

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**ERGENE NEHRİ SU KALİTESİNİN BAKTERİYOLOJİK VE
FİZİKOKİMYASAL AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Sadiye YÜCE TAVUKÇU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. Gökhan Önder ERGÜVEN
II. DANIŞMAN
Prof. Dr. Numan YILDIRIM

TUNCELİ-2025

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**ERGENE NEHRİ SU KALİTESİNİN BAKTERİYOLOJİK VE
FİZİKOKİMYASAL AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Sadiye YÜCE TAVUKÇU
(220020009)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. Gökhan Önder ERGÜVEN
II. DANIŞMAN
Prof. Dr. Numan YILDIRIM

TUNCELİ-2025

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**ERGENE NEHRİ SU KALİTESİNİN BAKTERİYOLOJİK VE
FİZİKOKİMYASAL AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Sadiye YÜCE TAVUKÇU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez 30/12/2025 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

İmza	İmza	İmza
Dr. Öğretim Üyesi Berna	Prof. Dr. Gökhan Önder	Prof. Dr. Cüneyt
ÇAPAR	ERGÜVEN	BAĞDATLI
BAŞKAN	DANIŞMAN	ÜYE

Bu tez, Enstitümüz Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Nagihan KARAASLAN AYHAN
Enstitü Müdürü

Bu çalışma, Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: YLMU024-05

NOT: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, “Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu”ndaki hükümlere tabidir.

30/12/2025

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

İmza
Sadiye YÜCE TAVUKÇU

Danışman
Prof. Dr. Gökhan Önder ERGÜVEN

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Eğitimim sırasında yardımlarını bir an olsun esirgemeyen, beni yönlendiren ve destekleyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Gökhan Önder ERGÜVEN'e, II. Danışman hocam Prof. Dr. Numan YILDIRIM'a teşekkür ederim.

Saha çalışmalarında ve tez yazım sürecinde desteğini gördüğüm meslektaşım Birce BÜYÜKDUMANLI'ya teşekkür ederim.

Beni hiç yalnız bırakmayan canım kızım Azra Naz TAVUKÇU'ya teşekkür ederim.

Sadiye YÜCE TAVUKÇU
TUNCELİ-2025



İÇİNDEKİLER

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	I
TEŞEKKÜR.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ŞEKİLLER LİSTESİ	IV
TABLOLAR LİSTESİ	V
RESİMLER LİSTESİ	VI
SEMBOLLER LİSTESİ	VII
KISALTMALAR LİSTESİ	VIII
ÖZET	IX
ABSTRACT	X
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Su Kalitesini Etkileyen Faktörler	3
1.2. Su Kirliliğinin Ekosistemler Üzerindeki Etkileri	4
1.3. Su Kalitesinin Halk Sağlığı Üzerindeki Etkileri.....	5
1.4. Su Kirliliğinin Ekonomik ve Sosyal Boyutları.....	6
1.5. Fizikokimyasal Su Kalitesi Parametreleri	8
1.6. Bakteriyolojik Su Kalitesi Parametreleri.....	10
1.7. Türkiye’de Su Kirliliği Yönetimi ve Mevzuat	11
1.8. Ergene Nehri ve Havza Özellikleri.....	13
1.9. Ergene Nehri’nin Önemi ve Su Kalitesi Sorunları	13
1.10. Çalışmanın Amacı ve Önemi.....	15
2. YÖNTEM.....	16
2.1. Araştırma Alanı	16
2.1.1. Ergene ilçesi	17
2.1.2. Muratlı ilçesi.....	19
2.2. Numune Alımı ve Analiz Yöntemleri	22
2.2.1. pH, sıcaklık, tuzluluk ve çözülmüş oksijen	22
2.2.2. Bulanıklık	22
2.2.3. Askıda katı madde	23
2.2.3. Toplam organik karbon	23
2.2.4. Kimyasal oksijen ihtiyacı	23
2.2.5. Biyolojik oksijen ihtiyacı	23
2.2.6. Koliiform bakteriler ve <i>Escherichia coli</i>	23
2.3. Verilerin Analizi.....	24
3. BULGULAR ve TARTIŞMA	25
3.1. Mevsimsel Karşılaştırma	29
3.2. Tanımlayıcı İstatistikler.....	40
3.3. Mevzuat	43
4. SONUÇ ve ÖNERİLER	49
5. KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Çalışma İstasyonları.....	16
Şekil 2.2. Çalışma İstasyonu Çevresinde Bulunan OSB Arıtma Tesisleri.....	17
Şekil 3.1. pH Parametresinin İlkbahar/Sonbahar Karşılaştırması.....	30
Şekil 3.2. Sıcaklık Parametresinin İlkbahar/Sonbahar Karşılaştırması.....	31
Şekil 3.3. Çözünmüş Oksijen Parametresinin İlkbahar/Sonbahar Karşılaştırması.....	32
Şekil 3.4. Tuzluluk Parametresinin İlkbahar/Sonbahar Karşılaştırması.....	33
Şekil 3.5. Bulanıklık Parametresinin İlkbahar/Sonbahar Karşılaştırması.....	34
Şekil 3.6. KOİ Parametresinin İlkbahar/Sonbahar Karşılaştırması.....	35
Şekil 3.7. BOİ Parametresinin İlkbahar/Sonbahar Karşılaştırması.....	36
Şekil 3.8. AKM Parametresinin İlkbahar/Sonbahar Karşılaştırması.....	37
Şekil 3.9. TOK Parametresinin İlkbahar/Sonbahar Karşılaştırması.....	38



TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 2.1. Numune Alım İstasyonlarına Ait GPS Koordinatları.....	16
Tablo 3.1. Numune Noktalarına Göre Parametreler (İlkbahar)	25
Tablo 3.2. Numune Noktalarına Göre Parametreler (Sonbahar)	27
Tablo 3.3. İstasyonlara Göre Parametrelerin Ortalama Değerleri.....	38
Tablo 3.4. Parametrelerin Ortalama Değerlerinin Mevsimsel Karşılaştırması.....	40
Tablo 3.5. İstasyonlara Göre Parametre Değişkenliği (Standart Sapma)	41
Tablo 3.6. İstasyonlara Göre Parametrelerin Maksimum ve Minimum Değerleri.....	42
Tablo 3.7. Kıtaiçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri.....	44

RESİMLER LİSTESİ

Resim 2.1. Ulaş İstasyonu.....	18
Resim 2.2. Esenler İstasyonu.....	19
Resim 2.3. Yukarı Sevindikli İstasyonu.....	20
Resim 2.4. Aşağı Sevindikli İstasyonu.....	21
Resim 2.5. Ballı Hoca İstasyonu.....	22



SEMBOLLER LİSTESİ

°C	: Santigrat Derece
mg/l	: Miligram/Litre
ml	: Mililitre
pH	: Hidrojen Gücü
%	: Yüzde



KISALTMALAR LİSTESİ

AKM	: Askıda Katı Madde
BOD / BOİ	: Biological Oxygen Demand / Biyolojik Oksijen İhtiyacı
CFU	: Colony Forming Unit (Koloni Oluşturan Birim)
COD / KOİ	: Chemical Oxygen Demand / Kimyasal Oksijen İhtiyacı
DO / ÇO	: Dissolved Oxygen / Çözünmüş Oksijen
<i>E. coli</i>	: <i>Escherichia coli</i>
EC	: Electrical Conductivity (Elektriksel İletkenlik)
GPS	: Global Positioning System (Küresel Konumlandırma Sistemi)
MPN	: Most Probable Number (En Muhtemel Sayı)
NTU	: Nephelometric Turbidity Unit (Bulanıklık Birimi)
OSB	: Organize Sanayi Bölgesi
pH	: Hidrojen İyon Konsantrasyonu
TOC / TOK	: Total Organic Carbon / Toplam Organik Karbon
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
YSKY	: Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği

ÖZET

Bu tez çalışmasında, Ergene Nehri'nin Ulaş, Esenler, Yukarı Sevindikli, Aşağı Sevindikli ve Ballı Hoca istasyonlarında 2024 yılının Nisan ve Kasım dönemlerinde gerçekleştirilen su kalitesi izleme çalışmaları kapsamında fizikokimyasal ve bakteriyolojik parametrelerin mekânsal ve mevsimsel değişimi değerlendirilmiştir. Çalışmanın amacı, nehrin mevcut su kalitesini güncel veriler ışığında ortaya koymak, organik ve mikrobiyolojik kirliliğin boyutunu incelemek ve havza genelindeki kirlilik baskısını bilimsel olarak ortaya koymaktır.

Elde edilen bulgular, Ergene Nehri'nin özellikle orta ve aşağı kesimlerinde yoğun kirlletici etkiler altında bulunduğunu göstermiştir. Aşağı Sevindikli, Ballı Hoca ve Esenler istasyonlarında ölçülen yüksek KOİ, BOİ, AKM ve bulanıklık değerleri, bu bölgelerin hem noktasal (endüstriyel ve evsel atıksu deşarjları) hem de yayılı (tarımsal faaliyetler ve yüzey akışı) kirlilik kaynaklarının birleşik etkisi altında olduğunu ortaya koymaktadır. Kasım döneminde KOİ ve BOİ değerlerinde belirgin artış gözlenmiş olup bu durum, düşük debi koşullarında azalan seyreltme kapasitesiyle ilişkilendirilmiştir. Bakteriyolojik analizlerde tüm istasyonlarda >100 CFU/mL düzeyinde fekal indikatör bakterilerin tespit edilmesi, Ergene Nehri'nin rekreasyonel kullanım açısından ciddi hijyenik risk taşıdığını ortaya koymuştur.

Genel olarak değerlendirildiğinde, Ergene Nehri'nin su kalitesi Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (2012) sınıflandırmasına göre büyük ölçüde III. sınıf (kirlenmiş su) seviyesinde bulunmuştur. Bu durum, nehrin hem ekolojik işleyiş hem de halk sağlığı açısından baskı altında olduğunu göstermektedir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, havza ölçeğinde kirlilik kontrolünün güçlendirilmesi, ileri arıtma teknolojilerinin yaygınlaştırılması, tarımsal yayılı kaynakların sınırlandırılması ve düzenli izleme çalışmalarının sürdürülmesi önerilmektedir. Çalışma, Ergene Havzası'nın çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik bir bölge olduğunu bir kez daha ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Ergene nehri, su kalitesi, fizikokimyasal parametreler, bakteriyolojik analiz, organik kirlilik

ABSTRACT

Assessment of the Bacteriological and Physicochemical Water Quality of the Ergene River

In this study, the spatial and seasonal variations of physicochemical and bacteriological water quality parameters were evaluated based on monitoring conducted at five stations—Ulaş, Esenler, Yukarı Sevindikli, Aşağı Sevindikli, and Ballı Hoca—along the Ergene River during April and November 2024. The main objective of the research was to determine the current water quality status of the river, assess the extent of organic and microbiological pollution, and reveal the overall pollution pressure on the basin using up-to-date scientific data.

The findings demonstrated that the Ergene River is exposed to significant pollution pressure, particularly in its middle and lower reaches. High levels of Chemical Oxygen Demand (COD), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Suspended Solids (SS), and turbidity detected at the Aşağı Sevindikli, Ballı Hoca, and Esenler stations indicate the combined influence of both point sources—such as industrial discharges and untreated domestic wastewater—and diffuse sources, including agricultural runoff and surface erosion. A noticeable increase in COD and BOD during the November sampling period was associated with reduced river flow and decreased dilution capacity under low-discharge conditions. Bacteriological analyses revealed fecal indicator bacteria levels exceeding 100 cfu/mL at all stations, indicating that the Ergene River poses a significant hygienic risk and is unsuitable for recreational use.

Overall, water quality assessment revealed that the Ergene River largely corresponds to Class III (polluted water) according to the Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (2012). This classification reflects substantial ecological stress and highlights potential risks to public health. Based on these results, it is recommended that pollution-control measures in the basin be strengthened, advanced treatment technologies be expanded, diffuse agricultural pollution be reduced through controlled fertilizer and pesticide use, and continuous monitoring programs be enhanced. The study underscores that the Ergene Basin remains an environmentally critical region requiring integrated and sustainable water management strategies.

Keywords: Ergene river, water quality, physicochemical parameters, bacteriological analysis, organic pollution

1. GİRİŞ

Nehir ekosistemleri, açık sistem yapıları nedeniyle hem doğal süreçlerin hem de antropojenik faaliyetlerin etkisine doğrudan maruz kalan, oldukça hassas su ortamlarıdır (Allan & Castillo, 2007; Wetzel, 2011). Yağmur suyu, yüzey akışları, atmosferik taşınım gibi doğal süreçlerin yanı sıra, evsel atıklar, sanayi kirliliği ve tarımsal faaliyetler de nehir sularının kalitesini büyük ölçüde etkilemektedir (Zgrundo & Bogaczewicz-Adamczak, 2004). Su ekosistemlerinin sağlığı, bu ortamda yaşayan bitki ve hayvan türlerinin yaşamını sürdürmesi açısından hayati bir öneme sahiptir. Su kalitesinde meydana gelen bozulmalar, ekosistemdeki biyolojik çeşitliliği tehdit edebilir, bazı türlerin yok olmasına ya da habitatlarını terk etmesine neden olabilir (Hosmani, 2012). Nehre deşarj edilen sanayi ve evsel atıklar, zamanla suyun hem kimyasal hem de biyolojik dengesini bozarak, kirlilik düzeyinin artmasına ve nehir ekosisteminde ciddi problemlere yol açmaktadır (Noga vd., 2013).

Alıcı ortamlardaki kirliliğin temel kaynağı, nehre doğrudan veya dolaylı yollarla yayılan kimyasal, biyolojik kirlilik ve besin yükleridir. Bu kirleticiler, sudaki çözünmüş oksijen seviyesini düşürerek balık türlerinin ve su bitkilerinin yaşamını tehdit eder; aynı zamanda bazı parametrelerin eşik değerleri geçildiğinde, ekosistemdeki trofik zincir boyunca biyobirikim yoluyla kalıcı toksisite oluşturabilir (Barinova & Mamanazarova, 2021).

Su kirliliği, insan faaliyetleri veya doğal süreçler sonucunda su ortamının fiziksel, kimyasal ve biyolojik dengesinin bozulması ve bu değişimin ekosistem işleyişini olumsuz yönde etkilemesi olarak değerlendirilmektedir (Chapman, 1996; UNEP, 2016). Kirliliğin en yaygın kaynakları arasında sanayi atıkları, tarımsal faaliyetlerden gelen kimyasal gübre ve pestisitler, evsel atık sular, yağmur suyu akıntıları ve doğal olaylar (volkanik patlamalar, toprak kaymaları) yer almaktadır (Yılmaz vd., 2020). Bu kirleticiler, suyun doğal dengesini bozarak, sucul yaşam formlarının varlığını tehdit eder ve suyun tarımsal sulama, içme suyu veya sanayi kullanımı gibi amaçlarla kullanılabilirliğini azaltır (Oskay vd., 2023).

Su kirliliği türleri, genellikle kirleticilerin kaynaklarına ve su üzerindeki etkilerine göre sınıflandırılır. İlk olarak, noktasal kaynaklı su kirliliği terimi, belirli bir noktadan kaynaklanan kirliliği ifade etmektedir (Baştürk, 2019). Bu tür kirliliğe örnek olarak, sanayi tesislerinin doğrudan su kaynaklarına boşalttığı atık sular verilebilir. Bu kirleticiler, fabrika bacalarından çıkan kimyasalların nehir ya da göllere doğrudan karışması gibi belirgin kaynaklardan yayılır ve suyun fizikokimyasal özelliklerini ciddi şekilde bozar (Aras vd., 2017). İkinci olarak, dağınık

kaynaklı su kirliliği ise belirli bir noktadan gelmeyen, geniş alanlara yayılmış ve genellikle tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan kirliliktir. Yağmur suyu ile yüzey akıntılarının tarımsal alanlardan, yollar ve şehir alanlarından kimyasal maddeleri, toprak parçacıklarını, gübre ve pestisit kalıntılarını su kaynaklarına taşıması bu tür kirliliğe örnektir (Mutlu vd., 2016). Dağınık kaynaklı kirlilik, kontrol altına alınması zor bir kirlilik türüdür, çünkü kirliletici maddeler geniş bir alana yayıldığından ve birden fazla kaynaktan geldiğinden, kirliliğin kaynağını tespit etmek daha karmaşık olabilmektedir (Köse vd., 2020).

Su kirliliği ayrıca kimyasal, fiziksel ve biyolojik kirlileticilere göre de sınıflandırılır. Kimyasal kirlilik, suya karışan toksik maddelerden, özellikle ağır metaller (civa, kurşun, kadmiyum gibi), endüstriyel kimyasallar ve tarımsal gübrelerden kaynaklanır (Eassa vd., 2015). Bu kirlileticiler, suyun kimyasal yapısını değiştirir ve su ekosistemlerinde yaşayan organizmaların sağlığı üzerinde zararlı etkiler yaratabilir. Özellikle ağır metaller, biyolojik birikim yoluyla sucul organizmaların vücudunda birikir ve besin zinciri boyunca insanlara ulaşarak ciddi sağlık sorunlarına yol açabilmektedir (Akkan & Mutlu, 2022). Fiziksel kirlilik, genellikle suyun sıcaklığı, bulanıklığı ve asidik ya da bazik özelliklerindeki değişikliklerle ilgilidir. Sanayi atıklarının su sıcaklığını artırması ya da tortu ve diğer partiküllerin suyun berraklığını azaltması gibi durumlar fiziksel kirliliğe örnek olarak verilebilir (Kutlu vd., 2015). Biyolojik kirlilik ise mikrobiyal patojenlerin, özellikle dışkı kaynaklı bakterilerin ve virüslerin suya karışması ile ortaya çıkar. Bu tür kirlilik, özellikle içme suyu kaynakları ve tarımsal sulama alanlarında ciddi sağlık riskleri yaratır. Koliform bakteriler, E. coli ve diğer dışkı kaynaklı mikroorganizmalar su yoluyla bulaşan hastalıkların yayılmasına neden olabilir (Tezcanli & İlhan, 2011).

Su kalitesi ise suyun kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerinin ölçüldüğü bir kavram olup, suyun belirli kullanım amaçlarına uygunluğunu belirlemektedir (Bilgin, 2015). Su kalitesi parametreleri, suyun ekosistem üzerindeki etkilerini, insan sağlığı açısından güvenli olup olmadığını ve tarımsal veya endüstriyel kullanıma uygunluğunu değerlendirir (Ustaoğlu, vd., 2020). Su kalitesi, suyun içme suyu olarak kullanılabilirliğinden, tarımsal sulamaya ve sucul yaşamı destekleyip desteklemediğine kadar geniş bir yelpazede değerlendirilir (Akbulut vd., 2010).

Su kalitesini değerlendirmek için çeşitli parametreler kullanılır; bu parametreler fizikokimyasal ve biyolojik göstergeler olarak iki ana kategoriye ayrılır (Srivastava vd., 2017).

Fizikokimyasal parametreler, suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerini tanımlayan

ölçümlerdir (Oskay vd., 2023).

Biyolojik parametreler, suyun mikrobiyal kalitesini ve patojen içeriğini değerlendiren göstergelerdir (Dirican, 2015). Su kalitesi parametreleri, suyun ekolojik dengesi, insan sağlığı ve tarımsal üretim açısından değerlendirilmesi gereken kritik faktörlerdir (Sevindik & Kucuk, 2016).

Su kirliliği ve su kalitesi kavramları, ekosistem sürekliliği ve toplum sağlığı açısından birbirini tamamlayan temel çevresel göstergeler olarak değerlendirilmektedir (WHO, 2017; EC, 2000). Su kaynaklarının kirliliğinin kontrol altına alınması ve su kalitesinin düzenli olarak izlenmesi, ekosistemlerin dengesini korurken, temiz suyun sağlanması, insan sağlığı ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından da elzemdir (Noga vd., 2013). Bu bağlamda, su kirliliğinin kontrolü için ulusal ve uluslararası düzeyde yönetmelikler geliştirilmiş ve su kalitesini artırmaya yönelik çeşitli politikalar uygulanmaya başlanmıştır (Oskay vd., 2023). Özellikle sanayi ve tarım sektörlerinde alınan önlemler, su kaynaklarının kirlenmesini önlemeye yönelik stratejik adımları içerir. Günümüzde su kirliliği, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde çevresel sürdürülebilirliği tehdit eden küresel ölçekli bir sorun olarak önemini arttırarak sürdürmektedir (Tokatlı, 2020).

1.1. Su Kalitesini Etkileyen Faktörler

Su kalitesini etkileyen faktörler, doğal ve insan kaynaklı olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir. Doğal faktörler, suyun kaynağı, iklim koşulları, mevsimsel değişiklikler, yer altı suları ve suyun jeolojik özellikleri gibi unsurları içerir (Shen vd., 2018). Örneğin, su kaynağının geçtiği bölgedeki toprak ve kayaç yapısı, suyun mineral içeriğini ve pH dengesini etkileyebilir. Ayrıca, mevsimsel değişiklikler su sıcaklığını, çözünmüş oksijen seviyelerini ve suyun debisini doğrudan etkileyebilmektedir (Celekli vd., 2021). Yağışlı dönemlerde artan yüzey akışları, suya taşınan organik ve inorganik maddelerin miktarını artırarak su kalitesini düşürebilir. Buna karşılık, kurak dönemlerde suyun debisinin azalması, kirleticilerin yoğunlaşmasına neden olabilir (Şahin vd., 2020). Ayrıca, su kalitesi üzerinde etkili olan bir diğer doğal faktör ise suyun bulunduğu bölgenin bitki örtüsüdür. Yoğun bitki örtüsü, suyun nitrat ve fosfat gibi kirleticilerden arındırılmasında önemli bir rol oynarken, bitki örtüsünün az olduğu alanlarda bu kirleticiler su kaynaklarına kolayca karışabilmektedir (Hwang vd., 2006).

İnsan kaynaklı faktörler ise su kalitesi üzerinde çok daha belirgin ve genellikle olumsuz

etkiler yaratmaktadır. Sanayi, tarım ve kentleşme gibi insan faaliyetleri, su kaynaklarına doğrudan ya da dolaylı yoldan kirleticilerin taşınmasına neden olur (Shen vd., 2018). Sanayi tesislerinden salınan ağır metaller, kimyasallar ve organik kirleticiler, suyun kimyasal yapısını bozarak ekosistemler ve halk sağlığı üzerinde ciddi tehlikeler yaratır. Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan gübre ve pestisitler, yağmur suyu ile birlikte yüzey akıntıları yoluyla su kaynaklarına karışarak suyun nitrat, fosfat ve amonyak içeriğini artırır (Sawaiker & Rodrigues, 2017). Bu durum, özellikle göl ve nehirlerde ötrofikasyona yol açar; bu da sucul yaşamı olumsuz etkileyen alg patlamalarına ve oksijen yetersizliğine neden olabilir. Ayrıca, kentleşme ile birlikte evsel atıkların yetersiz arıtma tesislerinden doğrudan su kaynaklarına boşaltılması, suyun mikrobiyal ve kimyasal kalitesini ciddi şekilde bozabilmektedir (Yan vd., 2024). Evsel atıklardan kaynaklanan koliform bakteriler ve diğer patojenler, suyun içme suyu olarak kullanılmasını tehlikeli hale getirir (Darvishi vd., 2016).

