BOİ ₅ AKGİN002	Yıllara Göre Ortalama BOİ ₅
2015	Ocak	3	3,50	44	42,50	1	1,00	15,67
	Nisan	4		41		1		
2016	Ocak	ölçüm yok	21,75	ölçüm yok	46,00	1	7,00	24,92
	Şubat	23		44		ölçüm yok		
	Nisan	6		47		13		
	Temmuz	47		45		ölçüm yok		
	Ekim	11		48		ölçüm yok		
2017	Şubat	5	8,00	48	40,50	ölçüm yok	58,50	35,67
	Mart	6		ölçüm yok		ölçüm yok		
	Mayıs	12		5		7		
	Ağustos	10		90		110		
	Kasım	7		19		ölçüm yok		
2018	Mart	6	7,67	45	45,00	2	3,33	18,67
	Haziran	11		ölçüm yok		4		
	Kasım	ölçüm yok		45		ölçüm yok		
	Aralık	6		ölçüm yok		4		
2019	Mart	3	14,00	ölçüm yok	43,00	3	3,00	20,00
	Haziran	ölçüm yok		43		ölçüm yok		
	Eylül	19		41		ölçüm yok		
	Kasım	ölçüm yok		45		ölçüm yok		
	Aralık	20		ölçüm yok		ölçüm yok		

İzleme noktalarının havzayı temsil ettiği yaklaşımına dayanarak son 5 yılda havzadaki BOİ₅ değişimi aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\text{BOİ}_5 \text{ Değişimi (Son 5 yıl)} = \frac{2019 \text{ yılı BOİ}_5 \text{ ortalaması} - 2015 \text{ yılı BOİ}_5 \text{ ortalaması}}{2015 \text{ yılı BOİ}_5 \text{ ortalaması}} \times 100 \quad (5.2.)$$

Buna göre havzadaki BOİ₅ değişimi;

$$= \frac{20,00 - 15,67}{15,67} \times 100 = \%27,65 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Bu hesaplamalar neticesinde Δ2- Havza BOİ₅'indeki değişim, %27,65 olarak hesaplanmıştır. WSI indeksine göre bu seviye 0,25 değerine denk gelmektedir.

WSI’de Hidroloji Göstergesi için belirlenen parametrelerden “Δ1-Son 5 yılda havzada kişi başına düşen su miktarındaki değişim” = 0,25 ve “Δ2- Havza BOİ₅’indeki değişim” = 0,25 değerlerinin ortalamasının alınması sonucunda, *Hidrolojik “Baskı”* 0,25’e karşılık gelmektedir.

5.1.2. Durum parametreleri

Kişi başına düşen su miktarı (m³/kişi)

Akarçay havzası için 2019 yılında kişi başına düşen su miktarı Eş. 5.3 ile hesaplanmıştır.

$$\text{Kişi Başına Düşen Su Miktarı (2019)} = \frac{2019 \text{ Yılı Havza Su Potansiyeli}}{2019 \text{ Yılı Havza Nüfusu}} \quad (5.3)$$

Buna göre Akarçay Havzasındaki kişi başına düşen su miktarı;

$$= \frac{720\,400\,000}{622\,781} = 1\,156 \text{ m}^3/\text{kişi} \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Kişi başına düşen su miktarı 1 156 m³/kişi olarak hesaplanmıştır. WSI’de Wa <1 700 m³/kişi olduğundan bu seviye 0,25 değerine denk gelmektedir.

Havza BOİ₅ ortalaması (mg/l)

Akarçay Havzasını temsil etmek üzere seçilen 3 izleme noktasının 2019 yılı ortalama BOİ₅ değeri hesaplanarak bu parametre değeri belirlenmiştir. Çizelge 5.4’ten, 2015-2019 yılları arasındaki ortalama BOİ₅ değeri 20 mg/l olarak hesaplanmıştır. WSI’ye göre BOİ₅>10 mg/l olduğundan bu parametre indeks için 0,25 değerine denk gelmektedir.

Bu hesaplamalar neticesinde elde edilen “Kişi Başına Düşen Su Miktarı (m³/kişi)” parametresi için 0,25 ve “Havza BOİ₅ Ortalaması (mg/l)” parametresi için 0,25 değerleri WSI’de Hidroloji Göstergesi için 0,25’lik bir “Durum” değerine karşılık gelmektedir.

5.1.3. Yanıt parametreleri

Su kullanım verimliliğinde iyileşme (Son 5 yıl)

Akarçay HMP Özet Raporunda belirtildiği üzere (DSİ, 2016) havzada bulunan toplam suyun %56'sı sulama ve %11 ise içme-endüstri suyu olarak kullanılmaktadır. Son 5 yıl içerisinde su kullanım verimliliğindeki iyileşme, havzadaki toplam suyun en çok kullanıldığı tarımsal sulama ve içme-kullanma suyu verimliliklerinin hesaplanması ile ortaya çıkacaktır.

Tarımsal sulama randımanı

Tarımsal sulama verimliliği için en önemli gösterge olarak tarımsal sulama randımanı belirlenmiştir. Akarçay Havzasının çok büyük bir kısmını sınırları içerisinde barındıran DSİ 18. Bölge Müdürlüğüne ait “DSİ tarafından işletilen ve devredilen sulama tesislerinin sulama randımanı” verileri 2015-2019 yılları arası için DSİ web sitesinden alınarak (DSİ, 2024) Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5.5. DSİ tarafından işletilen ve devredilen sulama tesislerinin sulama randımanı

Bölge No	Bölge Adı	Sulama Randımanı (%)				
		2015	2016	2017	2018	2019
18	DSİ 18. (Isparta) Bölge Müdürlüğü	48	43	46	54	53

Çizelge 5.5'e göre Akarçay Havzasında sulama randımanı 2015 yılı için %48 iken 2019 yılı için bu değer %53'e yükselmiştir. 2023 yılında T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yayınlanan Değişen İklim Uyum Çerçevesinde Su Verimliliği Strateji Belgesi (2023 – 2033) ve Eylem Planında: “2021 yılı verilerine göre, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından işletilen ve devredilen sulamalarda, sulama randımanı değeri yaklaşık %50,4 olarak hesaplanmıştır. Belge kapsamında sulama randımanının 2030 yılına kadar %60 ve 2050 yılına kadar %65 seviyesine yükseltilmesi hedeflenmektedir” ifadesi yer almaktadır (TOB, 2023). Buna göre yıllara sâri interpolasyon yapıldığında her yıla yaklaşık %1 iyileştirme hedeflendiği görülmektedir. Akarçay Havzasında DSİ 18. Bölge Müdürlüğüne ait 2015-2019 yılları arası için veriler incelendiğinde Sulama Randımanının düzensiz değişimlerle, 5 yılda %48'den %53'e çıktığı görülmektedir. Buna göre; 5 yılda %5'lik bir ortalama artış ile bahsi geçen Eylem Planı'ndaki hedefle uyumlu olduğu görülmektedir.

İçme suyu temin ve dağıtım sistemlerindeki su kayıplarının durumu

Akarçay Havzasının büyük bir bölümünü oluşturan Afyonkarahisar ve Konya belediyelerinin “İçme ve Kullanma Suyu için Çekilen Su Miktarı (m³/yıl)” ve “Dağıtılan Su Miktarı (m³/yıl)” verileri 2014, 2016, 2018 ve 2020 yılları için TÜİK istatistiklerinden (TÜİK, 2022a,b) alınarak, belediye sisteminden kaybolan su oranı hesaplanmış olup, Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Akarçay Havzasında içme ve kullanma suyu için çekilen ve dağıtılan su miktarı (TÜİK,2022a, b)

		2014	2016	2018	2020
Afyonk.	İçme ve Kullanma Suyu Şebekesi için Çekilen Toplam Su Miktarı (1 000 m ³ /yıl)	31 551	32 406	40 065	40 799
	Dağıtılan Su Miktarı (1 000 m ³ /yıl)	26 504	25 631	32 066	32 556
	Sistemden Kayıp %	%16	%21	%20	%20
Konya	İçme ve Kullanma Suyu Şebekesi için Çekilen Toplam Su Miktarı (1 000 m ³ /yıl)	121 065	157 232	168 171	182 188
	Dağıtılan Su Miktarı (1 000 m ³ /yıl)	94 582	117 924	119 997	136 736
	Sistemden Kayıp %	%22	%25	%29	%25

Çizelge 5.6’ya göre Afyonkarahisar Belediyesi için 2014 ve 2020 yılları arasında içme ve kullanma suyu sisteminde yaklaşık ortalama %20 kayıp var iken bu değer Konya Belediyesi için yaklaşık %25 seviyesindedir. Son 5 yıllık dönem dikkate alındığında ise sistemden kaybolan su oranında belirgin bir değişiklik olmamıştır.

İçme Suyu Sistemlerindeki su kayıplarını değerlendirmek için Değişen İklim Uyum Çerçevesinde Su Verimliliği Strateji Belgesi (2023 – 2033) ve Eylem Planından alınan bilgilere göre: “2021 yılı için ülkemizde içmesuyu temin ve dağıtım sistemlerinde ortalama su kayıp oranı %33,54 olarak hesaplanmıştır” ifadesi yer almaktadır. Hedef olarak “Yerel idarelerde su verimliliğinin artırılmasıyla bütün belediyelerde su kayıp oranının 2033 yılına kadar %25” olması belirlenmiştir. Bu bilgiler ışığında 10 yılda yaklaşık olarak %8,54 ve yıllara sari interpolasyon yapıldığında yıllık ortalama %0,85 kayıp oranında azalma hedeflenmektedir. TÜİK’ten alınan verilere göre Afyonkarahisar ilinde 2014 yılında kayıp oranı %16 iken, 2020 yılında ise %20 olduğu; bu değerlerin Konya ili için ise 22%’den %25’e çıktığı görülmektedir. Veriler incelendiğinde 6 yılda sırasıyla %4 ve %3 artış olduğu ve dolayısı ile yıllık ortalama yaklaşık %0,5 kayıp artışı eğilimi görülmektedir.

Tarımsal su kullanımında ve içmesuyu kullanımında hedefler incelenerek yapılan değerlendirmede: Tarımsal su verimliliğinde havza genelinde yıllık ortalama hedeflenen %1’lik artışa ulaşılmaktadır. İçmesuyu verimliliğinde ise yıllık ortalama %0,85 kayıp oranında azalma hedeflenmişken, yıllık ortalama yaklaşık %0,5 kayıp artışı eğilimi görülmektedir. DSİ Genel Müdürlüğünün hazırladığı Akarçay HMP Özet Raporunda belirtildiği üzere havzada bulunan toplam suyun %56’sı sulama ve %11 ise içme-endüstri suyu olarak kullanıldığından; Tarımsal su kullanımı için tüketilen su miktarının, İçmesuyu kullanımına kıyasla en az 5 kat daha fazla olduğu görülmektedir.

İçmesuyu verimliliğinde azalma görülmesine rağmen tarımsal su verimliliğindeki hedeflenen artışın sağlanması dolayısı ile indeksin Hidrolojik Yanıt göstergesi altında yer alan “Su kullanım verimliliğinde iyileşme (son 5 yıl)” parametresi “iyi” olarak değerlendirilmiştir.

Atıksu altyapısındaki iyileşme (son 5 yıl)

Akarçay Havzasının büyük bir çoğunluğunu oluşturan Afyonkarahisar ve Konya illerinin kanalizasyon arıtma ve bertarafı konusunda değerlendirme yapmak için TÜİK’in, Belediye Atıksu İstatistikleri (TÜİK, 2022c) adlı veri seti kullanılmış olup, Afyonkarahisar ili için ve Konya ili için sırasıyla Çizelge 5.7 ve Çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Afyonkarahisar Belediyesi atıksu verileri (TÜİK, 2022c)

Afyonkarahisar	2014	2016	2018	2020
Toplam Belediye Sayısı	59	59	59	59
Kanalizasyon Şebekesi ile Hizmet Verilen Belediye Sayısı	59	59	59	59
Kanalizasyon Şebekesi ile Hizmet Verilen Belediye Nüfusu	497 721	520 004	525 542	547 378
Kanalizasyon Şebekesi ile Hizmet Verilen Belediye Nüfusunun Toplam Belediye Nüfusuna Oranı (%)	95	96	95	96
Atıksu Arıtma Tesisi ile Hizmet Verilen Belediye Sayısı	12	29	24	26
Atıksu Arıtma Tesisi ile Hizmet Verilen Belediye Nüfusu	294 019	420 859	415 290	443 775
Atıksu Arıtma Tesisi ile Hizmet Verilen Belediye Nüfusunun Toplam Belediye Nüfusuna Oranı (%)	55,9	77,8	75,2	77,9
Atıksu Arıtma Tesisi Sayısı	8	12	14	15
Atıksu Arıtma Tesisi Kapasitesi (bin m ³ /yıl)	28 807	33 280	33 635	35 505
Atıksu Arıtma Tesislerinde Arıtılan Atıksu Miktarı (bin m ³ /yıl)	18 429	22 722	19 906	21 364

Afyonkarahisar ili için kanalizasyon ve atıksu arıtma tesisi hizmeti veren belediye nüfusunun her yıl artış eğiliminde olduğu görülmüştür. Atıksu arıtma tesisi sayısının ve bu tesislerin kapasitesinin de artmakta olduğu belirlenmiştir. Bu sebeple Afyonkarahisar ilinin kanalizasyon ve arıtma tesisi bakımından “iyi” seviyede olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5.8. Konya Büyükşehir Belediyesi atıksu verileri (TÜİK, 2022c)

Konya	2014	2016	2018	2020
Toplam Belediye Sayısı	32	32	32	32
Kanalizasyon Şebekesi ile Hizmet Verilen Belediye Sayısı	32	32	32	32
Kanalizasyon Şebekesi ile Hizmet Verilen Belediye Nüfusu	1 897 927	1 512 912	1 985 048	2 047 518
Kanalizasyon Şebekesi ile Hizmet Verilen Belediye Nüfusunun Toplam Belediye Nüfusuna Oranı (%)	90	70	90	91
Atıksu Arıtma Tesisi ile Hizmet Verilen Belediye Sayısı	10	12	21	21
Atıksu Arıtma Tesisi ile Hizmet Verilen Belediye Nüfusu	1 472 771	1 192 298	1 655 947	1 681 992
Atıksu Arıtma Tesisi ile Hizmet Verilen Belediye Nüfusunun Toplam Belediye Nüfusuna Oranı (%)	69,8	55,2	75,1	74,8
Atıksu Arıtma Tesisi Sayısı	18	19	29	42
Atıksu Arıtma Tesisi Kapasitesi (Bin m ³ /Yıl)	91 585	91 261	104 292	107 016
Atıksu Arıtma Tesislerinde Arıtılan Atıksu Miktarı (Bin m ³ /Yıl)	69 281	79 025	90 571	91 341

Konya ili için kanalizasyon ve atıksu arıtma tesisi hizmeti veren belediye nüfusunun her yıl artış eğiliminde olduğu görülmüştür. Çizelge 5.8’den görüldüğü üzere, atıksu arıtma tesisi sayısının ve bu tesislerin kapasitesinin de artmakta olduğu belirlenmiştir. Bu sebeple Konya ilinin kanalizasyon ve arıtma bakımından iyi seviyede olduğu belirlenmiştir.

Her iki il için de kanalizasyon ve atıksu arıtma tesisi hizmeti veren belediye nüfusunun, arıtma tesisi sayı ve kapasitelerinin her yıl artış eğiliminde olması nedeniyle, Akarçay Havzasında “Atıksu Altyapısındaki İyileşme (Son 5 Yıl)” parametresi “İYİ” olarak değerlendirilmiştir.

