

SEYHAN, CEYHAN, BERDAN, GÖKSU VE  
LAMAS NEHİRLERİNDE İNORGANİK (P, N, Si)  
BESİN TUZLARININ DAĞILIMI VE ÇEVRESEL  
FAKTÖRLERE BAĞLI DEĞİŞİMLERİ

EREN DİNÇER

MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KİMYA  
ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MERSİN  
HAZİRAN-2016

Ereñ DİNÇER tarafından Doç. Dr. Belgin GÖZMEN SÖNMEZ danışmanlığında hazırlanan “Seyhan, Ceyhan, Berdan, Göksu ve Lamas Nehirlerinde İnorganik (P, N, Si) Besin Tuzlarının Dağılımı ve Çevresel Faktörlere Bağlı Değişimleri” başlıklı bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Doç.Dr. Belgin GÖZMEN SÖNMEZ

.....*Belgin*.....

Doç.Dr. Arif HASANOĞLU

.....*Arif*.....

Doç.Dr. Özgür SÖNMEZ

.....*Özgür*.....

Yukarıdaki Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun *27.1.06.1.2016*. tarih ve *2016.655.1...24*..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

# SEYHAN, CEYHAN, BERDAN, GÖKSU VE LAMAS NEHİRLERİNDE İNORGANİK (P, N, Si) BESİN TUZLARININ DAĞILIMI VE ÇEVRESEL FAKTÖRLERE BAĞLI DEĞİŞİMLERİ

ErenDİNÇER

## ÖZ

Doğu Akdeniz Bölgesinde bulunan Seyhan, Ceyhan, Berdan, Göksu, Lamas nehirlerinin fiziksel ve inorganik-kimyasal, inorganik kirlenme ve bakteriyolojik parametrelerinin bölgesel ve dönemsel değişimleri Mart 2015- Aralık 2015 tarihleri arasında mevsimsel ölçekte incelenmiştir.

Belirlenen alanlardan alınan yüzey sularında çözünmüş oksijen (ÇO), toplam fosfor (TP), reaktif o-fosfat ( $PO_4^{3-}$ ), nitrat ( $NO_3^-$ ), nitrit ( $NO_2^-$ ), amonyum ( $NH_4^+$ ), silikat (Si), Poliaromatik Hidrokarbonlar (PAH), toplam askıda katı (TAK), Fekal koliform (FC), Biyokimyasal oksijen ihtiyacı ( $BOİ_5$ ), Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ölçümlerinden elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Elde edilen değerler Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanarak 31 Aralık 2004 tarihinde T.C. Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren 25687 sayılı “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği” içinde yer alan Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri Sınır Değerleri ile karşılaştırılmıştır. Toplanan nehir örneklerinde gerçekleştirilen kimyasal ve mikrobiyolojik analiz sonuçlarından bazılarının yüksek değerlerde olduğu gözlenmiştir. Bu tez çalışması Seyhan, Ceyhan, Berdan, Göksu, Lamas Nehirlerinin bugünkü kirlilik durumunu ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Besin tuzları, ötrofikasyon, Kimyasal Oksijen İhtiyacı, Biyolojik Oksijen İhtiyacı, Poliaromatik Hidrokarbon, Fekal Koliform.

**Danışman:** Doç. Dr. Belgin GÖZMEN SÖNMEZ, Mersin Üniversitesi, Kimya Ana Bilim Dalı.

# **DISTRIBUTIONS OF DISSOLVED INORGANIC NUTRIENTS (P, N, Si) IN SEYHAN, CEYHAN, BERDAN, GÖKSU AND LAMAS RIVERS AND VARIATIONS DEPENDING ON ENVIRONMENTAL FACTORS**

**Eren DİNÇER**

## **ABSTRACT**

Regional and seasonal variations of physical and inorganic-chemical parameters, inorganic pollutants and bacteriological parameters in Seyhan, Ceyhan, Berdan, Göksu and Lamas rivers, located at north eastern Mediterranean, were examined between March 2015 and December 2015.

Dissolved oxygen (DO), total phosphorus (TP), reactive ortho-phosphate ( $PO_4^{3-}$ ), nitrate ( $NO_3^-$ ), nitrite ( $NO_2^-$ ), ammonium ( $NH_4^+$ ), silicate (Si), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), total suspended solids (TSS), fecal coliform (FC), biological oxygen demand ( $BOD_5$ ), chemical oxygen demand (COD) concentrations in surface waters collected from selected regions were evaluated.

The results obtained from this study were compared with threshold values of continental water resources classification stated in “Guidelines for the Control of Water pollution (legislation no: 25687)” published in the official gazette of Republic of Turkey in 2004 by the Ministry of Environment and Urbanization.

Comparison of the results with the accepted standard values displayed that chemical and microbiological parameters exceeded the threshold values. This thesis work revealed the degree of pollution in Seyhan, Ceyhan, Berdan, Göksu and Lamas rivers.

**Keywords:** Nutrients, eutrophication, Chemical Oxygen Demand, Biochemical oxygen demand, Polycyclic aromatic hydrocarbon, Fecal coliform

**Supervisor:** Assoc. Prof. Dr. Belgin GÖZMEN SÖNMEZ, Mersin University, Department of Chemisrty

## **TEŞEKKÜR**

Tezimin planlanması ve yürütülmesi süresince bilimsel yardım ve desteklerinden dolayı danışman hocam sayın Doç. Dr. Belgin GÖZMEN SÖNMEZ'e; çalışmalarımın planlanması boyunca yol göstericiliği, bilimsel yardımları, tanıdığım kânlar ve yararlandığım fikirleri için Prof. Dr. Süleyman TUĞRUL'a; laboratuvar olanaklarından yararlanmamı sağlayan ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü'ne; laboratuvar çalışmalarında yardımlarından dolayı Arş. Gör. İsmail AKÇAY, Arş. Gör. Emir ŞAHİN, Ramazan ÜLGER, Mehmet DURMAZ'a ve Tezimi proje olarak destekleyen MEÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne [BAP, Proje No: 2015-TP2-1372] ilgi ve katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım. Son olarak, her zaman, her türlü destek ve özverisi ile yanımda olan eşim Şeyma DİNÇER'e desteklerini yardımlarını ve sevgilerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xi
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>12</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI .....</b>	<b>15</b>
2.1. SEYHAN NEHRİ.....	15
2.2. CEYHAN NEHRİ .....	16
2.3. GÖKSU NEHRİ .....	16
2.4. BERDAN NEHRİ .....	17
2.5. LAMAS NEHRİ.....	17
2.6. AKARSULARDA KİRLİLİK.....	17
2.6.1. Su Kalitesi Sınıflamaları .....	18
2.6.1.1. Yöntem.....	18
2.6.2. Su Kalitesini Etkileyen Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Parametreler ..	22
2.6.2.1. Fiziksel Kirlenme .....	22
<i>Sıcaklık</i> .....	23
<i>Renk</i> .....	23
<i>Bulanıklık</i> .....	24
<i>İletkenlik</i> .....	25
<i>Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS)</i> .....	26
2.6.2.2. Kimyasal Kirlenme .....	26
<i>Sertlik</i> .....	27
<i>pH</i> .....	28
<i>Azot (N)</i> .....	29
<i>Amonyak (NH<sub>3</sub>)</i> .....	29
<i>Nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)</i> .....	30