Su kalitesini etkileyen diğer bir faktör ise enerji santralleri ve barajlardır. Bu tür tesisler, su sıcaklığını artırarak suyun oksijen tutma kapasitesini azaltabilir, bu da sucul yaşamın devamlılığı açısından olumsuz bir etki yaratabilir (Kalyoncu vd., 2009). Termal kirlilik olarak adlandırılan bu durum, özellikle balık popülasyonlarının azalmasına ve su ekosistemlerinin bozulmasına yol açabilmektedir (Shen vd., 2018). Sonuç olarak, su kalitesini etkileyen faktörler, hem doğal süreçlerden hem de insan kaynaklı faaliyetlerden kaynaklanmakta ve su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde korunması için bu faktörlerin dikkatle izlenmesi gerekmektedir (Maraşlıoğlu vd., 2020).

1.2. Su Kirliliğinin Ekosistemler Üzerindeki Etkileri

Su kirliliği, su ekosistemleri üzerinde geniş çaplı ve ciddi olumsuz etkiler yaratmaktadır. Su ekosistemleri, balıklar, bitkiler, mikroorganizmalar ve diğer sucul canlılar için yaşam alanı sağlamaktadır (Albay and Koker 2020). Ancak kirleticiler, bu hassas dengeyi bozarak sucul organizmaların yaşamını tehdit eder. Kimyasal kirleticiler, özellikle ağır metaller ve toksik maddeler, sucul organizmalar üzerinde doğrudan toksik etkilere sahiptir (Ustaoglu vd., 2021). Bu tür maddeler, balıkların ve diğer sucul canlıların vücutlarında biyolojik birikim yaparak besin zinciri boyunca insanlara kadar ulaşabilir. Ayrıca, bu toksik maddeler, sucul bitki örtüsünü de olumsuz etkileyerek fotosentez sürecini yavaşlatır ve suyun oksijen seviyesinin düşmesine yol açar (Shen vd., 2018).

Su kirliliği ayrıca ekosistemlerin biyolojik çeşitliliğini de olumsuz etkiler. Kirletici maddeler, habitatların bozulmasına ve bazı türlerin yok olmasına yol açabilir (Celekli vd., 2019). Özellikle hassas sucul organizmalar, su kalitesindeki değişikliklere karşı daha duyarlıdır ve bu türlerin popülasyonları, kirlilik seviyeleri arttıkça azalır. Bununla birlikte, kirli suların akışkanlığı azalabilir ve bu da nehir yataklarının ve göllerin tortu ile dolmasına neden olabilir (Shen vd., 2018). Tortu birikimi, su ekosistemlerinin doğal yapısını bozarak hem sucul organizmaların yaşam alanlarını kısıtlar hem de suyun taşıma kapasitesini azaltır. Bu durum, ekosistem hizmetlerinin bozulmasına ve su kaynaklarının doğal döngüsünün kesintiye uğramasına neden olur (Aykut vd., 2024).

Su kirliliğinin ekosistemler üzerindeki bir diğer önemli etkisi ise ötrofikasyon sürecidir. Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan fosfat ve nitrat gibi besleyici maddelerin su kaynaklarına karışması, göl ve nehirlerde ötrofikasyona yol açabilmektedir (Kurnaz vd., 2016). Bu süreçte, sucul bitkiler ve algler hızla çoğalır ve su yüzeyini kaplar. Bu da suyun ışık geçirgenliğini azaltarak sucul bitkilerin fotosentez yapmasını engeller ve oksijen seviyelerinin düşmesine yol açar (Gultekin vd., 2012). Sonuç olarak, sucul ekosistemlerde oksijen eksikliği meydana gelir ve bu durum balık ölümlerine, su kalitesinin daha da kötüleşmesine ve biyolojik çeşitliliğin azalmasına neden olur. Su kirliliği, su ekosistemlerini büyük ölçüde bozar ve bu bozulan ekosistemler, insan faaliyetlerinin sürdürülebilirliği açısından da uzun vadede ciddi sorunlar yaratabilirler (Barinova & Mamanazarova, 2021).

1.3. Su Kalitesinin Halk Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Su kalitesinin bozulması, özellikle içme ve kullanım suyu kaynakları açısından halk sağlığı üzerinde doğrudan risk oluşturan bir faktör olarak değerlendirilmekte ve toplum genelinde çeşitli bulaşıcı hastalıkların yayılmasına zemin hazırlayabilmektedir (Szczepocka vd., 2014).

Su kaynaklarında bulunan patojen mikroorganizmalar, özellikle koliform bakteriler ve *E. coli* gibi dışkı kökenli bakteriler, su yoluyla bulaşan hastalıkların başlıca sorumlularıdır (Atıcı vd., 2018). Bu tür bakteriler, özellikle içme suyu kaynaklarına karıştığında, ishal, tifo, dizanteri ve kolera gibi hastalıkların yayılmasına neden olabilir. Kirli suyun tarımsal sulamada kullanılması, bu patojenlerin gıda zincirine taşınmasına ve insanların kirli gıdalar tüketerek hastalanmasına yol açabilir.

Su kalitesinin düşük olması, sadece mikrobiyal kirleticilerle sınırlı kalmaz, aynı zamanda kimyasal kirleticiler de halk sağlığını tehdit eder. Özellikle ağır metaller, endüstriyel kimyasallar ve pestisitler suya karışarak içme suyu yoluyla insan vücuduna alınabilir. Bu kirleticiler, uzun vadede kansere, sinir sistemi bozukluklarına ve üreme sistemi problemlerine yol açabilmektedir (Tokatlı, 2018).

Su kalitesinin halk sağlığı üzerindeki etkileri, yalnızca doğrudan sağlık sorunlarıyla sınırlı kalmayıp, sosyo-ekonomik dengeleri de etkileyen geniş kapsamlı bir sorundur. Su kirliliğinin önlenmesi, yalnızca çevresel bir gereklilik değil, aynı zamanda halk sağlığını koruma açısından da kritik bir adımdır (Noga vd., 2013). Bu bağlamda, su kaynaklarının sürekli olarak izlenmesi ve temiz suya erişimin güvence altına alınması, sürdürülebilir kalkınma ve toplum refahı için temel bir gerekliliktir (Çelekli vd., 2018).

1.4. Su Kirliliğinin Ekonomik ve Sosyal Boyutları

Su kirliliği, yalnızca çevresel bir sorun olarak kalmayıp, toplumun ekonomik ve sosyal yapısı üzerinde de derin etkiler yaratır. Bu nedenle, su kirliliği ile mücadele etmek, sadece çevresel sürdürülebilirliği sağlamakla kalmaz, aynı zamanda toplumun ekonomik kalkınmasını ve sosyal refahını korumak açısından da önemlidir (Demir vd., 2016).

Su kirliliğinin ekonomik boyutlarından ilki, tarımsal üretim üzerindeki olumsuz etkilerdir. Su kaynaklarının kirlenmesi, tarımsal sulamada kullanılan suyun kalitesini düşürür ve bu da tarım ürünlerinin verimliliğini doğrudan etkiler. Kirli suyla sulanan bitkiler, büyüme süreçlerinde yavaşlama ve zararlı kimyasal maddelerden kaynaklanan sağlık sorunları yaşar (Nubi vd., 2024). Yüksek tuzluluk, ağır metal ve kimyasal maddelerle kirlenmiş suyun tarımsal sulamada kullanılması, bitkilerde tuz birikimine, toprakta verim kaybına ve ürün kalitesinin düşmesine neden olabilir. Ayrıca, kirli suyla yetiştirilen tarım ürünleri, insan sağlığı açısından risk taşıdığından, bu ürünlerin pazarlanması zorlaşır ve ekonomik kayıplar artar. Çiftçiler, kirlenmiş sulardan etkilenen ürünlerde meydana gelen zararları telafi etmek için daha fazla gübre ve kimyasal kullanmak zorunda kalabilir, bu da maliyetleri artırır ve çevresel sorunları derinleştirir (Hepsağ, 2003).

Su kirliliği ayrıca balıkçılık sektörü üzerinde ciddi ekonomik etkiler yaratır. Özellikle nehirler, göller ve denizler gibi balıkçılık faaliyetlerinin yoğun olduğu su kaynaklarında kirlilik, balıkların üreme, büyüme ve hayatta kalma şansını azaltır (Nawrocka & Kobos, 2011). Su

ekosistemlerinde meydana gelen bu bozulma, ticari balıkçılık sektöründe büyük ekonomik kayıplara yol açabilir. Balıkçılık sektörü, su kaynaklarındaki balıkların azalması nedeniyle gelir kaybına uğrar ve su kirliliğinin devam etmesi, bu sektörde çalışanların geçim kaynaklarını tehdit eder. Aynı zamanda, kirliliği su kaynaklarından elde edilen balık ve diğer su ürünlerinin tüketimi, halk sağlığı açısından risk taşıdığından, bu ürünlerin pazarlanmasında zorluklar yaşanır. Balıkçılık sektöründeki bu kayıplar, hem yerel ekonomiyi hem de ulusal ekonomiyi olumsuz yönde etkiler (Mohammed vd., 2019).

Su kirliliğinin turizm sektörü üzerindeki etkisi de göz ardı edilemez. Kirliliği su kaynaklarına sahip bölgelerde, turizm faaliyetleri azalır ve bu da turizm sektöründe büyük ekonomik kayıplara yol açar (Nubi vd., 2024). Aynı zamanda, turistik tesisler, kirliliği su nedeniyle operasyonlarını sürdüremeyebilir ve bu durum, hem yerel halkın hem de işletmelerin gelir kaybı yaşamalarına neden olur. Temiz su kaynaklarına sahip turistik bölgelerin aksine, kirliliği su kaynaklarına sahip bölgeler, turizm açısından cazibesini kaybeder ve bu da yerel ekonomiyi olumsuz etkiler (Dalkıran vd., 2020).

Su kirliliği, halk sağlığı üzerinde de büyük maliyetler yaratır. Mikrobiyal ve kimyasal kirliliklerle kontamine olmuş su kaynakları, su yoluyla bulaşan hastalıkların yayılmasına neden olabilir. Kirliliği su tüketimi, ishal, kolera, dizanteri, tifo ve hepatit gibi ciddi sağlık sorunlarına yol açar (Madkour, 2007). Su kaynaklı hastalıkların tedavi maliyetleri, hem bireyler hem de devletler için büyük bir ekonomik yük oluşturur. Ayrıca, su kirliliği nedeniyle sağlığı etkilenen bireylerin iş gücü kaybı yaşamaları, ekonomik üretkenliği azaltır ve genel ekonomik büyümeyi olumsuz etkiler (Koci Kallfa vd., 2014).

Su kirliliğinin sosyal boyutları, toplumsal yaşam kalitesinin düşmesi ve çevre ile ilgili farkındalığın azalması gibi etkileri de içerir. Kirliliği su kaynakları, insanların günlük yaşamlarında suya erişimlerini zorlaştırır ve sağlıklı yaşam koşullarını tehdit eder. Su kirliliği, özellikle yoksul ve dezavantajlı grupları daha fazla etkileyerek toplumsal eşitsizlikleri derinleştirir (Divrik vd., 2021).

Su kirliliği, toplumun hem ekonomik hem de sosyal yapısı üzerinde derin etkiler bırakır. Tarım, balıkçılık, turizm ve halk sağlığı gibi sektörlerde büyük ekonomik kayıplara neden olurken, toplumsal yaşam kalitesini düşürür ve çevresel sürdürülebilirliği tehdit eder (Nubi vd., 2024). Bu nedenle, su kirliliği ile mücadele etmek, sadece çevreyi koruma amacıyla değil, aynı zamanda toplumsal refahı ve ekonomik kalkınmayı sürdürebilmek için hayati bir gerekliliktir. Su kaynaklarının korunması, hem ekonomik kalkınmayı desteklemek hem de toplumun genel

refahını artırmak açısından uzun vadeli bir yatırımdır (Divrik vd., 2021).

1.5. Fizikokimyasal Su Kalitesi Parametreleri

Fizikokimyasal su kalitesi parametreleri, bir su kaynağının genel sağlığını ve kullanım uygunluğunu belirlemek için kullanılan en önemli ölçütlerdir. Bu parametreler, suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerini tanımlayarak, suyun içme, sulama, sanayi ve ekosistem hizmetleri gibi çeşitli kullanım alanlarına uygun olup olmadığını anlamaya yardımcı olur. Su kalitesi üzerinde belirleyici rol oynayan fizikokimyasal parametreler arasında çözülmüş oksijen (DO), pH, sıcaklık, tuzluluk, iletkenlik, toplam çözülmüş katı (TDS), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI) ve biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI) gibi temel göstergeler yer alır (Xue vd., 2023). Bu parametreler, suyun içindeki maddelerin konsantrasyonu, oksijen taşıma kapasitesi, organik madde miktarı ve diğer fiziksel özellikleri hakkında kritik bilgiler sunar. Su kalitesinin sürdürülebilirliği açısından bu parametrelerin izlenmesi, su kaynaklarının korunması ve ekosistem dengesinin sağlanması için büyük önem taşır. Bu parametrelerin düzenli olarak izlenmesi, su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi için kritik bir gerekliliktir (Mohseni-Bandpei & Yousefi, 2013).

Çözülmüş oksijen (DO), suyun içinde çözülmüş halde bulunan oksijen miktarını ifade eden önemli bir parametredir (Ebadi & Hisoriev, 2018). Sucul organizmaların hayatta kalabilmesi için suyun belirli bir düzeyde oksijen içermesi gereklidir. Çözülmüş oksijen seviyeleri, özellikle balıklar ve diğer sucul organizmaların sağlığı üzerinde doğrudan etkili olup, düşük oksijen seviyeleri (hipoksi) bu canlıların ölümüne neden olabilir (Akkoyunlu & Akiner, 2012). Ayrıca, sudaki oksijen miktarı, organik maddelerin ayrışması sırasında mikroorganizmaların oksijen tüketim oranıyla da ilişkilidir. Organik kirlilik seviyesi yüksek olan sularda, mikroorganizmalar daha fazla oksijen tüketir, bu da çözülmüş oksijen seviyelerinin düşmesine yol açar (Ayaz vd., 2013). Bu nedenle, çözülmüş oksijen seviyesi, suyun genel kirlilik durumu ve ekosistem sağlığı hakkında bilgi veren kritik bir göstergedir. Su kaynaklarındaki çözülmüş oksijen seviyesinin düşük olması, suyun kirli olduğuna ve biyolojik oksijen talebinin yüksek olduğuna işaret eder (Ebadi & Hisoriev, 2018).

Bir diğer önemli fizikokimyasal parametre olan pH, suyun asidik ya da bazik karakterini belirler. pH değeri, 0 ile 14 arasında değişen bir skalada ölçülür ve suyun kimyasal reaksiyonlar için uygun olup olmadığını gösterir. Doğal su kaynaklarında ideal pH aralığı genellikle 6.5 ile

8.5 arasında olup, bu aralığın dışındaki pH seviyeleri sucul organizmalar için stres yaratabilir. Örneğin, aşırı asidik bir su (pH 6'nın altında) metal iyonlarının çözünmesini artırabilir, bu da sudaki toksik madde seviyelerinin artmasına yol açabilir. Aşırı bazik su (pH 9'un üzerinde) ise suyun kimyasal dengelerini bozarak ekosistem sağlığını tehlikeye atabilir. Sanayi ve tarımsal faaliyetler, suyun pH dengesini etkileyebilecek kimyasal maddeler içerdiğinden, pH seviyesinin düzenli olarak izlenmesi, suyun kalitesini korumak için önemlidir (Ustaoglu & Islam, 2020).

Sıcaklık, suyun fiziksel bir parametresi olup, suyun biyolojik ve kimyasal süreçleri üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Sıcaklık, suyun oksijen taşıma kapasitesini etkiler; suyun sıcaklığı arttıkça çözünmüş oksijen miktarı azalır. Bu durum, özellikle termal kirlilik nedeniyle su sıcaklığının arttığı sanayi bölgelerinde önemli bir sorun haline gelebilir (Tokatlı, Solak, Yılmaz, vd., 2020). Termal kirlilik, sucul yaşamı olumsuz etkileyerek balıklar ve diğer sucul organizmaların ölümüne yol açabilir. Ayrıca, sıcaklık değişiklikleri, suyun biyolojik dengelerini de bozar. Su sıcaklığı, aynı zamanda kimyasal reaksiyonların hızını da etkiler; bu da sudaki kimyasal kirleticilerin hareketini ve çözünürlüğünü değiştirebilir. Bu nedenle, su sıcaklığının izlenmesi, hem ekosistem sağlığı hem de suyun kimyasal dengesi açısından önemlidir (Delibacak vd., 2002).

Tuzluluk ve iletkenlik, suyun elektrik iletme kapasitesini ve içindeki çözünmüş tuz miktarını ifade eder. Tuzluluk, özellikle deniz suyu veya tuzlu su kaynakları için önemli bir parametredir, ancak tatlı su kaynaklarında da belirli bir seviyede bulunabilir (Güher & Öterler, 2020). Yüksek tuzluluk seviyeleri, suyun tarımsal sulamada kullanılabilirliğini azaltabilir, çünkü yüksek tuz içeriği, toprakta tuz birikimine neden olarak bitkilerin büyümesini olumsuz etkileyebilir (Köse vd., 2018). İletkenlik, suyun içindeki çözünmüş maddelerin miktarını gösteren bir diğer önemli parametredir. İletkenlik değeri, suyun mineral içeriği ve iyon konsantrasyonunu yansıtır (Ebadi & Hisoriev, 2018). İletkenlik seviyesinin yüksek olması, suyun kirli olduğunu ve içinde çözünmüş halde çok sayıda inorganik madde bulunduğunu gösterir (Tokatlı, 2019).

Toplam çözünmüş katı (TDS), suyun içinde çözünmüş halde bulunan organik ve inorganik maddelerin toplam miktarını ifade eden bir parametredir. TDS değeri, suyun berraklığını, tadını ve koku özelliklerini doğrudan etkiler (Tasdemir & Göksu, 2001). Su kaynaklarındaki yüksek TDS seviyeleri, suyun bulanıklaşmasına ve ekosistem sağlığının bozulmasına neden olabilir. Ayrıca, yüksek TDS, içme suyu kalitesini de olumsuz etkileyerek suyun sertleşmesine yol açabilir. Bu durum, sanayi kullanımında da ekipmanların

kireçlenmesine ve hasar görmesine neden olabilir.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ), suyun organik madde yükünü ve bu organik maddelerin ayrışması sırasında tüketilen oksijen miktarını ölçen önemli kimyasal parametrelerdir (Ebadati, 2017). KOİ, suyun içindeki kimyasal kirleticilerin oksijen tüketim kapasitesini gösterirken, BOİ ise biyolojik olarak parçalanabilir organik maddelerin tükettiği oksijen miktarını ifade eder. Bu iki parametre, suyun organik kirleticilerle ne kadar yüklü olduğunu belirlemede kritik öneme sahiptir (Tokatlı vd., 2014). Yüksek KOİ ve BOİ değerleri, suyun ağır organik kirlilik altında olduğunu ve su ekosistemlerinin oksijen açısından ciddi sıkıntı yaşadığını gösterir. Bu nedenle, KOİ ve BOİ değerlerinin izlenmesi, suyun kirlilik seviyesini anlamak ve su kalitesini korumak açısından vazgeçilmezdir (Ebadi & Hisoriev, 2018).

1.6. Bakteriyolojik Su Kalitesi Parametreleri

Bakteriyolojik su kalitesi parametreleri, su kaynaklarının mikrobiyolojik güvenliğini ve hijyenik durumunu değerlendiren en önemli ölçütler arasında yer alır. Bu parametreler, suyun insan sağlığı ve çevresel sürdürülebilirlik açısından uygun olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılır (Tokatlı, 2013). Özellikle içme suyu kaynakları ve tarımsal sulamada kullanılan suyun güvenliği, bakteriyolojik parametrelerin incelenmesiyle sağlanır. Bakteriyolojik su kalitesini belirleyen en önemli göstergeler arasında koliform bakteriler, *E. coli* ve diğer patojen mikroorganizmalar bulunur. Bu mikroorganizmalar, insan veya hayvan dışkı yoluyla su kaynaklarına karışır ve suyun kirli olduğuna dair en belirgin işaretler arasında yer alır. Bakteriyolojik kirlilik, su kaynaklarında halk sağlığı açısından ciddi tehditler oluşturur, çünkü bu mikroorganizmalar, su yoluyla bulaşan hastalıkların yayılmasına neden olabilir (Tan vd., 2013).

Koliform bakteriler, suyun dışkı kökenli kirleticiler içerip içermediğini anlamak için yaygın olarak kullanılan gösterge organizmalardır. Bu bakteri grubu, doğrudan suya karışan insan ve hayvan dışkısından kaynaklanır ve suyun mikrobiyolojik kirlilik düzeyini tespit etmede kritik bir rol oynar (Sevindik vd., 2023). Koliform bakteriler, genellikle suyun kirli olduğunu ve hastalık yapıcı mikroorganizmaların bulunabileceğine dair bir işaret olarak kabul edilir. Özellikle içme suyu kaynaklarında koliform bakterilerin varlığı, suyun içme suyu standartlarına uygun olmadığını gösterir. Koliform bakteriler, su kaynaklarına karışan dışkı

atıkları nedeniyle yayılır ve bu durum, su yoluyla bulaşan hastalıkların yayılma riskini artırır. İçme suyu standartlarına göre, koliform bakterilerin bulunmaması gerekir, çünkü bu bakteriler, dizanteri, tifo ve kolera gibi su yoluyla bulaşan hastalıkların yayılmasına neden olabilir (Ünlü vd., 2008).

E. coli ise koliform grubu içinde yer alan ve su kaynaklarındaki dışkı kirliliğinin daha spesifik bir göstergesidir. *E. coli*, sadece insan ve hayvan dışkısında bulunur ve su kaynaklarında tespit edildiğinde, suyun dışkı ile doğrudan kontamine olduğuna dair güçlü bir kanıt sunar (Peszek vd., 2015). Bu bakteri, su yoluyla bulaşan ciddi hastalıkların yayılmasına neden olabilir. *E. coli* enfeksiyonları, şiddetli ishal, mide bulantısı, karın ağrısı ve kusma gibi semptomlarla kendini gösterir. Özellikle içme suyu kaynaklarında *E. coli*'nin varlığı, suyun içme suyu olarak kullanılmaya uygun olmadığını ve ciddi sağlık riskleri taşıdığını gösterir. Bu nedenle, su kaynaklarının düzenli olarak *E. coli* varlığı açısından test edilmesi, halk sağlığının korunması açısından hayati öneme sahiptir. *E. coli* tespit edilen sular, hızlı bir şekilde arıtılmalı ve kirlenmenin kaynağı ortadan kaldırılmalıdır (Dönmez, 2010).