Hidrolojik Yanıt göstergesi altında yer alan “Su Kullanım Verimliliğinde İyileşme (Son 5 Yıl)” parametresi “İYİ” ve “Atıksu Altyapısındaki İyileşme (Son 5 Yıl)” parametresi için de “İYİ” olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme WSI’de Hidroloji Göstergesi için 0,75’lik bir “Yanıt” değerine karşılık gelmektedir.

Hidroloji göstergesinin Baskı, Durum ve Yanıt parametrelerinin hesaplanması ile elde edilen değerlerin ortalamasından Birleştirilmiş Çevre Göstergesi hesaplanmıştır. Birleştirilmiş Hidroloji Göstergesinin hesaplanmasında Eş. 5.4 kullanılmıştır.

$$\text{Birleştirilmiş Hidroloji Göstergesi} = \frac{\text{Baskı Parametresi} + \text{Durum Parametresi} + \text{Yanıt Parametresi}}{3} \quad (5.4)$$

$$\text{Birleştirilmiş Hidroloji Göstergesi} = \frac{0,25 + 0,25 + 0,75}{3} = 0,42 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Hidroloji göstergesi için yapılan hesaplamalar neticesinde elde edilen sonuçlar izelge 5.9’da özetlenmiştir.

Çizelge 5.9. Akarçay Havzası için birleştirilmiş hidroloji göstergesi

Gösterge	Baskı Parametreleri	Seviye	Değer
Hidroloji	Δ1-Son 5 yılda havzada kişi başına düşen su miktarındaki değişim (m ³ /kişi.yıl): Δ1 = %-17	Δ1 < %-10 %-10 Δ1 < %0 0 < Δ1 < % +10 Δ1 > % +10	0,25 0,50 0,75 1,00
	Δ2- Havza BOİ ₅ ’indeki değişim (son 5 yıl): Δ2 = %27,65	Δ2 > %10 0 < Δ2 < %10 %-10 < Δ2 < %0 Δ2 < %-10	0,25 0,50 0,75 1,00
Gösterge	Durum Parametreleri	Seviye	Değer
Hidroloji	Kişi başına düşen su miktarı Wa (m ³ /kişi.yıl): Wa = 1 156 m ³ /kişi	Wa < 1 700 1 700 < Wa < 3 400 3 400 < Wa < 5 100 Wa > 5 100	0,25 0,50 0,75 1,00
	Havza Ort. BOİ ₅ (mg/l): BOİ ₅ = 20 mg/l	BOİ ₅ > 10 10 < BOİ ₅ < 5 5 < BOİ ₅ < 3 BOİ ₅ < 3	0,25 0,50 0,75 1,00
Gösterge	Yanıt Parametreleri	Seviye	Değer
Hidroloji	Su kullanım verimliliğinde iyileşme (son 5 yıl) -Sulama Randımanı (%) = Ort. +%5 -İçme-kullanma suyunda kayıp kaçak (%) = Ort. %-0,85	Zayıf Orta İyi Mkemmел	0,25 0,50 0,75 1,00
	Atıksu Altyapısındaki İyileşme (son 5 yıl.) - Kanalizasyon ve Atıksu arıtma tesisi hizmeti veren belediye nüfusunun her yıl artış eğiliminde olduğu ve Atıksu arıtma tesisi sayısının ve bu tesislerin kapasitesinin de artmakta olduğu belirlenmiştir.	Zayıf Orta İyi Mkemmел	0,25 0,50 0,75 1,00
	Birleştirilmiş Hidroloji Göstergesi	0,42	

5.2. Çevre Verileri

WSI’da yer alan Çevre Göstergesini hesaplayabilmek üzere Çevresel Baskı, Durum ve Yanıt parametreleri hesaplanarak, birleştirilmiş Çevre değerine ulaşmak üzere bu üç parametrenin basit ortalaması alınmıştır.

5.2.1. Baskı parametreleri

Çevre göstergesi için baskı parametresi, belirli bir havzadaki tarımsal ve kentsel alanların oranı ve su kalitesi ile ilişkilidir. Baskı parametresi, EPI’nin 2015-2019 yılları arasındaki havza tarım alanı ve kentsel nüfusun ortalama değişimi ile Eş.5.5 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$EPI = \frac{\text{Havza Kentsel Nüfusunun Yüzde Değişimi} + \text{Havza Tarım Alanının Yüzde Değişimi}}{2} \quad (5.5)$$

5 yıllık bir dönem için Havzada EPI değerinin hesaplanabilmesi için aşağıdaki çalışmalar yapılmıştır.

Havza kentsel nüfusunun yüzde değişimi

2015-2019 yılları arasında Akarçay Havzasının kentsel nüfus verilerinin temininde TÜİK verileri (TÜİK, 2022) kullanılmış olup Çizelge 5.10’da verilmiştir.

Çizelge 5.10. Akarçay Havzası kentsel nüfusu (TÜİK, 2022)

Yıllar		2015	2016	2017	2018	2019
Nüfus	Afyonkarahisar	410 116	417 865	422 226	427 548	436 733
	Konya	104 128	103 977	103 839	103 517	103 331
	Toplam	514 244	521 842	526 065	531 065	540 064

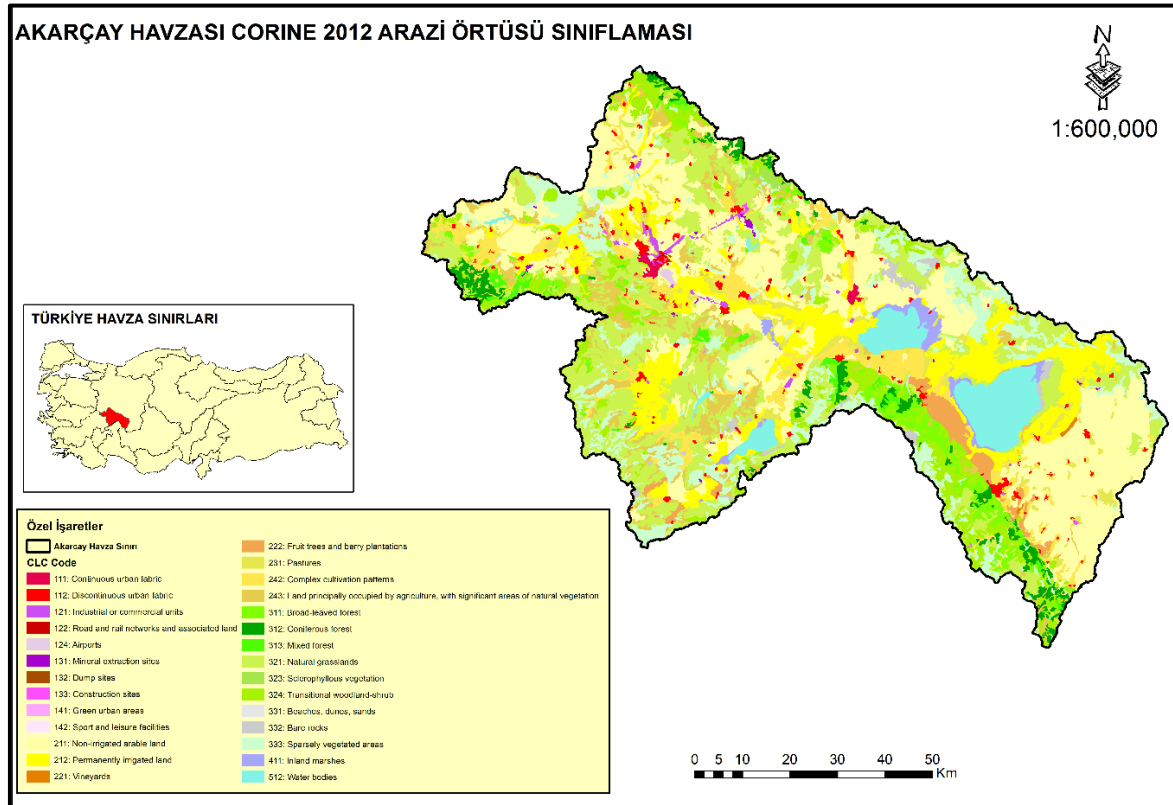
Havza kentsel nüfusunun yüzde değişimi, havzanın 2019 yılı ile 2015 yılı toplam nüfus farkının 2015 yılı toplam nüfusuna bölünmesiyle hesaplanmıştır. Buna göre 5 yıllık dönemde (2015-2019) havza kentsel nüfusun yüzde değişimi;

$$= \frac{2019 \text{ yılı Kentsel Nüfusu} - 2015 \text{ yılı Kentsel Nüfusu}}{2015 \text{ yılı Kentsel Nüfusu}} \times 100$$

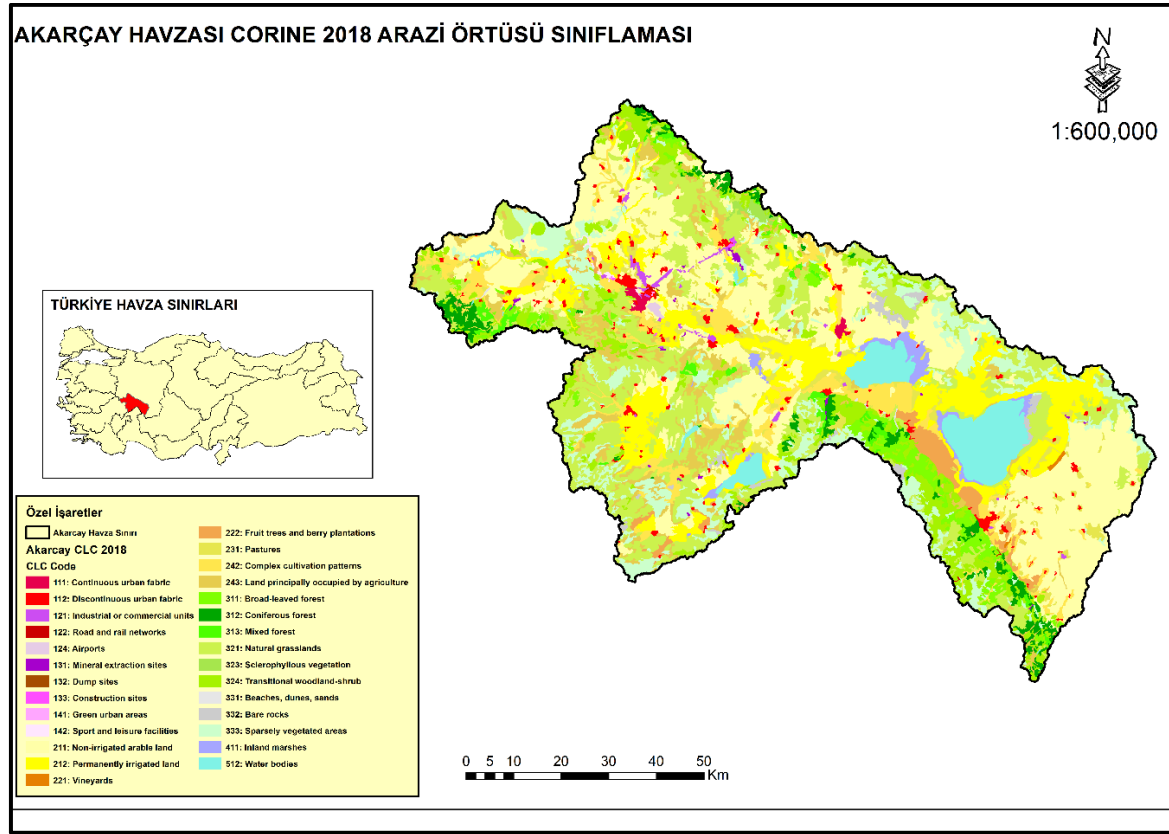
$$\frac{540\,064 - 514\,244}{514\,244} \times 100 = 5,02 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Havza tarım alanlarının yüzde değişimi

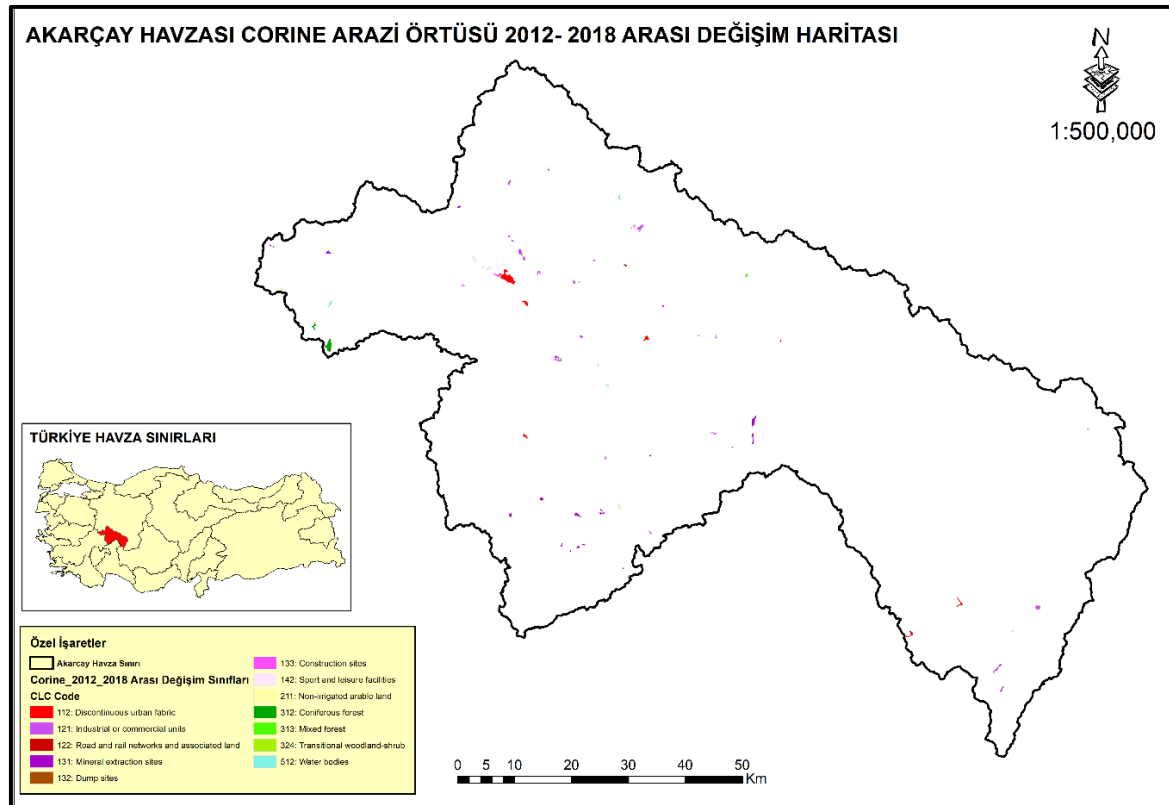
Akarçay Havzasının tarımsal alanlardaki değişiminin hesaplanabilmesi için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çölleşmeyle Mücadele Genel Müdürlüğü uzmanları ile çalışarak Corine Land Cover (CLC) verileri elde edilmiştir. Çalışma yapıldığı tarihte CLC verileri 2012 ve 2018 yılları için mevcuttur. CLC verileri kullanılarak 2012 ve 2018 yılları için Akarçay Havzası arazi örtüsü sınıflandırmaları yapılarak haritalandırılmıştır (Harita 5.2 ve Harita 5.3). CLC’de tarım alanı olarak sınıflanan kodlardan, havzada bulunan 211-212-231-242 ve 243 kodlu alanlar tespit edilmiştir. Bu alanların 2012 yılındaki durumu ile 2018 yılındaki durumu karşılaştırılarak, tarım alanı kodundan başka kodlara değişen alanlar ile bu alanların büyüklüğü tespit edilmiş ve haritalandırılmıştır (Harita 5.4). Bu değişimin havzadaki yüzdesi hesaplanarak EPI değerinin bulunmasında kullanılmıştır.