<i>Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</i> .....	31
<i>Fosfor</i> .....	31
<i>Deterjan</i> .....	32
<i>Ağır Metaller</i> .....	33
<i>Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ)</i> .....	33
<i>Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)</i> .....	34
2.6.2.3. Mikrobiyolojik Kirlenme .....	35
<i>Koliform Grubu</i> .....	36
<b>3. MATERYAL VE METOD</b> .....	<b>37</b>
3.1. MATERYAL.....	37
3.1.1. Örnekleme İstasyonları .....	37
3.1.2. Biyokimyasal Parametrelerin Örnekleme.....	37
3.1.2.1. Besin Elementleri Örnekleme .....	37
<i>TP örnekleme</i> .....	37
<i>Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) örnekleme</i> .....	39
<i>Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ<sub>5</sub>) örnekleme</i> .....	39
<i>Toplam Asılı Katı Madde (TAK) Örnekleme</i> .....	39
3.2. YÖNTEM.....	40
3.2.1. Örneklerin Hazırlanması ve Analizi.....	40
3.2.1.1. Kimyasal Parametrelerin Ölçüm Metodları .....	40
<i>Çözünmüş inorganik fosfat (o-fosfat) analizi</i> .....	40
<i>Nitrat, nitrit analizi</i> .....	40
<i>Amonyum (NH<sub>4</sub>-N) analizi</i> .....	41
<i>Reaktif silikat (Si(OH)<sub>4</sub>-Si) analizi</i> .....	41
<i>Toplam fosfor analizi</i> .....	41
<i>Ph</i> .....	43
<i>Toplam Asılı Katı Madde (TAK)</i> .....	44
<i>Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)</i> .....	44
<i>Suda PAH Tayini</i> .....	47
<i>Fekal Koliform (FC)</i> .....	47
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA</b> .....	<b>49</b>
4.1. KALİBRASYON EĞRİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ .....	49

4.1.1 Toplam Fosfor (TP) Standart Eğrisi.....	49
4.1.2. Poliaromatik Hidrokarbonlar (PAH) Standart Eğrisi.....	50
4.2. HİDROGRAFİK VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ .....	51
4.2.1. Nehir Sularında Ölçülen Kirlilik Değişimlerinin Karşılaştırmalı Değerlendirmesi .....	51
4.2.2. Nehir sularının Çevresel Kalite Amaçlarına Uygunluk İzleme Analiz Sonuçları .....	78
<b>5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>81</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>87</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>93</b>





## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 1.1. Türkiye’de su kaynakları potansiyeli .....	14
Çizelge 2.1. Bazı ülkeler ve kıtaların kişi başına düşen kullanılabilir su potansiyeli	18
Çizelge 2.2. Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri .....	20
Çizelge 2.3. Sertlik derecelerine göre suların sınıflandırılması. ....	27
Çizelge 3.1. Seyhan, Ceyhan, Berdan, Göksu, Lamas nehirlerinin istasyon ve koordinatları. ....	37
Çizelge 4.1. TP standart çözeltilerine ait absorbans değerleri. ....	50
Çizelge 4.2. PAH standart çözeltilerine ait absorbans değerleri. ....	50
Çizelge 4.3. Kirlilik yüklerinde (durum ve) yönelim izleme: Akdeniz bölgesi nehirleri ilkbahar (Mart 2015) döneminde ölçülen parametreler. ....	53
Çizelge 4.4. Kirlilik yüklerinde (durum ve) yönelim izleme: Akdeniz bölgesi nehirleri ilkbahar (Nisan 2015) döneminde ölçülen parametreler. ....	54
Çizelge 4.5. Kirlilik yüklerinde (durum ve) yönelim izleme: Akdeniz bölgesi nehirleri ilkbahar (Mayıs 2015) döneminde ölçülen parametreler. ....	55
Çizelge 4.6. Kirlilik yüklerinde (durum ve) yönelim izleme: Akdeniz bölgesi nehirleri yaz (Ağustos 2015) döneminde ölçülen parametreler. ....	56
Çizelge 4.7. Kirlilik yüklerinde (durum ve) yönelim izleme: Akdeniz bölgesi nehirleri sonbahar (Ekim 2015) döneminde ölçülen parametreler. ....	57
Çizelge 4.8. Kirlilik yüklerinde (durum ve) yönelim izleme: Akdeniz bölgesi nehirleri kış (Aralık 2015) döneminde ölçülen parametreler. ....	58

Çizelge 4.9. Kirlilik yüklerinde (durum ve) yönelim izleme: Akdeniz bölgesi nehirleri

2015 yılında ölçülen parametrelerin yıllık ortalaması. .... 59



## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Seyhan, Ceyhan, Göksu, Berdan ve Lamas akarsularının su kalitesi izleme istasyon haritası.....	15
Şekil 2.2. Koliform Grubu Bakterilerin Görüntüsü .....	36
Şekil 3.1. Teflon kapaklı şişeler.....	42
Şekil 3.2. Kırmızı kapaklı TP örneklerinin otoklava dizilişi. ....	42
Şekil 3.3. Fekal Koliform Bakterilerinin m-FC Besiyerindeki Görüntüsü. ....	48
Şekil 4.1. TP standardı ile hazırlanan kalibrasyon eğrisi (çift distile su içinde).....	49
Şekil 4.2. PAH standardı ile hazırlanan kalibrasyon eğrisi (krisen içinde). ....	51
Şekil 4.3. Nehir örneklerinde mevsimsel toplam fosfor (TP) dağılımı.....	61
Şekil 4.4. Nehir örneklerinde mevsimsel inorganik orto fosfor (PO <sub>4</sub> -P) dağılımı.....	61
Şekil 4.5. Nehir örneklerinde yıllık ortalama TP dağılımı.....	62
Şekil 4.6. Nehir örneklerinde yıllık ortalama olarak PO <sub>4</sub> -P dağılımı. ....	62
Şekil 4.7. Nehir örneklerinde mevsimsel inorganik Si dağılımı. ....	63
Şekil 4.8. Nehir örneklerinde yıllık Si dağılımı. ....	64
Şekil 4.9. Nehir örneklerinde mevsimsel inorganik NH <sub>4</sub> dağılımı. ....	65
Şekil 4.10. Nehir örneklerinde yıllık ortalama NH <sub>4</sub> dağılımı. ....	65
Şekil 4.11. Nehir örneklerinde mevsimsel inorganik NO <sub>2</sub> -N dağılımı. ....	66
Şekil 4.12. Nehir örneklerinde yıllık ortalama NO <sub>2</sub> -N dağılımı. ....	67
Şekil 4.13. Nehir örneklerinde mevsimsel inorganik NO <sub>3</sub> dağılımı. ....	68
Şekil 4.14. Nehir örneklerinde yıllık ortalama NO <sub>3</sub> dağılımı. ....	68
Şekil 4.15. Nehir örneklerinde mevsimsel TIN / PO <sub>4</sub> dağılımı.....	69
Şekil 4.16. Nehir örneklerinde yıllık ortalama TIN / PO <sub>4</sub> dağılımı. ....	70
Şekil 4.17. Nehir örneklerinde mevsimsel çözünmüş oksijen dağılımı. ....	71

Şekil 4.18. Nehir örneklerinde yıllık ortalama çözünmüş oksijen dağılımı.....	71
Şekil 4.19. Nehir örneklerinde mevsimsel BOİ <sub>5</sub> dağılımı.....	73
Şekil 4.20. Nehir örneklerinde yıllık ortalama BOİ <sub>5</sub> dağılımı. ....	73
Şekil 4.21. Nehir örneklerinde mevsimsel KOİ dağılımı.....	74
Şekil 4.22. Nehir örneklerinde yıllık ortalama KOİ dağılımı. ....	74
Şekil 4.23. Nehir örneklerinde mevsimsel olarak TAK dağılımı.....	75
Şekil 4.24. Nehir örneklerinde yıllık ortalama TAK dağılımı. ....	75
Şekil 4.25. Nehir örneklerinde mevsimsel PAH dağılımı. ....	76
Şekil 4.26. Nehir örneklerinde yıllık ortalama PAH dağılımı.....	76
Şekil 4.27. Nehir örneklerinde mevsimsel FC dağılımı.....	77
Şekil 4.28. Nehir örneklerinde yıllık ortalama FC dağılımı.....	78