Bakteriyolojik su kirliliği, genellikle çoklu tüp fermantasyon yöntemi (MPN metodu- (En Muhtemel Sayı)) veya membran filtrasyon yöntemi gibi laboratuvar teknikleriyle tespit edilir. Çoklu tüp fermantasyon yöntemi, su örneklerinde bulunan koliform bakterilerin sayısını tahmin etmeye yönelik bir tekniktir ve suyun mikrobiyolojik kalitesini anlamak için yaygın olarak kullanılır. Membran filtrasyon yöntemi ise suyun içindeki mikroorganizmaları doğrudan tespit etmek için kullanılan bir başka etkili yöntemdir. Bu yöntemlerle elde edilen veriler, suyun içme, tarımsal sulama veya diğer kullanım amaçlarına uygun olup olmadığını belirlemekte kullanılır (Kalyoncu, 2006).

1.7. Türkiye’de Su Kirliliği Yönetimi ve Mevzuat

Türkiye’de su kirliliği yönetimi, temel olarak Çevre Kanunu, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ve Atık Su Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği gibi mevzuatlarla düzenlenmiştir (Rashid vd., 2022). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Türkiye’de su kalitesinin korunması ve kirlilikle mücadele edilmesi amacıyla 1988 yılında yürürlüğe girmiş ve zamanla güncellenmiştir. Yönetmelik, su kaynaklarına atık deşarjı yapan tesislerin uyması gereken sınır değerleri belirleyerek, su kirliliğini önlemeyi hedefler. Aynı zamanda, su kaynaklarının izlenmesi, korunması ve iyileştirilmesi için yapılması gereken çalışmaları detaylandırır. Su

Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, atık su deşarj izinleri ve arıtma tesislerinin işletilmesi konularında kapsamlı düzenlemeler getirir.

Türkiye’de su kirliliği yönetimi, yalnızca mevzuat düzenlemeleriyle sınırlı kalmayıp, çeşitli stratejik planlar ve projelerle de desteklenmektedir. Ergene Havzası Koruma Eylem Planı, Türkiye’de su kirliliği ile mücadelede atılan en büyük adımlardan biridir (Rashid vd., 2022). Trakya Bölgesi’ndeki yoğun sanayi faaliyetleri ve tarımsal üretim nedeniyle Ergene Nehri’nin ciddi şekilde kirlenmesi, bu bölgedeki su kaynaklarının korunması için acil müdahaleyi zorunlu kılmıştır. Bu plan kapsamında, sanayi tesislerinin atık su arıtma sistemlerini geliştirmeleri ve atık su deşarjlarının kontrol altına alınması hedeflenmiştir. Ayrıca, tarımsal faaliyetlerin su kaynakları üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması ve bölgedeki su kaynaklarının rehabilitasyonu için çeşitli projeler hayata geçirilmiştir (Aydın vd., 2022).

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) gibi kurumlar, Türkiye’de su kaynaklarının korunması ve yönetilmesinden sorumludur. Bu kurumlar, su kaynaklarının izlenmesi, su kalitesinin korunması ve su kirliliği ile mücadele edilmesi amacıyla çeşitli projeler yürütmektedir (Ali ve Khairy, 2016). Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, su kaynaklarının yönetimi için stratejik planlar hazırlarken, DSİ su kaynaklarının kullanımı, baraj ve göletlerin inşası gibi altyapı çalışmalarını yürütür. Bu kurumlar, su kirliliği ile mücadele etmek için yerel yönetimler ve sanayi kuruluşları ile iş birliği yaparak, su kaynaklarının korunmasına yönelik denetim ve rehabilitasyon projelerini hayata geçirir (Rashid vd., 2022).

Su kirliliği ile mücadelede yalnızca yasal düzenlemeler yeterli olmayıp, halkın su kaynaklarının korunması konusunda bilinçlenmesi ve sanayi kuruluşlarının çevre dostu teknolojilere yatırım yapması gerekmektedir. Türkiye, su kaynaklarının korunması ve kirlenmesinin önlenmesi konusunda önemli adımlar atmış olsa da, bu sürecin sürdürülebilirliği için mevzuatın etkin bir şekilde uygulanması ve toplumsal bilinçlendirme çalışmalarının artırılması kritik öneme sahiptir (Gürbüztürk Orak & Taş, 2019).

Bakanlık Denetimleri ve Yerel İzleme Ağları: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlükleri tarafından aylık ve mevsimsel formda yürütülen izleme programları, periyodik raporlarla kamuoyuna açıklanmaktadır (Oskay vd., 2023).

1.8. Ergene Nehri ve Havza Özellikleri

Meriç-Ergene Havzası Türkiye'nin kuzeybatısında, doğuda İstanbul il sınırı ile başlayıp, batıda Bulgaristan ve Yunanistan ülke sınırları ile biten alanı kapsayan Trakya Alt Bölgesi'nde yer almaktadır. Ergene Nehri Trakya bölgesinin en önemli akarsuyudur.

Ergene Nehri, Tekirdağ Saray ilçesinin kuzeyinde Yıldız (Istranca) Dağları'ndan doğar ve güneybatı yönünde akar. İnanlı yakınlarında Çorlu Deresi ile birleşerek kuzeybatıya döner. Uzunköprü ilçesinin Adasarhanlı Köyü yakınlarında Meriç Nehri ile birleşir. Ergene Nehri, uluslararası su olan Meriç Nehri'nin en önemli kolu durumundadır. Ergene Nehri'nin en önemli kolları Çorlu Deresi, Soğucak Deresi, Lüleburgaz Deresi, Şeytan Dere, Teke Dere, Ana Dere ve Hayrabolu Deresi'dir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2010).

Ergene Deresi Istranca Dağları'ndaki mambadan Çorlu Suyu ile birleşim yerine kadar 91 km, Ergene Nehri adını aldıktan sonra Meriç Nehri ile birleştiği yere kadar ise 194 km olmak üzere toplam nehir uzunluğu 285 km'dir (Ordu ve Demir, 2007). Havzada yer alan iller Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli'dir.

1.9. Ergene Nehri'nin Önemi ve Su Kalitesi Sorunları

Ergene Nehri, Trakya Bölgesi içerisinde hidrolojik ve sosyo-ekonomik açıdan stratejik öneme sahip başlıca yüzey suyu sistemlerinden biridir (Tokatlı, 2020; Tokatlı, Çiçek, Emiroğlu & Köse, 2019). Hem bölgedeki tarımsal faaliyetler hem de sanayi kuruluşları için stratejik bir öneme sahip olan nehir, bölgedeki yerleşim yerlerine içme suyu sağlama, sulama faaliyetlerine katkıda bulunma ve sanayi sektörüne su temin etme gibi çok yönlü işlevlere sahiptir (Sevindik vd., 2021).

Türkiye'deki endüstrileşme hareketleri sonucu, 1973 yılından itibaren Trakya'da organize sanayi bölgeleri kurulmaya başlanmış ve bunun sonucu olarak, özellikle Ergene Havzası ve çevresinde önemli boyutlara ulaşan çevre kirliliği ortaya çıkmıştır. Havzada I., II. ve III. sınıf tarım arazileri üzerinde sanayi bölgeleri oluşturulmuştur. Bu sanayilerin büyük bir çoğunluğu da tarıma dayalı ve çok su tüketen sanayilerdir. Buradan kaynaklanan endüstriyel atık sular Ergene Nehri ve yan kolları olan derelerle Saroz-Enez'e kadar uzanmakta ve tarım topraklarında tuzluluk ve çoraklaşmaya neden olmaktadır. Ayrıca bu atık sular yeraltı su kaynaklarını kirletme potansiyeline de sahiptir (Ordu ve Demir, 2007).

Trakya’da 10730 km²’lik bir drenaj alanına sahip olan Ergene Havzası’nın sularını, doğudan batıya Ergene Nehri toplamaktadır. Özellikle yeraltı suyu kullanımının arttığı yaz aylarında nehirdeki kirlilik çok üst seviyelere çıkmaktadır (Ordu Sağlam, 2005).

Plansız ve kontrolsüz bir şekilde gelişen sanayi bölgeleri, Ergene Havzası’ndaki su kaynaklarının hızlı bir şekilde tüketilmesine ve günde 400.000 m³’den daha fazla su kullanımıyla su bütçesinin olumsuz yönde etkilenmesine yol açmıştır. Havzada bazı sanayi tesisleri atık sularını arıtsa bile Ergene Nehri’ne tabii debisinin takriben üç katı atık su vermektedir. Bölgede yaşayan nüfus günde yaklaşık 230.000 m³ evsel atık suyu hiç arıtmadan alıcı ortama boşaltmaktadır. Alıcı ortama verilen atık sular sebebi ile Ergene Nehri ileri derecede kirlenmiştir (ÇOB, 2011).

Ergene Nehri’nin karşı karşıya olduğu bir diğer önemli sorun ise tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan kirliliktir. Trakya bölgesi, Türkiye’nin en önemli tarım alanlarından biri olup, bu bölgede yoğun olarak kullanılan gübreler ve pestisitler, yağmur suları ile yüzey akıntıları yoluyla Ergene Nehri’ne karışmaktadır. Bu tarımsal kimyasallar, suyun nitrat ve fosfat içeriğini artırarak ötrofikasyona neden olmaktadır. Ötrofikasyon, sudaki besin maddelerinin fazlalığından dolayı su yüzeyinde alg patlamalarına yol açar. Bu alg patlamaları, suyun çözünmüş oksijen seviyesini azaltır ve sucul organizmaların yaşamını zorlaştırır (Bayram vd., 2011).

2007 yılında yapılan “Ergene Havzası Çevre Master Projesi” kapsamında Ergene Nehri ve yan kollarının su kalitesi belirlenmiş, Ergene Nehri SKKY (2004 tarihli ve 25687 sayılı)’ye göre genel olarak 4. sınıf su kalitesinde (çok kirlenmiş su) tespit edilmiştir. 2011 yılında ise Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Referans Laboratuvarınca yapılan çalışma ile (ÇRL, 2011, s. 54-57) Ergene Nehri’nin yoğun olarak endüstriyel, tarımsal ve evsel kaynaklı atıkların baskısı altında bulunduğu, özellikle Çorlu ve Çerkezköy OSB’nin (Organize Sanayi Bölgesi) etkilediği Çorlu Deresi ile kirlendiği ve 4. sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir.

Ergene Nehri’nin kirlilik sorunlarının çözülmesi için çeşitli çevre koruma projeleri ve rehabilitasyon çalışmaları yürütülmektedir. Özellikle Ergene Havzası Koruma Eylem Planı gibi büyük çaplı projeler, nehirdeki su kalitesinin iyileştirilmesine yönelik adımlar atmaya hedeflemektedir (Kalyoncu vd., 2009). Bu projeler kapsamında, sanayi tesislerinin atık sularını arıtarak nehre boşaltmaları zorunlu hale getirilmiş, tarımsal faaliyetlerde kullanılan kimyasalların kontrol altına alınması için çeşitli düzenlemeler getirilmiş ve evsel atık su arıtma tesislerinin sayısının artırılması planlanmıştır (Jakovljević vd., 2021). Ancak, bu tür projelere

rağmen, Ergene Nehri'ndeki kirlilik seviyesi hala yüksek olup, kalıcı çözümler için daha fazla çaba ve yatırımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Nehrin temizlenmesi, yalnızca çevresel bir gereklilik değil, aynı zamanda bölgedeki tarım ve sanayi faaliyetlerinin sürdürülebilirliği açısından da kritik bir öneme sahiptir (Karagül vd., 2005).

Bu çalışmanın önemi, Ergene Nehri'nin bakteriyolojik ve fizikokimyasal su kalitesinin ayrıntılı analizi yoluyla mevcut kirlilik durumunun bilimsel verilerle ortaya konulmasına dayanmaktadır.

1.10. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Ergene Nehri önemli bir alıcı ortam ve sulama kaynağı durumundadır. Bölgedeki tarımsal faaliyetlerde sulama amacıyla yaygın olarak kullanılmakla birlikte etrafından yer alan sanayi ve yerleşim yerlerinden de atıksu deşarjı gelmektedir.

Bu çalışma, nehrin farklı noktalarında belirlenen istasyonlardan ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde toplanan su numuneleri ile fizikokimyasal ve bakteriyolojik analizler yapılarak, su kalitesinin mevsimsel olarak nasıl değiştiğini ve kirlilik seviyelerini tespit etmeyi amaçlamaktadır. Fizikokimyasal analizler kapsamında çözünmüş oksijen, pH, sıcaklık, tuzluluk, bulanıklık, AKM (Askıda Katı Madde), TOK (Toplam Organik Karbon), KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) ve BOİ (Biyolojik Oksijen İhtiyacı) gibi parametreler bakteriyolojik analizlerde koliform bakterilerin varlığı nehrin kirlilik düzeyini ortaya koyacaktır. Ayrıca analiz sonuçları Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği ile kıyaslanacak olup sanayi ve kentleşmenin getirdiği kirlilik yükü belirlenecektir.

2. YÖNTEM

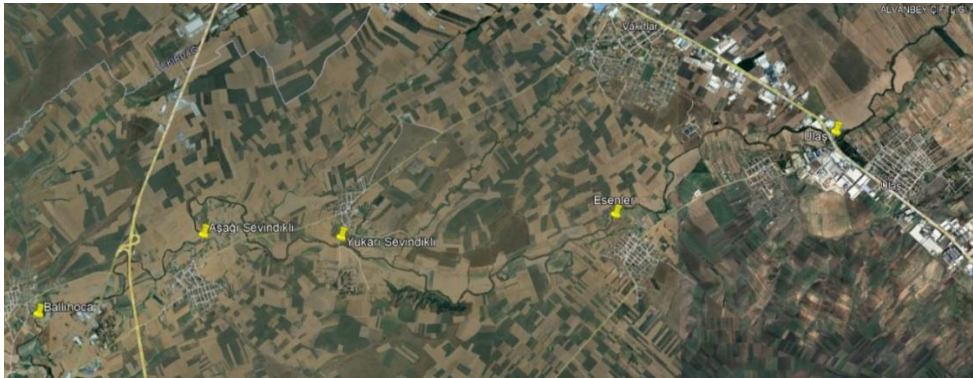
Bu bölümde, Ergene Nehri'nin bakteriyolojik ve fizikokimyasal su kalitesi üzerine yapılan çalışmanın araştırma alanı, verilerin toplanması, analiz yöntemleri ve ölçüm cihazları detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

2.1. Araştırma Alanı

Bu çalışmada, Ergene Nehri'nin su kalitesinin belirlenmesi için 5 istasyondan su numunesi alınarak parametrelerin analizi yapılmıştır. Ergene Nehri'nin Ulaş, Esenler, Yukarı Sevindikli, Aşağı Sevindikli ve Ballıhoca güzergahında belirlenen beş ayrı istasyondan 2024 yılının ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde numuneler alınmıştır. İstasyonlara ait koordinat bilgileri Tablo 2.1'de ve işaretlenen istasyonlar ise Şekil 2.1'de yer almaktadır. Ayrıca arazi çalışması sırasında çekilen fotoğraflar Resim 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 ve 2.5'te bulunmaktadır.

Tablo 2.1. Numune Alım İstasyonlarına Ait GPS Koordinatları

Numune Noktası	Mahalle	İlçe	Enlem	Boylam
1. Nokta	Ulaş	Ergene	41.243268°	27.694244°
2. Nokta	Esenler	Ergene	41.228722°	27.642701°
3. Nokta	Yukarı Sevindikli	Muratlı	41.224912°	27.579919°
4. Nokta	Aşağı Sevindikli	Muratlı	41.219108°	27.537683°
5. Nokta	Ballıhoca	Muratlı	41.211688°	27.511285°



Şekil 2.1. Çalışma istasyonları

2.1.1. Ergene ilçesi

Ergene ilçesi düzlük bir arazi üzerine kurulmuştur. Yüzölçümü 418 km²'dir. İlçenin kuzeyinde Kırklareli'ye bağlı Lüleburgaz ilçesi ile Tekirdağ'a bağlı Saray ilçesi, doğusunda Kapaklı ve Çerkezköy ilçeleri, batısında Süleymanpaşa ve Muratlı ilçeleri, güneyinde Çorlu ilçesi ile çevrilidir. İç kesimde yer alır ve karasal iklim hakimdir. Bu yüzden yazları kurak ve sıcak, kışları ise yağışlı ve soğuktur. Trakya'nın en az yağış alan bölgesinde yer alır. Meriç Nehri'nin bir kolu olan Ergene Nehri ilçeden geçer. Tarım sahalarının sulanmasında bu nehirden yararlanılır. İlçeden geçen diğer önemli dereler ise Pınarbaşı, Eseçe ve Ahimehmet dereleridir. İlçenin sınırlarında Avrupa Serbest Bölgesi, Ergene Organize Sanayi Bölgesi 1 Ergene Organize Sanayi Bölgesi 2 ve Velimeşe Organize Sanayi Bölgesi bulunmaktadır. Ayrıca tarım arazilerinde buğday, ayçiçeği, kanola ekimleri başta olmak üzere tarımda ekonomide etkin rol oynamaktadır (Ergene; Wikipedia, 2025).

Ayrıca Tekirdağ ili 2024 Çevre Durum Raporu'na göre Ergene ilçesi genel olarak Türkiye'nin en yoğun sanayi faaliyetlerinin gerçekleştiği Ergene Havzası içerisinde yer almakta olup, su kirliliği açısından kritik bölgelerden biridir. İlçede kanalizasyon şebekesinden faydalanmayan, nüfus % 1'dir. Atıksu arıtma tesis hizmeti verilen nüfusun toplam belediye nüfusuna oranı % 93,88'dir. Ergene Havzası Koruma Eylem Planı kapsamında mevcut en iyi teknoloji kullanılarak müşterek ileri atık su arıtma tesisi inşa edilmiştir. Muratlı OSB, Ergene 1 OSB ve Ergene 2 OSB (Şekil 2.2) arıtma tesisleri devreye alınmış olup, Ergene 2 OSB'nin atıksu arıtma tesisleri alt yapı çalışmaları devam etmektedir. Ergene 1 OSB arıtma tesisinin deşarjı 2022 yılında, Ergene-2 OSB arıtma tesisinin deşarjı 2024 yılında Derin Deniz Deşarj Sistemine bağlantısı tamamlanmıştır (Tekirdağ Çevre Durum Raporu, 2024).



Şekil 2.2. Çalışma İstasyonu Çevresinde Bulunan OSB Arıtma Tesisleri

Çalışma alanında yer alan “Ulaş” ve “Esenler” istasyonları Ergene ilçesinde bulunmaktadır.

Ulaş : İstasyonun çevresinde Ergene 2 OSB, 120 fabrika ile faaliyet göstermektedir. OSB içinde yer alan firmalar ağırlıklı olarak tekstil ve kağıt imalatı sektöründe faaliyet göstermektedir. Ergene 2 OSB’ye ait evsel ve endüstriyel atıksu arıtma tesisi Ulaş Mahallesi’nden sonra gelen Kırkgöz ve Esenler Mahalleleri arasında Ergene Nehri kenarında yer almaktadır. Ulaş istasyonundan önce Avrupa Serbest Bölgesi ve Alvanbey Çiftliği faaliyet göstermektedir. Avrupa Serbest Bölgesi atıksu arıtma tesisi deşarj noktası Ergene Nehri’dir (Tekirdağ İli Çevre Durum Raporu, 2024). Bölgede tarım ve mera alanları bulunmakla birlikte tarımsal faaliyet ve hayvancılık devam etmektedir. Ayrıca yoğun konut alanları da bulunmaktadır (Resim 2.1.). İstasyon çalışma alanındaki ilk noktadır ve genel olarak henüz sanayi kaynaklı kirliliğin etkisi altında değildir.

Ulaş çevresinin alüvyal toprak yapısı, tarımsal kullanım ve yerleşimsel yüzey akışları su kalitesini belirleyen başlıca çevresel faktörlerdir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018; Tokatlı, 2020). Tarım faaliyetlerine bağlı azot ve fosfor girdileri, özellikle yağışlı dönemlerde akarsuya taşınabilmekte ve besin elementleri artışıyla ekolojik hassasiyet oluşturabilmektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022). Bununla birlikte bölge, endüstriyel kirlilik baskısının henüz belirginleşmediği bir geçiş zonu niteliğinde olduğundan, sudaki fiziksel ve kimyasal parametreler çoğunlukla havzanın doğal karakterini yansıtmaktadır (Kaykıoğlu, 2005).



Resim 2.1. Ulaş İstasyonu

Esenler : İstasyonun öncesinde Ergene 2 OSB’ye ait evsel ve endüstriyel atıksu arıtma tesisi bulunmaktadır. Ayrıca çeşitli büyüklükte besi çiftlikleri ve küçük ölekte tarımsal sanayi tesisleri yer almaktadır. Tarımsal faaliyet ve hayvancılık devam etmekle birlikte konut alanları da bulunmaktadır (Resim 2.2.). Esenler Mahallesi ayrıca Ergene Nehri’nin sanayi etkisine maruz kalan orta kesitlerine yakınlığı nedeniyle, rüzgâr yönü, drenaj ve alt kollar üzerinden özellikle “Ulaş” sonrası dolaylı sanayi etkisine girmiştir. Ayrıca Ergene Nehri bu noktada hem kentsel hem de tarımsal faaliyetlerden gelen karma bir baskı altındadır. Mahalle çevresinde tarım arazileri de bulunmakta olup, sulama faaliyetleri ve yüzeysel akış, su kalitesine etki etmektedir (Kaya ve Demir, 2021).



Resim 2.2. Esenler İstasyonu

2.1.2. Muratlı ilçesi

Muratlı ilçesinin, 407 km²'lik coğrafi alanın büyük bir kısmı tarıma elverişli alanlardır. Tarım alanlarının verimi, Türkiye ortalamasının çok üstündedir. İlçede yer altı su kaynaklarından Ergene Nehri’nden ve dört göletten (Hanoğlu, İnanlı, Kırkkepenekli, Müsellim) sulu tarım yapılmaktadır. Ergene nehrinin kirlenmiş olması, sulamayı olumsuz yönde etkilemektedir. İlçe hayvancılık açısından da önemli bir potansiyele sahiptir. İlçede hızlanan sanayileşme ve kentleşme, gerekli tedbirler alınmadığından verimli tarım alanlarının bir bölümünü tarım alanı dışına kaymasına yol açmıştır. Bu durum tarım açısından büyük bir

kayıptır. İlçenin en önemli sorunlarından biri kanalizasyondur. İlçe Merkezinde Muratlı Belediyesi kendi imkânları dâhilinde bölüm bölüm kanalizasyon çalışmaları yapılmakta olup biten kesimler hizmete alınmıştır, %80'i tamamlanmıştır. Çalışmalar halen devam etmektedir (Muratlı Belediyesi, 2025).