Harita 5.2. Akarçay Havzası 2012 CORINE arazi örtüsü sınıflaması



Harita 5.3. Akarçay Havzası 2018 CORINE arazi örtüsü sınıflaması



Harita 5.4. Akarçay Havzası CORINE arazi örtüsü 2012-2018 değişim haritası

2012-2018 yılları arasında tarım alanı sınıfından başka sınıflara değişen alan toplamda 710,82 hektar olarak tespit edilmiş ve bu alanlar Çizelge 5.11’de, CLC’deki kodların karşılık geldiği sınıflar ise Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.11. CLC verilerine göre Akarçay Havzasında tarım alanı sınıfından başka sınıflara değişen alanlar

	CLC 2018’de dönüştüğü sınıf ve dönüşen alan miktarı (ha)						
CLC 2012’deki sınıfı	112	121	131	133	142	512	Toplam
211	289,33	44,90	21,35	8,42			364,00
212		9,40		14,85			24,26
231	44,38	41,58	39,08		21,83		146,86
242				30,90		61,34	92,24
243		17,63	65,82				83,45
Genel Toplam							710,82

Çizelge 5.12. CLC tarımdan dönüşen alanların arazi örtüsü sınıflandırması

CLC Kodu	Arazi Örtüsü Sınıfı	CLC Kodu	Arazi Örtüsü Sınıfı
1	Yapay Bölgeler	5	Su Yapıları
2	Tarımsal Alanlar	112	Kesikli Şehir Yapısı
211	Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	121	Endüstriyel ve Ticari Birimler
212	Sürekli Sulanan Alanlar	131	Maden Çıkarma Sahaları
231	Meralar	133	İnşaat Sahaları
242	Karışık Tarım Alanları	142	Spor ve Eğlence Alanları
243	Doğal Bitki Örtüsüyle Birlikte Bulunan Tarım Alanları	512	Su Kütleleri

Akarçay Havzası 2012 yılı CLC tarım alanları ise Çizelge 5.13’te verilmiştir.

Çizelge 5.13. Akarçay Havzası 2012 CLC’a göre tarım alanlarının kapladığı alan

CLC Kodu	Kapladığı Alan (ha)
211	198 793,06
212	84 767,54
221	540,30
222	12 497,21
231	23 885,90
242	42 427,61
243	41 016,01
Toplam	403 927,62

Havza tarım alanlarının yüzde değişimi, değişen tarım alanının aynı yıl içerisindeki toplam tarım alanına oranıyla bulunmuştur. Bu verilere dayanarak,

Havza Tarım Alanlarının Yüzde Değişimi = $\frac{\text{Değişen tarım alanı}}{\text{2012 tarım Alanı}} \times 100 = \frac{710,82}{403\,928,62} \times 100 = 0,18$ olarak hesaplanmıştır.

Çevre göstergesi için çevre baskı indeksi değerinin hesaplanması

Çevre göstergesi için baskı parametresi, çalışılan dönemde (2015-2019) havza kentsel nüfusundaki değişim ve havzadaki tarım alanının değişimi sırasıyla %5,02 ve %0,18 olarak hesaplanmıştır.

Bu değerlerden yola çıkarak EPI değeri Eşitlik 5.4’ten;

$$\text{EPI} = \frac{5,02+0,18}{2} = 2,6 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Bu hesaplamalar neticesinde elde edilen %2,6 değeri, %5 ile %0 aralığında olduğu için, WSI indekste 0,75’lik bir çevresel *Baskı* değerine karşılık gelmektedir.

5.2.2. Durum parametresi

Durum parametresi, havzanın genel çevresel bütünlüğünün bir göstergesi olarak flora ve fauna biyoçeşitliliği ile yüksek oranda ilişkilidir ve WSI indekste doğal bitki örtüsüne sahip alanların havza alanına yüzdesi (Av) olarak tanımlanmıştır.

Akarçay Havzasında doğal bitki örtüsü altındaki alanların sınıfları için Tarım ve Orman Bakanlığı web sayfasında yayınlanan “Arazi örtüsü sınıfları” (TOB, 2021) sayfasından faydalanılmış ve 2018 yılı CLC verileri kullanılarak, 3 ve 4 kodu ile (Çizelge 5.14) başlayan alanlardan (Orman ve Yarı Doğal Alanlar ile Sulak Alanlar) Akarçay Havzası sınırları içerisinde bulunan alanlar tespit edilmiştir.

Bu veriler doğrultusunda Akarçay Havzası’nın 2018 yılı arazi örtüsü sınıflandırılmıştır. Doğal bitki örtüsüne sahip alanların yüzölçümleri hesaplanarak Çizelge 5.15’te verilmiştir.

Çizelge 5.14. CLC Arazi örtüsü sınıflandırması (doğal bitki örtüsüne sahip alanlar)

CLC Kodu	Arazi Örtüsü Sınıfı	CLC Kodu	Arazi Örtüsü Sınıfı
3	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	3.2.4	Bitki Değişim Alanı
3.1	Ormanlar	3.3	Bitki Örtüsü ile Kaplı Olmayan veya Az Miktarda Bitki Örtüsü ile Kaplı Açık Alanlar
3.1.1	Geniş Yapraklı Ormanlar	3.3.1	Sahiller, Kumsallar ve Kumluklar
3.1.2	İğne Yapraklı Ormanlar	3.3.2	Çıplak Kayalıklar
3.1.3	Karışık Ormanlar	3.3.3	Seyrek Bitki Alanları
3.2	Maki ve Otsu Bitkiler	4	Sulak Alanlar
3.2.1	Doğal Çayırliklar	4.1.1	Karasal Bataklıklar
3.2.3	Sklerofil Bitki Örtüsü		

Çizelge 5.15. CLC’de doğal bitki örtüsü olarak sınıflandırılan ve Akarçay Havzası sınırları içerisinde bulunan alanların yüz ölçümü

CLC Kodu	Kapladığı Alan (ha)		CLC Kodu	Kapladığı Alan (ha)
3.1.1	19 402		3.2.4	52 772,99
3.1.2	17 949,88		3.3.1	378,66
3.1.3	7 547,75		3.3.2	6 213,18
3.2.1	150 524,52		3.3.3	75 236,33
3.2.3	2 093,98		4.1.1	7 753,41
Toplam 339 873,68				

Doğal bitki örtüsü altındaki havza alanı yüzdesinin hesaplanması

Çevre göstergesi için durum parametresi, doğal bitki örtüsüne sahip alanların havza alanına yüzdesi (Av) olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamada Eş. 5.6 kullanılmıştır.

$$A_v = \frac{\text{Doğal Bitki Örtüsüne Sahip Alanların Toplamı}}{\text{Havzanın Toplam Alanı}} \times 100 \quad (5.6)$$

Buradan çevre göstergesi için durum parametresi;

$$A_v = \frac{339\,873,68}{798\,926,59} \times 100 = \%42,54 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Doğal Bitki Örtüsü Altındaki Havza Alanının Yüzdesi %42,54 olarak hesaplanmıştır. Bu değer WSI’de Çevre Göstergesi için 1’lik bir çevresel *Durum* değerine karşılık gelmektedir.

5.2.3. Yanıt parametresi

Çevre göstergesi için Yanıt parametresi, çalışılan 5 yıllık dönemde (2015-2019) Havza Koruma Alanlarındaki değişim (Korunan alanlar ve En iyi Yönetim Uygulamaları vb.) olarak tanımlanmıştır. Bu kapsamda Akarçay Havzasında Korunan Alanlara ilişkin bilgiler, Tarım ve Orman Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğünden (DKMP) talep edilmiş ve Çizelge 5.16’da yer alan bilgiler verilmiştir.

Çizelge 5.16. Akarçay Havzasındaki korunan alanlar (DKMP, 2022)

Korunan Alan Adı	İli	İlan Tarihi	Alanı (ha)	Statüsü
Başkomutanlık Tarihi Milli Parkı	Afyonkarahisar	1981	40 947	Milli Park
26 Ağustos Tabiat Parkı	Afyonkarahisar	2008	66,9	Tabiat Parkı
Akşehir ve Eber Gölleri Ulusal Öneme Haiz Sulak Alanı	Afyonkarahisar, Konya	2017	117 779	Ulusal Öneme haiz sulak alan
Karamuk Sazlıkları Ulusal Öneme Haiz Sulak Alanı	Afyonkarahisar	2019	15 785	Ulusal Öneme haiz sulak alan

Bu verilere göre 2015-2019 yılları arasındaki değişim; 2015 öncesinde Akarçay Havzasında bulunan Korunan Alanların (Başkomutanlık Tarihi Milli Parkı ve 26 Ağustos Tabiat Parkı) toplam yüzölçümü 41 013,9 hektar iken, 2019 yılında bu değer 174 577,9 hektara çıkmıştır. Diğer taraftan, DKMP tarafından hazırlanan sulak alanlarla ilgili yönetim planlarında suyun miktarı ve kalitesine yönelik 5 yıllık tedbirler ön görülmektedir. Ayrıca Akşehir-Eber gölü Sulak Alanı için 2017-2021 yıllarını kapsayan yönetim planının revize edildiği öğrenilmiştir.

Çevre göstergesi için yanıt parametresi korunan alanlardaki değişim yüzdesi (Δ), Eş. 5.7 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\Delta = \frac{2019 \text{ yılı Korunan Alan} - 2015 \text{ yılı Korunan Alan}}{2015 \text{ yılı Korunan Alan}} \times 100 \quad (5.7)$$

$$\Delta = \frac{174\,577,9 - 41\,013,9}{41\,013,9} \times 100 = \%326 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Bu hesaplamalar neticesinde elde edilen değer, WSI indeksinde yanıt parametresi için 1'lik bir çevresel Yanıt değerine karşılık gelmektedir.

Çevre göstergesinin Baskı, Durum ve Yanıt parametrelerinin hesaplanması ile elde edilen değerlerin ortalaması ile Birleştirilmiş Çevre Göstergesi hesaplanmıştır. Birleştirilmiş Çevre Göstergesinin hesaplanmasında Eş. 5.3 ile benzer şekilde basit ortalama alınarak;

Birleştirilmiş Çevre Göstergesi = $\frac{0,75+1+1}{3} = 0,92$ olarak hesaplanmıştır.

Çevre göstergesi için yapılan hesaplamalar neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 5.17’de özetlenmiştir.

Çizelge 5.17. Akarçay Havzası için birleştirilmiş çevre göstergesi

Gösterge	Baskı Parametreleri	Seviye	Değer
Çevre	Havzadaki Tarımsal ve Kentsel Alanların Yüzdesi	EPI> %10	0,25
	EPI = (Havza Kentsel Nüfusunun Yüzde Değişimi + Havza Tarım Alanının Yüzde Değişimi) / 2	%10 <EPI <%5	0,50
		%5 <EPI <%0	0,75
		EPI <%0	1,00
	EPI= %2,6		
Gösterge	Durum Parametreleri	Seviye	Değer
Çevre	Doğal Bitki Örtüsü Altındaki Havza Alanının Yüzdesi	0 <Av <10	0,25
	Av = (Doğal Bitki Örtüsüne Sahip Alanların Toplamı) / (Havzanın Toplam Alanı)	10 <Av <25	0,50
		25 <Av <40	0,75
		Av> 40	1,00
	Av = 42,54		
Gösterge	Yanıt Parametreleri	Seviye	Değer
Çevre	Son 5 yılda Havza Koruma Alanlarındaki Gelişim	Δ <%-10	0,25
	Δ = (2019 yılı Korunan Alan – 2015 yılı Korunan Alan) / (2015 yılı Korunan Alan)	%-10 Δ <%0	0,50
		0 < Δ <+10	0,75
		Δ > +%10	1,00
	Δ = %326		
	Birleştirilmiş Çevre Göstergesi	0,92	

5.3. Yaşam Verileri

Akarçay Havzasında yer alan illerin havzada kapladığı alanlar incelendiğinde havzada yer alan Isparta, Kütahya ve Uşak illerinin çok küçük bir pay aldığı (sırasıyla havzanın %1,41, %0,01, %0,01’i), Afyonkarahisar ve Konya illerinin ise havzanın büyük kısmını (sırasıyla (%77,7 ve %20,7’si) oluşturduğu görülmektedir (SYGM, 2017). Bu nedenle, ‘Yaşam’ göstergesi altında İGE ve Sağlık, Eğitim ve Gelir alt endeksleri hesaplanırken, il bazında bulunan değerlerden havza değerlerine geçebilmek için ağırlıklandırma yapılmıştır.

Akarçay havzası sınırları içerisinde bulunan illerin havzaya alan olarak oranları Çizelge 5.18’de verilmiştir. İllerin havzanın sağlık, eğitim ve gelir değerlerine katkısının farklı

oranlarda olacağı düşünülmüştür. Bu nedenle; havzanın endeks değerlerinin hesaplanmasında, illerin havzada kapladığı alan (%) oranında bir katkıları olacağı kabul edilmiştir. Isparta, Kütahya ve Uşak illerinin İGE ve alt endekslerine katkısının olmadığı, Afyonkarahisar ve Konya'nın sırasıyla %79 ve %21 oranında katkı yaptığı kabul edilmiştir (İrtaş ve Günal, 2024). Havzanın Sağlık, Eğitim ve Gelir Endeksleri ve İGE'si hesaplanırken bu yüzdelere yapılan ağırlıklandırma ile katkıları dâhil edilmiştir.

Çizelge 5.18. Akarçay Havzası'nda bulunan illerin alansal dağılımı (SYGM,2017)

İl	İlin Toplam Alanı (km ²)	Akarçay Havzasına Giren Alan (km ²)	Havza Alanının İllere Göre Dağılımı (%)
Afyonkarahisar	14 772	6 211,58	77,70
Konya	41 001	1 655,84	20,71
Isparta	8 913	125,53	1,57
Kütahya	12 043	0,93	0,01
Uşak	5 382	0,62	0,01
Toplam	82 111	7 994,50	100,00

5.3.1. Baskı parametresi

İndekste yaşam verileri kapsamında baskı parametresi olarak Akarçay havzasında son 5 yılda kişi başına düşen Gayri Safi Yurtiçi Hasıladaki (GSYH) değişim belirlenmiştir. Gayrisafi Yurtiçi Hasılda meydana gelen değişim için; TÜİK tarafından yayınlanan ve Çizelge 5.19'da verilen "İl bazında kişi başı GSYH 2004-2020" adlı veri seti (TÜİK, 2020) kullanılmıştır.

Çizelge 5.19. İl bazında kişi başına gayrisafi yurt içi hasıla, 2004-2020

İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflaması (3. Düzey) Statistical Regions (Level 3)		Kişi başına GSYH (\$) Per capita GDP (\$)				
		2015	2016	2017	2018	2019
TR	Türkiye	11 085	10 964	10 696	9 793	9 208
TR332	Afyonkarahisar	7 586	7 665	7 597	6 665	6 342
TR521	Konya	8 680	8 553	8 303	7 626	7 185
	Akarçay Havzası	7 816	7 852	7 746	6 867	6 519

Havzada son 5 yılda kişi başına düşen GSYH'deki Değişim:

$$\Delta = \frac{6\,519 - 7\,816}{7\,816} \times 100 = \% - 16,6$$

Akarçay havzasında son 5 yılda kişi başına düşen GSYH değişim %-16,6 olarak bulunmuş olup bu değer WSI'de Yaşam Göstergesi için 0,25'lik bir “Baskı” değerine karşılık gelmektedir.

5.3.2. Durum parametresi

Yaşam Göstergesi için “Durum” parametresi Havza İGE'den hesaplanmaktadır. Akarçay Havzasının İGE değerini hesaplamak üzere Eş. 3.4 kullanılarak, Bölüm 3.2'de detayları anlatıldığı üzere, YBE, EE ve GE hesaplanarak geometrik ortalaması alınmıştır.