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Toplam asılı katı	TAK	mg/L
Orto Fosfat	PO <sub>4</sub> -P	μM
Toplam fosfor	TP	μM
Nitrat azotu	NO <sub>3</sub> -N	μM
Nitrit azotu	NO <sub>2</sub> -N	μM
Amonyum azotu	NH <sub>4</sub> -N	μM
Nitrat+Nitrit+Amonyum azotu	TIN	μM
Reaktif silikat	Si	μM
Çözünmüş oksijen	ÇO	mg/L
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı	BOİ <sub>5</sub>	mg/L
Kimyasal oksijen ihtiyacı	KOİ	mg/L
Poli Aromatik Hidrokarbonlar	PAH	μg/L
Fekal Koliform	FC	Adet koloni/100mL
Sıcaklık	T	°C
Derinlik	D	m

## 1. GİRİŞ

Dünya'nın %70'i sularla kaplıdır. Ancak yeryüzündeki suyun % 97'sini denizlerdeki tuzlu su oluşturur. Su kaynaklarının % 3'ü kullanılabilir su niteliğindedir. Bu % 3'lük kullanılabilir suyun % 77,2'si kutuplarda ve dağlardaki buzullarda yer alır, % 22,4'ü ise yeraltı suyudur. İnsanların ihtiyaçlarını karşılayan ve yaşamın devamını sağlayan göller toplam su miktarının % 0,35'ini akarsular %0,01'ini oluşturur [1].

Bedenimizin %60'ı sudan oluşmaktadır. Tarım, endüstri ve hayvancılık da olsun her tür besin maddesinin üretiminde ve tüketiminde su vazgeçilmez bir kaynaktır. Dünyadaki canlıların nerede ve nasıl yaşadığını ve ne yiyeceğini belirleyen sudur.

Su her türlü yaşam formunun varlık nedeni olduğu gibi, elbette onun zararına etkilerde de bulunabilir. Sanayi devrimi, şehirlerin büyümesi ve tarımsal üretimin yoğunlaşması sonucunda büyük bir savurganlık ürkütücü boyutlarda su kirliliği ortaya çıkmıştır. Araştırmalar, hastalıkların %80'inin ve ölümlerin üçte birinin kirliliğinden kaynaklandığını ortaya koymaktadır. Dünyada günde ortalama 25-30 bin kişi sağlıksız su kullanımı nedeniyle ölmektedir. Denizler göller ve akarsu ortamları çok çeşitli varlıklar hazinesini bünyesinde barındırmaktadır. Bundan dolayı dünyanın en büyük gıda maddeleri durumundadırlar. Kirlenme sonucu su ortamlarındaki canlı hayatın olumsuz yönde etkilenmesi veya yok olması, yeryüzündeki tüm besin zincirinin kökten sarsılmasına yol açabilecektir [2].

Artan nüfusla birlikte azalan kaynaklar ve gelişen endüstriyel faaliyetler yüzünden çevre hızla kirlenmektedir. Akarsular da bu kirlenmeden payını almakta ve bozulan ekolojik dengeden dolayı akarsu kaynaklarının geçtiği havzalar boyunca tüm canlı yaşamını olumsuz etkilenmektedir.

Akarsu kirliliği, tüm canlıların yaşamını olumsuz etkileyen önemli bir çevre problemidir. Bu çevre probleminin önüne geçmek için, öncelikle akarsuların bulunduğu bölgelerde su kalitesinin izlenerek kirlilik kaynakları tespit edilmelidir. Tespit edilen kirlilik kaynaklarının akarsuya etkisi araştırılarak akarsuların kirlenmesinin önlenmesi için gerekli önlemlerin alınması gerekir.

Dünya nüfusunun hız kesmeden artması ekolojik dengeyi olumsuz yönde etkilemektedir. Gelişmekte olan ülkeler endüstriyel ve tarım yönünden kalkınmaya gayret gösterirken, akarsu kirliliğine karşı alınması gereken önlemleri göz ardı etmektedir. Türkiye'de gelişmekte olan ülkelere bir tanesidir. Ülkemizde çevre kirliliği kavramı 70'li yıllarda gelişmeye başlamıştır. Birçok ülkede olduğu gibi

ülkemizde de doğal kaynakların bilinçsiz kullanımı söz konusudur. Bu dikkatsiz kullanım sonucu olarak temiz su miktarı her geçen gün azalırken ihtiyacı ise her geçen gün artmaktadır. Araştırmalar dünya genelinde su kullanımının 1940–1980 yılları arasında iki katına çıktığını göstermektedir. Ülkemiz 26 akarsu havzasına ayrılmıştır. Bu havzalardaki yüzey sularının incelenmesi ve su kalite sınıflarının belirlenmesi amacıyla, 1980 yılından bu yana Çevre ve Orman Bakanlığı'nca projeler yürütülmektedir. Bu bakanlıkça ayrıca su kirliliği düzeyinin belirlenmesi için “Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği” yayımlanmıştır [3].

Toplumların çevre kirliliğine karşı aldığı en önemli önlemlerden biri ev ve iş yerlerinde atık suların özel kanallar aracılığıyla toplanıp atılmasını sağlayan altyapı sistemleridir. Genel olarak bu kanalizasyon suları arıtılmadan akarsulara deşarj edilmektedir. Bunun yanı sıra endüstri ve tarımda kullanım sonrası oluşan kimyasal atıklar ile akarsuların kirliliği hızla artmaktadır. Göl, baraj ve benzeri durağan suların kirlenmesi yalnızca buldukları bölgeyi etkilerken, akarsuların kirlenmesi ile suyun takip ettiği yol boyunca geçtiği tüm bölgeler etkilenmektedir [3].

Etrafı denizler tarafından çevrili olan ülkemizde ekolojik özellikleri birbirinden farklı olan çok sayıda su havzasına sahiptir. Bu su havzalarında 178.000 km uzunluğunda 36 adet akarsu, yüzölçümü yaklaşık 9.000 km<sup>2</sup> olan 200'den fazla doğal göl ve sayıları her geçen yıl artan çok sayıda gölet ve baraj gölü bulunmaktadır. Ülkemiz sahip olduğu su kaynakları bakımından şanslı ülkeler arasındadır. Bununla birlikte su kirliliği ülkemizin önemli çevre kirliliği problemlerindedir [4].

Dünya'da nüfus yoğunluğunun %40'ı gibi bir kesimin yaşadığı 80 ülkede su sıkıntısı baş göstermeye başlamıştır. Su kaynakları aynı kalıp, hatta günden güne kirlenerek kullanılmaz hale gelirken nüfus ise hızla artmaktadır. Zaten kısıtlı olan içme sularının korunması için her türlü tedbirin alınması yeterli olmamakta mikrobiyolojik kirlenme potansiyellerinin tespit edilerek olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması gerekmektedir [5].

Sağlıklı ve güvenilir bir içme suyunun temin edilerek tüketiciye ulaştırılması toplum sağlığı için son derece önemlidir. Az gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkelerde görülen hastalıkların %80'inin içme suyundan kaynaklandığı Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından ortaya konulmuştur [6].

Su varlığına göre ülkeler aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır:

*Su Fakirliği:* Kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı <1.000 m<sup>3</sup>/yıl.

*Su Azlığı:* Kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı <2.000 m<sup>3</sup>/yıl.

*Su Zenginliği:* Kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı  $>8.000-10.000 \text{ m}^3/\text{yıl}$ .