Ayrıca Tekirdağ ili 2024 Çevre Durum Raporu'na göre ilçede kanalizasyon şebekesinden faydalanmayan nüfus % 7'dir. Muratlı OSB arıtma tesisi devreye alınmıştır (Tekirdağ Çevre Durum Raporu, 2024).

Yukarı Sevindikli : “Esenler” ve “Yukarı Sevindikli” istasyonları arasında Ergene Nehri boyunca yoğun şekilde tarım ve mera alanları bulunmaktadır. Ayrıca küçük ölçekte tarımsal tesisler yer almaktadır. Tarımsal faaliyet ve hayvancılık devam etmekle birlikte yoğunluktan uzak konut alanları da bulunmaktadır (Resim 2.3.). Numune noktası sanayi etkisiyle birlikte tarım ve hayvancılık gibi yayılı kaynaklarında etkisi altındadır.



Resim 2.3. Yukarı Sevindikli İstasyonu

Aşağı Sevindikli : “Yukarı Sevindikli” ve “Aşağı Sevindikli” istasyonları arasında Ergene Nehri boyunca yoğun şekilde tarım ve mera alanları bulunmaktadır. Tekstil ve petrole dayalı az miktarda sanayi tesisi ile küçük ölçekte tarımsal tesisler yer almaktadır. Tarımsal faaliyet ve hayvancılık devam etmekle birlikte yoğunluktan uzak konut alanları da bulunmaktadır (Tekirdağ İli Çevre Durum Raporu, 2021). Sanayi etkisiyle birlikte tarım ve hayvancılık gibi yayılı kaynaklarında etkisi altındadır (Resim 2.4.).



Resim 2.4. Aşağı Sevindikli İstasyonu

Ballıhoca : “Aşağı Sevindikli” ve “Ballıhoca” istasyonları arasında Ergene Nehri boyunca yoğun şekilde tarım ve mera alanları bulunmaktadır. Tekstil, tarım, kimya ve metal üretimi ağırlıklı OSB dışında sanayi tesisleri yer almaktadır. Tarımsal faaliyet ve hayvancılık devam etmekle birlikte yoğunluktan uzak konut alanları da bulunmaktadır (Tekirdağ İli Çevre Durum Raporu, 2021). Sanayi etkisiyle birlikte tarım ve hayvancılık gibi yayılı kaynaklarında etkisi altındadır (Resim 2.5.). İstasyon çalışma alanındaki tüm kirlilik kaynaklarını içinde barındıran son noktadır.



Resim 2.5. Ballıhoca İstasyonu

2.2. Numune Alımı ve Analiz Yöntemleri

Tablo 2.1’de belirtilen istasyonlardan alınan su numuneleri standart metotlara uygun şekilde alınmış ve saklanmıştır. (TS EN ISO 5667-3, TS 9547 ISO 5667-12). Her istasyondan sodyum tiyosülfatlı polipropilen şişelere su örnekleri alınarak fizikokimyasal ve bakteriyolojik analizler yapılmıştır. Laboratuvar analizleri için koruma önlemleri alınarak +4 °C’de saklanmıştır.

Fizikokimyasal parametreler; sıcaklık (SM 2550 B), çözülmüş oksijen (ASTM D888 Metot C), pH (TS EN ISO 10523), tuzluluk (SM 2520 B) değerleri WTW markalı Multi 3430 modelli multiparametre cihazı ile, bulanıklık (TS EN ISO 7027-1) değeri VELP SCIENTIFICA marka TB1 model türbidimetre cihazı ile, AKM (2540 D) değeri gravimetrik standard metot ile, TOK değeri (TS 8195 EN 1484) ile, KOİ (SM 5220 B) değeri açık reflaks-titrimetrik metot ile ve BOİ (SM 5210 B) değeri 5 günlük test uygulanarak tespit edilmiştir.

Escherichia coli (TS EN ISO 9308-1) ve Koliform bakteriler (TS EN ISO 9308-1) kromojenik besiyeri (CCA) kullanılarak tespit edilmiştir.

Fizikokimyasal ve bakteriyolojik analizler Yeşil Beyaz Kalite ve Çevre Analiz Laboratuvarı San. ve Tic. Ltd. Şti.’de gerçekleştirilmiştir. Tüm parametrelerin analizi belirtilen standart metodlar dahilinde gerçekleştirilmiştir.

2.2.1. pH, sıcaklık, tuzluluk ve çözülmüş oksijen

pH, sıcaklık, tuzluluk ve çözülmüş oksijen analizleri indüksiyon tipinde elektrotları bulunan WTW markalı Multi 3430 modelli multiparametre ölçüm cihazı ile laboratuvar ortamında yapılmıştır. Ölçümde kullanılan cihaz kalibre edilerek kullanılmıştır.

2.2.2. Bulanıklık

Bulanıklık analizinde numune ile çalışmaya başlamadan önce cihazın kalibrasyonu yapılmıştır. Kalibrasyonlarda, bulanıklığı giderilmiş su ile aletin blank ayarı yapılarak numune iyice çalkalanıp cam tüpte belirtilen çizgiye kadar doldurulmuş ve VELP SCIENTIFICA marka TB1 model türbidimetre cihazından direkt okunan değer bulanıklık değerleri NTU cinsinden kaydedilmiştir.

2.2.3. Askıda katı madde

Analiz sürecinde iyice karıştırılmış numune, tartımı alınmış standart bir cam-elyaf filtreden ($<2 \mu\text{m}$ gözenek aralığında) geçirilerek, filtre üzerinde kalan maddelerle birlikte 103-105 °C'de sabit tartıma gelene kadar kurutulur. Filtre kağıdının ağırlığındaki artış miktarı, toplam askıda katı maddeyi temsil etmektedir.

2.2.3. Toplam organik karbon

Suyun organik karbon bileşimini belirleme prosedürünün temeli, organik olarak bağlı bileşenlerin karbonlarının oksidasyon sonucu karbondioksit dönüşmesi ve NDIR detektörü kullanılarak karbondioksitin belirlenmesine dayanır. TOK değeri, toplam karbon ile toplam inorganik karbon ölçümlerinin arasındaki farkla elde edilir.

2.2.4. Kimyasal oksijen ihtiyacı

Numunedeki organik ve indirgenbilir inorganik maddeler, sülfürik asit ve ısıtma altında (reflaks - geri soğutma) belirli bir miktar potasyum dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) ile reaksiyona sokularak oksitlenmektedir. Harcanan dikromat miktarı, sonradan bir titrimetrik yöntemle (demir (II) amonyum sülfat ile) belirlenir. Bu harcanan dikromat miktarı, oksijen cinsinden KOİ değerini verir.

2.2.5. Biyolojik oksijen ihtiyacı

Bu metot BOİ şişesinin içerisinde hava kalmayacak şekilde ağzına kadar numune ile doldurulduktan sonra sabit sıcaklıkta 5 gün inkübasyonunu içerir. Numune içerisindeki çözünmüş oksijen deneye başlamadan önce ölçülür ve deney sonunda tekrar ölçülerek iki ölçüm arasındaki fark alınır.

2.2.6. Koliform bakteriler ve *Escherichia coli*

Bu yöntemin prensibi numunenin organizmaları tutan bir membran filtreden filtrelenmesi ve membran filtrenin kromojenik koliform agar plakasına yerleştirilerek (36 ± 2)

°C'de (21 ± 3) saat süreyle inkübasyonu şeklindedir. β -D-galaktosidaz pozitif koloniler (pembeden kırmızıya), E. coli olmayan olası koliform bakteriler olarak sayılır. β -D-galaktosidaz ve β -D-glukuronidaz pozitif koloniler (koyu maviden mora) E. coli olarak sayılır.

2.3. Verilerin Analizi

Toplanan verilerin istatistiksel analizleri için Excel programı kullanılarak tanımlayıcı istatistikler ve mevsimsel karşılaştırma yapılmıştır. Her dönem için beş istasyon verisi kullanılmış olup, toplam $n=10$ gözlem bulunmaktadır. Fizikokimyasal ve bakteriyolojik parametreler arasındaki ilişkiler, belirlenen istasyonlar bazında karşılaştırılmış ve grafiksel olarak sunulmuştur. Verilerin analizinde her bir parametre detaylı şekilde incelenmiştir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu bölümde, Ergene Nehri'nden toplanan fizikokimyasal ve bakteriyolojik verilere dayanarak yapılan analizlerin sonuçları sunulmuştur. Veriler, örnekleme yapılan beş istasyon bazında karşılaştırılmış, mevsimsel değişiklikler ve kirlilik kaynakları detaylı bir şekilde incelenmiştir. Elde edilen veriler 30.11.2012 tarihli ve 28483 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği hükümlerine göre değerlendirilip ve ilgili parametreler için su kalite sınıfları da tespit edilmiştir. Hem fizikokimyasal hem de bakteriyolojik parametrelerin coğrafi ve zamansal dağılımlarını gösteren tablo ve grafikler Tablo 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 ve 3.7, Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5, Şekil 3.6, Şekil 3.7, Şekil 3.8 ve Şekil 3.9’da sunulmuştur. Ayrıca, belirlenen kirlilik kaynaklarının etkileri ve bu etkilerin genel ekosistem üzerindeki yansımaları da tartışma kısmında ele alınmıştır.

Tablo 3.1. Numune Noktalarına Göre Parametreler (İlkbahar)

Parametreler	Ulaş	Esenler	Yukarı Sevindikli	Aşağı Sevindikli	Balı Hoca
pH	7,52	8,17	7,89	8,4	8,21
Sıcaklık (°C)	8,6	7,6	8,5	10,8	8,5
ÇO (mg/l)	9,69	7,83	8,2	10,45	8,59
Tuzluluk (%)	0,8	2,99	2,77	2,97	3,81
Bulanıklık (NTU)	8,23	69	57,9	184	44,4
KOİ (mg/l)	41,0	117,1	97,6	312,2	93,7
BOİ (mg/l)	14,6	32,4	32,5	104	31,5
AKM (mg/l)	14	148	44	130	68
TOK (mg/l)	26,08	105,9	107,4	98,22	95,05
Koliform Bakteri cfu/100 ml	>100	>100	>100	>100	>100
Escherichia Coli cfu/100 ml	>100	>100	>100	>100	>100

Tablo 3.1’de beş istasyondaki Nisan 2024 tarihli fizikokimyasal ve bakteriyolojik parametre sonuçları sunulmaktadır. Su kalitesi standartları ve kirlilik yükleri incelenmiştir. Analiz sonuçlarına bakıldığında Ergene Nehri’nin kirlilik yükünün yüksek olduğunu göstermektedir.

“Esenler” ve “Aşağı Sevindikli” istasyonlarında organik yük (KOİ ve BOİ) yüksektir (KOİ 117,1 mg/L ile 312,2 mg/L, BOİ 32,4 mg/L ile 104 mg/L arasında). “Aşağı Sevindikli” istasyonunda KOİ (312,2 mg/L) ve BOİ (104 mg/L) değerlerinin en yüksek seviyede ölçülmesi, arıtma tesislerinin etkinliğinde olası yetersizliklere işaret edebilir, ilkbaharda yağmur etkisiyle yüzey akışa geçen suyla birlikte yayılı kaynaklardan atıksu girişi olduğunu ve evsel nitelikli atıksu girişi ihtimalini güçlendirmektedir. İlkbahar döneminde KOİ/BOİ oranı “Ulaş” istasyonunda (2,81), “Esenler” istasyonunda (3,61), “Yukarı Sevindikli” istasyonunda (3,0), “Aşağı Sevindikli” istasyonunda (3,0) ve “Ballıhoca” istasyonunda (2,97) bulunmuştur. KOİ/BOİ oranlarının 3 ve üzeri olması, organik yükün önemli bir kısmının biyolojik olarak zor parçalanabilir nitelikte olduğunu düşündürmektedir.

İstasyonların pH değerleri 7,52-8,4 arasında değişmektedir. İlkbahar döneminde suyun nötr-hafif bazik olduğu anlaşılmaktadır. Nehir akış yönüne göre 7,52 (nötr) ile başlayan pH değeri en yüksek 8,4 (hafif bazik) ile hafif dalgalanmalar göstermektedir. pH değerlerindeki artış, ilkbahar aylarında mevsimsel sıcaklık değişimi ile artan tarımsal faaliyetler ve iyonik yük birikimi ile birlikte değerlendirilebilir.

Çözülmüş oksijen değerleri en düşük “Esenler” istasyonunda (7,83 mg/L) en yüksek “Aşağı Sevindikli” istasyonunda (10,45 mg/L) kaydedilmiştir. “Esenler” istasyonu bu parametre açısından iyi durumdayken diğer istasyonlarda çok iyi sınıfta yer almaktadır. Ergene Nehri’nin genel olarak akış rejiminin iyi durumda olması nehir suyunun havalanma kapasitesini arttırmakta ve bu durum çözülmüş oksijen seviyesini diğer baskılara rağmen iyi durumda tutabilmektedir.

Tuzluluk parametresi en düşük “Ulaş” istasyonunda (%0,8) en yüksek “Ballıhoca” istasyonunda elde edilmiştir. “Ulaş” istasyonundan sonra ve “Ballıhoca” istasyonundan önce tekstil ağırlıklı atıksu girişi ve tarımsal faaliyetin baskısına işaret etmektedir.

Bulanıklık parametresi en düşük “Ulaş” istasyonunda (8,23 NTU) ve en yüksek “Aşağı Sevindikli” istasyonunda (184 NTU) görülmekte ve AKM ise en düşük “Ulaş” istasyonunda (14 mg/L) en yüksek Esenler istasyonunda (148 mg/L) görülmüştür. Genel olarak bulanıklık ve AKM arasında pozitif ilişki bulunmakta olup AKM arttıkça bulanıklık değeri de artmaktadır.

Her iki parametrenin de diğer istasyonlarda olduğu gibi “Ulaş” istasyonundan sonra ciddi şekilde artış gösterdiği tespit edilmiştir. Kalan istasyonlara gelen kirlilik yükünün endüstriyel ve tarımsal akış kaynaklı olduğu, AKM değerleri nehirdeki toplam partikül yükü, bulanıklık ise partikül yükünün ışık geçirgenliği üzerindeki etkisidir. Ayrıca bulanıklığın artması genel olarak KOİ değerindeki artışla da orantılı olup, su kalitesinin kötüleştiği anlamı taşımaktadır.

TOK parametresi en düşük “Ulaş” istasyonunda (26,08 mg/L) ve en yüksek “Yukarı Sevindikli” istasyonunda (107,4 mg/L) olarak görülmektedir. TOK parametresi KOİ ve BOİ birlikte değerlendirildiğinde “Aşağı Sevindikli” istasyonu (KOİ/TOK=3,17 ve BOİ/TOK=1,06) en büyük orana sahipken “Yukarı Sevindikli” istasyonu (KOİ/TOK=0,91 ve BOİ/TOK=0,3) en küçük orana sahiptir. Diğer parametrelerle uyumlu olarak “Ulaş” istasyonundan (BOİ/TOK=0,56) sonra oransal azalış görülmektedir. Bu durum, “Ulaş” istasyonundan sonra nehre biyolojik olarak zor ayrılan nitelikte ek organik yüklerin katıldığını düşündürmektedir. Ayrıca suyun tuzluluk seviyesinin arttıkça toplam organik karbon miktarının da genel olarak arttığı anlaşılmaktadır.

Bakteriyolojik parametreler olan Koliform Bakteri ve *Escherichia coli* tüm istasyonlarda >100 CFU/100 ml olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, suyun yoğun fekal kökenli (arıtılmamış veya yetersiz arıtılmış evsel atık sular, tarımsal gübreleme, tarımsal/hayvansal deşarj) kirlenmeye maruz kaldığını göstermektedir. Bu değerler, suyun mikrobiyolojik açıdan ciddi risk taşıdığını göstermektedir. Ergene Havzası’nda yerleşim bölgeleri, hayvancılık faaliyetleri ve endüstriyel deşarjların bulunduğu kesimlerde yüksek koliform ve *Escherichia coli* düzeyleri yaygındır (Tokatlı, 2020).

Tablo 3.2. Numune Noktalarına Göre Parametreler (Sonbahar)

Parametreler	Ulaş	Esenler	Yukarı Sevindikli	Aşağı Sevindikli	Ballı Hoca
pH	7,2	7,1	7,3	7,3	7,2
Sıcaklık (°C)	8,5	7,5	8,9	10,5	7,9
ÇO (mg/l)	9,65	7,56	8,4	10,45	8,5
Tuzluluk (%)	0,7	3,01	2,86	3	2,98
Bulanıklık (NTU)	8,12	71	60,1	180	43,2
KOİ (mg/l)	49,2	233,6	160,6	305,9	252,1

Tablo 3.2.'nin devamı

BOİ (mg/l)	13,1	68,5	45,7	92,3	77,2
AKM (mg/l)	67	117	14	58	48
TOK (mg/l)	20,5	96,2	96,2	89,6	89,1
Koliform Bakteri cfu/100 ml	>100	>100	>100	>100	>100
Escherichia Coli cfu/100 ml	>100	>100	>100	>100	>100

Tablo 3.2’de beş istasyondaki Kasım 2024 tarihli fizikokimyasal ve bakteriyolojik parametre sonuçları sunulmaktadır. Su kalitesi standartları ve kirlilik yükleri incelenmiştir. Analiz sonuçlarına bakıldığında Ergene Nehri’nin kirlilik yükünün sonbahar döneminde de yüksek olduğunu göstermektedir.

“Esenler”, “Aşağı Sevindikli” ve “Ballıhoca” istasyonlarında organik yük (KOİ ve BOİ) yüksektir (KOİ 233,6 mg/L ile 305,9 mg/L arasında, BOİ 68,5 mg/L ile 92,3 mg/L arasında). Yine ilkbaharda olduğu gibi “Aşağı Sevindikli” istasyonunda KOİ (305,9 mg/L) ve BOİ (92,3 mg/L) değerlerinin en yüksek seviyede ölçülmüştür. Sonbahar döneminde KOİ/BOİ oranı tüm istasyonlarda (3,3 ve üzerinde) bulunmuştur. Sonbaharda debinin azalması ve seyrelmenin düşmesiyle birlikte organik kaynaklı kirleticilerin ortamda daha yoğun birikim gösterdiği düşünülmektedir.

İstasyonların pH değerleri 7,1-7,3 arasında değişmektedir. Sonbahar döneminde genel olarak tüm istasyonlarda suyun nötr olduğu anlaşılmaktadır. Sonbaharda pH’ın hafif düşmesinde organik yük artışı ve sıcaklık değişiminin etkili olabildiği düşünülmektedir.

Çözünmüş oksijen değerleri en düşük “Esenler” istasyonunda (7,56 mg/L) en yüksek “Aşağı Sevindikli” istasyonunda (10,45 mg/L) kaydedilmiştir. İstasyonlarda çözünmüş oksijen seviyesi genel olarak Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği’ne göre iyi durumdadır.

Tuzluluk parametresi en düşük “Ulaş” istasyonunda (%0,7) görülürken diğer istasyonlarda yaklaşık (%3) civarındadır. Bu durumda “Ulaş”tan sonraki istasyonunda noktasal ve yayılı baskıların etkisi olabilir.

Bulanıklık parametresi en düşük “Ulaş” istasyonunda (8,12 NTU) ve en yüksek “Aşağı

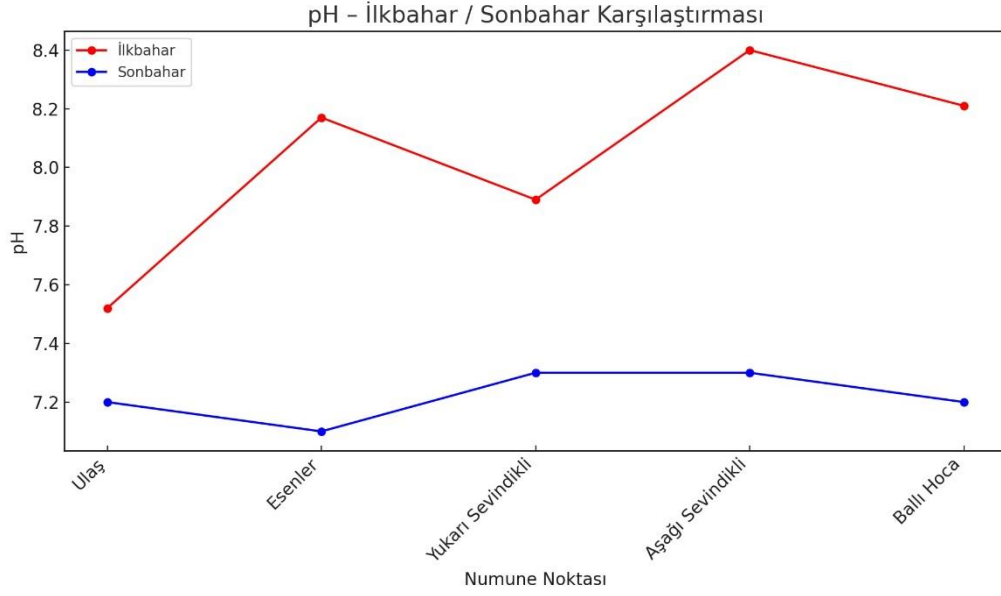
Sevindikli” istasyonunda (180 NTU) görülmekte ve AKM ise en düşük “Yukarı Sevindikli” istasyonunda (14 mg/L) en yüksek Esenler istasyonunda (117 mg/L) görülmüştür. Ancak “Ulaş” istasyonunda AKM/bulanıklık değerlendirmesine bakıldığında oranın çok yüksek olduğu (8,25) tespit edilmiştir. Bu durumda “Ulaş” istasyonunda sonbahar döneminde daha iri partiküllerin bulunduğu düşünülmekle birlikte tarımsal faaliyet, erozyon ya da dere yatağı kazıları gibi kaynaklar da etken olabilir. Ayrıca “Yukarı Sevindikli” istasyonunda ise bu oranın (0,23) olduğu, bu istasyonda da çok ince partiküllerin olabileceği anlamı taşımaktadır.

TOK parametresi en düşük “Ulaş” istasyonunda (20,05 mg/L) ve en yüksek “Yukarı Sevindikli” istasyonunda (96,02 mg/L) olarak görülmektedir. TOK parametresi KOİ ve BOİ ile birlikte değerlendirildiğinde “Aşağı Sevindikli” istasyonu (KOİ/TOK=3,41 ve BOİ/TOK=1,03) en büyük orana sahipken “Yukarı Sevindikli” istasyonu (KOİ/TOK=1,67 ve BOİ/TOK=0,48) en küçük orana sahiptir. Bu durum nehrin akış yönü boyunca artıp azalmaktadır. Dolayısıyla her noktada TOK parametresi KOİ ve BOİ yüküne ve organik maddelerin parçalanabilir olup olmadığına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Koliform Bakteri ve *Escherichia Coli* sonbaharda da tüm istasyonlarda >100 CFU/100 ml olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, sudaki fekal kirliliğin devam ettiğini göstermektedir.