Bunun için aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

Yaşam beklentisi endeksinin hesaplanması

Yaşam Beklentisi Endeksi Eş. 3.5 ile hesaplanmıştır. Formülde yer alan YB değeri için TÜİK tarafından yayınlanan “İllere ve cinsiyete göre doğuştan beklenen yaşam süreleri için 2013, 2013-2014, 2015-2017, 2018-2020” adlı veri seti, TÜİK web sitesinden temin edilmiştir (TÜİK, 2020a). Cinsiyetle ilgili bir hesaplama gerekmediğinden bu detaya girilmemiştir. Çizelge 5.20'de Afyonkarahisar ve Konya illeri ile Akarçay Havzası için 2015-2017, 2018-2020 yıllarında YB değerleri ve hesaplanan YBE değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.20. Afyonkarahisar ve Konya için hesaplanan yaşam beklentisi endeksi değerleri

	Yaşam Beklentisi		Yaşam Beklentisi Endeksi	
	2015-2017	2018-2020	2015-2017	2018-2020
Afyonkarahisar	77,1	77,0	0,88	0,88
Konya	78,3	78,1	0,90	0,89
Akarçay Havzası (Ağırlıklandırılmış)	77,4	77,2	0,88	0,88

Akarçay Havzasında YBE değeri 2019 yılı için 0,88 olarak hesaplanmıştır.

Eğitim endeksinin hesaplanması

Eğitim Endeksi, Bölüm 3.2.2’de detaylı şekilde anlatıldığı üzere Eş. 3.6, 3.7 ve 3.8 ile hesaplanmıştır.

Ortalama eğitim süresi endeksi

25 yaş ve üzeri kişilerin hayatı boyunca aldıkları eğitim yıllarının ortalaması anlamına gelen Ortalama Eğitim Süresi Endeksinin hesaplamak üzere; Akarçay Havzasında Ortalama Eğitim Süresi hesabı için TÜİK’in “Öğretim Yılı ve Eğitim Seviyesine Göre Okullaşma Oranı, 1997-2022” adlı veri seri kullanılarak (TÜİK, 2020b), Türkiye’de 25 yaş üstündeki (okullaşma yaşını tamamladığı öngörülen) kişilerin bitirdikleri okullara ve okul türüne göre okulda geçirilen yıllar tespit edilerek, Çizelge 5.21’de gösterilmiştir. Okuma yazma durumu bilinmeyen, okuma yazma bilmeyen ve okuma yazma bilen fakat bir okul bitirmeyen kişiler hesaplamaya dâhil edilmemiştir.

Çizelge 5.21. Afyonkarahisar ve Konya İllerinde 25 üstü kişilerin sayısı ve bitirdikleri okul türleri

	2015		2016		2017		2018		2019	
	Afyonk	Konya	Afyonk	Konya	Afyonk.	Konya	Afyonk.	Konya	Afyonk.	Konya
Bilinmeyen	2 028	7 993	2 281	8 346	2 493	9 283	3 026	11 131	3 344	13 374
Okuma Yazma Bilmeyen	20 057	49 295	18 827	46 955	17 693	44 540	16 693	42 197	15 464	39 451
Okuma Yazma Bilen Fakat Bir Okul Bitirmeyen	25 411	67 017	24 536	64 528	23 527	61 949	22 649	59 452	21 584	56 673
İlkokul	178 996	505 316	169 318	481 734	165 826	472 688	158 520	447 978	153 165	434 063
İlköğretim	54 047	153 142	58 829	172 147	63 508	186 796	69 722	206 468	57 881	167 711
Ortaokul veya Dengi Meslek Ortaokul	32 064	80 775	37 358	94 638	36 607	93 383	39 689	101 158	56 167	156 634
Lise ve Dengi Meslek Okulu	64 921	180 003	66 508	185 200	68 634	192 510	73 038	203 176	76 235	212 447
Yüksek okul veya Fakülte	45 365	159 912	49 498	172 818	50 840	179 236	53 935	189 050	56 333	199 992
Yüksek Lisans (5 veya 6 Yıllık Fakülteler)	3 417	14 262	3 597	15 143	5 098	20 811	5 601	23 179	6 232	25 898
Doktora	1 016	4 635	1 027	4 685	1 294	5 505	1 291	5 594	1 298	5 705

Ortalama Eğitim Süresini bulmak için 25 yaş üstü olan ilkokul ve üzerinde bir eğitime sahip olan kişi sayısı, toplam 25 yaş üstü kişi sayısına bölünerek ortalama eğitim süresi tespit edilmiştir. Sonuçlar Çizelge 5.22’de verilmiştir.

Çizelge 5.22. Afyonkarahisar ve Konya illerinde bulunan 25 yaş üstü kişilerin okulda geçirdikleri süre ve ortalama eğitim süresi

	Yıl	2015		2016		2017		2018		2019	
		Afyonk.	Konya	Afyonk.	Konya	Afyonk.	Konya	Afyonk.	Konya	Afyonk.	Konya
Bilinmeyen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Okuma Yazma Bilmeyen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Okuma Yazma Bilen Fakat Bir Okul Bitirmeyen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İlkokul	5	894 980	2 526 580	846 590	2 408 670	829 130	2 363 440	792 600	2 239 890	765 825	2 170 315
İlköğretim	8	432 376	1 225 136	470 632	1 377 176	508 064	1 494 368	557 776	1 651 744	463 048	1 341 688
Ortaokul veya Dengi Meslek Ortaokul	8	256 512	646 200	298 864	757 104	292 856	747 064	317 512	809 264	449 336	1 253 072
Lise ve Dengi Meslek Okulu	11	714 131	1 980 033	731 588	2 037 200	754 974	2 117 610	803 418	2 234 936	838 585	2 336 917
Yüksek- okul veya Fakülte	15	680 475	2 398 680	742 470	2 592 270	762 600	2 688 540	809 025	2 835 750	844 995	2 999 880
Yüksek Lisans (5 veya 6 Yıllık Fakülte-ler)	17	58 089	242 454	61 149	257 431	86 666	353 787	95 217	394 043	105 944	440 266
Doktora	21	21 336	97 335	21 567	98 385	27 174	115 605	27 111	117 474	27 258	119 805
Ortalama Eğitim Süresi		7,16	7,46	7,35	7,65	7,49	7,80	7,66	7,98	7,81	8,13

Hesaplanan OES değerleri Eş. 3.7’de verilen OESE formülünde yerine konularak OESE hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçları Çizelge 5.23’te verilmiştir.

Çizelge 5.23. Afyonkarahisar ve Konya için hesaplanan OES ve OESE değerleri

	Ortalama Eğitim Süresi (OES)					Ortalama Eğitim Süresi Endeksi (OESE)				
	2015	2016	2017	2018	2019	2015	2016	2017	2018	2019
Afyonkarahisar	7,16	7,35	7,49	7,66	7,81	0,48	0,49	0,50	0,51	0,52
Konya	7,46	7,65	7,80	7,98	8,13	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54
Akarçay	7,22	7,41	7,55	7,73	7,87	0,48	0,49	0,50	0,52	0,52

Beklenen eğitim süresi endeksi

Beklenen Eğitim Süresi için TÜİK in “İl, Tek Yaş ve Cinsiyete Göre Nüfus, 2007-2021” ve Öğretim yılı ve seviyesine göre okullaşma oranı, 1997-2021 adlı veri setleri kullanılmıştır (TÜİK; 2020b, 2020c). TÜİK’ten alınan verilerden, ilkokul, ortaokul, ortaöğretimde yer alan kişi sayısı tespit edilmiştir (Çizelge 5.24). Havza sınırları içinde bulunan şehirlerde üniversite okuyan gençlerin o illerde daimî olarak yaşadığı verisi bulunamadığından ortaöğretim üzeri eğitim seviyelerine sahip nüfus hesaplamaya dahil edilmemiştir. Bu nedenle Eş. 3.8’de verilen BESE formülünde 18 yıl olan yıl sayısı, 12 alınmıştır.

Çizelge 5.24. Okullaşma oranı ve ilgili yaş aralığındaki toplam nüfus (2015-2019)

			Afyonk.	Konya			
Net Okullaşma Oranı (%)	İlkokul	2015	93,84	94,49	İlgili Yaş Aralığındaki Toplam Nüfus	Afyonk.	Konya
		2016	90,56	89,04		43 423	143 815
		2017	90,12	90,05		43 524	142 916
		2018	90,65	90,53		42 957	140 557
		2019	93,33	93,72		43 128	140 467
	Ortaokul	2015	94,47	95,21		42 906	142 033
		2016	95,82	95,69		42 675	139 361
		2017	94,77	94,21		43 075	141 247
		2018	92,71	92,74		43 527	144 531
		2019	95,82	95,64		44 081	146 114
	Ortaöğretim	2015	78,44	81,72		43 926	145 645
		2016	80,72	84,67		47 509	152 715
		2017	81,93	85,56		46 240	149 354
		2018	81,48	85,78		44 307	144 115
		2019	82,91	86,16		43 489	141 105
						42 760	140 726

Hesaplanan değerler BESE Formüllünde yerine konulduğunda Akarçay Havzası için bulunan BESE değerleri Çizelge 5.25’te verilmiştir.

Çizelge 5.25. Afyonkarahisar ve Konya için hesaplanan BES ve BESE değerleri

	BES (12 yıl)					BESE (12 yıl)				
	2015	2016	2017	2018	2019	2015	2016	2017	2018	2019
Afyonkarahisar	10,63	10,66	10,67	10,6	10,89	0,89	0,89	0,89	0,88	0,91
Konya	10,83	10,76	10,79	10,77	11,03	0,90	0,90	0,90	0,90	0,92
Akarçay	10,67	10,68	10,70	10,64	10,92	0,89	0,89	0,89	0,89	0,91

Akarçay Havzası için OESE ve BESE değerleri hesaplanmıştır. EE değerini hesaplamak üzere OESE ve BESE değerlerinin ortalaması alınmıştır. EE sonuçları Çizelge 5.26'da verilmiştir.

Çizelge 5.26. Akarçay Havzası için 2015-2019 yılları arasında eğitim endeksi değerleri

Akarçay Havzası	2015	2016	2017	2018	2019
OESE	0,48	0,49	0,5	0,52	0,52
BESE	0,89	0,89	0,89	0,89	0,91
EE	0,69	0,69	0,70	0,71	0,72

Akarçay Havzası EE değeri 2019 yılı için 0,72 olarak hesaplanmıştır.

Gelir endeksinin hesaplanması (GE)

Akarçay Havzasının ağırlıklandırılmış kişi başına düşen GSYH (kbdGSYH) değeri Çizelge 5.19'da hesaplanmıştır. kbdGSYH ile ilgili hesaplamalar yapılırken kullanılacak verilerin reel fiyatlara getirilmesi için SAGP hesaplanmıştır. Öncelikle parite katsayıları bulunmuştur. Bunun için UNDP tarafından yayınlanan İGE Gelişme Raporunda (UNDP, 2020) 2015-2019 yılları arasında Türkiye için verilen kbdGSYH değeri, TÜİK verilerine (TÜİK, 2020) bölünerek yıllara göre parite katsayıları hesaplanmıştır. Bu katsayılar ile ağırlıklandırılmış Akarçay Havzası kbdGSYH değeri çarpılarak Akarçay Havzası reel kbdGSYH değerlerine ulaşılmış olup, Çizelge 5.27'de verilmiştir.

Çizelge 5.27. İl bazında kişi başına satın alma gücü pariteli gayrisafi yurt içi hâsıla (kbdGSYH), 2015-2019

	2015	2016	2017	2018	2019
Türkiye (TÜİK)	11 085	10 964	10 696	9 793	9 208
Türkiye UNDP	25 766	26 159	27 553	28 149	27 985
Katsayı (UNDP/ TÜİK)	2,32	2,39	2,58	2,87	3,04
Afyonkarahisar (TÜİK)	7 586	7 665	7 597	6 665	6 342
Konya (TÜİK)	8 680	8 553	8 303	7 626	7 185
Akarçay Havzası (TÜİK)	7 816	7 852	7 746	6 867	6 519
Afyonkarahisar (SAGP'li)	17 600	18 319	19 600	19 129	19 280
Konya (SAGP'li)	20 138	20 442	21 422	21 887	21 842
Akarçay Havzası (SAGP'li)	18 133	18 766	19 985	19 708	19 818

GE hesaplanmasında UNDP teknik notlarında yer alan Eş. 3.9 kullanılmıştır (UNDP,2020a). Akarçay Havzasının 2015-2019 yılları için hesaplanan İGE Gelir Endeksi değerleri Çizelge 5.28’de verilmiştir.

Çizelge 5.28. Yıllara göre hesaplanan İGE-gelir endeksi değerleri

	2015	2016	2017	2018	2019
Afyonkarahisar	0,78	0,79	0,80	0,79	0,79
Konya	0,80	0,80	0,81	0,81	0,81
Akarçay Havzası	0,79	0,79	0,80	0,80	0,80

Akarçay Havzası GE değeri 2019 yılı için 0,80 olarak hesaplanmıştır.

İnsani gelişme endeksinin hesaplanması

İnsani Gelişme Endeksini hesaplamak üzere; yukarıda hesaplanan YBE, EE ve GE’nin geometrik ortalaması alınmıştır (Eş. 3.4).

Formülde tüm veriler yerine konulduğunda İGE, Çizelge 5.29’da gösterilen değerleri almıştır. Havza İGE’si hesaplanırken, yine illerin alansal katkısı olan %79 ve %21 oranları İGE katkısı olarak alınmıştır.

Çizelge 5.29. Akarçay Havzası insani gelişme endeksi

	2015	2016	2017	2018	2019
YBE	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
EE	0,69	0,69	0,70	0,71	0,72
GE	0,79	0,79	0,80	0,80	0,80
İGE	0,78	0,78	0,79	0,79	0,80

Bu hesaplamalar neticesinde Akarçay Havzası için elde edilen 0,80’lik İGE değeri, WSI’de Yaşam Göstergesi için 0,75’lik bir “Durum” değerine karşılık gelmektedir.

5.3.3. Yanıt parametresi

Yaşam Göstergesi için “Yanıt” parametresi Havza İGE’nin 5 Yıldaki Değişiminden hesaplanmaktadır. Yukarıda durum parametresi hesaplanırken İGE de hesaplanmış olduğundan burada ayrıca hesaplanmamış, Çizelge 5.30’da gösterilmiştir.

Çizelge 5.30. Akarçay Havzasında İGE’nin son 5 yıldaki değişimi

	İnsani Gelişme Endeksi				
	2015	2016	2017	2018	2019
Akarçay Havzası	0,78	0,78	0,79	0,79	0,80
% Değişim	%3				

Bu hesaplamalar neticesinde Akarçay Havzası için elde edilen %3’lük İGE değişimi, WSI’de Yaşam Göstergesi için 0,75 ’lik bir “Yanıt” değerine karşılık gelmektedir.

Yaşam göstergesinin Baskı, Durum ve Yanıt parametrelerinin hesaplanması ile elde edilen değerlerin ortalaması ile Birleştirilmiş Yaşam Göstergesi hesaplanmıştır. Birleştirilmiş Yaşam Göstergesinin hesaplanmasında Eş. 5.3 ile benzer şekilde basit ortalama alınarak;

$$\text{Birleştirilmiş Yaşam Göstergesi} = \frac{0,25+0,75+0,75}{3} = 0,58 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Yaşam göstergesi için yapılan hesaplamalar neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 5.31’de özetlenmiştir.