Bu değerlendirmeye göre Türkiye'nin su zengini bir ülke olduğu söylenemez, aksine kişi başına düşen yıllık su miktarına göre ülkemiz su azlığı yaşayan bir ülke konumundadır. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı  $1.519 \text{ m}^3$  civarındadır [7].

Çizelge 1.1 Türkiye'de su kaynakları potansiyeli [7].

<b>SU KAYNAKLARI POTANSİYELİ</b>	
Yıllık ortalama yağış	643 mm/yıl
Türkiye'nin yüzölçümü	783.577 km <sup>2</sup>
Yıllık yağış miktarı	501 milyar m <sup>3</sup>
Buharlaşıma	274 milyar m <sup>3</sup>
Yer altına sızma	41 milyar m <sup>3</sup>
Yüzey Suyu	186 milyar m <sup>3</sup>
Yıllık yüzey akışı	
Kullanılabilir yüzey suyu	98 milyar m <sup>3</sup>
Yer Altı Suyu	
Yıllık çekilebilir su miktarı	14 milyar m <sup>3</sup>
Toplam Kullanılabilir Su (net)	112 milyar m <sup>3</sup>
Gelişme Durumu	
DSİ Sulamalarında Kullanılan	32 milyar m <sup>3</sup>
İçmesuyunda Kullanılan	7 milyar m <sup>3</sup>
Sanayide Kullanılan	5 milyar m <sup>3</sup>
Toplam Kullanılan Su	44 milyar m <sup>3</sup>

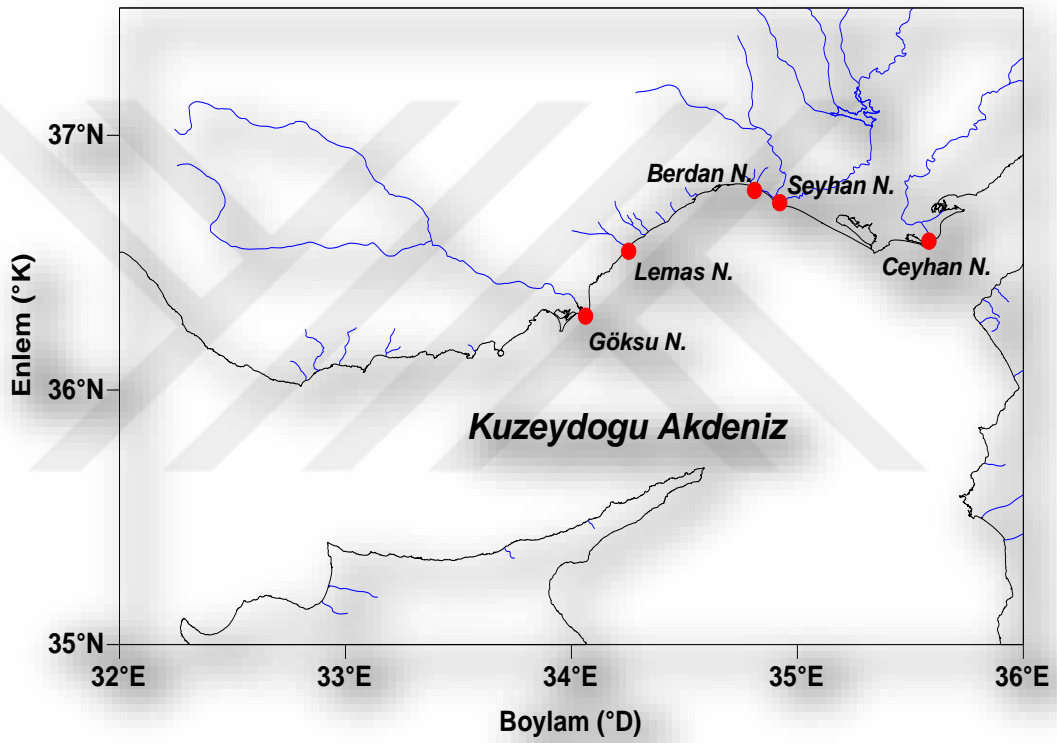
Uzun süredir devam eden çevre sorunları güngeçtikçe katlanarak büyümektedir. Çevre kirliliğine etki eden faktörlerin tespit edilmesi, tanınması ve anlaşılması çok uzun bir süre gerektirmiştir. Çok sayıda çevre sorununun olmasına rağmen bu sorunlardan en önemlisini su kirliliği teşkil etmektedir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI



Akdeniz ekosistemi insan kaynaklı çevresel baskılara karşı çok hassastır. Bu nedenle, karasal kirleticilerin izlenmesi ve akarsularla kıyı sularına ulaşan kirletici yüklerin kontrolü ve azaltılması alıcı ortamın korunması için gereklidir

Çalışmanın yapılacağı Seyhan, Ceyhan, Göksu, Berdan ve Lamas akarsuları Şekil 2.1’de görülmektedir. Araştırmanın yapılacağı Seyhan, Ceyhan, Göksu, Berdan akarsularında endüstriyel, tarım ve nüfus yoğunluğunun yüksek olması ve bunlardan kaynaklı oluşan kirlilik parametrelerinin mevsimsel olarak değişimi gözlemlenmiştir.



Şekil 2.1 Seyhan, Ceyhan, Göksu, Berdan ve Lamas akarsularının su kalitesi izleme istasyon haritası.

## 2.1. SEYHAN NEHRİ

Türkiye'nin Akdeniz'e dökülen nehirlerinden birisidir. Yaklaşık 560 kilometre uzunluğundadır. Seyhan nehrinin akış güzergâhı Şekil 2.1’de görülmektedir. Havza alanı ise 20.600 km<sup>2</sup>'dir. Bu nehrin iki büyük kolundan uzun olan Zamantı, Kayseri-Pınarbaşı ilçesinde 1500 m yükseklikteki Uzun yayladan doğar. Bu kol Çukurova'ya

ulaşmadan Adana'nın Aladağ ilçesinin Akinek Dağı yamaçlarında diğer önemli kolu olan Göksu ile birleşir [8]. Çukurova'nın en batı kesiminde yer alan Adana-İçel sınırındaki Deli Burnu'nda Akdeniz'e dökülür. Bu nehir Akdeniz'e dökülen akarsuların en büyüğü ve en uzununu olma özelliğine sahiptir.

Seyhan Nehri üzerinde sulama ve taşkınların önlenmesi amacıyla Yedigöze, Çatalan ve Seyhan barajları kurulmuştur. Barajların yapılması ile taşkınlar geniş ölçüde önlenmiştir. Son 40 yıllık gözlemlerin ortalaması alınarak elde edilen Seyhan Nehri ortalama akım değeri  $145.796 \text{ m}^3/\text{s}$  dir iken, Ceyhan Nehri ortalama akım değeri  $205,626 \text{ m}^3/\text{s}$  dir [9].

## 2.2. CEYHAN NEHRİ

Akdeniz'in en önemli akarsularından ve aynı zamanda Çukurova'nın iki önemli kaynağından birisidir. Diğeri ise Seyhannehridir. Uzunluğu yaklaşık 509 km, yağış alanı  $20\,000 \text{ km}^2$  dir. Elbistan'ın 3 km güneydoğusunda, Pınarbaşı mevkiinden doğar. Şekil 2.1'de Ceyhan nehrinin akışgüzergâhı görülmektedir. Akdeniz Bölgesi'nin en büyük akarsularındandır. Çukurova'da geniş bir delta oluşturarak Akdeniz'e dökülür. Başlıca kolları; Söğütlü, Hurman, Göksun, Mağara Gözü, Fırınz, Tekir, Körsulu ve Aksu çaylarıdır. Nehir üzerinde kaynağından denize doğru sırasıyla Sarsap, Kandil, Sarıgüzel, Hacımnoğlu, Menzelet, Kılavuzlu, Sır (Kahramanmaraş), Berke, Aslantaş (Osmaniye), Oşkan ve Berkman barajları yer almaktadır [10].