3.1. Mevsimsel Karşılaştırma

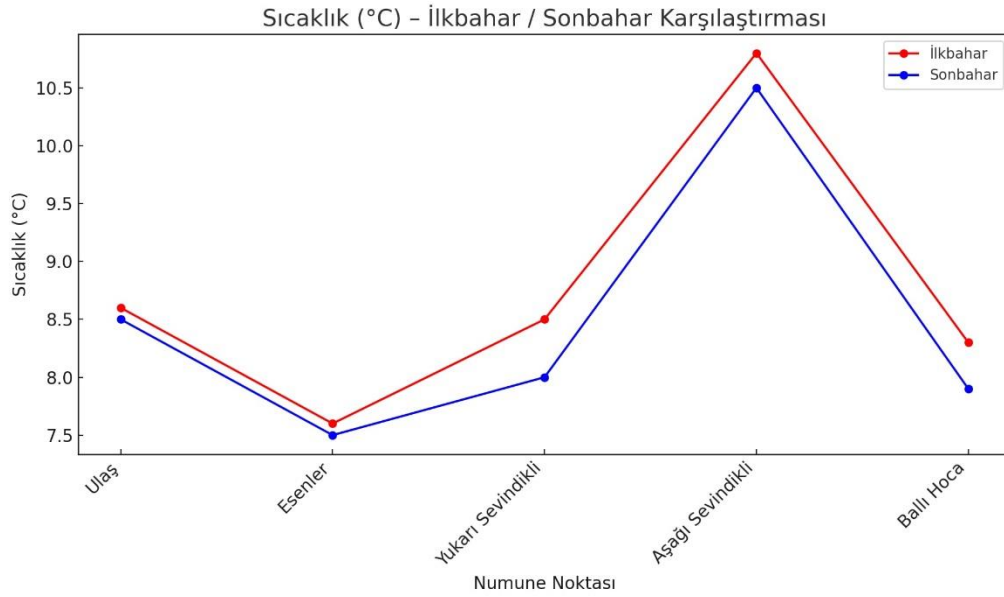
İlkbahar ve sonbaharda bakteriyolojik açıdan dikkate değer bir fark gözlenmemiştir. Her iki dönemde de >100 CFU/100 olan değerler, mevsimsel seyrelme veya sıcaklık değişimlerinin bakteriyolojik yük üzerinde belirgin bir iyileştirme sağlamadığını göstermektedir.



Şekil 3.1. pH Parametresinin İlkbahar/Sonbahar Karşılaştırması

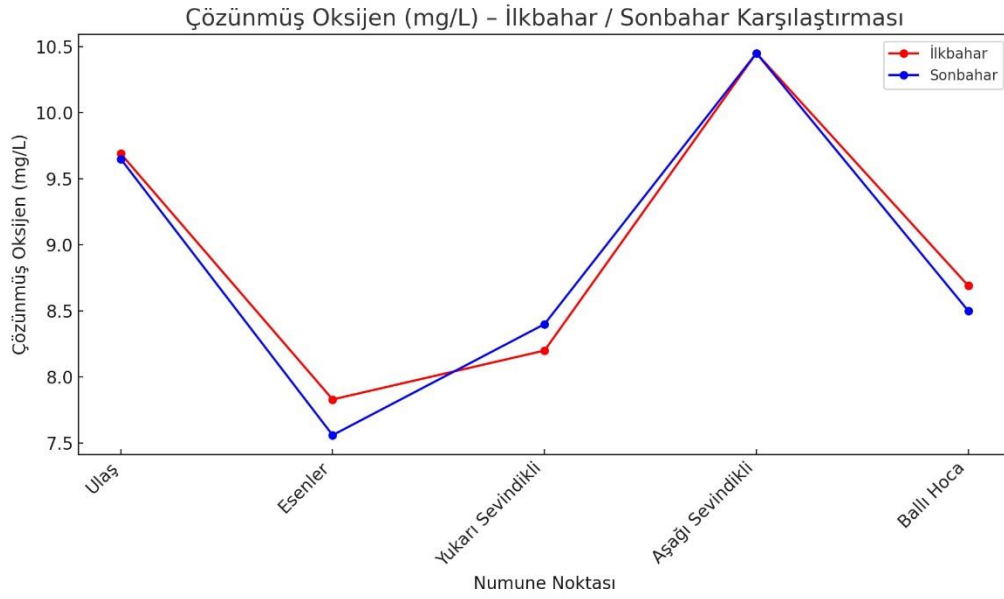
Şekil 3.1 pH değerinin mevsimsel ve istasyonlar arası değişkenliğini göstermektedir. İstasyonlar ve mevsimler arası pH 7,1-8,4 arasında değişmekte olup akarsu ekosistemleri için kabul edilen doğal sınırlar içinde kalmaktadır. Sucul organizmaların büyük çoğunluğunun pH 7–8,5 aralığında optimum gelişim gösterdiği ve bu sınırların ekosistem sağlığı açısından kritik olduğu çeşitli güncel çalışmalarda vurgulanmaktadır (Salem et al., 2025).

İstasyonlar bazında değerlendirildiğinde “Ulaş” istasyonu her iki dönemde de nötr aralıkta kalırken, “Esenler” istasyonundan itibaren alkali karakter ilkbaharda belirginleşmekte, sonbaharda ise nötrleşme eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. İlkbaharda pH değerlerinin sonbahara kıyasla daha yüksek olması, bu dönemde artan sıcaklık ve güneşlenme süresine bağlı olarak biyolojik aktivitenin yükselmesiyle ilişkilendirilebilir. Sonbaharda ise pH değerinin düşmesi azalan biyolojik aktivite ile açıklanabilir. Bu bulgu, literatürde bildirilen mevsimsel pH değişim eğilimleriyle uyumludur (Xu et al., 2022; Oğuz et al., 2019).



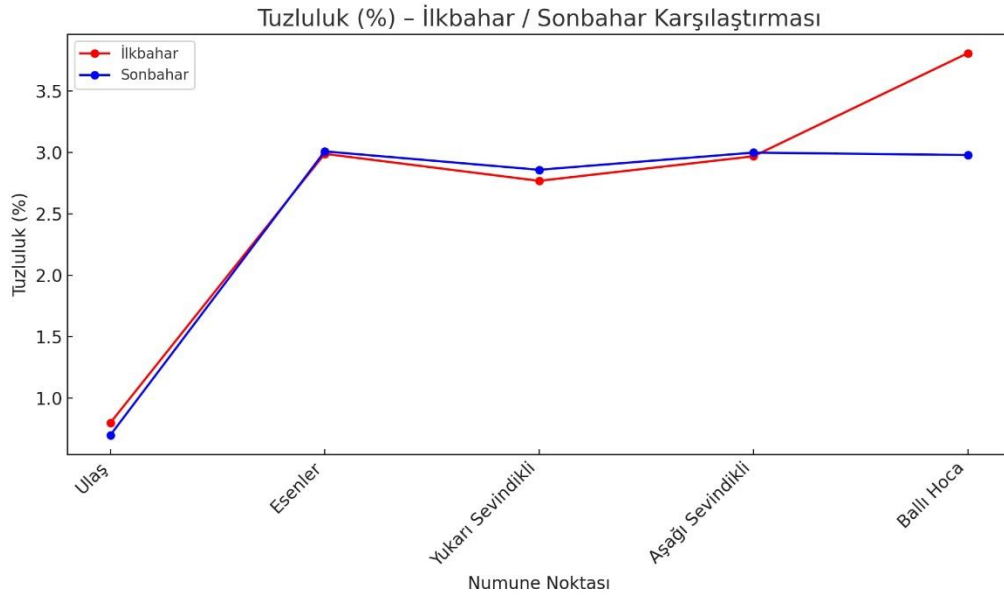
Şekil 3.2. Sıcaklık Parametresinin İlkbahar/Sonbahar Karşılaştırması

Şekil 3.2 sıcaklık parametresinin mevsimsel ve istasyonlar arası değişkenliği incelendiğinde, değerlerin 7,5–10,8 °C aralığında değiştiği görülmektedir. Bu durum, ilkbahar dönemine ait numunelerin Nisan ayı sonuna doğru alınmış olması nedeniyle su kütlesinin atmosferik sıcaklık artışına bağlı olarak ısınma sürecine girmiş olması ile açıklanabilir. Tüm istasyonlarda ilkbahar döneminde ölçülen sıcaklık değerlerinin sonbahar dönemine kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buna karşılık sonbahar döneminde sıcaklık değerlerinin daha düşük seyretmesi, numunelerin Kasım ayı sonuna yakın bir tarihte alınması ve bu dönemde bölgede kış koşullarına geçişin etkisi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Su sıcaklığının mevsimsel değişimlere ve hava sıcaklığına yüksek duyarlılık gösterdiği, özellikle ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde belirgin farklılıklar sergilediği ortaya konmuştur (Nam ve ark., 2021).



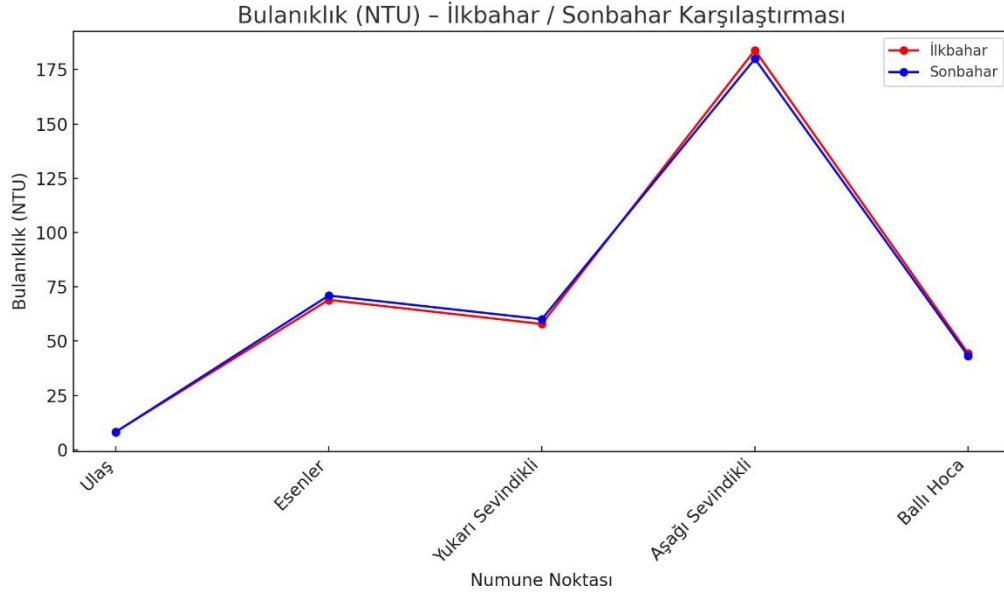
Şekil 3.3. Çözünmüş Oksijen Parametresinin İlkbahar/Sonbahar Karşılaştırması

Şekil 3.2 ve 3.3 sıcaklık ve çözünmüş oksijen parametrelerinin birlikte değerlendirildiğinde, mevsimsel sıcaklık değişimlerinin çözünmüş oksijen değerleri üzerinde dalgalanmalara neden olduğu görülmektedir. Genel olarak su sıcaklığı ile çözünmüş oksijen arasında ters yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Ancak “Aşağı Sevindikli” istasyonunda yüksek sıcaklık değerlerine (10,5–10,8 °C) rağmen çözünmüş oksijen konsantrasyonunun da yüksek (10,45 mg/L) olduğu tespit edilmiştir. Yine “Yukarı Sevindikli” istasyonunda da sonbahar mevsiminde sıcaklık artışı çözünmüş oksijen değerini arttırmıştır. Bu durum, söz konusu istasyonlarda suyun daha iyi havalanması ile açıklanabilir. Suyun aerasyon ve karışım koşulları oksijen transferi üzerinde sıcaklığa bağlı fizikokimyasal sınırlamanın ötesinde etkili olabilmektedir (Yavuz ve ark., 2025; Yao ve ark., 2022).



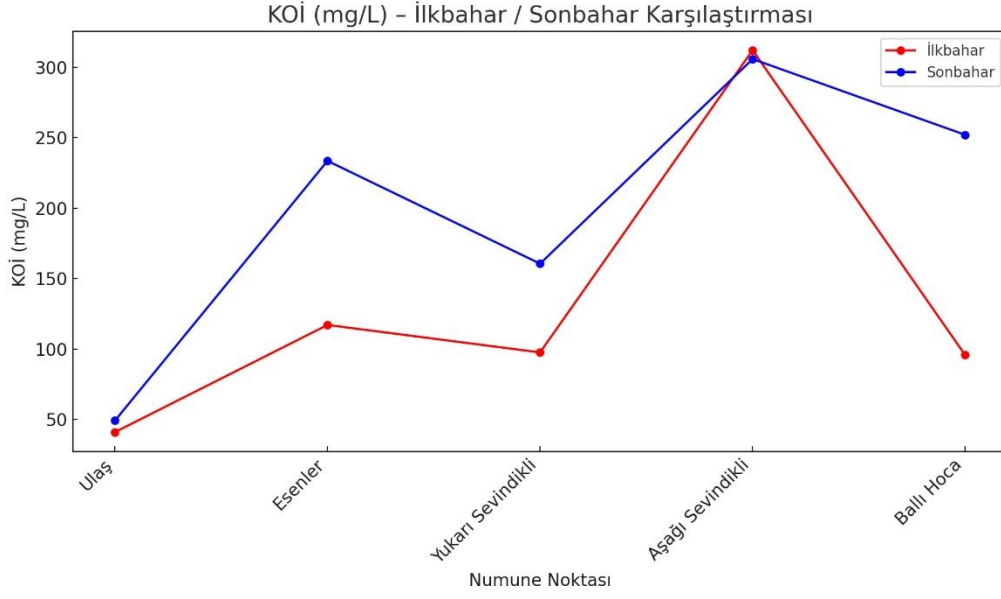
Şekil 3.4. Tuzluluk Parametresinin İlkbahar/Sonbahar Karşılaştırması

Şekil 3.4’te tuzluluk parametresinin mevsimsel ve istasyonlar arası dağılımı incelendiğinde, en düşük değerlerin “Ulaş” istasyonunda (%0,7–%0,8) ölçüldüğü, en yüksek tuzluluk değerlerinin ise özellikle ilkbahar döneminde “Ballı Hoca” istasyonunda (%3,81) kaydedildiği görülmektedir. Bu durum, akarsu boyunca aşağı havza yönünde ilerledikçe tuzluluk seviyesinin kademeli olarak arttığını göstermektedir. “Ulaş” istasyonundan sonra, özellikle “Ballı Hoca” istasyonunda gözlenen tuzluluk artışı, bölgede etkili olan noktasal (endüstriyel deşarjlar, evsel atık sular) ve yayılı kirlilik kaynakları (tarımsal drenaj, gübre taşınımı ve yüzey akış) ile ilişkilendirilebilir. Akarsu sistemlerinde tuzluluk artışının, antropojenik baskılar, tarımsal girdiler ve yerleşim alanlarına bağlı olarak önemli ölçüde değişkenlik göstermekte ve havza boyunca aşağı yönlü birikim eğilimi sergilemektedir (Zhang ve ark., 2020; Varol, 2021). Özellikle tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu alanlarda, sulama geri dönüş sularının nehir sistemlerine karışması tuzluluk düzeyini artıran temel etkenlerden biri olarak gösterilmektedir. Benzer şekilde, endüstriyel ve kentsel faaliyetlerin etkisi altında kalan alt havza kesimlerinde tuzluluk değerlerinin üst havza istasyonlarına kıyasla daha yüksek seyrettiği ortaya konmuştur (Karadavut & Yıldırım, 2019; Varol, 2021).



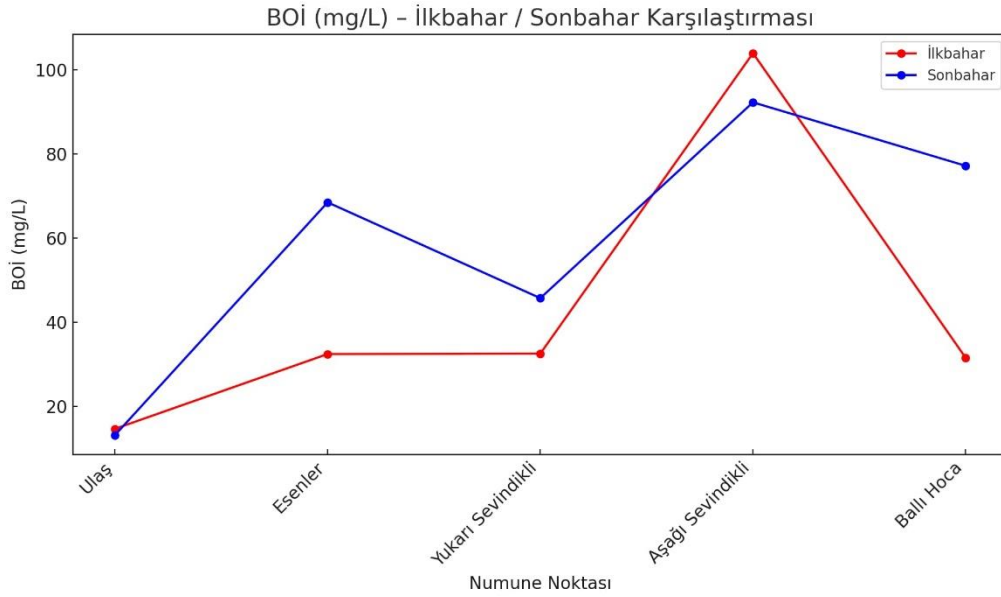
Şekil 3.5. Bulanıklık Parametresinin İlkbahar/Sonbahar Karşılaştırması

Şekil 3.5’te bulanıklık parametresinin mevsimsel ve istasyonlar arası dağılımı incelendiğinde, ilkbahar ve sonbahar dönemleri arasında belirgin bir mevsimsel farklılık görülmemekte, buna karşın istasyonlar arasında önemli düzeyde mekânsal değişkenlik olduğu dikkat çekmektedir. Her iki mevsimde de en düşük bulanıklık değerleri “Ulaş” istasyonunda, en yüksek değer ise “Aşağı Sevindikli” istasyonunda ölçülmüştür. Bu durum, bulanıklık parametresi üzerindeki temel belirleyicinin mevsimsel koşullardan ziyade istasyonların çevresel özellikleri ve lokal baskılar olması ile açıklanabilir. “Aşağı Sevindikli” istasyonunda her iki dönemde de yüksek bulanıklık değerlerinin kaydedilmesi, bu bölgedeki tarımsal faaliyetler, yüzey akışıyla taşınan ince sedimentler, toprak erozyonu ve noktasal deşarjların sudaki askıda katı madde miktarını artırmasıyla ilişkilendirilebilir. Literatürde de akarsu sistemlerinde bulanıklık seviyesinin, özellikle tarımsal alanlardan gelen yüzey akışı ve erozyon kaynaklı sediment taşınımına bağlı olarak önemli farklılıklar gösterebildiği vurgulanmaktadır (Varol, 2019; Bilotta & Brazier, 2008; Li et al., 2020). Sonuç olarak, elde edilen veriler bulanıklık parametresinin çalışma alanında mevsimsel değişimlerden sınırlı düzeyde etkilendiğini; buna karşılık arazi kullanımı, tarımsal faaliyet yoğunluğu ve istasyona özgü çevresel koşulların belirleyici rol oynadığı düşünülmektedir.



Şekil 3.6. KOİ Parametresinin İlkbahar/Sonbahar Karşılaştırması

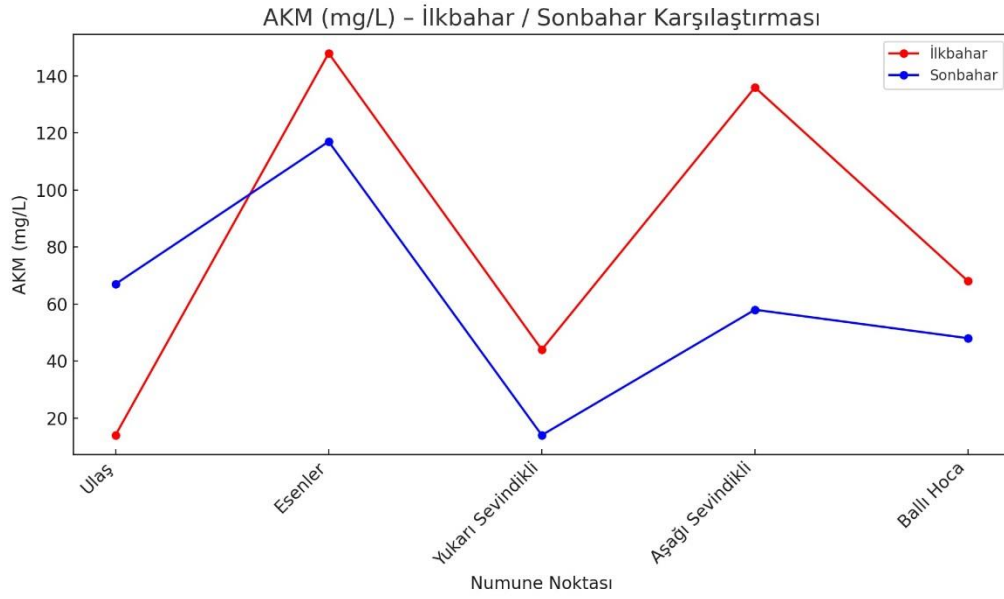
Şekil 3.6’da görüldüğü üzere, KOİ değerleri sonbahar döneminde genel olarak ilkbahara kıyasla daha yüksek seyretmektedir. Özellikle “Esenler”, “Yukarı Sevindikli” ve “Ballı Hoca” istasyonlarında sonbahar döneminde KOİ değerlerinde belirgin artışlar olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, sonbaharda debinin azalmasına bağlı olarak suyun seyrelme kapasitesinin düşmesi ve organik kirleticilerin daha yoğun hale gelmesi ile açıklanabilir. Literatürde de düşük debi dönemlerinde organik maddelerin seyrelme imkânının azalması sonucu KOİ değerlerinde artış görülebildiği vurgulanmaktadır (Patil et al., 2022; Varol, 2021).