Çizelge 5.31. Akarçay Havzası için birleştirilmiş yaşam göstergesi

Gösterge	Baskı Parametreleri	Seviye	Değer
Yaşam	Havzada son 5 yılda kişi başına düşen Gayrisafi Milli Hasıladaki Değişimi: $\Delta = \% -16,6$	$\Delta < \% -10$	0,25
		$\% -10 \Delta < \% 0$	0,50
		$0 < \Delta < \% +10$	0,75
		$\Delta > \% +10$	1,00
Gösterge	Durum Parametreleri	Seviye	Değer
Yaşam	Havza İnsani Gelişme Endeksi: $\text{İGE} = 0,80$	$\text{İGE} < 0,6$	0,25
		$0,6 < \text{İGE} < 0,75$	0,50
		$0,75 < \text{İGE} < 0,90$	0,75
		$\text{İGE} > 0,9$	1,00
Gösterge	Yanıt Parametreleri	Seviye	Değer
Yaşam	İnsani Gelişme Endeksinin son 5 Yıldaki Değişimi: $\Delta \text{İGE} = \% 3$	$\Delta < \% -10$	0,25
		$\% -10 \Delta < \% 0$	0,50
		$0 < \Delta < \% +10$	0,75
		$\Delta > \% +10$	1,00
	Birleştirilmiş Yaşam Göstergesi	0,58	

5.4. Politika Verileri

Politika verileri, havzadaki nüfusun eğitim durumu, su kaynakları yönetimi alanındaki kurumsal kapasite ve havzada su kaynaklarına yapılan yatırımlara ilişkin durumu incelemektedir.

5.4.1. Baskı parametresi

WSI’de Politika göstergesi altında baskı parametresi olarak “Havzada son 5 yılda İGE-EE’deki değişim” belirlenmiştir.

İGE’nin göstergelerinden biri olan EE nin hesaplanması Bölüm 5.3.2’de Yaşam Göstergesi Durum parametresi hesaplamalarında anlatıldığından, bu bölümde detaylı olarak anlatılmamıştır. Son 5 yıldaki değişim Çizelge 5.32’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.32. Akarçay Havzası için 2015-2019 yılları arasında eğitim endeksi değerleri

Akarçay Havzası	2015	2016	2017	2018	2019
EE	0,69	0,69	0,70	0,71	0,72
% Değişim	%4				

Bu hesaplamalar neticesinde Akarçay Havzası için elde edilen %4'lük EE değeri artışı, WSI'de Politika Göstergesi için 0,75'lik bir “Baskı” değerine karşılık gelmektedir.

5.4.2. Durum parametresi

Endekste Politika göstergesi kapsamında “Durum” parametresi “Havzanın Su Kaynakları Yönetimindeki Kurumsal Kapasitesi olarak belirlenmiştir. Kurumsal kapasitede idari ve hukuki kapasitenin göz önüne alınacağı belirtilmiştir.

Durum parametresinin değerini belirleyebilmek için, ülkemizin havza bazlı su yönetimi politikası bağlamında yasal ve idari yapılanma konusundaki durumu aşağıda derlenerek, bu bilgiler üzerinden değerlendirme yapılmıştır.

Ülkemizde su kaynaklarının bütüncül yönetimi için yasal ve idari açıdan özellikle son 15 yıldır önemli çalışmalar yapılmıştır. Bunlara kısaca değinilecek olursa;

Yasal yapı

- Türkiye’de Havza Bazında Su Yönetimi konusunda ilk adımlar 2008 yılında Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı zamanında Havza Koruma Eylem Planlarının (HKEP) hazırlanmasıyla başlamış, 25 havza için HKEP’ler tamamlanmıştır. Tamamlanan havza koruma eylem planları, SYGM tarafından SÇD kapsamında hazırlanan NHYP altlık teşkil etmiştir.
- Bunu takiben Türkiye’nin AB adaylık ve müktesebat uyumlaştırma sürecinde çevre faslı altında su yönetimi ile ilgili konularda da çalışmalar yapılmıştır. AB SÇD (2000/60/EC, SÇD) ile uyumlu olarak ilgili konularda pek çok mevzuat çıkarılmıştır.
- 20 Mart 2012 tarih ve 28239 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Başbakanlık Genelgesi ile “Su kaynaklarının entegre havza yönetimi anlayışı ile korunması için gereken tedbirleri belirlemek, etkili bir su yönetimi için sektörler arası koordinasyonu, işbirliğini

ve su yatırımlarının hızlandırılmasını sağlamak, ulusal ve uluslararası belgelerde yer alan hedeflerin gerçekleştirilmesi için strateji, plan ve politika geliştirmek, havza planlarında kamu kurum ve kuruluşlarınca yerine getirilmesi gereken hususların uygulanmasını değerlendirmek, üst düzeyde koordinasyonu ve işbirliğini sağlamak üzere Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu (SYKK) kurulmuştur”.

- 17 Ekim 2012 tarih ve 28444 sayılı Resmî Gazete’ de yayımlanan “Su Havzalarının Korunması ve Yönetim Planlarının Hazırlanması Hakkında Yönetmelik” ile havza yönetim planları, taşkın yönetim planları, çevresel hedefler gibi konular mevzuatımıza girmiştir.
- “...havza koruma eylem planlarının, havza, taşkın ve kuraklık yönetim planlarının hazırlanması, uygulanması ve izlenmesi için, kurumlar arası koordinasyonun sağlanması ve uygulamaların takibi maksadıyla, Havza Yönetim Heyetlerinin kurulması ve faaliyetlerini sürdürmesi ile alakalı gerekli usul ve esasları düzenlemek...” amacıyla 18/06/2013 tarihli ve 28681 sayılı Resmî Gazetede ‘Havza Yönetim Heyetlerinin Teşekkülü, Görevleri, Çalışma Usul ve Esasları Hakkında Tebliğ’ yayımlanmıştır.
- Su Havzalarının Korunması ve Yönetim Planlarının Hazırlanması Hakkında Yönetmeliğin adı değiştirilerek 28 Ekim 2017 tarih ve 30224 sayılı “Havza Yönetim Planlarının Hazırlanması, Uygulanması ve Takibi Yönetmeliği” olmuş, son olarak 11 Ocak 2019 tarih ve 30652 sayılı Resmî Gazete ile değişiklik yapılmıştır. Bu Yönetmelik uyarınca; “Havza ölçekli yönetim planlarının uygulamalarının izlenmesi ve değerlendirilmesiyle ilgili çalışmaları havza ölçeğinde yürütmek amacıyla her bir havza için Havza Yönetim Heyetleri, Havza Yönetim Heyetleri tarafından iletilen hususları görüşmek ve sonuca bağlamak, sonuca bağlanmayan hususları Su Yönetimi Koordinasyon Kuruluna iletmek, SYKK’da alınan kararların havza ölçeğinde uygulanmasını sağlamak ve takibini yapmak üzere Havza Yönetimi Merkez Kurulu ve ölçekli yönetim planları uygulamalarının izlenmesi ve değerlendirilmesiyle alakalı çalışmaları il ölçeğinde yürütmek maksadıyla her bir il için İl SYKK oluşturulmuştur”.
- Ayrıca 18 Ocak 2019 tarih ve 30659 sayılı Resmî Gazete’de “Havza Yönetimi Merkez Kurulu, Havza Yönetim Heyetleri ve İl SYKK’lerin Teşekkülü, Görevleri, Çalışma Usul ve Esaslarına Dair Tebliğ” yürürlüğe girmiştir.
- Bahse konu heyetlerin tüzel kişiliğinin bulunmaması, yürütülen faaliyetlerden beklenen verimin alınmasını zorlaştırmaktadır. Yönetmelikle düzenlenen havza yönetim heyetlerine ancak bir kanuni düzenleme ile tüzel kişilik tanınabilecektir.

- 29 Kasım 2023 tarih ve 32384 sayılı Resmî Gazete’de Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile Ulusal Su Kurulu kurulmasına ilişkin Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi yayımlanmıştır. Ulusal Su Kurulu; SYKK ile Havza Kurulları ve İl Su Kurullarının daha işlevsel hale getirilmesi, su arzına ilişkin kısa ve uzun vadeli plan, politika ve stratejilerin su-gıda-enerji-ekosistem temelinde oluşturulması, su yönetiminin bütüncül bir anlayışla koordinasyonu yoluyla sürdürülebilirliğinin sağlanması yönünde çalışmaktadır. Ulusal Su Kurulu ile, su konusunun en üst seviyede ele alındığı bütüncül bir yönetim anlayışı için çok önemli bir adım atılmıştır.

Su yönetimi alanındaki mevzuatın başlıcaları; 4721 sayılı Medeni Kanun, 831 sayılı Sular Hakkında Kanun, 167 sayılı Yeraltı Suları Hakkında Kanun, 2872 sayılı Çevre Kanunu, 5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu, 1053 sayılı Belediye Teşkilâtı Olan Yerleşim Yerlerine İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu Temini Hakkında Kanun, 5393 sayılı Belediye Kanunu, 6200 Sayılı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü’nün Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun, 2560 sayılı İSKİ Genel Müdürlüğü Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun, 4373 sayılı Taşkın Sulara ve Su Baskınlarına Karşı Koruma Kanunu’dur.

Bunların yanı sıra Yeraltı Suları Tüzüğü, Havza Yönetim Planlarının Hazırlanması, Uygulanması ve Takibi Yönetmeliği, Taşkın Yönetim Planlarının Hazırlanması, Uygulanması ve İzlenmesi Hakkında Yönetmelik, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik, İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıpların Kontrolü Yönetmeliği, Sulama Sistemlerinde Su Kullanımının Kontrolü ve Su Kayıplarının Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik, Yüzeysel Sular, Su Kirliliği Yönetmeliği ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik de öne çıkan düzenlemelerin bazılarıdır. Örneğin, 2 Temmuz 2019 tarih ve 1810373 sayılı Akarçay Havzası Sektörel Su Tahsisi Eylem Planı Genelgesi yayımlanmıştır.

İdari yapı

Ülkemizin su kaynakları yönetiminde görev alan çok sayıda kurum bulunmakta olup bunların öne çıkanları; Tarım ve Orman Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı, İçişleri Bakanlığı, Dışişleri Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, belediyeler ile su ve kanalizasyon idareleri ve sulama birlikleri ve kooperatifleridir.

Suyla ilgili mevcut idari yapılanma, aynı konuda yasal görev ve sorumluluğu bulunan birçok kurum içermektedir. Bu durum kurumlar arasında nadiren de olsa yetki çakışmasına neden olabilmektedir. Ayrıca, su politikasının, plan ve programların merkez ve yerelde uygulanması konusunda kurumlar arası koordinasyon, geliştirilebilir bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yasal yapı kısmında, yukarıda bahsedilen Ulusal Su Kurulu, SYKK, İl SYKK, Havza Yönetimi Merkez Kurulu, Havza Yönetim Heyeti gibi yapıların oluşturulması ulusal ve yerel ölçekte suyun sürdürülebilir yönetimi için gereken yapılanmanın kurulmuş olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan su yönetimi için bütüncül bir yönetim anlayışı benimsenmesi, farklı kurumlarca hazırlanan farklı ölçek ve tipteki planların birbirine entegrasyonu için havza yönetim planları hazırlanırken ilgili tarafların birlikte çalışmasını sağlayacak mekanizmaların kurulmuş olması açısından önemlidir.

Su mevzuatımız çok sayıda düzenleme barındırmakta ve su konusunda yetkili pek çok kurum bulunmaktadır. Buna karşın planlama, izin ve denetim, tahsis ve kalite standartlarının geliştirilmesi gibi konularda oluşabilen yetki karmaşasını gidermek ve genel usul ve esasların çerçevesini çizmek üzere bir Su Kanunu çıkarılması, bütüncül yönetim anlayışını etkin şekilde hayata geçirmek için büyük bir ihtiyaçtır.

Özetle hukuki ve idari anlamında pek çok çalışma yapılmıştır. Ancak özellikle nehir havza planlamasının idari birimler arasında koordinasyonu ve ilgili tarafların karar alma süreçlerine dahil edilmesi gibi önemli gereklilikler bulunmaktadır. Bu gibi nedenlerle tüm havzalarda olduğu gibi Akarçay havzasında da etkin bir havza /su kaynakları yönetimi açısından yasal ve idari açılardan geliştirilmesi gereken yönler bulunmaktadır.

Yukarıda yer alan bilgiler ışığında; Havzanın Su kaynakları Yönetimindeki Kurumsal kapasitesinin idari ve hukuki açıdan “iyi” durumda olduğu değerlendirilmiştir. Bu değer WSI indekste 0,75’lik bir Politika “Durum” değerine karşılık gelmektedir.

5.4.3. Yanıt parametresi

İndepte Politika göstergesi kapsamında “Yanıt” parametresi Havzada son 5 yılda Su Kaynakları Yönetimi için yapılan harcamalardaki değişim olarak belirlenmiştir. Akarçay

Havzasında belediyeler ve ilgili kamu kurumları ile yapılan görüşmeler neticesinde havza genelinde su kaynakları yönetimi kapsamında 2015-2019 yılları arasında yapılan yatırımlar konusunda edinilen bilgiler Çizelge 5.33'te özetlenmiştir.

Çizelge 5.33. Akarçay Havzasında 2015-2019 yılları arasında su kaynakları yönetimi kapsamında yapılan yatırımlar

	2015	2016	2017	2018	2019	Toplam
Afyonkarahisar (milyon TL)	veri yok	veri yok	2,3	veri yok	veri yok	2,3
Konya (milyon TL)	8,8	75,3	8,8	8,7	3,6	105,2
DSİ (milyon TL)	130,2	177,3	203,3	277,3	122,1	910,2
Toplam (milyon TL)	139,0	252,6	214,4	286,0	125,7	1 017,7
Su Kaynakları Yönetimi için yapılan harcamalardaki % değişim (Son 5 Yıl)	% -9,6					

Afyonkarahisar ili için Afyonkarahisar Belediyesi ile görüşmeler yapılarak veriler talep edilmiş ve bu görüşmeler neticesinde sadece 2017 yılına ait Merkez Atıksu Arıtma Tesisi Rehabilitasyon işi için yapılan 2,3 milyon TL'lik yatırım yapıldığı bilgisine ulaşılabilmektedir.

Konya ili verileri için Türkiye Belediyeler Birliği aracılığıyla yapılan dilekçeli başvuruya Konya Büyükşehir Belediyesinden cevap verilmiş olup, gönderilen verilere göre Konya Büyükşehir Belediyesi tarafından 2015-2019 yılları arasında Akarçay Havzası yerleşim yerine toplamda 105,2 milyon TL'lik yatırım yapıldığı görülmüştür. 2016 yılında IPA projesi kapsamında yaklaşık 52 milyon TL'lik Atıksu Arıtma Tesisi yapımı işi bulunmaktadır. 2016 yılındaki bu yatırım, Konya Büyükşehir Belediyesinin 2015-2019 yılları arasında yaptığı toplam yatırımın yaklaşık %50'sine denk gelmektedir.

DSİ Genel Müdürlüğünün Akarçay havzasında su kaynakları yönetimi alanında yapılan yatırımları için DSİ Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı verileri alınmıştır. DSİ verilerine göre Akarçay Havzasına 2015-2019 yılları arasında toplamda 910,2 milyon TL'lik yatırım yapıldığı görülmüştür.

Sonuç olarak, Akarçay Havzasına 2015-2019 yılları arasında toplamda 1 017,7 milyon TL'lik yatırım yapıldığı görülmüştür. Belediyelerden gelen veriler içme ve kullanma suyu yatırımlarını içerirken DSİ verileri içme ve kullanma suyu yanında sulama sektörüne yapılan yatırımları da içermektedir. Böylece Çizelge 5.33, Akarçay Havzası için verilen yatırım

değerleri havzanın su kaynakları yönetimi kapsamında yapılan tüm harcamaları kapsamaktadır. Netice olarak; Politika Göstergesinin Yanıt parametresi aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Su kaynakları yönetimi için son 5 yılda yapılan harcamalardaki % değişim

$$= \frac{125,7 - 139}{139} \times 100 = \% - 9,6$$

Bu hesaplamalar neticesinde Akarçay Havzası için elde edilen %-9,6'lık Su Kaynakları Yönetimi kapsamında son 5 yılda yapılan yatırım değeri değişimi, WSI'de Politika Göstergesi için 0,50'lik bir “Yanıt” değerine karşılık gelmektedir.