## 2.3. GÖKSU NEHRİ

Göksu nehri Güney Anadolu'da Taşeli yaylalarını geçer, Geyik dağlarından gelen sular ile beslenerek Akdeniz'e dökülür. Bu nehrin uzunluğu 260 km dir. Göksu nehri havzası Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Göksu nehri suları  $10.000 \text{ km}^2$  den daha geniş bir bölgede toplanır. Hadım Göksuyu ve Ermenek Göksuyu Göksu'nun iki büyük kolunu oluşturur ve kuzeybatıdan güneydoğuya doğru derin vadiler içinden geçer. Bu iki kolun birleşmesi Mut kasabası yakınında gerçekleşir, birleştikten sonra akarsu tam bir ırmak görünüşü alır ve denize kadar akar. Irmağın buradan denize kadar olan uzunluğu 90 km dir [11].

## 2.4. BERDAN NEHRİ

Berdan Nehri, Çukurova'nın batı tarafından ve Tarsus şehri yakınından geçen önemli bir çaydır. Toros dağları'ndan doğup Tarsus'un içinden geçtikten sonra Akdeniz'e dökülen akarsudur. Uzunluğu 106 km dir. Şekil 2.1'de Berdan nehrinin geçtiği alanlar görülmektedir. Üzerinde Kadıncık 1, Kadıncık 2 barajları bulunur. Türkiye'nin debisi en yüksek ikinci nehridir. Dünya'da ise en çok su taşıyan ama en kısa nehirlerinden birisidir [12].

## 2.5. LAMAS NEHRİ

Lamas akarsuyu 90 km'yi bulan uzunluğu boyunca Susama, Evdilek ve Akçay kollarında alarak Limonlu'dan Akdeniz'e dökülür. Şekil 2.1'de akış güzargahı görülmektedir. Akışların önemli bir bölümü orta ve yukarı havzadaki kar erimelerinden ve akarsu yakın seviyelerde kaynayan karst pınarları oluşturur. Lamas çayı, bölgede ana çaydır. Lamas çayı yağış havzası 1005 km<sup>2</sup> dir.

Maksimum debi 13480 L/s ulaşmakta ve minimum debi de 2770 L/s kadar düşmektedir [13].

## 2.6. AKARSULARDA KİRLİLİK

Akarsulardaki kirliliğinin temel sebepleri endüstri, evsel atıklar, tarım alanlarında kullanılan zirai ilaçlar ve kimyasal gübrelerdir.

Akarsu yükleri bakımından sıralama yapıldığında yurdumuz dünyadaki diğer gelişmekte olan ülkelere göre akarsuyu bol olan ülkeler arasında yer almaktadır. Hızla büyümekte ve gelişmekte olan ülkemizde, su kaynaklarımızın özellikle de akarsularımızın çevresel faktörlerle kirlenmekte olduğu görülmektedir. Gelecek yıllarda şehirlerin içme suyu ve tarım ve endüstrinin su ihtiyacını karşılamakta zorlanacağı düşünülmektedir. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1.519 m<sup>3</sup>civarındadır, su potansiyeli ise 3690 m<sup>3</sup> düzeyindedir. Türkiye kişi başına düşen kullanılabilir su verileri bazı ülkeler ve dünya ortalaması ile karşılaştırıldığında su sıkıntısı bulunan ülkeler arasında yer aldığımız görülmektedir (Çizelge 2.1)[3].

Çizelge 2.1. Bazı ülkeler ve kıtaların kişi başına düşen kullanılabilir su potansiyeli [14]

Ülkeler ve Kıtalar	Kişi başına düşen su miktarı (m <sup>3</sup> /yıl)
Lübnan	1.300
Türkiye	1.519
Suriye	1.200
Asya Ortalaması	3.000
Batı Avrupa Ortalaması	5.000
Afrika Ortalaması	7.000
Güney Amerika Ortalaması	23.000
Dünya Ortalaması	7.600

Akarsulardaki biyolojik denge doğal olmayan kirletici etkilerle bozulmaktadır. Doğal sularda kirlilik etkileri mikroorganizmalar yardımı ile transformasyon ve mineralizasyona uğrayarak temizlenir. Ancak bu kirlenmenin ileri boyutta olduğu durumlarda ve zehirli maddeler sisteme dâhil edilince mikroorganizmalar bu durumdan olumsuz etkilenmektedir ve su sistemi yavaş yavaş canlılığını yitirmektedir.

## 2.6.1. Su Kalitesi Sınıflamaları

### 2.6.1.1. Yöntem

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY)'de verilen Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına göre verilen kalite kriterleri esas alınarak yüzey suları kalite sınıfları belirlenmiştir. Çizelge 2.2'de görülmektedir. Verilerin mevcut ve yeterli olduğu durumlarda Devlet Su İşleri (DSİ) istasyonları için organik karbon ve azot kirliliğini gösteren önemli parametreler olan Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ), NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N ve NO<sub>3</sub>-N cinsinden su kalitesi sınıfları (I, II, III, IV) tespit edilmiştir. Su kalite sınıfları SKKY'de şu şekilde tanımlanmıştır:

*Sınıf I:* Yüksek kaliteli su

*Sınıf II:* Az kirlenmiş su

*Sınıf III:* Kirli su

*Sınıf IV:* Çok kirlenmiş su

Yukarıdaki sınıflardan birinde yer alabilmesi için bir yüzey suyuna ait tüm parametre değerlerinin o sınıfa ait değerlerle uyumlu olması gerekir. Çeşitli kalite sınıflarına ayrılan su çeşitlerinin hangi alanlarda kullanıma uygun olduğu belirtilmiştir.

a) *Sınıf I - Yüksek kaliteli su;*

- 1) içme suyu olarak kullanılabilecek yüzey sular,
- 2) yüzme gibi vücut temasında kullanılabilen sular
- 3) alabalık üretimi,
- 4) hayvan üretimi ve sulama,
- 5) diğer amaçlar.

b) *Sınıf II - Az kirlenmiş su;*

- 1) içme suyu olarak kullanılabilir yüzey sular,
- 2) yüzme gibi vücut temasında kullanılabilen sular
- 3) alabalık dışında balık üretimi,
- 4) Teknik Usuller Tebliği'n de belirlenmiş kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu olarak kullanımlar,
- 5) Sınıf I dışındaki diğer bütün kullanımlar.

c) *Sınıf III - Kirlenmiş su; Uygun arıtım sonrası endüstriyel su temininde kullanılabilir (gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren endüstriler hariç).*

d) *Sınıf IV - Çok kirlenmiş su; Sınıf III için verilen kalite parametrelerinden daha düşük kalitede olan ve üst kalite sınıfına iyileştirilerek kullanılacak yüzey sulardır [15].*

Su kaynaklarını korumak için, özellikle içme suyu olarak kullanılıp kullanılmadığına bakılmadan Sınıf I sularının bulunduğu havzaların sınırına kadar olan alandaki faaliyetlerden kaynaklanan atık suların deşarjında standart sağlayarak bunların havza dışına çıkarılması veya geri dönüşümlü olarak kullanılması zorunludur. Bakanlığın uygun görüşü alınarak bu alanda katı atık depolama ve bertaraf alanları yapılabilir. Sınıf II sulardan içme ve kullanma suyu olarak yararlanılabilmesi için su alma noktalarında atık veya atıksu boşaltımı yapılmaması gerekir. Bunun dışında kalan amaçlarla, Sınıf II sularda mevcut kaliteyi korumak esastır. Teknik ve ekonomik açıdan uygun koşullar sağlandığında Sınıf III sularda kaliteyi iyileştirmeye çalışmak önemlidir. Sınıf IV sularda ise amaç, uzun vadeli bir havza koruma planı çerçevesinde mevcut kaliteyi iyileştirmektir.