Şekil 3.7. BOİ Parametresinin İlkbahar/Sonbahar Karşılaştırması

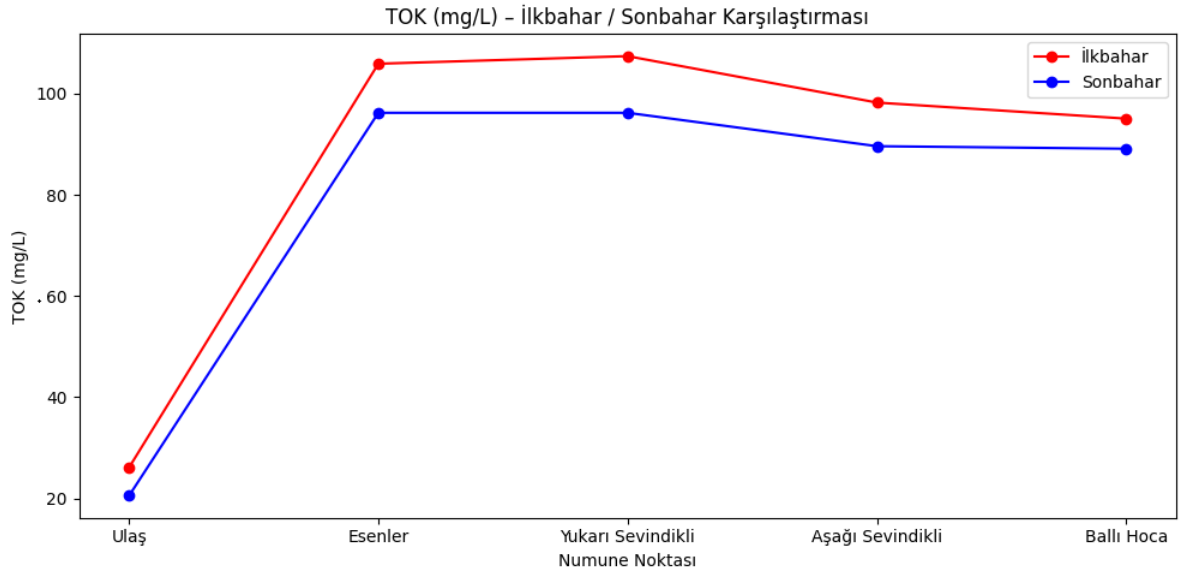
3.7’de BOİ değerlerinin mevsimsel değişimi incelendiğinde, sonbahar döneminde birçok istasyonda ilkbahara kıyasla daha yüksek değerler ölçüldüğü görülmektedir. “Esenler”, “Yukarı Sevindikli” ve “Ballı Hoca” istasyonlarında sonbahar BOİ değerlerinin belirgin şekilde artması, bu dönemde su hacminin azalmasıyla birlikte biyolojik olarak parçalanabilir organik maddelerin birikmesiyle ilişkilendirilebilir. Düşük debi koşullarında mikroorganizmalar tarafından tüketilen çözünmüş oksijen miktarının artması ve organik madde yükünün yoğunlaşması, BOİ seviyelerini yükselten temel faktörler arasında gösterilmektedir (Zhang et al., 2020; Varol, 2021).

Çalışma kapsamında elde edilen veriler, özellikle sonbahar döneminde KOİ ve BOİ değerlerinin birçok istasyonda ilkbahara kıyasla daha yüksek olduğunu göstermektedir. “Esenler”, “Yukarı Sevindikli” ve “Ballı Hoca” istasyonlarında sonbahar KOİ ve BOİ konsantrasyonlarının artması, bu dönemde organik kirliliğin yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Bu durum, sonbaharda debinin düşmesi ve suyun seyreltme kapasitesinin azalması sonucu organik maddelerin ortamda birikmesiyle ilişkilendirilebilir. KOİ ve BOİ değerlerinin birlikte yükselmesi, akarsu sisteminde hem toplam oksitlenebilir hem de biyolojik olarak parçalanabilir organik madde yükünün arttığını göstermekte olup, bu durum özellikle düşük debi dönemlerinde seyreltmenin azalmasına bağlı olarak organik kirliliğin yoğunlaştığını ortaya koymaktadır (Varol, 2021; Patil et al., 2022).



Şekil 3.8. AKM Parametresinin İlkbahar/Sonbahar Karşılaştırması

Şekil 3.8’de AKM (Askıda Katı Madde) parametresinin mevsimsel ve istasyonlar arası dağılımı değerlendirildiğinde, ilkbahar döneminde ölçülen değerlerin genel olarak sonbahara kıyasla daha yüksek seyrettiği görülmektedir. Özellikle “Esenler” ve “Aşağı Sevindikli” istasyonlarında ilkbaharda gözlenen belirgin artışlar, bu dönemde artan yüzey akışıyla taşınan partikül madde ve organik yükün birikmesiyle ilişkilendirilebilir. AKM değerlerinin özellikle yağışlı dönemlerde yüzey akışına bağlı olarak artış göstermekte olup, bu durum tarımsal alanlar ve açık toprak yüzeylerin yoğun olduğu havzalarda daha belirgindir (Bilotta & Brazier, 2008; Li et al., 2020; Varol, 2021).



Şekil 3.9. TOK Parametresinin İlkbahar/Sonbahar Karşılaştırması

Şekil 3.9’da Grafik verileri incelendiğinde, TOK değerlerinin genel olarak sonbahar döneminde ilkbahara kıyasla daha düşük seyrettiği görülmektedir. Bu durum, sonbaharda organik madde miktarında kısmi bir azalma eğilimine işaret etmektedir. İlkbahar döneminde özellikle “Esenler” ve “Yukarı Sevindikli” istasyonlarında yüksek TOK değerlerinin ölçülmesi, bu dönemde artan yüzey akışıyla taşınan organik partiküller ve tarımsal kaynaklı girdiler ile ilişkilendirilebilir. Bu durum, TOK konsantrasyonlarının mevsimsel hidrometeorolojik koşullara duyarlı olduğunu ortaya koyan literatürle uyumludur (Zhang ve ark., 2019; Varol, 2021).

Tablo 3.3. İstasyonlara Göre Parametrelerin Ortalama Değerleri

Parametreler	Ulaş	Esenler	Yukarı Sevindikli	Aşağı Sevindikli	Ballı Hoca
pH	7,36	7,64	7,6	7,85	7,71
Sıcaklık (°C)	8,55	7,55	8,7	10,65	8,2
ÇO (mg/l)	9,67	7,7	8,3	10,45	8,55
Tuzluluk (%)	0,75	3	2,82	2,99	3,4
Bulanıklık (NTU)	8,18	70	59	182	43,8

Tablo 3.3.'ün devamı

KOİ (mg/l)	45,1	175,35	129,1	309,05	172,9
BOİ (mg/l)	13,85	50,45	39,1	98,15	54,35
AKM (mg/l)	40,5	132,5	29	94	58
TOK (mg/l)	23,29	101,05	101,8	93,91	92,08
Koliform Bakteri cfu/100 ml	>100	>100	>100	>100	>100
Escherichia Coli cfu/100 ml	>100	>100	>100	>100	>100

Tablo 3.3.'te ise Ergene Nehri boyunca seçilen istasyonlara ait fizikokimyasal ve bakteriyolojik parametrelerin ortalama değerleri verilmiş olup, bu veriler nehir suyunun genel kalite durumunu ve istasyonlar arasındaki mekânsal farklılıkları ortaya koymaktadır.

pH değerleri bakımından istasyonlar genelinde nötr ile hafif bazik aralıkta değişim gözlenmiştir. “Ulaş” istasyonunda pH ortalaması 7,36 ile nötre yakın bir karakter sergilerken, “Aşağı Sevindikli” istasyonunda 7,85 değeriyle hafif bazik bir eğilim tespit edilmiştir. Bu durum, suyun hidro-jeokimyasal yapısı ve havzadaki karbonatlı kayaçların etkisiyle ilişkili olup, akarsu ekosistemi açısından pH seviyelerinin genel olarak kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunu göstermektedir (Lauerwald vd., 2013; Hamid vd., 2020).

Çözünmüş oksijen (ÇO) değerleri istasyonlar arasında 8–10 mg/L aralığında değişmekte olup, bu durum genel olarak nehrin oksijenlenme seviyesinin iyi olduğunu göstermektedir. Ancak, bazı istasyonlarda yüksek organik madde yüküne bağlı olarak ilerleyen dönemlerde oksijen tüketim baskısının artabileceği öngörülmektedir. Özellikle KOİ ve BOİ değerlerinin yüksek seyrettiği istasyonlarda çözünmüş oksijen seviyeleri potansiyel baskı altında kalmaktadır (Hur et al., 2012).

Bulanıklık ve KOİ parametrelerinde istasyonlar arasında belirgin farklılıklar göze çarpmaktadır. Özellikle “Aşağı Sevindikli” istasyonunda KOİ ortalamasının 309,05 mg/L ve bulanıklık ortalamasının 182 NTU olarak tespit edilmesi, bu bölgenin yüksek organik ve partikül madde yükü altında olduğu düşünülmektedir. Buna karşılık “Ulaş” istasyonunda daha düşük KOİ ve bulanıklık değerleri, daha az baskı altında bulunduğunu düşündürmektedir.

Bakteriyolojik analiz sonuçlarının >100 CFU/ml olarak belirlenmesi, tüm istasyonlarda fekal kaynaklı kirlilik riskine işaret etmektedir. Bu durum, özellikle evsel atıksu deşarjları, hayvancılık faaliyetleri ve kontrolsüz yüzey akışı gibi noktasal ve yayılı kaynakların nehir suyuna mikroorganizma taşınımına neden olduğunu ile ilişkilendirilebilir. Bu durum, suyun hijyenik kalite açısından risk taşıdığını ve özellikle rekreasyonel kullanım açısından uygun olmadığını ortaya koymaktadır (Xu et al., 2022; Health Canada, 2023; Kongprajug et al., 2021).

Genel olarak Tablo 3.3 verileri, Ergene Nehri boyunca istasyonlar arasında su kalite parametrelerinin önemli ölçüde değiştiğini; özellikle “Aşağı Sevindikli” istasyonunun hem organik yük (KOİ), hem askıda katı madde (bulanıklık) hem de bakteriyolojik açıdan en problemlili bölge olduğunu göstermektedir. Bu durum, söz konusu istasyonun yoğun baskıya maruz kaldığını ve kirliliğin istasyonda yoğunlaştığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, fizikokimyasal ve bakteriyolojik parametrelerin birlikte değerlendirilmesi, Ergene Nehri’nde su kalitesinin istasyonlara göre farklılık gösterdiğini, bazı bölgelerde ise ciddi kirlilik baskısı altında olduğunu ortaya koymaktadır.

3.2. Tanımlayıcı İstatistikler

Her parametre için mevsim bazında ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler hesaplanmıştır.

Tablo 3.4. Parametrelerin Ortalama Değerlerinin Mevsimsel Karşılaştırması

Parametreler	Nisan	Kasım
pH	8,04	7,22
Sıcaklık (°C)	8,8	8,66
ÇO (mg/l)	8,95	8,91
Tuzluluk (%)	2,67	2,51
Bulanıklık (NTU)	72,71	72,48
KOİ (mg/l)	132,32	228
BOİ (mg/l)	43	59,36
AKM (mg/l)	80,8	60,8
TOK (mg/l)	86,53	78,32
Koliform Bakteri cfu/100 ml	>100	>100
Escherichia Coli cfu/100 ml	>100	>100

Tablo 3.4. Nisan ve Kasım aylarındaki parametrelerin ortalamalarını karşılaştırmaktadır. Nisan ayında daha düşük KOİ ve BOİ seviyeleri gözlemlenirken, Kasım ayında değerler bu parametrelerde belirgin bir artış göstermiştir. Örneğin, KOİ değeri Nisan'da ortalama 132,32 mg/L iken, Kasım ayında 200,28 mg/L olarak ölçülmüştür. Kasım ayında ölçülen artış, azalan debi ve seyreltme kapasitesine bağlı olarak kirlilik konsantrasyonlarının yükseldiğini düşündürmektedir. Düşük akış dönemlerinde suyun seyreltme kapasitesinin azaldığı, buna bağlı olarak kirlenici konsantrasyonlarının belirgin şekilde arttığı, özellikle organik kirlilik göstergelerinin (KOİ / BOİ) kurak dönemlerde yükseldiği ifade edilmektedir (Pakoksung et al., 2025).

Tablo 3.5. İstasyonlara Göre Parametre Değişkenliği (Standart Sapma)

Parametreler	Ulaş	Esenler	Yukarı Sevindikli	Aşağı Sevindikli	Ballı Hoca
pH	0,23	0,76	0,42	0,78	0,71
Sıcaklık (°C)	0,07	0,07	0,28	0,21	0,42
ÇO (mg/l)	0,03	0,19	0,14	0,00	0,06
Tuzluluk (%)	0,07	0,01	0,06	0,02	0,59
Bulanıklık (NTU)	0,08	1,41	1,56	2,83	0,85
KOİ (mg/l)	5,8	82,38	44,55	4,45	112
BOİ (mg/l)	1,06	25,53	9,33	8,27	32,31
AKM (mg/l)	37,48	21,92	21,21	50,91	14,14
TOK (mg/l)	3,95	6,86	7,92	6,09	4,21

Tablo 3.5.'te istasyonlara göre ölçülen parametrelerin standart sapma değerleri verilmiştir. pH, sıcaklık, çözülmüş oksijen, tuzluluk ve bulanıklık gibi parametreler düşük standart sapma değerlerine sahip olduğu ve bu parametrelerin istasyonlar genelinde daha stabil bir dağılım sergilediği görülmektedir. Buna karşılık KOİ parametresinde özellikle “Ballı Hoca” (112,0), “Esenler” (82,38) ve “Yukarı Sevindikli” (44,55) istasyonlarında yüksek standart sapma değerlerinin tespit edilmiştir. Bu durum, söz konusu istasyonlarda organik yükün zamansal olarak düzensiz dağıldığına ve dönemsel olarak ani artışlara (şok yüklenmelere) maruz kaldığına işaret etmektedir. AKM parametresi açısından “Aşağı Sevindikli” (50,91) ve

“Ulaş” (37,48) istasyonlarının yüksek standart sapma göstermesi, bu durum askıda katı madde yükünün mevsimsel koşullara duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle yağışlı dönemlerde artan yüzey akışı ve sediment taşınımı, AKM değerlerinde dalgalanmaya neden olan temel faktörler arasında değerlendirilebilir.

Genel olarak Tablo 3.5 verileri, istasyonlar arasında yalnızca ortalama değerler bakımından değil, aynı zamanda değişkenlik düzeyi açısından da belirgin farklılıklar bulunduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, belirli istasyonların kirlilik yüküne daha fazla ve düzensiz biçimde maruz kaldığını; bu etkinin ölçüm değerlerinde dalgalanma şeklinde yansıdığını göstermektedir.

Tablo 3.6. İstasyonlara Göre Parametrelerin Maksimum ve Minimum Değerleri

Parametre	Ulaş	Esenler	Yukarı Sevindikli	Aşağı Sevindikli	Ballı Hoca
Max pH	7,52	8,17	7,89	8,4	8,21
Min pH	7,2	7,1	7,3	7,3	7,2
Max Sıcaklık (°C)	8,6	7,6	8,9	10,8	8,5
Min Sıcaklık (°C)	8,5	7,5	8,5	10,5	7,9
Max ÇO (mg/l)	9,69	7,83	8,4	10,45	8,59
Min ÇO (mg/l)	9,65	7,56	8,2	10,45	8,5
Max Tuzluluk (%)	0,8	3,01	2,86	3	3,81
Min Tuzluluk (%)	0,7	2,99	2,77	2,97	2,98
Max Bulanıklık (NTU)	8,23	71	60,1	184	44,4
Min Bulanıklık (NTU)	8,12	69	57,9	180	43,2
Max KOİ (mg/l)	49,2	233,6	160,6	312,2	252,1
Min KOİ (mg/l)	41	117,1	97,6	305,9	93,7
Max BOİ (mg/l)	14,6	68,5	45,7	104	77,2
Min BOİ (mg/l)	13,1	32,4	32,5	92,3	31,5
Max AKM (mg/l)	67	117	44	130	68
Min AKM (mg/l)	14	148	14	58	48
Max TOK (mg/l)	26,08	105,9	107,4	98,22	95,05
Min TOK (mg/l)	20,5	96,2	96,2	89,6	89,1

Tablo 3.6. farklı istasyonlarda ölçülen fizikokimyasal parametrelerin maksimum ve minimum değerlerini özetlemektedir. Ergene Nehri boyunca yer alan istasyonlarından alınan su örneklerinin parametre bazında gösterdiği değişkenlik, su kalitesindeki bölgesel

farklılıkların ortaya konulmasına olanak sağlamaktadır. Özellikle “Aşağı Sevindikli” istasyonunda KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) maksimum değerinin 312,2 mg/L ile en yüksek seviyeye ulaştığı, aynı istasyonda BOİ (Biyolojik Oksijen İhtiyacı) değerinin ise 104 mg/L olarak ölçüldüğü görülmektedir. Bu yüksek değerler, söz konusu istasyonda organik madde yükünün ve buna bağlı biyolojik kirlilik seviyesinin belirgin biçimde arttığını düşündürmektedir. Buna karşılık “Ulaş” istasyonunda KOİ minimum değerinin 41 mg/L ve BOİ değerinin 13,1 mg/L olarak ölçülmesi, bu kesimde su kalitesinin diğer istasyonlara kıyasla nispeten daha iyi durumda olduğunu ortaya koymaktadır. Bulanıklık parametresinde ise maksimum değer 184 NTU ile yine “Aşağı Sevindikli” istasyonunda kaydedilmesi, bu bölgenin askıda katı madde yükü bakımından daha yüksek sediment taşınımına maruz kalması ile ilişkilendirilebilir. Diğer istasyonlarda bulanıklık değerlerinin görece düşük seviyelerde kalması, bu farklılığın yerel çevresel koşullar ve arazi kullanım özellikleriyle ilişkili olduğunu düşündürmektedir.

Genel olarak bu bulgular, Ergene Nehri boyunca su kalitesinin istasyondan istasyona belirgin değişkenlik gösterdiğini ve bazı kesimlerin yerleşim, sanayi ve diğer insan faaliyetlerinden kaynaklanan çevresel baskılara daha fazla maruz kaldığını ortaya koymaktadır.

3.3. Mevzuat

30.11.2012 tarihli ve 28483 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği hükümlerine göre pH, çözünmüş oksijen, kimyasal oksijen ihtiyacı ve biyolojik oksijen ihtiyacı parametreleri Tablo 3.4’e göre değerlendirilmiştir.

pH değeri 7,1-8,4 arasındadır. pH parametresi açısından 3 sınıfa da dahil olduğu görülmektedir. Bu noktada I. (çok iyi) sınıfa konulabilir.

Çözünmüş oksijen ölçümleri 7,56-10,45 mg/L arasındadır. Çözünmüş oksijen parametresi açısından “Esenler” istasyonu II. (az kirlenmiş su) sınıf, diğer istasyonlar ise I. sınıf (çok iyi) su kalite sınıfında yer almaktadır.

BOİ ölçümleri 13,1-104,0 mg/l arasındadır. BOİ parametresi açısından III. (kirlenmiş su) su kalite sınıfında yer almaktadır.

KOİ ölçümleri 41,0-312,2 mg/l arasındadır. KOİ parametresi açısından “Ulaş” istasyonu II. (az kirlenmiş su) sınıf, diğer istasyonlar ise III. (kirlenmiş su) su kalite sınıfında yer almaktadır.

Tablo 3.7. Kıtaıçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları ^(a)		
	I (çok iyi)	II (iyi)	III (orta)
Renk (m⁻¹)	RES 436 nm: ≤ 1,5 RES 525 nm: ≤ 1,2 RES 620 nm: ≤ 0,8	RES 436 nm: 3 RES 525 nm: 2,4 RES 620 nm: 1,7	RES 436 nm: > 4,3 RES 525 nm: > 3,7 RES 620 nm: 2,5
pH	6-9	6-9	6-9
İletkenlik (µS/cm)	< 400	1000	> 1000
Yağ ve Gres (mg/L)	< 0,2	0,3	> 0,3
Çözünmüş oksijen (mg/L)	> 8	6	< 6
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	< 25	50	> 50
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ₅) (mg/L)	< 4	8	>8
Amonyum azotu (mg NH₄⁺-N/L)	< 0,2	1	>1
Nitrat azotu (mg NO₃⁻-N/L)	< 3	10	> 10
Toplam kjeldahl-azotu (mg N/L) ^(b)	< 0,5	1,5	> 1,5
Toplam azot (mg N/L) ^(c)	< 3,5	11,5	> 11,5
Orto fosfat fosforu (mg o-PO₄-P/L)	< 0,05	0,16	> 0,16
Toplam fosfor (mg P/L)	< 0,08	0,2	> 0,2
Florür (µg/L)	≤ 1000	1500	> 1500
Mangan (µg/L)	≤ 100	500	> 500
Selenyum (µg/L)	≤ 10	15	> 15
Sülfür (µg/L)	≤ 2	5	> 5

Bu çalışmada kapsamında Ergene Nehri'nin Ulaş, Esenler, Yukarı Sevindikli, Aşağı Sevindikli ve Ballı Hoca istasyonlarında Nisan ve Kasım 2024 dönemlerinde ölçülen fizikokimyasal ve bakteriyolojik parametreler değerlendirilmiştir. Bulgular, nehrin su

kalitesinin özellikle orta ve aşağı kesimlerde belirgin şekilde bozulduğunu ve kirlilik baskısının istasyonlar arasında heterojen bir dağılım gösterdiğini ortaya koymakta olup Ergene Havzası'nın uzun süredir maruz kaldığı yoğun endüstri, tarım ve yerleşim baskısının su kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini güncel verilerle doğrulamaktadır. Bu durum, Ergene Havzası'nda yoğun sanayi faaliyetleri, tarımsal üretim, yerleşim alanları ve yetersiz arıtma uygulamalarının su kalitesi üzerinde belirleyici rol oynadığını göstermektedir (Mutlu & Uncumusaoğlu, 2020; ÇŞİDB, 2021).

Bu çalışma, Ergene Havzası'nın uzun süredir ağır bir kirlilik baskısı altında olduğunu ortaya koyan önceki çalışmalarla (özellikle organik kirlilik ve mikroorganik kirleticiler açısından) büyük ölçüde uyum göstermektedir. Tokatlı'nın (2020) çok değişkenli istatistiksel analizlerle yaptığı değerlendirmede, Ergene Nehri'nin genel su kalitesinin çoğunlukla III.–IV. sınıf aralığında olduğu ve özellikle endüstriyel ve evsel deşarjların yoğun olduğu kesimlerde kirlilik yükünün kritik seviyelere ulaştığı rapor edilmiştir.

pH değerlerinin 7,1–8,4 aralığında değiştiği ve genel olarak nötr-hafif alkali karakterde seyrettiği belirlenmiştir. Bu durum, akarsuyun tamponlama kapasitesinin yüksek olduğunu yansıtmaktadır. Benzer şekilde, Türkiye'deki birçok akarsuda pH değerlerinin jeolojik yapı ve hidrojeokimyasal süreçlerle ilişkili olarak nötraliteye yakın seyrettiği bildirilmektedir (Varol & Şen, 2018).