Politika göstergesi için yapılan hesaplamalar neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 5.34'te özetlenmiştir.

Çizelge 5.34. Akarçay Havzası için birleştirilmiş politika göstergesi

Gösterge	Baskı Parametreleri	Seviye	Değer	
Politika	Havzada son 5 yılda Eğitim Endeksindeki değişim: $\Delta = \%4$	$\Delta < \% -10$	0,25	
		$\% -10 \Delta < \%0$	0,50	
		$0 < \Delta < \% +10$	0,75	
		$\Delta > \% +10$	1,00	
	Durum Parametreleri		Seviye	Değer
	Havzanın Su Kaynakları Yönetimindeki Hukuki ve İdari Kapasitesi İyi	Zayıf	0,25	
		Orta	0,50	
		İyi	0,75	
Mükemmel		1,00		
Yanıt Parametreleri		Seviye	Değer	
Havzada son 5 yılda Su Kaynakları Yönetimi için yapılan harcamalardaki değişim: $\Delta = \% - 9,6$	$\Delta < \% -10$	0,25		
	$\% -10 \Delta < \%0$	0,50		
	$0 < \Delta < \% +10$	0,75		
	$\Delta > \% +10$	1,00		
	Birleştirilmiş Politika Göstergesi		0,67	

5.5. Akarçay Havzası Sürdürülebilirlik İndeksi

5 yıllık dönem verileriyle tüm göstergelere ait “Baskı”, “Durum” ve “Yanıt”lar elde edildikten sonra, Eş. 3.1'e göre WSI hesaplanır. WSI, 4 göstergenin basit ortalaması alınarak hesaplanmaktadır. Buradan;

$$WSI = \frac{0,42+0,92+0,58+0,67}{4} = 0,65$$

Akarçay Havzasının WSI değeri 0,65 olarak hesaplanmıştır. WSI İndeksine göre; 0,65 değeri “orta” seviyede sürdürülebilirliğe karşılık geldiğinden; Akarçay Havzası Sürdürülebilirlik İndeksi “orta” olarak değerlendirilmiştir. Yukarıda detaylı şekilde hesaplanan tüm göstergeler ile Akarçay Havzası için hesaplanan WSI değeri Çizelge 5.35'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.35. Tüm göstergelerin seviye ve değerleri ile Akarçay Havzası WSI değeri

	Baskı		Durum		Yanıt		Sonuç
	Seviye	Değer	Seviye	Değer	Seviye	Değer	
Hidroloji	%-17	0,25	1 156	0,25	İyi	0,75	
	%27,65	0,25	20	0,25	İyi	0,75	
		0,25		0,25		0,75	0,42
Çevre	%2,6	0,75	%42,54	1	%326	1	0,92
Yaşam	%-16,6	0,25	0,80	0,75	%3	0,75	0,58
Politika	%4	0,75	İyi	0,75	%-9,6	0,50	0,67
	0,50			0,69		0,75	0,65

Çizelge 5.35'e göre en düşük değere sahip göstergenin 0,42 ile Hidroloji olduğu, bunu 0,58 ile Yaşam, 0,67 ile Politika göstergelerinin izlediği, en yüksek değere sahip göstergenin ise 0,92 ile Çevre olduğu belirlenmiştir.

Baskı, Durum ve Yanıt parametreleri açısından en düşük değer *Baskı* için 0,50 olarak elde edilmiş olup, *Durum* için 0,69 ve *Yanıt* için 0,75 elde edilmiştir.

Çizelge 5.35 daha detaylı incelendiğinde; en zayıf parametrelerin Hidrolojik *Baskı* (0,25), Hidrolojik *Durum* (0,25) ve Yaşamsal *Baskı* (0,25) olduğu, Politika *Yanıtının* da (0,50) orta düzeyde ve geliştirilmesi gereken parametreler olduğu görülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bir nehir havzasının sürdürülebilirliğini sosyal, ekonomik ve çevresel konular etkilemektedir. Ancak bu konular entegre ve dinamik süreçler olmasına rağmen genellikle ayrı ayrı ele alınmaktadır. Bu tez çalışmasında; hidrolojik, çevresel, yaşam koşulları ve politika konularının yanı sıra mevcut durum, baskı ve politika yanıtlarını tek bir nicel, dinamik ve toplu göstergede birleştirmek amacıyla geliştirilen WSI'nin ülkemizdeki nehir havzalarının sürdürülebilirliğini ölçmek üzere kullanılmaya uygun olup olmadığı araştırılmıştır.

Bu amaçla; öncelikle WSI'de yer alan Hidroloji, Çevre, Yaşam ve Politika göstergeleri Akarçay Havzası için hesaplanmıştır. Hesaplanan gösterge değerlerine ilişkin değerlendirmeler aşağıda sunulmuştur. Daha sonra WSI göstergelerinin Akarçay Havzasındaki durumu ne kadar yansıttığını görebilmek üzere, göstergelerden ortaya çıkan sonuçlar Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan “Akarçay Havzası Nehir Havzası Yönetim Planı” ile karşılaştırılmıştır (SYGM, 2021).

Akarçay Havzası özelinde yapılan havza sürdürülebilirlik indeksi çalışmamızda; en düşük değere sahip göstergenin 0,42 ile Hidroloji olduğu, bunu 0,58 ile Yaşam, 0,67 ile Politika göstergelerinin izlediği, en yüksek değere sahip göstergenin ise 0,92 ile Çevre olduğu belirlenmiştir.

Baskı, Durum ve Yanıt parametreleri açısından en düşük değer *Baskı* için 0,50 olarak elde edilmiş olup, *Durum* için 0,69 ve *Yanıt* için 0,75 elde edilmiştir. Bu sonuçlar, mevcut havza koşullarının (*Durum*) orta-iyi olmasına ve alınan tedbirlerin (*Yanıt*) iyi olmasına rağmen, havzanın sürdürülebilirliğini tehdit eden hidrolojik baskıların olduğunu göstermektedir.

En zayıf parametrelerin Hidrolojik *Baskı* (0,25), Hidrolojik *Durum* (0,25) ve Yaşamsal *Baskı* (0,25) olduğu, Politika *Yanıtının* (0,50) orta düzeyde olduğu, Hidrolojik Yanıt, Çevresel Baskı, Yaşamsal Durum, Yaşamsal Yanıt, Politik Baskı ve Politik Durum parametrelerinin iyi (0,75) durumda olduğu ancak geliştirilmesi gereken alanlar bulunduğu görülmektedir. Sadece çevresel Durum ve Yanıt parametreleri çok iyi (1) düzeyde çıkmıştır. Her bir göstergeye ilişkin değerlendirmeler de ayrı ayrı yapılarak aşağıda sunulmuştur.

6.1. Hidroloji Göstergesi Sonuçları

Hidrolojik Baskı 0,25, Hidrolojik Durum 0,25 ve Hidrolojik Yanıt parametresinin 0,75 olduğu görülmektedir. Bu değerler; Akarçay Havzasında son 5 yılda kişi başına düşen su miktarında %17'lik azalma ve havza BOİ₅ değerindeki %27,65'lik artış ile su kaynaklarının hem miktar hem de kalite açısından korunması için öncelikli olarak tedbir alınması gerektiğini göstermektedir. Su kullanım verimliliği ile kanalizasyon ve arıtma altyapısı konuları da geliştirilebilir alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

6.2. Çevre Göstergesi Sonuçları

Çevresel Baskı 0,75, Çevresel Durum 1 ve Çevresel Yanıt parametresinin 1 olduğu görülmektedir. İndeksteki en yüksek skorun Çevre göstergesinde görülmesi, havzada genel olarak koruma alanlarının iyi korunduğunu ifade etmektedir. Sadece uzun dönemde havzanın kentsel nüfusunun değişimi ile tarım alanı yüzdesinin değişimi (%2,6'lık değerle) noktasında bir çevresel baskı bulunduğu dikkat çekmektedir.

6.3. Yaşam Göstergesi Sonuçları

Yaşamsal Baskı 0,25, Yaşamsal Durum 0,75 ve Yaşamsal Yanıt parametresinin 0,75 olduğu görülmektedir. Havza İGE'sinin 0,80'lik değer ile UNDP İGE değerlendirmesine göre orta/yüksek olması ve son 5 yılda Havzadaki İGE değişiminin %3'lük artışına rağmen, havzada son 5 yılda kişi başına düşen Gayrisafi Milli Hasıladaki %-16,6'lık değişim görülmesi, havzada kişi başına düşen gelirin artırılması için tedbirler alınması gerektiğine işaret etmektedir.

6.4. Politika Göstergesi Sonuçları

Politik Baskı 0,75, Politik Durum 0,75 ve Politik Yanıt parametresinin 0,50 olduğu görülmektedir. Bu değerler, havzada son 5 yılda İGE-EE'deki %4'lük değişim ile havzada yaşayan nüfusun eğitimi konusunun ve havzanın su kaynakları yönetimindeki kurumsal kapasitesinin geliştirilmeye açık alanlar olduğunu göstermektedir.

Öte yandan Havzada son 5 yılda Su Kaynakları Yönetimi için yapılan harcamalardaki değişim %-9,6 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, havzada su kaynakları yönetimine yapılan yatırımın az olduğu ve arttırılması gerektiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Havzaya yapılan yatırımlar incelendiğinde; sadece DSİ Genel Müdürlüğünce 2015, 2016, 2017, 2018 ve 2019 yıllarında sırasıyla 139, 252,6, 214,4, 286, 125,7, 1 018 milyon TL'lik yatırım yapıldığı ve 2017 ve 2019 yıllarında yatırım miktarında bir düşüş yaşandığı görülmüştür. Bu yıllarda ekonomik gelişmeler neticesinde ülke genelinde tüm yatırımlarda bir azalma olmasının durumda etkili olduğu değerlendirilmiştir

Gerek havzaya yapılan yatırımların incelenmesinden gerekse DSİ'nin ilgili birimleri ile yapılan uzman görüşmelerinden; havzada su kaynakları yönetimi alanında yapılan yatırımların, yapımı en az 10 yılı alan projeler olduğu, bu projelerin ödeneklerinin yıllara sâri olduğu, her yıl farklı iş kalemleri için ödenen miktarların artıp azalabileceği ancak aslında yatırım miktarının yıllar içinde kümülatif olarak arttığı bilgisi alınmıştır. Bu bilgiler ile birlikte, yapılan yatırımların en az 20-30 yıl boyunca havzaya hizmet edeceği ve bu yatırımların çevrenin korunması için olumlu kümülatif etkisinin artış gösterecek olması gibi nedenlerle *indeksin Politika "Yanıt" parametresinin ülkemizdeki durumu yansıtmadığı* belirlenmiştir. Bu göstergenin yerine Politika "Yanıt" parametresini daha gerçekçi şekilde yansıtmak üzere farklı bir parametrenin belirlenmesi gerektiği değerlendirilmiştir.

Tüm göstergelerin bir araya getirilmesi ile Akarçay Havzası için elde edilen *WSI değeri 0,65* olarak hesaplanmış olup, bu değer *WSI değerlendirmesinde orta düzeyde sürdürülebilir* olarak karşılık bulmaktadır. Akarçay Havzasının WSI değeri olan 0,65, UNDP-İGE sınıflandırması kullanıldığında da (İGE <0,5 için düşük, İGE için 0,5 ile 0,8 arasında orta ve İGE >0,8 için yüksek), orta düzeyde gelişmiş olarak nitelendirilebilecektir.

Sonuçlar daha detaylı incelendiğinde; en zayıf parametrelerin Hidrolojik *Baskı* (0,25), Hidrolojik *Durum* (0,25) ve Yaşamsal *Baskı* (0,25) olduğu, Politika *Yanıtının* da (0,50) orta düzeyde olduğu ve geliştirilmesi gereken konular bulunduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, havzanın sürdürülebilirliğini sağlamak için; karar verici ve politika üreticiler açısından öncelikli olarak havzada kişi başına düşen su miktarının arttırılması, havzanın ortalama BOİ₅ değerinin azaltılması ve kişi başına düşen Gayrisafi Yurtiçi Hasılanın arttırılması yönünde çalışmalar yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Havzada su kaynakları yönetimi için yapılan harcamaların arttırılması ise indeks sonuçlarına göre ikinci önceliklidir.

Hidrolojik Yanıt, Çevresel Baskı, Yaşamsal Durum ve Yanıt ile Politik Baskı ve Durum parametreleri de 0,75 değeri ile geliştirilebilir alanlar olarak görülmektedir. Sırasıyla bu parametreler değerlendirildiğinde; belediyelerin su kullanım verimliliği ile sulama randımanının iyileştirilmesi, havzanın tarım alanlarının korunması, havzada kişi başına düşen gelirin ve Havza İGE'sinin yükseltilmesi, havzadaki eğitim seviyesinin artırılması ve su kaynakları yönetimindeki yasal ve idari yapının iyileştirilmesi konuları geliştirilmeye açık alanlardır.

WSI göstergelerinin Akarçay Havzasındaki durumu ne kadar yansıttığını görebilmek üzere, tez çalışması sonuçları Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan “Akarçay Havzası Nehir Havzası Yönetim Planı” ile karşılaştırılmıştır (SYGM, 2021).

NHYP'nin 'Risk değerlendirmesi' sonuçlarında özetle; Akarçay Havzasındaki “40 yerüstü su kütlesinden 29'u “risk altında”, 11'i “olası risk altında”, 14 yeraltı suyu kütlesinden 7'sinin miktar açısından risk altında olduğu, 1'inin potansiyel risk altında olduğu, kalite açısından ise 10 YAS kütlesinin risk altında olduğu tespiti yer almaktadır. NHYP'nin “Önemli su yönetimi konuları” bölümü altında da; ekolojik hayatın devamı için gerekli olan çevresel standartlar bakımından Akarçay'daki yerüstü sularının yaklaşık %73'ünün risk altında, %27'sinin ise olası risk altında, yeraltı sularının da %85'inin risk altında veya olası risk altında olduğu belirtilmektedir.

NHYP'den elde edilen sonuçlar, WSI göstergeleri ile uyumlu şekilde; yerüstü ve yeraltı sularının miktar ve kirlilik bakımından risk altında olduğunu göstermektedir.

NHYP'nin “Tedbirler programı”nda; havzada YAS ve YÜS için izleme programları, çekim envanterlerinin çıkarılması, sucül ekosistemin su kaynakları ve karasal ekosistemler arasındaki ilişkinin karakterize edilmesi, ekonomik açıdan önemli sucül türlerin korunmasına yönelik mevzuat geliştirilmesi gerektiği belirtilmektedir. Bu da WSI'nın idari ve hukuki kapasite gelişiminde geliştirilmesi gereken alanlar olduğu sonucu ile uyumludur.