Bu çalışmada ana parametre gruplarına göre tespit edilen su kalite sınıfları, sadece ölçümü yapılmış parametreler üzerinden hesaplanmıştır. Ölçümü yapılmamış parametreler değerlendirmeye esas alınmamış; hiçbir parametrenin ölçülmediği C (İnorganik kirlenme) parametre grubunda kalite sınıfı belirlenmemiştir.

Herhangi bir su kütlesinin bir noktasında ölçülen kıyaslama parametresinin belirlenecek karakteristik değeri, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde yer alan kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri Çizelge 2.2.'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Kıta içi su kaynaklarının dınıflarına göre kalite kriterleri [15]

SU KALİTE SINIFLARI				
SU KALİTE PARAMETRELERİ	I	II	III	IV
<i>Fiziksel ve inorganik- kimyasal parametreler</i>				
Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	6-9 dışında
Çözünmüş oksijen (O <sub>2</sub> ), mg/L <sup>a</sup>	8	6	3	< 3
Oksijen doygunluğu (%) <sup>a</sup>	90	70	40	< 40
Klorür iyonu (Cl <sup>-</sup> ), mg/L	25	200	400b	> 400
Sülfat iyonu (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), mg /L	200	200	400	> 400
Amonyum azotu (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N), mg /L	0,2c	1c	2c	> 2
Nitrit azotu (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N), mg/L	0,002	0,01	0,05	> 0,05
Nitrat azotu (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N), mg/L	5	10	20	> 20
Toplam fosfor (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P), mg/L	0,02	0,16	0,65	> 0,65
Toplam çözünmüş madde, mg/L	500	1500	5000	> 5000
Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
Sodyum (Na <sup>+</sup> ), mg/L	125	125	250	> 250
<i>Organik parametreler</i>				
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), mg/L	25	50	70	> 70
Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), mg/L	4	8	20	> 20
Toplam organik karbon, (TOK), mg/L	5	8	12	> 12
Toplam Kjeldahl-azotu, mg/L	0,5	1,5	5	> 5
Yağ ve gres, mg/L	0,02	0,3	0,5	> 0,5

Metilen mavisi aktif maddeleri (MBAS), mg/L	0,05	0,2	1	> 1,5
Fenolik maddeler (uçucu), mg/L	0,002	0,01	0,1	> 0,1
Mineral yağlar ve türevleri, mg/L	0,02	0,1	0,5	> 0,5
Toplam pestisid (mg/L)	0,001	0,01	0,1	> 0,1
<i>İnorganik kirlenme parametreleri</i>				
Cıva (Hg), µg/L	0,1	0,5	2	> 2
Kadmiyum (Cd), µg/L	3	5	10	> 10
Kurşun (Pb), µg/L	10	20	50	> 50
Arsenik (As), µg/L	20	50	100	> 100
Bakır (Cu), µg/L	20	50	200	> 200
Toplam Krom (Cr), µg/L	20	50	200	> 200
Krom (Cr <sup>6+</sup> ), µg /L	çok az	20	50	> 50
Kobalt (Co), µg /L	10	20	200	> 200
Nikel (Ni), µg /L	20	50	200	> 200
Çinko (Zn), µg /L	200	500	2000	> 2000
Toplam Siyanür (CN <sup>-</sup> ), µg /L	10	50	100	> 100
Florür (F <sup>-</sup> ), µg/L	1000	1500	2000	> 2000
Serbest klor (Cl <sub>2</sub> ), µg /L	10	10	50	> 50
Sülfür (S <sup>2-</sup> ), µg/L	2	2	10	> 10
Demir (Fe), µg /L	300	1000	5000	> 5000
Mangan (Mn), µg /L	100	500	3000	> 3000
Bor (B), µg /L	1000e	1000e	1000e	> 1000
Selenyum (Se), µg /L	10	10	20	> 20
Baryum (Ba), µg /L	1000	2000	2000	> 2000
Alüminyum (Al), mg /L	0,3	0,3	1	> 1
Radyoaktivite (pCi/L)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta-aktivitesi	10	100	100	> 100
<i>Bakteriyolojik parametreler</i>				
Fekal koliform, EMS/100 mL	10	200	2000	> 2000
Toplam koliform, EMS/100 mL	100	20000	100000	> 100000

- (a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.
- (b) Sulama yapılan bitkiler  $Cl^{-}$ 'e karşı hassas ise konsantrasyon limiti düşürülmelidir.
- (c) pH'ya bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0,02 mg  $NH_3-N/L$  değerini geçmemelidir.
- (d) Bu grupkriterleri parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını verir.

Su kirliliğine neden olan başlıca kirleticiler ve su içinde bulunan maddelerden bazıları aşağıda açıklanmıştır.

## 2.6.2. Su Kalitesini Etkileyen Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Parametreler

Su kalitesini etkileyen faktörler, fiziksel parametreler, kimyasal parametreler ve mikrobiyolojik parametreler başlıkları altında toplanabilir. Sırasıyla fiziksel parametreler, kimyasal parametreler ve mikrobiyolojik kirlilikler neler olduğu açıklanacak. Bu kirliliklerin su kalitesi üzerine etkileri ve genel olarak nelerden kaynaklanabileceğine değinilecektir.

### 2.6.2.1. Fiziksel Kirlenme

Fiziksel parametreler; *sıcaklık, renk, bulanıklık, iletkenlik ve toplam çözünmüş katı madde* olarak sınıflandırılabilir. Genel olarak suyun fiziksel özelliklerini etkilerler. Kimyasal parametrelere bağlı olarak da değişebilecek bu özelliklerin, su içinde yaşayan veya su kaynağının beslediği canlılar üzerin hayati bir etkisi vardır [16].

#### *Sıcaklık*

Yüzey sularının sıcaklığı, coğrafi konum, yükseklik, iklim, saat, debi, derinlik ve kirlenici kaynaklardan karışan atık özelliklerine bağlı olarak değişir. İçme sularının kullanıcıya serinletici etkisi ve sıcaklığının 15 °C'nin altında olması istenmektedir. Su sıcaklığının yükselmesiyle buharlaşma oranında artış gösterir. Dolayısıyla su seviyesi ve



akım hızı düşer. Evsel atıksular ve bölgedeki sıcak suların akarsuya akışı da su sıcaklığı artışında etkilidir [17].

Oksijen oranı ısınan sularda azalır ve o çevrede yaşayan canlıları olumsuz bir şekilde etkiler. Bu etkiler kısmi olarak gaz çözünürlüğü ve organik maddelerin bozulması gibi etkenlerden kaynaklanmaktadır. Bu hızlanma oksijenli solunum yapan bakterilerin yaz döneminde daha fazla oksijen almaları sonucunu doğuracak ve organik bir kirlenmeye neden olacaktır [18]. Suyun akışkanlığı, yoğunluğu ve bulanıklığı da sıcaklıktan etkilenir [19].

Yüzeysel sularda sıcaklık su kalitesi açısından önemlidir. Sıcaklık biyokimyasal ve kimyasal reaksiyon hızlarını doğrudan etkiler. Bir kural olarak her 10 °C sıcaklık artışında reaksiyon hızlarının iki katına çıktığı bilinmektedir. Sıcaklık değişimleri reaksiyon hızlarına yapmış olduğu etkinin yanında su kalitesi açısından önem taşıyan pek çok fiziksel olay ile yakından ilişkili olup, kinematik viskozitenin sıcaklıkla değişimi nedeniyle suda bulunan askıda katı maddelerin çökme hızı etkilenmekte, 10 °C sıcaklık artışında çökme verimi 1/4 ile 1/3 arasında bir artış göstermektedir.