Çözünmüş oksijen değerleri genel olarak (7,56–10,45 mg/L) kabul edilebilir aralıklarda bulunmuş olsa da, yüksek organik yük göstergeleri nehirde potansiyel bir oksijen tüketim baskısının varlığına işaret etmektedir. Özellikle düşük debi dönemlerinde seyreltme kapasitesinin azalması, organik maddelerin daha yoğun birikmesine ve oksijen rejiminin bozulmasına neden olabilmektedir. Bu durum, düşük akış koşullarında organik kirlilik konsantrasyonlarının arttığını gösteren literatüre de uygundur (Gani, 2023; Varol vd., 2019).

KOİ ve BOİ değerlerinde gözlenen artışlar, özellikle Esenler, Aşağı Sevindikli ve Ballı Hoca istasyonlarında belirgin olup, bu alanlarda yoğun organik kirlilik baskısına işaret etmektedir. Literatürde, KOİ ve BOİ değerlerindeki artışın düşük debi dönemlerinde seyreltme kapasitesinin azalmasına bağlı olarak arttığı belirtilmektedir (Gani, 2023; Varol et al., 2019).

Tablo 3.6'da verilen maksimum-minimum değerler incelendiğinde, özellikle Aşağı Sevindikli istasyonunun KOİ (312,2 mg/L) ve BOİ (104 mg/L) açısından en kritik nokta olduğu görülmektedir. Bu durum, söz konusu istasyonun hem noktasal hem de yayılı kaynaklardan yoğun şekilde etkilendiğini göstermektedir. Özellikle Ergene-2 OSB arıtma tesisinin deşarj

noktalarına yakınlık ve çevresel drenaj sistemleri, bu istasyonun kirlilik seviyesini artıran başlıca faktörler arasındadır. Bu bulgular, Ergene Nehri'nin organik kirlilik açısından kritik seviyelerde olduğunu bildiren önceki çalışmalarla uyumludur (Tokatlı, 2020; Tokatlı vd., 2019).

Bulanıklık ve AKM değerlerinin bazı istasyonlarda yüksek seyretmesi, sudaki partikül yükünün arttığını ve bunun büyük ölçüde tarımsal yüzey akışı, erozyon ve yayılı kirlilik kaynaklarıyla ilişkili olduğunu düşündürmektedir. Özellikle Aşağı Sevindikli istasyonunda bulanıklığın 184 NTU'ya ulaşması, bu bölgede fiziksel kirlilik yükünün de belirgin olduğunu göstermektedir. Bu tür yüksek bulanıklık değerlerinin suyun ışık geçirgenliğini azaltarak ekosistem dengesini bozduğu belirtilmektedir (Bilgin & Konuk, 2020).

Tokatlı (2019) ve Tokatlı vd. (2021)'nin Meriç–Tunca–Ergene sistemi üzerinde yürüttüğü izleme çalışmalarında, Tunca ve Ergene kollarının Meriç ana kolu üzerinde bozucu etkiye sahip olduğu, organik madde ve besin tuzu yüklerinin havza genelinde su kalitesini düşürdüğü vurgulanmıştır. Bu tezde de Aşağı Sevindikli, Esenler ve Ballı Hoca istasyonlarında tespit edilen yüksek KOİ, BOİ, AKM ve bulanıklık değerleri, bahsi geçen çalışmaların bulgularını destekler niteliktedir ve söz konusu istasyonların, havzadaki organik ve partikül kirliliğin “odak bölgeleri” olduğunu göstermektedir.

Ergene Nehri üzerine yapılan daha yeni çalışmalarda, yalnızca klasik su kalite parametreleri değil; aynı zamanda mikro kirleticiler (PAH'lar, farmasötikler, pestisitler vb.) ve potansiyel toksik elementler de detaylı biçimde incelenmiştir. Emadian vd. (2021), Ergene Nehri su ve sedimanında seçilmiş mikroorganik kirleticilerin dağılımını incelemiş ve endüstriyel faaliyetlerin yoğun olduğu kesimlerde, özellikle tekstil ve kimya kaynaklı bileşiklerin biriktiğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Ustaoglu vd. (2020) ve diğer araştırmacılar, Türkiye'deki bazı nehirlerin (Ergene dahil) sedimanlarında ağır metal birikimlerinin antropojenik baskıyı gösterdiğini ve bu birikimlerin özellikle arıtılmamış endüstriyel atıksu ve evsel atık deşarjlarıyla ilişkili olduğunu belirtmiştir.

Bu tez kapsamında ölçülen yüksek KOİ, BOİ ve TOK değerleri; literatürde Ergene'nin “yüksek organik yük altında, kirli bir akarsu” olarak tanımlanmasıyla tam bir paralellik göstermektedir. Özellikle Aşağı Sevindikli istasyonunda maksimum KOİ (312,2 mg/L) ve BOİ (104 mg/L) değerlerinin elde edilmesi, Emadian vd. (2021) ve Tokatlı (2020) çalışmalarında rapor edilen yüksek organik kirlilik bulgularını desteklemekte ve söz konusu kesimin hem noktasal (OSB deşarjları, yerleşim atıkları) hem de yayılı (tarımsal drenaj, yüzey akışı) kirlilik

kaynakları açısından kritik bir karışım bölgesi olduğunu göstermektedir.

Bu tezde tüm istasyonlarda bakteriyolojik parametrelerin >100 CFU/mL düzeyine ulaştığı tespit edilmiş; bu durum nehir suyunun halk sağlığı açısından potansiyel risk barındırdığını ve özellikle Dünya Sağlık Örgütü'nün rekreasyonel su kalite rehberine göre rekreasyonel kullanım için uygun olmadığını göstermiştir (WHO, 2021). Türkiye'de ve dünyada kirlenmiş nehirler üzerinde yapılan çalışmalar, kimyasal kirlilikle birlikte mikrobiyolojik kirliliğin de göz ardı edilmemesi gerektiğini vurgulamaktadır. Özellikle altyapı ve kanalizasyon sistemlerinin yetersiz olduğu, arıtmasız evsel atık deşarjlarının yaygın olduğu bölgelerde hem kimyasal hem mikrobiyolojik risklerin birlikte ortaya çıktığı ve bu durumun su kaynaklarını çok boyutlu bir halk sağlığı problemine dönüştürdüğü bildirilmektedir (Güler & Çobanoğlu, 2019; Ateş & Mutlu, 2017).

Ergene Nehri'ne ilişkin bu bulgular, Türkiye'deki diğer yoğun baskı altındaki nehir sistemleriyle karşılaştırıldığında da benzer bir tabloyu işaret etmektedir. Bakan vd. (2010), Kızılırmak Nehri için yaptıkları kapsamlı çalışmada, nehrin endüstriyel deşarjlar, tarımsal drenaj ve kentsel atıklar nedeniyle yüksek besin tuzu, ağır metal ve organik madde yüküne maruz kaldığını ve su kalitesinin birçok kesitte zayıf seviyede olduğunu rapor etmişlerdir. Kızılırmak'taki bu durum, Ergene'de gözlenen yüksek KOİ/BOİ, bulanıklık ve AKM değerleriyle benzer bir kirlilik dinamiğine işaret etmektedir. Kirmir Çayı ve Sakarya Havzası üzerine yapılan çalışmalarda, organik kirlilik yükünün doğrudan kanalizasyon deşarjları ve arıtılmamış atıksularla ilişkili olduğu; özellikle düşük akış dönemlerinde KOİ, BOİ ve bakteriyel yüklerin belirgin şekilde arttığı vurgulanmıştır (Küçük, 2008). Benzer şekilde Karasu Nehri, Büyük Menderes ve bazı diğer akarsular için yapılan değerlendirmelerde de, arıtma yetersizliği ve tarımsal faaliyetlerin etkisiyle yüzey sularının organik ve besin tuzu kirliliği bakımından bozulduğu ve bu durumun su kalitesini önemli ölçüde olumsuz etkilediği ortaya konulmuştur (Elhatip & Koçyiğit, 2016; Yılmaz & Koç, 2016).

Ayrıca Ergene Nehri ve yan kollarıyla birlikte Sazlıdere, Tunca Nehri, Meriç Nehri üzerine yürütülen izleme çalışmalarında da, organik kirlilik, askıda katı madde taşınımı ve düşük su kalitesinin havza geneli üzerinde olumsuz etkiler yarattığı defalarca vurgulanmıştır (Tokatlı vd., 2019; Tokatlı, 2020).

Dünya çapında yapılan pek çok çalışma, Ergene Nehri'nde gözlenen kirlilik dinamiklerinin küresel bir sorunun yerel yansıması olduğunu göstermektedir. Wen vd. (2017), organik kirliliğin şehirleşme, hayvancılık ve iklim değişikliği ile birlikte ele alındığı küresel

ölçekli çalışmalarında, birçok nehirde artan organik yük ve azalan seyreltme kapasitesi nedeniyle su kalitesinin bozulduğunu ortaya koymuştur.

Abily vd. (2021), Avrupa Birliği nehirlerinde iklim değişikliğinin seyreltme kapasitesi ve ekolojik statü üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında, düşük debi dönemlerinde seyreltme faktörünün azaldığını ve bu nedenle kirletici konsantrasyonlarının arttığını, birçok nehrin ekolojik statüsünün düşme riskiyle karşı karşıya olduğunu rapor etmişlerdir. OECD ve UNEP tarafından yayımlanan raporlarda da, difüz (yayılı) kirlilik ve düşük akış koşullarının birleşik etkisiyle, özellikle tarımsal ve kentsel baskı altındaki nehirlerde su kalitesinin giderek kötüleştiği vurgulanmıştır.

Bu çalışmada Kasım döneminde KOİ ve BOİ değerlerinde gözlenen artışın, düşük debi ve azalan seyreltme kapasitesi ile ilişkilendirilmesi hem Türkiye'deki diğer nehirlerde hem de dünya genelindeki çalışmalarla tamamen uyumludur. Düşük akış koşullarında organik madde ve besin tuzu konsantrasyonlarının artması, biyolojik oksijen tüketimini tetiklemekte ve su kolonunda oksijen rejimini baskılamaktadır. Bu mekanizma, Hasanyar vd. (2023) ve Dragun vd. (2011) gibi çalışmalarda da ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, bu tez çalışması Ergene Nehri'nin su kalitesinin hem mekânsal hem de mevsimsel olarak belirgin farklılıklar gösterdiğini ve özellikle orta-aşağı kesimlerin yüksek kirlilik baskısı altında olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, nehrin yalnızca ekolojik açıdan değil, aynı zamanda insan sağlığı açısından da riskli bir su kütlesi olduğunu göstermektedir. Bu nedenle Ergene Havzası'nda sürdürülebilir su yönetimi yaklaşımlarının benimsenmesi, atıksu arıtma altyapısının güçlendirilmesi ve düzenli izleme çalışmalarının artırılması büyük önem taşımaktadır.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Ergene Nehri'nin seçilen beş istasyonunda 2024 yılının Nisan ve Kasım dönemlerinde yapılan izleme çalışmalarıyla, su kalitesinin mevsimsel ve mekânsal boyutta değerlendirilmesi sağlanmıştır. Elde edilen bulgular ve literatürle yapılan karşılaştırmalar doğrultusunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

Nehir suyu, özellikle orta ve aşağı kesimlerde organik ve bakteriyolojik açıdan ciddi kirlilik baskısı altındadır. Bu durum, nehir ekosisteminin doğal işleyişini olumsuz etkilemekte ve su kalitesini sürdürülebilirlik sınırlarının dışına taşımaktadır.

Aşağı Sevindikli istasyonu, KOİ, BOİ ve bulanıklık parametreleri açısından en kritik nokta olarak belirlenmiştir. Bu istasyonda gözlenen yüksek değerler, yoğun organik yük ve partikül taşınımının varlığına işaret etmiştir. Bu durum, söz konusu bölgenin hem noktasal hem de yayılı kirlilik kaynaklarının birleşik etkisi altında olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Ulaş istasyonu, diğer istasyonlara kıyasla daha düşük organik ve bakteriyolojik yük göstermekte; ancak bu durum nehrin genel olarak “temiz” olduğu anlamına gelmemektedir. Ergene Havzası genelinde endüstri, tarım ve yerleşim baskısının devam ettiği ve kirlilik probleminin havza ölçeğinde yaygın olduğu anlaşılmaktadır.

Kasım döneminde KOİ ve BOİ değerlerinde gözlenen artış, düşük debi ve azalan seyreltme kapasitesiyle ilişkilendirilmiştir. Bu durum, hem Türkiye'deki (Kızılırmak, Kirmir, Karasu vb.) hem de dünya genelindeki nehirlerde rapor edilen “düşük akış- yüksek kirlilik” ilişkisiyle uyumludur.

Tüm istasyonlarda >100 CFU/mL seviyesindeki bakteriyolojik değerler, Dünya Sağlık Örgütü'nün rekreasyonel su kalite kriterlerine göre Ergene Nehri'nin doğrudan temaslı kullanım (yüzme, su sporları vb.) açısından riskli olduğunu ve halk sağlığı bakımından potansiyel tehdit oluşturduğunu ortaya koymuştur.

Ergene Nehri, özellikle orta ve aşağı kesimlerinde yüksek organik madde, askıda katı madde, bulanıklık ve bakteriyolojik yük altında olup, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (2012) sınıflandırmasına göre genel olarak III. sınıf (kirlenmiş su) su kalitesi aralığında yer almaktadır. Bu durum, Tokatlı (2020) ve diğer Ergene Nehri üzerine çalışmalarla uyumludur.

Aşağı Sevindikli, Esenler ve Ballı Hoca istasyonları; yüksek KOİ, BOİ, AKM ve bulanıklık değerleri ile nehrin en kritik bölgeleri olarak öne çıkmaktadır. Bu istasyonlar, noktasal (OSB, evsel atıksu deşarjları) ve yayılı (tarımsal faaliyetler, erozyon ve sediman

taşınımı) kirlilik kaynaklarının birleşik etkisi altındadır.

Ergene Nehri'nde organik kirlilik, askıda katı madde ve mikrobiyolojik yükün birlikte bulunması, nehrin yalnızca kimyasal açıdan değil, ekolojik açıdan da baskı altında olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışmaların da ortaya koyduğu üzere, Ergene Havzası, uzun vadeli çevresel ve sağlık riskleri barındıran kritik bir bölge niteliğindedir.

Bu sonuçlar doğrultusunda Ergene Havzası'nda su kalitesinin iyileştirilmesine yönelik uygulanması gereken önlemler; mevcut atıksu arıtma tesislerinin etkinliğinin artırılması ve düzenli olarak denetlenmesi, özellikle kritik istasyonlar çevresinde ileri arıtma teknolojilerine geçişin teşvik edilmesi, OSB ve sanayi tesislerinden kaynaklanan deşarjların sıkı kontrol altına alınması ve çevrimiçi izleme sistemlerinin yaygınlaştırılmasını içermelidir. Bunun yanı sıra tarımsal kaynaklı yayılı kirliliğin azaltılması amacıyla kontrollü gübreleme ve bilinçli pestisit kullanımı sağlanmalı, nehir kenarlarında tampon bölgeler oluşturularak yüzey akışıyla taşınan askıda katı madde ve besin tuzu yükü sınırlandırılmalıdır. Düşük debi dönemlerinde su kalitesinin daha da bozulabildiği dikkate alınarak bu dönemlere özgü izleme ve yönetim stratejileri geliştirilmesi, mikrobiyolojik kirlilik açısından rekreasyonel kullanımın sınırlandırılması ve kamuoyunun bilgilendirilmesi de büyük önem taşımaktadır. Ayrıca uzun vadede Ergene Havzası için düzenli izleme programları ve toplumsal farkındalığı artırmaya yönelik eğitim faaliyetleriyle sürdürülebilir su kaynakları yönetimi desteklenmelidir.

5. KAYNAKLAR

- Abily, M., et al. (2021).** Climate change impacts on dilution capacity and ecological status of European rivers. *Science of the Total Environment*, 755, 142495.
- Akbulut, M., Kaya, H., Çelik, E. Ş., Odabaşı, D. A., Odabaşı, S. S., & Selvi, K. (2010).** Assessment of surface water quality in the Atikhisar Reservoir and Sarıçay Creek (Çanakkale, Turkey). *Ekoloji*, 19(74), 139-149.
- Akkan, T., & Mutlu, T. (2022).** Assessment of heavy metal pollution of Çoruh river (Turkey). *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 12(1), 355-367.
- Akkoyunlu, A., & Akiner, M. E. (2012).** Pollution evaluation in streams using water quality indices: A case study from Turkey's Sapanca Lake Basin. *Ecological Indicators*, 18, 501-511.
- Albay, R.A., Köker, L (2020).** Composition and Distribution of Benthic Diatoms in Different Habitats of Burdur River Basin. *Turkish Journal of Water Science and Management*, 4(1), 31-57. <https://doi.org/10.31807/tjwsm.658001>
- Ali, M., & Khairy, H. (2016).** Institutional roles in water quality monitoring and pollution control: A review of management strategies. *Environmental Management and Sustainability Journal*, 5(2), 98–112.
- Allan, J. D., & Castillo, M. M. (2007).** Stream ecology: Structure and function of running waters (2nd ed.). Springer.
- Aras, N., Demir, M., & Kalkan, S. (2017).** Endüstriyel faaliyetlerin su kalitesi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi. *Çevre ve Su Kaynakları Dergisi*, 9(1), 45–58.
- Ateş, A., & Mutlu, E. (2017).** Bacteriological pollution and public health risk assessment of surface waters in Turkey. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 15(12), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s40201-017-0267-8>
- Atıcı, T., Tokatlı, C., & Çiçek, A. (2018).** Diatoms of Seydisuyu Stream Basin (Turkey) and assessment of water quality by statistical and biological approaches. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 36(1).
- Ayaz, S., Aktaş, Ö., Dağlı, S., Aydoğan, C., Aytış, E. A., & Akça, L. (2013).** Pollution loads and surface water quality in the Kızılırmak Basin, Turkey. *Desalination and Water Treatment*, 51(7-9), 1533-1542.
- Aydın, G., Gürevin, C., & Öterler, B. (2022).** Küçükçekmece Lagün Gölünün (İstanbul Türkiye) Bazı Çevresel Değişkenler ve İndikatör Bentik Makroomurgasız Bulgularından Yararlanılarak Trofi Düzeyinin Belirlenmesi. *ACTA AQUATICA TURCICA*, 18(4).
- Aykut, T. O., Balkis-Ozdelice, N., Durmus, T., & Solak, C. N. (2024).** Determination of water quality and trophic level by using epilithic diatoms in Büyükçekmece Reservoir. *Diatom Research*, 39(3), 77-100. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2024.2374282>
- Bakan, G., et al. (2010).** Assessment of water quality of Kızılırmak River in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 165, 597–614.
- Barinova, S., & Mamanazarova, K. (2021).** Diatom algae-indicators of water quality in the lower Zarafshan river, Uzbekistan. *Water*, 13(3), 358. <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/3/358>
- Baştürk, E. (2019).** Assessing Water Quality of Mamasın Dam, Turkey: Using Water Quality Index Method, Ecological and Health Risk Assessments. *CLEAN – Soil, Air, Water*, 47(12), 1900251. <https://doi.org/10.1002/clen.201900251>
- Bayram, A., Onsoy, H., Bulut, V. N., Tufekci, M., & Akpınar, A. (2011).** Effects of Gumushane municipal wastewaters on the stream Harsit water quality, Turkey. *4th*

- International Conference on Water Resources and Sustainable Development*, 167-173.
- Bilgin, A. (2015).** An assessment of water quality in the Coruh Basin (Turkey) using multivariate statistical techniques. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(11), 721. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4904-9>
- Bilgin, A., & Konuk, M. (2020).** Influence of turbidity and suspended solids on aquatic ecosystem functions. *Turkish Journal of Water Science & Management*, 4(2), 85–94.
- Bilotta, G. S., & Brazier, R. E. (2008).** Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic ecosystems. *Water Research*, 42(12), 2849–2861.
- Celekli, A., Toudjani, A., Gümüş, E. Y., Kayhan, S., Lekesiz, H., & Cetin, T. (2019).** Determination of trophic weight and indicator values of diatoms in Turkish running waters for water quality assessment. *Turkish Journal of Botany*, 43(1), 90-101.
- Celekli, A., Lekesiz, H., & Yavuzatmaca, M. (2021).** Bioassessment of water quality of surface waters using diatom metrics. *Turkish Journal of Botany*, 45(5), 379-396.
- Chapman, D. (1996).** Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring (2nd ed.). UNESCO/WHO/UNEP.
- Çelekli, A., Toudjani, A. A., Lekesiz, H. Ö., & Çetin, T. (2018).** Ecological quality assessment of running waters in the North Aegean catchment with diatom metrics and multivariate approach. *Limnologica*, 73, 20-27.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2018).** Meriç–Ergene Havzasında Endüstriyel Atıksu Yönetimi Raporu. Ankara.
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB). (2021).** Ergene Havzası Su Kalitesi Raporu. Ankara.
- ÇOB (2011).** Ergene Havzası Koruma Eylem Planı. Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- ÇRL (2011).** Havzalarda Örnekleme Noktası Belirleme ve Su Kalitesi İzleme Raporu. Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Referans Laboratuvarı.
- Dalkıran, N., Karacaoğlu, D., Mestik, D. T., Karabayırlı, G., Atak, S., Koşucu, T. N. A., Coşkun, F., & Akay, E. (2020).** Mustafakemalpaşa Çayı'nın (Bursa) su kalitesinin faktör analizi kullanılarak değerlendirilmesi. *Acta Aquatica Turcica*, 16(1), 124-137.
- Darvishi, G., Kootenaei, F. G., Ramezani, M., Lotfi, E., & Asgharnia, H. (2016).** Comparative investigation of river water quality by OWQI, NSFQI and Wilcox indexes (case study: The Talar River–Iran). *Archives of Environmental Protection*, 42(1), 41-48.
- Delibacak, S., Elmaci, O. L., Secer, M., & Bodur, A. (2002).** Review of spatial variations in water quality in the Gediz River. *International Journal of Water*, 2(2/3), 173. <https://doi.org/10.1504/IJW.2002.003193>
- Demir, A., Kaya, B., & Özcan, H. (2016).** Su kirliliğiyle mücadele stratejilerinin çevresel ve sosyoekonomik etkileri. *Çevre Yönetimi Dergisi*, 22(3), 145–160.
- Dirican, S. (2015).** Assessment of water quality using physico-chemical parameters of Çamlıgöze Dam Lake in Sivas, Turkey. *Ecologia*, 5(1), 1-7.
- Divrik, M. T., Laçın, M. Ö., Kalkan, K., & Yurtoğlu, S. (2021).** Determination of Benthic Macroinvertebrate Fauna and Some Physicochemical Properties of Kanak Dam Lake (Şarkışla–Sivas). *Aquatic Sciences and Engineering*, 36(1), 1-10.
- Demir, D. A., Şahin, Ü., & Demir, Y. (2016).** Murat Nehri su kalite parametrelerinin trend analizi ve tarımsal açıdan kullanılabilirliği.
- Dönmez, Z. K. (2010).** Ilgın Çavuşçu Gölü sulama kanalında su kalitesi parametrelerinin incelenmesi.
- Dragun vd. (2011).** Dragun, Z., Raspor, B., & Ivanković, D. (2011). Influence of