Yapılan tez çalışması sonucunda; WSI'nın, Akarçay Havzası NHYP çalışması ile benzer sonuçlar verdiği görülmekle birlikte yukarıda açıklandığı üzere indeksin Politika göstergesi altında yer alan ‘Yanıt’ parametresinin ülkemize uygun olmadığı değerlendirilmiştir. Yatırım miktarındaki artış, son 5 yıldaki değişimle ölçüldüğünde, yatırımın kümülatif faydası gözden kaçırılarak yanlış bir değerlendirme yapılmasına neden olabilecektir. Ayrıca yatırımların sürekli artmasıyla bir süre sonra ihtiyaçlar azalacak ve yatırımlar

tamamlanacaktır. Yani artış oranı sıfırlanacak ancak altyapı ihtiyacı da sıfırlanarak ideal duruma ulaşılmış olacaktır. Öte yandan, suyla ilgili yatırımlar çoğunlukla 10 yıllık projelerdir (baraj, sulama tesisi vb) ve harcamalar yıllara sâri olarak işin ilerleme durumuna göre yapılır. 5 veya 10 yılda yatırımlardaki artışın azalması ya da artması, su yönetimine ilişkin çalışmaların durumu hakkında yanıltıcı olabilecektir. Yapılan yatırımlar havzaya 30-40 yıl arasında hizmet edeceğinden, bunların havzanın su kalitesi ve miktarı, tarımsal gelir artışı, çevresel akışlar ve yaşam koşullarının iyileştirilmesi gibi alanlarda getireceği kümülatif faydaların gözetilmesi ve uzman görüşleri ile birlikte değerlendirilmesi daha uygun olacaktır.

Bu nedenle; WSI'da "Havzada son 5 yılda Su Kaynakları Yönetimi için yapılan harcamalardaki yüzde değişim" olarak verilen "Yanıt parametresi"nin, "son 5 yılda Su Kaynakları Yönetimi için yapılan harcamaların havzada meydana getirdiği iyileşme" şeklinde değiştirilmesinin uygun olacağı değerlendirilmiştir. Uzman görüşleri alınarak yapılan değerlendirmenin de Hidrolojik Yanıt ve Politika Durum parametrelerine benzer şekilde; zayıf, orta, iyi ve mükemmel şeklinde yapılarak WSI'da alacağı değerin sırasıyla; 0,25, 0,50, 0,75 ve 1,00 olmasının havzanın durumunu daha doğru şekilde yansıtacağı değerlendirilmiştir.

WSI, iklim değişkenliği de dahil olmak üzere çeşitli etkiler altında, farklı zaman dilimlerinde ve senaryolarda havza sürdürülebilirliğinin karşılaştırmalı ölçümlerini sağlaması açısından da diğer indekslere kıyasla bir avantaj sağlamaktadır. Ayrıca, WSI dinamik özellikleri nedeniyle, farklı zaman periyotlarına uygulandığında paydaşlara ve yöneticilere planlama ve karar verme süreçlerinde yardımcı olarak, havza sürdürülebilirliğinin yıllar boyunca gelişimi hakkında bir fikir verebilir.

Sonuç olarak; WSI, tez çalışması kapsamında incelenen diğer indekslere kıyasla daha ulaşılabilir verileri kullanması, modelleme bilgisi gibi özel bir uzmanlık gerektirmemesi, daha sade ve havza yönetimine katkıda bulunan herkes tarafından anlaşılabilir olması nedenleriyle uygulama kolaylığı getirmektedir. NHYP ile uyumlu sonuçlar veren WSI'nın, 'Politika- Yanıt' parametresinde revizyon yapılarak, ülkemizdeki havzaların sürdürülebilirlik düzeyinin ölçülmesi ve havzanın sürdürülebilir hale gelmesi için hangi konulara öncelik verilmesi gerektiğini ortaya koyabilecek bir indeks olarak kullanılabileceği değerlendirilmiştir.

Bundan sonraki çalışmalarda; Akarçay'ın yanı sıra ülkemizdeki diğerk havzalarda da farklı periyotlar için WSI uygulanması ile elde edilecek sonuçların, NHYP'ler ile bu çalışmadakine benzer şekilde uyumlu bulunması durumunda, WSI'nın bir entegre havza yönetim aracı olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Ahuchaogu, I. I., Ewemoje, T. A. ve Isaiah, P. S. (2019). Estimation of Watershed Sustainability Index of University of Uyo Watershed Using UNESCO-IHP Help Tool. *Journal of Engineering Research and Reports*, 8(3), 1-9.
- Akçay, A. Ö. ve Erataş, F. (2015). Satın alma gücü paritesi teorisinin geçerliliği: G7 örneği. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(1), 81-100.
- Al, İ. (2019). Sürdürülebilir kalkınma ve yeşil ekonomi: Türkiye için bir endeks önerisi. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(1), 112-124.
- Ali, H. M. (2009). Development of Arab water sustainability index using principal component analysis. In *Proceedings of the Thirteenth International Water Technology Conference IWTC13*. Hurgada, Egypt, 1563-1579.
- Baan, J. A. (1994, June). Evaluation of water resources projects on sustainable development. In *Proceedings* (pp. 28-30). Proceedings of the International Symposium on Water Resources Planning in a Changing World, Karlsruhe, Germany: Water International.
- Bilalova, S., Newig, J., Tremblay-Lévesque, L. C., Roux, J., Herron, C. ve Crane, S. (2023). Pathways to water sustainability? A global study assessing the benefits of integrated water resources management. *Journal of Environmental Management*, 343, 118179.
- Cai, X., McKinney, D. C. ve Lasdon, L. S. (2002). A framework for sustainability analysis in water resources management and application to the Syr Darya Basin. *Water Resources Research*, 38(6), 21-1.
- Chaves, H. M. ve Alipaz, S. (2007). An integrated indicator based on basin hydrology, environment, life, and policy: the watershed sustainability index. *Water Resources Management*, 21, 883-895.
- Chiras, D. D. ve Corson, W. H. (1997). Indicators of sustainability and quality of life: Translating vision into reality. *Journal of Environmental Science & Health Part C*, 15(1), 61-82.
- Cohen, A. ve Sullivan, C. A. (2010). Water and poverty in rural China: developing an instrument to assess the multiple dimensions of water and poverty. *Ecological Economics*, 69(5), 999-1009.
- Cortés, A. E., Oyarzún, R., Kretschmer, N., Chaves, H., Soto, G., Soto, M. ve Maturana, H. (2012). Application of the watershed sustainability index to the Elqui river basin, North-Central Chile. *Obras y Proyectos*, 12(2), 57-69.
- Çağlar, A., Gülel, F. E., Yeşilyurt, M. E., Yeşilyurt, F. ve Karadeniz, O. (2017). Türkiye’de il, yıl ve cinsiyet kırılımlı ortalama ve beklenen okullaşma yılı. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 15(30), 619-641.

- Da Silva, J., Fernandes, V., Limont, M., Dziedzic, M., Andreoli, C. V. ve Rauen, W. B. (2020). Water sustainability assessment from the perspective of sustainable development capitals: Conceptual model and index based on literature review. *Journal of Environmental Management*, 254, 109750.
- Da Silva, J., Fernandes, V., Limont, M., Dziedzic, M., Andreoli, C. V., & Rauen, W. B. (2020). Water sustainability assessment from the perspective of sustainable development capitals: Conceptual model and index based on literature review. *Journal of Environmental Management*, 254, 109750.
- Davis, M. D. (2007). Integrated water resource management and water sharing. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 133(5), 427-445.
- De Carvalho, S. C. P., Carden, K. J. ve Armitage, N. P. (2009). Application of a sustainability index for integrated urban water management in Southern African cities: Case study comparison–Maputo and Hermanus. *Water Sa*, 35(2). 144–151.
- Dizdaroglu, D. (2017). The role of indicator-based sustainability assessment in policy and the decision-making process: A review and outlook. *Sustainability*, 9(6), 1018.
- Dong, Y. ve Hauschild, M. Z. (2017). Indicators for environmental sustainability. *Procedia Cirp*, 61, 697-702.
- DSİ (2016). *Akarçay Havza master planı*. Ankara: Devlet Su İşleri, 14-30.
- Elfithri, R., Mokhtar, M., Abdullah, M. P., Taha, M. R., Toriman, M. E., Yasin, R. M., ve Gasim, M. B. (2018). Watershed sustainability index for langat UNESCO help river basin, Malaysia. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(3.14), 187-190.
- El-Gafy, I. K. E. D. (2018). The water poverty index as an assistant tool for drawing strategies of the Egyptian water sector. *Ain Shams Engineering Journal*, 9(2), 173-186.
- Esty, D. C., Levy, M., Srebotnjak, T. ve De Sherbinin, A. (2005). Environmental sustainability index: Benchmarking national environmental stewardship. *New Haven: Yale Center for Environmental Law & Policy*, 47(2), 60-76.
- Falkenmark, M. ve Rockström, J. (2004). *Balancing water for humans and nature: the new approach in ecohydrology*. New York: Earthscan, 14-36.
- Falkenmark, M. ve Widstrand, C. (1992). Population and water resources: a delicate balance. *Population bulletin*, 47(3), 1-36.
- Garriga, R. G. ve Foguet, A. P. (2011). Application of a revised Water Poverty Index to target the water poor. *Water Science and technology*, 63(6), 1099-1110.
- Gibson, C. C., Ostrom, E. ve Ahn, T. K. (2000). The concept of scale and the human dimensions of global change: a survey. *Ecological Economics*, 32(2), 217-239.
- Gonzales, P. ve Ajami, N. K. (2015). Urban water sustainability: an integrative framework for regional water management. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 12(11), 11291-11329.

- Gök, C. (2015). *Havza sürdürülebilirlik indeksinin Türkiye'de uygulanması: Ergene havzası örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 4-45.
- Gökçe, N. (2022). Küresel su stresi ve ölçüm yöntemleri. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 7(1), 189-208.
- Gurnell, A. M. ve Montgomery, D. R. (1999). *Hydrological applications of GIS*. London: Wiley, 3-61.
- Hester, E. T. ve Little, J. C. (2013). Measuring environmental sustainability of water in watersheds. *Environmental Science and Technology*, 47, 8083–8090.
- Hunsaker, C. T. ve Levine, D. A. (1995). Hierarchical approaches to the study of water quality in rivers. *BioScience*, 45(3), 193-203.
- İnternet: Arcadis (2012) Sustainable cities water index. URL-1: https://www.arcadis.com/media/4/6/2/%7B462EFA0A-4278-49DF-9943-067182CA682%7DArcadis_Sustainable_Cities_Water_Index-Web.pdf, Son Erişim Tarihi: 31.05.2023.
- İnternet: Arcadis (2016). Sustainable cities water index. URL-2: <https://media.arcadis.com/-/media/project/arcadiscom/com/perspectives/global/sci-2024/sustainable-cities-index-2016.pdf?rev=d2b1c07743e1458882a977996292e3f2>, Son Erişim Tarihi: 31.05.2023.
- İnternet: Belcert (2024). Ülkemizde ve dünyada sürdürülebilirlik endeksleri. URL-3: <https://www.belcert.com/ulkemizde-ve-dunyada-surdurulebilirlik-endeksleri/#:~:text=S%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilirlik%20endeksleri%2C%20%C5%9Firketlerin%20kurumsal%20s%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilirlik,de rece%20yerine%20getirdi%C4%9Fini%20%C3%B6l%C3%A7meye%20yar%C4%B1yor>, Son Erişim Tarihi: 24.12.2023.
- İnternet: Carter R. C. (2006). Investigating options for self-help water supply: From field research to pilot interventions in Uganda, RWSN F. Note, no. October. URL-4: <https://www.ircwash.org/sites/default/files/Carter-2006-Investigating.pdf>, Son Erişim Tarihi: 12.10.2023.
- İnternet: DSİ (2022). Devlet Su İşleri 2022 yılı resmi su kaynakları istatistikleri. URL-5: <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/1847>, Son Erişim Tarihi: 04.06.2023.
- İnternet: DSİ (2024). Devlet Su İşleri'nce işletilen ve devredilen sulama tesislerinin sulama randımanı, 2015-2020. URL-6: <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/1499>, Son Erişim Tarihi: 15.04.2024.
- İnternet: Publications du gouvernement du Canada (2024). Kanada politika araştırma girişimi, sürdürülebilir kalkınma bilgilendirme notları, URL-7: <https://publications.gc.ca/collections/Collection/PH2-1-14-2007E.pdf>, Son Erişim Tarihi: 10.01.2024.

İnternet: Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2019). Afyonkarahisar İl sanayi durum raporu. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Afyonkarahisar Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü. URL-8: <https://www.sanayi.gov.tr/planprogram-raporlar-ve-yayinlar/81-il-sanayi-durum-raporlari/mu2603011603>, Son Erişim Tarihi: 21/02/2024.

İnternet: SYGM (2015). Akarçay Havzası kuraklık yönetim planı. URL-9: <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/KURAKLIK%20Y%C3%96NET%C4%B0M%20PLANLARI%2009.01.2023/4-%20AKARCAY%20KYP%20-%20Y%C3%96NET%C4%B0C%C4%B0%20%C3%96ZET%C4%B0.pdf>, Son Erişim Tarihi: 21.02. 2022.

İnternet: SYGM (2017). Akarçay Havzası sektörel su tahsis planının hazırlanması projesi mevcut durum analiz raporu. URL-10: <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/KURAKLIK%20Y%C3%96NET%C4%B0M%20PLANLARI%2009.01.2023/4-%20AKARCAY%20KYP%20-%20Y%C3%96NET%C4%B0C%C4%B0%20%C3%96ZET%C4%B0.pdf>, Son Erişim Tarihi: 21.02. 2022.

İnternet: SYGM (2018). Akarçay Havzası sektörel su tahsis planı. URL-11: <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/SEKT%C3%96REL%20SU%20TAHSIS%C4%B0S%20PLANLARI%2028.12.2022/Akar%C3%A7ay%20Havzas%C4%B1%20Sekt%C3%B6rel%20Su%20Tahsis%20Plan%C4%B1/Akar%C3%A7ay%20SSTP%20Eylem%20Plan%C4%B1%20ve%20Genelgesi.pdf>, Son Erişim Tarihi: 21.02.2022.

İnternet: SYGM (2019). Akarçay Havzası taşkın yönetim planı. URL-12: <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Ta%C5%9Fk%C4%B1n%20Y%C3%B6netim%20Planlar%C4%B1/AKAR%C3%87AY%20HAVZASI%20TA%C5%9EKİN%20YONETİM%20PLANI.pdf>, Son Erişim Tarihi: 21.02.2022.

İnternet: SYGM (2021). 3 pilot havzada nehir havza yönetim planları kapsamında ekonomik analizler ve su verimliliği çalışmaları için teknik destek projesi. Akarçay Havzası yönetim planı. URL-13: <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/NEH%C4%B0R%20HAVZA%20Y%C3%96NET%C4%B0M%20PLANLARI%2028.12.2022/AKAR%C3%87AY%20HAVZASI%20NHYP%2028.12.2022/Akar%C3%A7ay%20NHYP.pdf>, Son Erişim Tarihi: 21.02.2022.

İnternet: SYGM (2023). Akarçay Havzası kuraklık yönetim planının güncellenmesi projesi yönetici özeti ve cilt 1-2. URL-14: <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/KURAKLIK%20Y%C3%96NET%C4%B0M%20PLANLARI%2009.01.2023/4-%20AKARCAY%20KYP%20-%20Y%C3%96NET%C4%B0C%C4%B0%20%C3%96ZET%C4%B0.pdf>, Son Erişim Tarihi: 14.01.2024.

İnternet: SYGM. (2020). Akarçay Havzası yönetim planı stratejik çevresel değerlendirme taslak raporu, 3 pilot havzada nehir havza yönetim planları kapsamında ekonomik analizler ve su verimliliği çalışmaları için teknik destek projesi. URL-15: <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Ta%C5%9Fk%C4%B1n%20Y%C3%B6netim%20Planlar%C4%B1/AKAR%C3%87AY%20HAVZASI%20TA%C5%9EKİN%20YONETİM%20PLANI.pdf>, Son Erişim Tarihi: 21.02.2022.