Genel olarak yaz mevsimlerinde yüzeysel sulardaki doğal arıtma potansiyelinin kış mevsimlerine oranla daha yüksek olduğu söylenmektedir. Bu nedenle alıcı ortamlarda doğal arıtım için su sıcaklığı önemli bir parametredir ve su sıcaklığının 7-12 °C arasında olması bu doğal arıtımın en iyi şekilde gerçekleştiğini göstermektedir [20, 21]. Sıcaklık su ortamındaki olağan süreçlerin en önemli düzenleyicisidir.

### *Renk*

Saf suyun rengi yoktur. Suyun rengi genellikle suda bulunan organik (bitkisel organizmaların veya yaşayan diğer organizmaların bozulmaları ve çürümelemleri ile meydana gelen maddeler) ve inorganik maddelerden, bazen de endüstri sularındaki çözünmüş kimyasal maddelerden ve boyalardan ileri gelmektedir [22].

Akarsuların çoğu belli ölçülerde renklidir. Sulardaki doğal renk genellikle negatif yüklü koloidal (askıdaki) partiküllerden kaynaklanmaktadır. Suda askıda kalan maddelerin etkisiyle akarsular oldukça renkli olabilmektedir. Kırmızı killi

topraklardan geçen nehirler, yağmur suları ve su taşmaları sonucu renkli hale gelmektedir [23].

Renk yoğunluğuyla pH arasında da doğrudan bir orantılı olduğu söylenebilir. Sudaki renk, tat ve kokusuyla pH arasında yakındır ilişkilidir. Doğal suların rengi organik maddelerden kaynaklanır [24]. Ferrik hidroksit ve humik asit gibi organik maddeler suya doğal rengini verirler. Kirli sular, daha belirgin bir renge sahiptir [25].

Renk ışık geçirgenliğini azaltır ışığı absorbe eder yönde etkilediği için, güneş ışığının suların alt tabakalarına kadar inmesini engeller. Bunun sonucunda, su içindeki fotosentez olayını da etkiler derinlik arttıkça fotosentez oranı düşer. Fotosentezin engellenmesiyle, gerekli oksijen üretimi gerçekleşmemekte ve suda yaşayan canlılarda solunum sorunu ortaya çıkmaktadır. Renk artışının su canlıları üzerine bir diğer olumsuz etkisi beslenme ve besin bulma üzerinedir. Görme engellendiği için, su canlılarının avlanma yetenekleri de engellenmiş olmaktadır [26].

Renk ile ilgili olarak EPA(1979), "Estetik amaçlar doğrultusunda sulardan yararlanmak istediğimizde, suda renk olmamalıdır. Evsel atıksular için izin verilebilir sınır, Platin-Kobalt ölçeğine göre 75 renk birimidir" koşulu getirmiştir [26].

### *Bulanıklık*

Bulanıklık sularda askıda kalan maddelerin miktarını belirten bir ölçüdür. Sulardaki bulanıklığı oluşturan askıdaki maddeler, silt, kil, organik ve inorganik maddeler, planktonlar ve mikroskopik organizmalardır[27]. Işık girişinin engellendiği sular bulanık olarak tanımlanır. Özellikle içme suyu elde etmek için yapılan arıtmada, bulanıklık büyük öneme sahiptir bulanıklık su kalitesinde etkiler. kolloidal maddelerden gelen bulanıklığı gidermek çok zordur. Bu parametre estetik yönden olduğu kadar, ince koloidal parçacıklarda adsorplanmış patojen organizmaların bulunmasından dolayı, sağlık bakımından da önemlidir [28].

Nehirlerde akıntı bulunmakta ve bulanıklığın çoğu suda askıda kalan iri taneciklerden oluşmaktadır. Göllerde ve diğer durgun sularda bulanıklığa ise kolloidal haldeki maddeler neden olmaktadır. Yüzeysel sularda bulanıklığa genellikle kum, kil ve toprak parçacıklarından ileri gelmektedir. Nehir debilerinin artması ve sel baskınlarında çevredeki toprağı sürükleyen sular çamurumsu görünüştedir. Bu atıkların çoğu anorganik yapıdadır [26].

İçme ve kullanım suyunun berrak olması istenir. Bulanıklık, suyun içindeki organik maddeler, inorganik tuzlar ile oksijen, karbondioksit, azot gazları, proteinler, hümik asitler, kil, silt, virüsler gibi inorganik maddeler ve bakteri, alg gibi mikroorganizmalar ile çökelmiş haldeki  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Al(OH)}_3$ ,  $\text{Fe(OH)}_2$  ve benzer maddelerden meydana gelir. İçme ve kullanma suyundaki bulanıklık, filtrasyonu zorlaştırması, klorlamayı olumsuz yönde etkilemesi, sağlık açısından zararlı olması ve estetik yönden istenmediğinden ham suda bulanıklık yapan maddelerin giderilmesi gerekir [29].

Bulanıklığın birimi NTU (Nephelometric Turbidity Units) veya JTU (Jackson Candle Turbidity Units)'dur. NAS (American National Academy of Sciences), bulanıklık ve renk parametrelerinin, güneş ışığının en az % 10'unun fotosentezin devam ettiği noktaya kadar nüfuz etmesini engellememesi hükmünü getirmiştir [26].

### *İletkenlik*

Suyun özgül iletkenliği elektriksel akımı iletme derecesinin ölçüsüdür. İletkenlik su içinde çözülmüş iyonların ölçüsü olduğundan, iletkenlik noktası bir kontrol noktası olarak önem taşımaktadır. Temel iletkenlik birimi:  $\mu\text{s/cm}$  (mikrosiemens/cm)'dir. İletkenlik sıcaklığa bağlı olduğundan  $25^\circ\text{C}$  sıcaklıkta ölçüm değerleri verilir [30].

Doğal bir kaynaktan gelen su, elektrik akımına karşı sabit bir direnç göstermektedir. Bu direnç kaynağın debisinin ve toprak yüzeyinden suyun süzülme hızının sabitliğine bağlıdır [26].

Su sert toprak yüzeyinden yavaş süzüldüğü zaman genellikle sabit miktarda mineral madde içinde barındırmaktadır. Yağmurlar veya taşkınlar sonucu oluşan fazla su, çatlaklar arasından geçerek geldiği zaman, sadece debisi değişmekle kalmamakta, bunun yanı sıra elektrik akımına direnci de günden güne mineral tuzları miktarı çok değişeceğinden değişmektedir [26].

Suyun iletkenliğin artması veya değişmesi suya farklı bir suyun karıştığının ya da ekstra bir kirlenmenin olduğunu düşündürmektedir. İletkenliği çok yüksek olan sular büyük ölçüde metal taşımaktadır. Özellikle elektronik, cam, boyahane, akü, laboratuvar vb. sektörlerde düşük iletkenliğe sahip sular istenmekte ya da sular buna göre arıtılmaktadır [26].

### *Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS)*

Organik maddeler ve inorganik tuzlar suda çözünebilirler. Bunların bir kısmı su içinde iyonlaşabilir. Karbonat, bikarbonat, klorür, nitrat, potasyum, sodyum, magnezyum, kalsiyum ve sülfat bu iyonlara örnek olarak gösterilebilir. Sulardaki toplam çözünmüş katı maddeler doğal kaynaklardan, evlerdeki atık sulardan, endüstriyel atık sulardan ve tarımsal atıklardan kaynaklanır [31].