- hydrological conditions on nutrient enrichment and oxygen depletion in freshwater bodies. *Environmental Science and Pollution Research*, 18(5), 756–765.
- Du, J., Yang, X., Xu, P., Wan, X., Wang, P., Wang, D., Yang, Q., Wang, Q., & Razzaq, A. (2024).** Linking water quality indicators in stable reservoir ecosystems: Correlation analysis and ecohydrological implications. *Water*, 16(24), 3600.
- Eassa, A. M., Jassim, W. F., Al-Maliki, H., Al-Saad, R. T., & Mehson, N. K. (2015).** Assessment of eutrophication and organic pollution status of Shatt Al-Arab River by using diatom indices. *Mesopotamia Environmental Journal*, 1(3), 44-56.
- Ebadati, N. (2017).** Statistical analysis of Dez River water quality, southwest of Iran. *Anthropogenic Pollution*, 1(1), 46-60.
- Ebadi, A., & Hisoriev, N. (2018).** Assessment of dissolved oxygen dynamics in freshwater ecosystems: Implications for aquatic life. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(6), 1–12.
- Elhatip, H., & Koçyiğit, H. (2016).** Environmental effects of water quality of Melendiz Stream and Mamasin Dam site in Aksaray City in the Central Anatolia of Turkey. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 6, 321–330.
- Emadian, S. F., et al. (2021).** Distribution of selected organic micro-pollutants in surface water and sediments of the Ergene River, Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(12), 14452–14468.
- Ergene. (2025).** Vikipedi, Özgür Ansiklopedi. Erişim tarihi: 25 Kasım 2025 https://tr.wikipedia.org/wiki/Ergene,_Tekirda%C4%9F
- European Commission (EC). (2000).** *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy (Water Framework Directive)*. Official Journal of the European Communities.
- Gani, M. (2023).** Impact of low flow conditions on pollutant concentration in river systems. *Journal of Water and Environmental Management*, 37(4), 215–223.
- Gani, K. M. (2023).** Influence of flow reduction and dilution capacity on pollutant concentration in river systems. *Journal of Water and Health*, 21(2), 312–324.
- Gultekin, F., Ersoy, A. F., Hatipoglu, E., & Celep, S. (2012).** *Determination of water quality parameters in wet season of surface water in Trabzon*.
- Güher, H., & Öterler, B. (2020).** Seasonal change of physicochemical properties of Kayalıköy Reservoir (Kıklareli/Turkey) and determination of water quality. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 6(2), 127-143.
- Güler, Ç., & Çobanoğlu, Z. (2019).** Su kirliliği ve insan sağlığı üzerine etkileri. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları.
- Gürbüztürk Orak, T., & Taş, B. (2019).** *Suat Uğurlu Baraj Gölü'nün (Samsun) Su Kalitesi ve Trofik Seviyesinin Araştırılması* [Master's Thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Hamid, A., Mbona, N., & Savage, K. (2020).** Local determinants influencing stream water quality: the role of geology, land use and hydroclimatic factors. *Applied Water Science*, 10, 73.
- Hasanyar, M., et al. (2023).** Low-flow conditions and organic pollution dynamics in river systems. *Hydrological Processes*, 37(2), e14733.
- Health Canada. (2023).** *Guidelines for Canadian recreational water quality: Indicators of fecal contamination*. Ottawa: Government of Canada.
- Hepsağ, E. (2003).** *Köyceğiz-Dalyan Lagün havzası su kaynaklarının su kalitesi*.
- Hosmani, S. P. (2012).** *Application of benthic diatom community in lake water quality*
- Hur, J., Lee, S., Yu, S., & Rhew, D. (2012).** Prediction of BOD, COD, and total nitrogen levels in urban rivers and their influence on dissolved oxygen dynamics. *Sensors*, 12(1), 972.

- Hwang, S.-J., Kim, N.-Y., Won, D. H., An, K. K., Lee, J. K., & Kim, C. S. (2006).** Biological assessment of water quality by using epilithic diatoms in major river systems (Geum, Youngsan, Seomjin River), Korea. *Journal of Korean Society on Water Environment*, 22(5), 784-795.
- Jakovljević, O. S., Popović, S. S., Živić, I. M., Stojanović, K. Z., Vidaković, D. P., Naunovic, Z. Z., & Krizmanić, J. Ž. (2021).** Epilithic diatoms in environmental bioindication and trout farm's effects on ecological quality assessment of rivers. *Ecological Indicators*, 128, 107847.
- Kalyoncu, H. (2006).** Isparta Deresi su kalitesinin fizikokimyasal parametrelere ve epilitik diatomelere göre belirlenmesi. *Süleyman Demirel University Faculty of Arts and Science Journal of Science*, 1(1), 14-25.
- Kalyoncu, H., Çiçek, N. L., Akköz, C., & Yorulmaz, B. (2009).** Comparative performance of diatom indices in aquatic. *African Journal of Agricultural Research*, 4(10), 1032-1040.
- Karadavut, U., & Yıldırım, M. (2019).** Effects of agricultural drainage and land use on salinity levels in freshwater ecosystems. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 43(4), 456-468.
- Karagül, H., Şimşek, A., & Doğan, S. (2005).** The importance of river rehabilitation for sustainable agricultural and industrial activities. *Water Resources and Environmental Studies Journal*, 14(3), 210-222.
- Kaya, A., & Demir, Ö. (2021).** Ergene Havzasında kentsel gelişimin su kaynaklarına etkisi. *Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(3), 245-258.
- Kaykioğlu, G. (2005).** Ergene Havzasında endüstriyel işlem suyu olarak kullanılan yeraltı sularının kalitesi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 4, 85-91.
- Koci Kallfa, A., Babani, F., & Ylli Kraja, A. (2014).** Evaluation of the Trophic Level of Kune and Vain Lagoons in Albania, Using Phytoplankton as a Bioindicator. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 2(1), 61-67.
- Kongprajug, A., Denpetkul, T., Chyerochana, N., Mongkolsuk, S., & Sirikanchana, K. (2021).** Human fecal pollution monitoring and microbial risk assessment for water reuse potential in a coastal industrial-residential mixed-use watershed. *Frontiers in Microbiology*, 12, 647602.
- Köse, E., Emiroğlu, Ö., Çiçek, A., Tokatli, C., Baskurt, S., & Aksu, S. (2018).** Sediment quality assessment in Porsuk Stream Basin (Turkey) from a multi-statistical perspective. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(2).
- Köse, E., Emiroğlu, Ö., Çiçek, A., Aksu, S., Başkurt, S., Tokatli, C., Şahin, M., & Uğurluoğlu, A. (2020).** Assessment of Ecologic Quality in Terms of Heavy Metal Concentrations in Sediment and Fish on Sakarya River and Dam Lakes, Turkey. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 29(3), 292-303. <https://doi.org/10.1080/15320383.2019.1705755>
- Kurnaz, A., Mutlu, E., & Uncumusaoğlu, A. A. (2016).** Determination of water quality parameters and heavy metal content in surface water of Çiğdem Pond (Kastamonu/Turkey). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(10), 907-913.
- Kutlu, B., Sesli, A., Tepe, R., & Mutlu, E. (2015).** Assessment of physico-chemical water quality of birecik dam, Şanlıurfa, west east region, turkey. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 3(7), 623-628.
- Küçük, S. (2008).** The effect of organic pollution on benthic macroinvertebrate fauna in the Kirmir Creek in the Sakarya Basin. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(1), 5-12.

- Lauerwald, R., Hartmann, J., & Dürr, H. H. (2013).** What controls the spatial patterns of riverine carbonate alkalinity and pH? *Chemical Geology*, 351, 48–61.
- Li, S., Zhang, Q., & Wang, Y. (2020).** Impacts of land use and surface runoff on turbidity and suspended sediment concentration in river systems. *Science of the Total Environment*, 706, 135714.
- Madkour, F. (2007).** The potential impact of Lake Manzala on the phytoplankton and hydrographic characters of the Suez Canal, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 11(2), 185-204.
- Maraşlıoğlu, F., Bektaş, S., & Özen, A. (2020).** Comparative performance of physicochemical and diatom-based metrics in assessing the water quality of Mert Stream, Turkey. *Journal of Ecological Engineering*, 21(8).
- Mohammed, A. Z., Arimoro, F. O., Olayemi, I. K., Ajai, A. I., Auta, Y. I., & Ayanwale, A. V. (2019).** Spatio-temporal assessment of zooplankton of Wushishi (wushishi) Lake, Niger state.
- Mohseni-Bandpei, A., & Yousefi, Z. (2013).** Status of water quality parameters along Haraz river. *International Journal of Environmental Research*, 7(4), 1029-1038.
- Muratlı Belediyesi. (2025).** <https://muratli.bel.tr/ekonomisi>
- Mutlu, E., Kutlu, B., & Demir, T. (2016).** Assessment of Çınarlı Stream (Hafik-Sivas)'S water quality via physico-chemical methods. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(4), 267-278.
- Mutlu, E., & Uncumusaoğlu, A. A. (2020).** Water pollution evaluation of Ergene River using multivariate statistical techniques. *Environmental Earth Sciences*, 79, 1–15.
- Nam, S., Lim, H., Choi, B., Li, Q., Moon, H., & Choi, H. T. (2021).** Seasonal water temperature variations in response to air temperature and discharge changes in a forested headwater stream: a case study from the Bukhan River basin, South Korea. *Forest Science and Technology*, 17(1), 39–45.
- Nawrocka, L., & Kobos, J. (2011).** The trophic state of the Vistula Lagoon: An assessment based on selected biotic and abiotic parameters according to the Water Framework Directive. *Oceanologia*, 53(3), 881-894.
- Nguyen, T. T., Huynh, T. N., & Le, D. M. (2020).** Influence of seasonal hydrological changes on total organic carbon dynamics in fluvial environments. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 31512–31524.
- Noga, T., Stanek-Tarkowska, J., Pajaczek, A., Peszek, Ł., & Kochman, N. (2013).** Ecological characterization of diatom communities in the Wisłok River with application of their indicatory role to the evaluation of water quality. *Journal of Ecological Engineering*, 14(4).
- Nubi, O. A., Oyatola, O. O., & Adeleye, A. O. (2024).** Hydrological distribution of physicochemical parameters, heavy metals, and their ecotoxicological implications in Lagos Lagoon, off the Gulf of Guinea Basin. *Sustainable Water Resources Management*, 10(2), 84. <https://doi.org/10.1007/s40899-024-01054-x>
- OECD. (2020).** Diffuse Pollution and Water Quality Management in River Basins. Paris: OECD Publications.
- Oğuz, İ., Yılmaz, E., & Kaya, M. (2019).** Investigation of the temporal variation of water quality in Ziyaret Pond Basin. *Journal of Agricultural Sciences*, 25(2), 215–223.
- Ordu Sağlam, Ş. 2005.** Ergene Havzasındaki Yüzeysel Su Kirlenmesinin Çevre Bilgi Sistemi Yardımıyla İzlenmesi ve Kontrol Yöntemlerinin Geliştirilmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, s. 44, İstanbul.

- Ordu, Ş. ve Demir, A. (2007).** Determination of Water Quality of Ergene River by Planning Environmental Information System, *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, İstanbul, 25 (1), 101.
- Oskay, D., Yılmaz, H., & Arslan, E. (2023).** Su kaynaklarında kirletici düzeylerinin değerlendirilmesi ve ekosistem üzerindeki etkileri. *Çevre Bilimleri Dergisi*, 18(2), 75–92.
- Pakoksung, K., Boonchuen, P., & Chonwattana, S. (2025).** Seasonal dynamics of water quality in response to land-use change and flow modification in river systems. *Scientific Reports*, 15, 91820. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-91820-4>
- Patil, R. R., Desai, S. S., & Kulkarni, A. R. (2022).** Impact of seasonal flow variation on organic pollution indicators in river ecosystems. *Journal of Water Process Engineering*, 49, 103012.
- Peszek, Ł., Noga, T., Stanek-Tarkowska, J., Pajaczek, A., Kochman-Kędziora, N., & Pieniążek, M. (2015).** The effect of anthropogenic change in the structure of diatoms and water quality of the Żołynianka and Jagielnia streams. *Journal of ecological engineering*, 16(2).
- Rashid, R. F., Saler, S., & Çoban, M. Z. (2022).** Water quality of a Tectonic Lake: Hazar Lake. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 16(5), 35-44.
- Salem, M. S., Hassan, N. M. H., Aly, M. M., Soliman, Y., Peters, R. W., & Mostafa, M. K. (2025).** Integrating deep learning and process-based modeling for water quality prediction in canals: CNN-LSTM and QUAL2K analysis of Ismailia Canal. *Sustainability*, 17(17), 7743.
- Sawaiker, R. U., & Rodrigues, B. F. (2017).** Biomonitoring of selected freshwater bodies using diatoms as ecological indicators.
- Sevindik, T. O., & Kucuk, F. (2016).** Benthic diatoms as indicators of water quality in the Acarlar Floodplain Forest (Northern Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(10), 4013-4025.
- Sevindik, T. O., Alemdar, E., Uzun, A., Coşkun, T., & Tunca, H. (2021).** Ecological status estimation of eight creeks in the Lake Sapanca Basin (Sakarya, Turkey) using diatom indices. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, 57, 14.
- Sevindik, T. O., Çetin, T., Güzel, U., Tunca, H., & Tekbaba, A. G. (2023).** Using diatom indices to estimate the ecological status of minimally disturbed rivers of the Sakarya River Basin (Türkiye). *Ecohydrology*, 16(7), e2568. <https://doi.org/10.1002/eco.2568>
- Shen, R., Ren, H., Yu, P., You, Q., Pang, W., & Wang, Q. (2018).** Benthic diatoms of the Ying River (Huaihe River Basin, China) and their application in water trophic status assessment. *Water*, 10(8), 1013.
- Srivastava, P., Grover, S., Verma, J., & Khan, A. S. (2017).** Applicability and efficacy of diatom indices in water quality evaluation of the Chambal River in Central India. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(33), 25955-25976. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0166-0>
- Szczepocka, E., Szulc, B., Szulc, K., Rakowska, B., & Żelazna-Wieczorek, J. (2014).** Diatom indices in the biological assessment of the water quality based on the example of a small lowland river. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 43(3), 265-273. <https://doi.org/10.2478/s13545-014-0141-z>
- Şahin, B., Akar, B., & Barinova, S. (2020).** Bioindication of Water Quality by Diatom Algae in High Mountain Lakes of the Natural Park of Artabel Lakes, (Gümüşhane, Turkey). *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research*, 22(1), 1-28. <https://doi.org/10.2478/trser-2020-0001>

- Şimşek, A., & Mutlu, E. (2023).** Assessment of the water quality of Bartın Kışla (Kozcağız) Dam by using geographical information system (GIS) and water quality indices (WQI). *Environmental Science and Pollution Research*, 30(20), 58796-58812. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26568-3>
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2024).** Tekirdağ İli 2024 Çevre Durum Raporu https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/tek-rdag_-cdr2024-20250718094756.pdf
- T.C. Tekirdağ Valiliği. (2021).** Tekirdağ İli Çevre Durum Raporu.
- Tan, L., Wong, K., & Hassan, R. (2013).** Microbial contamination in surface water and its public health implications. *Journal of Water and Health*, 11(4), 623–635.
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (2010).** Meriç- Ergene Havzası Endüstriyel Atıksu Yönetimi Ana Plan Çalışması. [tarimorman.gov.tr: https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=6](https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=6)
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2022).** Meriç-Ergene Havzası Su Kalitesi İzleme Raporu. Ankara.
- Tasdemir, M., & Göksu, Z. L. (2001).** Some water quality criteria of Asi River(Hatay). *Su ürünleri dergisi/Journal of fisheries and aquatic sciences*, 18(1), 55-64.
- Taş, B. (2021).** Trophic state assessment based on summer phytoplankton community structure and trophic indices: A small tectonic lake in Turkey. *Desalination and Water Treatment*, 214, 390-401.
- Tezcanli Guyer, G., & İlhan, E. G. (2011).** Assessment of pollution profile in Buyukcekmece Watershed, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 173(1-4), 211-220. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1382-y>
- Tokatlı, C. (2013).** Use of statistical methods in water quality assessment: A case study of Balkan Arboretum Area in Trakya University (Edirne, Turkey). *Journal of Applied Biological Sciences*, 7(3), 79-83.
- Tokatlı, C. (2018).** Drinking water quality assessment in villages located in Meriç River Basin (Edirne, Turkey). *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 36(3), 871-886.
- Tokatlı, C., Çiçek, A., Emiroğlu, Ö., & Köse, E. (2019).** Water quality monitoring of Meriç, Tunca and Ergene Rivers (Edirne, Turkey). *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 12(1), 13–17.
- Tokatlı, C. (2020).** Ergene Nehir Havzası su kalitesinin çok değişkenli istatistiksel analizler kullanılarak değerlendirilmesi. *LimnoFish*, 6(1), 38–46.
- Tokatlı, C., Solak, C. N., & Yılmaz, E. (2020).** Water quality assessment by means of bio-indication: A case study of ergene river using biological diatom index. *Aquatic Sciences and Engineering*, 35(2), 43-51.
- Tokatlı, C., & Gümüş, T. (2021).** Impact of the COVID-19 lockdown period on surface water quality in the Meriç-Ergene River Basin, Northwest Turkey. *Environmental Research*, 197, 111051.
- Tokatli, C., Çiçek, A., Emiroğlu, Ö., Arslan, N., Köse, E., & Dayioğlu, H. (2014).** Statistical approaches to evaluate the aquatic ecosystem qualities of a significant mining area: Emet stream basin (Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 71(5), 2185-2197. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2624-4>
- Tokatli, C. (2019).** Sediment quality of Ergene River Basin: Bio–ecological risk assessment of toxic metals. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(11), 706. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7885-2>
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2016).** A snapshot of the world’s water quality: Towards a global assessment. UNEP.

- Ustaoglu, F., & Islam, M. S. (2020).** Potential toxic elements in sediment of some rivers at Giresun, Northeast Turkey: A preliminary assessment for ecotoxicological status and health risk. *Ecological indicators*, 113, 106237.
- Ustaoglu, F., Tepe, Y., & Aydin, H. (2020).** Heavy metal pollution in sediments of rivers in Turkey. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 18, 937–950.
- Ustaoglu, F., Taş, B., Tepe, Y., & Topaldemir, H. (2021).** Comprehensive assessment of water quality and associated health risk by using physicochemical quality indices and multivariate analysis in Terme River, Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(44), 62736–62754. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15135-3>
- Ünlü, A., Çoban, F., & Tunç, M. S. (2008).** Hazar Gölü Su Kalitesinin Fiziksel ve İnorganik kimyasal Parametreler Açısından İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1).
- Varol, M., & Şen, B. (2018).** Assessment of surface water quality using water quality indices and multivariate statistical techniques: A case study of Tigris River, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(4), 1–16.
- Varol, M. (2019).** Assessment of surface water quality in a large river basin under agricultural and industrial pressure. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(10), 1–15.
- Varol, M., et al. (2019).** Seasonal variation and dilution effect on organic pollution in river systems. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(5), 4562–4575.
- Varol, M., Gökot, B., Bekleyen, A., & Şen, B. (2019).** Spatial and temporal variations in surface water quality of the Tigris River, Turkey. *Journal of Geochemical Exploration*, 201, 1–10.
- Varol, M. (2021).** Assessment of surface water quality in a large river basin influenced by agricultural and industrial activities. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(2), 1–15.
- Wen, Y., et al. (2017).** Global trends in organic pollution under urbanization and climate change. *Water Research*, 124, 362–373.
- Wetzel, R. G. (2011).** Limnology: Lake and river ecosystems (3rd ed.). Academic Press.
- World Health Organization (WHO). (2017).** *Guidelines for drinking-water quality* (4th ed., incorporating the 1st addendum). World Health Organization.
- WHO. (2021).** Guidelines on recreational water quality: Coastal and fresh waters (Vol. 1). World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240031302>
- Xue, H., Wang, L., Zhang, L., Wang, Y., Meng, F., & Xu, M. (2023).** Exploration of Applicability of Diatom Indices to Evaluate Water Ecosystem Quality in Tangwang River in Northeast China. *Water*, 15(20), 3695. <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/20/3695>
- Xu, W., Duan, L., Wen, X., Li, H., Li, D., Zhang, Y., & Zhang, H. (2022).** Effects of seasonal variation on water quality parameters and eutrophication in Lake Yangzong (China). *Water*, 14(17), 2732. <https://doi.org/10.3390/w14172732>
- Yan, L., Chen, Q., & Zhao, Y. (2024).** Urban wastewater discharge and its impacts on microbial and chemical water quality. *Journal of Environmental Management*, 356, 120345.
- Yao, Y., vd. (2022).** Research on the release relationship between dissolved oxygen and aeration rates under varying temperature and flow conditions. *Water Science & Technology: Water Supply*.
- Yavuz, V. S., Kartal, V., & Sambito, M. (2025).** Impact of temperature and flow rate on oxygen dynamics and water quality in major Turkish rivers. *Scientific Reports*, 15, Article 22830.

- Yılmaz, E., & Koç, C. (2016).** Organic pollution of the Büyük Menderes River, Turkey and effects on aquaculture. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(12), 11493-11506. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6397-7>
- Yılmaz, E., Koç, C., & Gerasimov, I. (2020).** A study on the evaluation of the water quality status for the Büyük Menderes River, Turkey. *Sustainable Water Resources Management*, 6(6), 100. <https://doi.org/10.1007/s40899-020-00456-x>
- Zhang, Y., Li, H., Wang, Y., & Chen, J. (2020).** Spatiotemporal variation of salinity and its driving factors in river systems under anthropogenic pressure. *Science of the Total Environment*, 715, 136912.
- Zhang, Y., Li, H., Chen, J., & Wang, Q. (2019).** Seasonal variation of dissolved organic carbon and its relationship with land use and hydrological conditions in river systems. *Science of the Total Environment*, 683, 1–10.
- Zgrundo, A., & Bogaczewicz-Adamczak, B. (2004).** Applicability of diatom indices for monitoring water quality in coastal streams in the Gulf of Gdańsk region, northern Poland. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 33(3), 31-46.