- İnternet: Tarım ve Orman Bakanlığı (2021). Corine arazi örtüsü sınıfları. URL-16: <http://tarimorman.gov.tr>, Son Erişim Tarihi: 04.05.2021.
- İnternet: Tarım ve Orman Bakanlığı (2023). Değişen iklime uyum çerçevesinde su verimliliği strateji belgesi ve eylem planı (2023–2033). URL-17: https://suverimliliği.gov.tr/wp-content/uploads/2023/09/SU-VERIMLILIGI-STRATEJI-BELGESI-ve-EYLEM-PLANI_dikey_260923.pdf, Son Erişim Tarihi: 17.09.2023.
- İnternet: Tarım ve Orman Bakanlığı (2024). Ulusal su kurulu kurulmasına ilişkin cumhurbaşkanlığı kararnamesi. URL-18: <https://www.tarimorman.gov.tr/Haber/6099/Ulusal-Su-Kurulu-Kurulmasina-Iliskin-Cumhurbaskani-Karari-Resmi-Gazetede-Yayimlandi>, Son Erişim Tarihi: 27.02. 2024.
- İnternet: TÜİK (2020). İl bazında kişi başı GSYH 2004-2020” veri seti. URL-19: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Il-Bazinda-Gayrisafi-Yurt-Ici-Hasila-2020-37188>, Son Erişim Tarihi: 28.10.2020.
- İnternet: TÜİK (2020a). Hayat tabloları, illere ve cinsiyete göre doğuşta beklenen yaşam süreleri, 2013, 2013-2014, 2015-2017. URL-20: <http://www.tuik.gov.tr>, Son Erişim Tarihi: 28.10.2020.
- İnternet: TÜİK (2020b) Öğretim yılı ve eğitim seviyesine göre okullaşma oranı 1997-2022. URL-21: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/DownloadIstatistikselTablo?p=7611LDLQLc/GnFJCFi3JgXoQiwklo8DUH1M2R8UpW7WkRr1Wwktc4H9oAJ10laoM>, Son Erişim Tarihi: 28.10.2022.
- İnternet: TÜİK (2020c). İl, tek yaş ve cinsiyete göre nüfus, 2007-2021. URL-22: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=49685>, Son Erişim Tarihi: 28.10.2020.
- İnternet: TÜİK (2022). Belediye, köy ve mahalle nüfusları. URL-23: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>, Son Erişim Tarihi: 07.07.2022.
- İnternet: TÜİK (2022a). İçme ve kullanma suyu için çekilen su miktarı (m³/yıl). URL-24: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>, Son Erişim Tarihi: 07.07.2022.
- İnternet: TÜİK (2022b). Dağıtılan su miktarı (m³/yıl). URL-25: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>, Son Erişim Tarihi: 07.07.2022.
- İnternet: TÜİK (2022c). Belediye atıksu istatistikleri. URL-26: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>, Son Erişim Tarihi: 18.08.2022.
- İnternet: UNDP (2020). Human development reports. URL-27: <https://hdr.undp.org/data-center/documentation-and-downloads>, Son Erişim Tarihi: 28.10.2020.
- İnternet: UNDP (2020a). Technical notes. URL-28: https://hdr.undp.org/sites/default/files/2021-22_HDR/hdr2021-22_technical_notes.pdf, Son Erişim Tarihi: 28.10.2020.
- İnternet: UNDP (2020b). Frequently asked questions (FAQs) about the human development index (HDI). URL-29: https://data.un.org/_Docs/FAQs_2011_HDI.pdf, Son Erişim Tarihi: 28.10.2020,

- İnternet: UNESCO-IHP (2010). Help broşürü. URL-30: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000214516>, Son Erişim Tarihi: 10.04.2020.
- İritaş, Ö. ve Günal, A. Ç. (2024). *2015-2020 yıllarında Akarçay ile komşu ve benzer havzaları için insani gelişme endeksinin hesaplanması ve su varlığının karşılaştırması*. Ankara: DSİ Teknik Bülteni, 15-28.
- Jarzebski, M. P., Karthe, D., Chapagain, S. K., Setiawati, M. D., Wadumestriga Dona, C. G., Pu, J. ve Fukushima, K. (2024). Comparative analysis of water sustainability indices: A systematic review. *Water*, 16(7), 961.
- Jaspers, F. G. (2003). Institutional arrangements for integrated river basin management. *Water Policy*, 5(1), 77-90.
- Juwana, I. (2012). *Development of a water sustainability index for West Jawa, Indonesia*. Ph. D. Thesis, Vivtoria University, Faculty of Health, Engineering and Science, Australia, 20-49.
- Juwana, I., Muttill, N. ve Perera, B. J. C. (2012). Indicator-based water sustainability assessment—A review. *Science of the Total Environment*, 438, 357-371.
- Juwana, I., Muttill, N. ve Perera, C. (2011, December). West java water sustainability index—a case study on citarum catchment. In *19th International congress on modeling and simulation*. Perth, Australia, 2184-2190.
- Juwana, I., Perera, B. J. C. ve Muttill, N. (2010). A water sustainability index for West Java—Part 2: refining the conceptual framework using Delphi technique. *Water Science and Technology*, 62(7), 1641-1652.
- Juwana, I., Perera, B. J. C. ve Muttill, N. (2010). A water sustainability index for West Java. Part 1: Developing the conceptual framework. *Water Science and Technology*, 62(7), 1629-1640.
- Khan, S. (2022). *Hydrology for the environment, life and policy: A trans-disciplinary initiative to solve real problems in real catchments*. Paris: UNESCO, 4-12.
- Kher, J., Aggarwal, S. ve Punhani, G. (2012). Climate change and water poverty: The Indian scenario. *Indian Research Journal of Extension Education*, 2, 21-24.
- Kim, I., Kim, Y. ve Kong, I. (2016, May). Assessing sustainable water use and local economy in Korea. In *Proceedings of the 36^o Annual Conference of the International Association for Impact Assessment*. Nagoya, Japan.
- Lawrence, P. R., Meigh, J. ve Sullivan, C. (2002). *The water poverty index: an international comparison* (pp. 1-25). Keele, Staffordshire, UK: Department of Economics, Keele University.
- Lehtonen, M., Sébastien, L. ve Bauler, T. (2016). The multiple roles of sustainability indicators in informational governance: between intended use and unanticipated influence. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 18, 1-9.

- Liou, S. M., Lo, S. L. ve Wang, S. H. (2004). A generalized water quality index for Taiwan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 96, 35-52.
- Lohani, B. N. ve Mustapha, N. (1982). Indices for water quality assessment in rivers: a case study of the Linggi River in Malaysia. *Water Supply and Management*, 6(6), 545–555.
- Loucks, D. P. (1997). Quantifying trends in system sustainability. *Hydrological Sciences Journal*, 42(4), 513-530.
- Loucks, D. P. (1999). *Sustainability criteria for water resources systems*. London, UK: Cambridge University Press, 9-19.
- Loucks, D. P. (2000). Sustainable water resources management. *Water International*, 25(1), 3-10.
- Maiolo, M. ve Pantusa, D. (2017). Combined reuse of wastewater and desalination for the management of water systems in conditions of scarcity. *Water and Ecology*, 4, 116–126.
- Maiolo, M. ve Pantusa, D. (2019). Sustainable water management index, SWaM_Index. *Cogent Engineering*, 6(1), 1603817.
- Maiolo, M. ve Pantusa, D. J. C. E. (2018). Infrastructure vulnerability index of drinking water systems to terrorist attacks. *Cogent Engineering*, 5(1), 1456710.
- Maiolo, M., Martirano, G., Morrone, P. ve Pantusa, D. (2006). Assessment criteria for a sustainable management of the water resources. *Water Practice and Technology*, 1(1), wpt2006012.
- Maiolo, M., Mendicino, G., Pantusa, D. ve Senatore, A. (2017). Optimization of drinking water distribution systems in relation to the effects of climate change. *Water*, 9(10), 803.
- Maiolo, M., Pantusa, D., Carini, M., Capano, G., Chiaravalloti, F. ve Procopio, A. (2018). A new vulnerability measure for water distribution network. *Water*, 10(8), 1005.
- Mazmanoğlu, A. (2012). İktisat ve işletmede istatistiksel anlamda indekxin önemi ve hesaplama teknikleri üzerine bir açıklama. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 26, 3-22.
- McCool, S. F. ve Stankey, G. H. (2004). Indicators of sustainability: challenges and opportunities at the interface of science and policy. *Environmental Management*, 33, 294-305.
- Mititelu-Ionuş, O. (2017). Watershed Sustainability Index Development and Application: Case Study of the Motru River in Romania. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26(5), 5-27.
- Molle, F. (2008). Nirvana concepts, narratives and policy models: Insights from the water sector. *Water Alternatives*, 1(1), 131-156.
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., & Tarantola, S. A. Hoffman ve E. Giovannini (2005) *Handbook on constructing composite indicators: Methodology and userguide*. Ispra, Italy: OECD Statistics Working Paper, 20-25.

- Nations, U. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, 1, 41.
- OECD (2003). *Environmental indicators. Development, measurement and use*. Paris: OECD Reference Paper, 4-68.
- Pahl-Wostl, C. (2007). The implications of complexity for integrated resources management. *Environmental Modelling & Software*, 22(5), 561-569.
- Postel, S. L. ve Richter, B. D. (2003). *Rivers for life: managing water for people and nature*. Washington: Island Press, 19-55.
- Rogers, B. C., Dunn, G., Hammer, K., Novalia, W., de Haan, F. J., Brown, L., ve Chesterfield, C. (2020). Water sensitive cities index: A diagnostic tool to assess water sensitivity and guide management actions. *Water Research*, 186, 116411.
- Russo, T., Alfredo, K. ve Fisher, J. (2014). Sustainable water management in urban, agricultural, and natural systems. *Water*, 6(12), 3934-3956.
- Salameh, E. (2000). Redefining the water poverty index. *Water International*, 25(3), 469–473.
- Sandoval-Solis, S., McKinney, D. C. ve Loucks, D. P. (2011). Sustainability index for water resources planning and management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 137(5), 381-390.
- Sauvage, N. B., Tremblay-Lévesque, S. L. C., Giorio, S. L., Herron, C., & Glennie, S. P. (2021). *Multi-stakeholder consultation processes for sdg 6 monitoring*. Stockholm, Sweden: Global Water Partnership, 1-9.
- Sauvage, N. B., Tremblay-Lévesque, S. L. C., Giorio, S. L., Herron, C. ve Glennie, S. P. (2021). *Multi-stakeholder consultation processes for sdg 6 monitoring*. Wageningen, Holand: Wageningen University & Research, 1-9.
- Sawyer, D. (1997). *Anthropic pressure index for savanna regions*. Brasilia: Springer, 20.
- Septiyanaa, D., Rahmana, M. A., Ariffa, T. F. M., Sukindara, N. A. ve Adestac, E. Y. T. (2023). Enhancing Water Sustainability Index Assessment through Risk Management, IoT, and Artificial Intelligence in Water Operation: A Review. *Journal of Management*, 7, 97-106.
- Smeets, E. ve Weterings, R., “Environmental Indicators: Typology and Overview”, *Technical Report No. 25, European Environment Agency*, Copenhagen, 1999.
- Smith, D. ve Rast, W. (1998). *Environmentally sustainable management and use of internationally shared freshwater resources*. New York: McGraw-Hill, 277-297.
- Spiller, M., McIntosh, B. S., Seaton, R. A. ve Jeffrey, P. J. (2012). An organisational innovation perspective on change in water and wastewater systems—the implementation of the Water Framework Directive in England and Wales. *Urban Water Journal*, 9(2), 113-128.

- Sullivan, C. (2002). Calculating a water poverty index. *World Development*, 30(7), 1195-1210.
- Sullivan, C. A. ve Byambaa, E. (2013). The application of the climate vulnerability index in Mongolia. In *workshop of climate adaptation*. Geneva: UNECE, 25-48.
- Sullivan, C. A. ve Meigh, J. (2007). Integration of the biophysical and social sciences using an indicator approach: Addressing water problems at different scales. *Water Resources Management*, 21, 111-128.
- Sullivan, C. A., Meigh, J. R., Giacomello, A. M., Fediw, T., Lawrence, P., Samad, M., Mlote, S., Hutton, C., Allan, J. A., Schulze, R. E., Dlamini, D. J. M., Cosgrove, W., Priscoli, J. D., Gleick, P., Smout, I., Cobbing, J., Calow, R., Hunt, C., Hussain, A., Acreman, M. C., King, J., Malomo, S., Tate, E. L., O'Regan, D., Milner, S. ve Steyl, I. (2003). The water poverty index: Development and application at the community scale. *Natural Resources Forum*, 27(3), 189-199.
- Sullivan, C. ve Meigh, J. (2003). Considering the water poverty index in the context of poverty alleviation. *Water Policy*, 5(5-6), 513-528.
- Sullivan, C. ve Meigh, J. (2005). Targeting attention on local vulnerabilities using an integrated index approach: the example of the climate vulnerability index. *Water Science and Technology*, 51(5), 69-78.
- Sullivan, C., Meigh, J. ve Lawrence, P. (2006). Application of the water poverty index at different scales: A cautionary tale: In memory of Jeremy Meigh who gave his life's work to the improvement of peoples lives. *Water International*, 31(3), 412-426.
- Swanson, D., Barg, S., Tyler, S., Venema, H., Tomar, S., Bhadwal, S. ve Drexhage, J. (2010). Seven tools for creating adaptive policies. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(6), 924-939.
- Şeker, D. S. (2011). *Türkiye'nin insani gelişme endeksi ve endeks sıralamasının analizi*. Ankara: T.C. Kalkınma Bakanlığı, Sosyal Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, 28-58.
- Tac, G. (2000). *Integrated water resources management*. Stockholm: Global Water Partnership Technical Advisory Committee, 4-20.
- Tıraş, H. (2019). Türkiye için insani gelişmişlik göstergeleri. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 14(1), 15-31.
- UNEP (2021). *Progress on integrated water resources management. Tracking SDG 6 series: Global indicator 6.5.1 updates and acceleration needs*. United Nations Environment Programme: Nairobi, Kenya.
- Viessmann, W. (1990). Water management issues for the nineties. *Journal of the American Water Resources Association*, 26(6), 883-891.
- Vollmer, D., Regan, H. M. ve Andelman, S. J. (2016). Assessing the sustainability of freshwater systems: A critical review of composite indicators. *Ambio*, 45, 765-780.

- Waas, T., Hugé, J., Block, T., Wright, T., Benitez-Capistros, F. ve Verbruggen, A. (2014). Sustainability assessment and indicators: Tools in a decision-making strategy for sustainable development. *Sustainability*, 6(9), 5512-5534.
- Water, U. N. (2012). *Status report on the application of integrated approaches to water resources management*. United Nations Environment Programme: Nairobi, Kenya.
- WCED, S. W. S. (1987). World commission on environment and development. *Our Common Future*, 17(1), 16.
- World Bank (1992). *World development report*. New York: Oxford University Press, 14-25.
- World Bank (1994). *Social indicators of development*. Washington, DC: World Bank, 41-56.
- World Bank (1996a). *Poverty monitoring and analysis systems*. Washington, DC: World Bank, 4-62.
- World Bank (1996b). *A guide to LSMS surveys and their datasets*. Washington, DC: World Bank, 6-25.
- World Bank (1997). *Expanding the measure of wealth indicators of environmentally sustainable development*. Washington, DC: World Bank, 32-66.
- World Bank (1998). *Standardised welfare indicators*. Washington, DC: World Bank, 27-48.
- Yalçın, A. Z. (2016). Sürdürülebilir kalkınma için yeşil ekonomi düşüncesi ve mali politikalar. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(1), 749-775.
- Zamanzad-Ghavidel, S., Sobhani, R., Etaei, S., Hosseini, Z. ve Montaseri, M. (2021). Development of hydro-social-economic-environmental sustainability index (HSEESI) in integrated water resources management. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(8), 463.



Gazili olmak ayrıcalıktır