Türkiye'deki içme suyu standartlarında toplam katılar (buharlaştırma kalıntısı) için önerilen miktar 500 mg/L dir, izin verilen maksimum miktar 1500 mg/L dir [32]. Askıda kalan madde (AKM) değerlerinin, 25 – 80 mg/L arası normal olduğu, 80 mg/L üzerindeki değerlerin ise sudaki canlılar açısından sakıncalı olabileceği belirtilmektedir [33].

Sulu bir ortamda bulunan çözünmüş katı maddelerin miktarı ve çeşitleri, o ortamdaki bitki ve hayvanların bolluk ve çeşitliliğini etkiler. Çözünmüş katı maddelerden dolayı suda bulanıklık oluşur. Fitoplanktonlar sucul ortamda bulunan besleyici çözünmüş maddelerden yararlanırlar. Bazı hayvanlar sudaki fitoplanktonun miktar ve çeşidine bağlı olduğundan, dolaylı olarak bu maddelerden yararlanmış olurlar [34].

### 2.6.2.2. Kimyasal Kirlenme

Suların kimyasal kirliliği en önemli sağlık sorunlarını ortaya çıkarmaya başlamıştır. Sanayileşme ve tarımda yapaygübre ve pestisitlerin kullanımının artması ve sanayide kullanılan binlerce kimyasalmaddeler, suların kirlenme riskinin ortaya çıkmasına neden olmuştur [35].

### *Sertlik*

Suyun sertliği suda bulunan metal iyonlarından kaynaklanır. Bu iyonlar arasında en önemlileri ve suda en çok bulunanı kalsiyum ve magnezyum tuzlarıdır. Sudaki demir, alüminyum, çinko ve mangan tuzları da sertliğe neden olsalar da, fazla etki gösteremediklerinden dolayı, sertliğin kalsiyum ve magnezyum tuzlarından ileri geldiği kabul edilir [36].

Su içinde belirli bir miktara kadar sertlik, insan sağlığı için faydalıdır. Ancak sertliğin bu miktardan fazla olması halinde suyun tadı bozulur. Buna karşın, çok yumuşak suların kullanılması sağlık açısından zararlı olabilir. Sert sular, sabun ve temizlik maddelerinin kullanılmasını artırır, kazan ve su borularında taşlaşma yapabilir. Sert suların yumuşatılması endüstri için önem kazanmıştır [37]. Boya, meşrubat ve tekstil gibi endüstri kollarında, sert su zararlı olabilir. Sulardaki sertlik, hidroksit veya sodyum fosfat ile yumuşatma ve iyon değiştirme metotları ile giderilir. Suların sertliği iki grupta incelenir: kalıcı sertlik ve geçici sertlik. Kalıcı sertlik; kalsiyum ve magnezyumun, sülfat ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ), klorür ( $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ), nitrat ( $\text{Ca(NO}_3)_2$ ,  $\text{Mg(NO}_3)_2$ ) ve silikat tuzlarından ileri gelir. Geçici sertlik ise; kalsiyum, magnezyum, karbonat ve bikarbonatlarından ileri gelir reaksiyonları (2.1) ve (2.2)'de gösterildiği gibi gerçekleşmektedir. Isıtıldığı zaman sudan kolaylıkla uzaklaşabilen, bu yüzden geçici sertlik denilmiştir [38]. Su ısıtılınca;



(2.1) ve (2.2)'de verilen reaksiyonlara göre sudan bu tuzlar çökerek ayrılırlar. Ancak ısıtmanın yapıldığı kaptaki tortu bırakırlar. Geçici ve kalıcı sertlik toplamına, toplam sertlik veya sertlik bütünü denir.

Suyun sertliğini ifade etmek için, farklı ülkelerde farklı birimler kullanılmaktadır.

Bunların en önemlileri, Alman ve Fransız sertlik dereceleri. Çizelge 2.3.'e göre Sertlik derecelerine göre suların sınıflandırılması gösterilmektedir.

1 Alman sertlik derecesi ( $\text{AS}^\circ$ ) : 10 mg CaO / L

1 Fransız sertlik derecesi ( $\text{FS}^\circ$ ) : 10 mg  $\text{CaCO}_3$ / L

Çizelge 2.3. Sertlik derecelerine göre suların sınıflandırılması.

Suyun Sertliği	Alman	Fransız	İngiliz
Çok yumuşak	0 - 4	0 - 7,2	0 - 5

Yumuşak	5 - 8	7,3 - 14,2	6 - 10
Orta sert	9 - 12	14,3 - 21,5	11 - 15
Oldukça sert	13 - 18	21,6 - 32,5	16 - 22,5
Sert	19 - 30	32,6 - 54,0	22,5 - 37,5
Çok sert	>30	>54	>37,5

Türkiye’de kullanılan derecelendirme Fransız sertlik derecesidir. Bu ölçüme göre; bir sertlik derecesi litrede 10 mg kalsiyum karbonata eşittir. Çok yumuşak sular 0-7,2 sertlik derecesinde, çok sert sular 54 ve daha fazla sertlik derecesindedir [38].

### *pH*

pH sudaki hidronyum iyonunun derişiminin bir ölçüsüdür ve sudaki asit-baz arasındaki dengeyi gösterir. pH, hidronyum iyonu derişiminin eksi logaritması olup, 0-14 arasında değerler almaktadır [37].

Su kalitesi değerlendirmelerinde pH en önemli parametrelerden biridir, sudaki birçok kimyasal ve biyolojik süreci etkiler. Kirlenmemiş sularda pH, karbondioksit, karbonat ve bikarbonat iyonları ile humik asit, fulvik asit gibi doğal bileşikler arasındaki denge tarafından kontrol edilir. Bir su kütesinin asit-baz dengesi, endüstriyel kirleticiler ve asit formundaki atmosferik çökelmelerle değişebilir. pH sıcaklığa bağlıdır, suyun sıcaklığı pH’ın değerinin doğru olarak tespit edilebilmesi için önemlidir [39]. İçme sularında pH’nın bazik olması hafif koku oluşturur. Suların renk yoğunluğu pH’nın baz kuvvetinin artması ile artar [31]. pH değerleri 6,5-8,5 dışındaki değerlerde, sudaki canlılar için olumsuzluklar gözlenmekte, pH’nın zehir etkisi, ortamda çinko (Zn) gibi metallerin varlığıyla artmaktadır. Yüksek pH’larda NH<sub>3</sub> gibi maddelerin zehir etkisi artmaktadır [40].

### *Azot (N)*

Azot, yedi oksidasyon basamağında bulunabilen kompleks bir elementtir. Su kalitesi bakış açısından, en önemli azot içeren bileşikler organik azot; amonyak (NH<sub>3</sub>), nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), üre [CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>] ve azot gazıdır (N<sub>2</sub>) [40]. Azot doğada

organik ve inorganik formları arasında döngü içerisinde. Bakteri ve bitkiler, çeşitli inorganik azot formlarından protein üretirlerken (azot içeren organik bileşikler), insanlar ve hayvanlar atmosferde bulunan azottan ya da inorganik azot formlarından protein sentezi için faydalanamazlar. İnsanlar ve hayvanların faydalandığı azot formları organiklerdir [40].

Besin elementlerinin akarsu ortamındaki fotosentez yapan mikrobiyolojik planktonların yapısındaki miktarı ve plankton türüne ve sucul ortam koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Fitoplankton büyümesini belirleyen besin elementi N/P oranı ile belirlenir. N/P oranı 16 ise, sınırlayıcı besin elementini bulmak zordur [41]. Fotosentez yapan planktonların ortalama 16/1 oranında azot ve fosfor içerir. N/P değeri plankton türlerine göre değişebileceği gibi aynı fotosentez yapan plankton türünde de farklı ortamlarda bulunmasına göre de değişebilir [42]. Denizde yaşayan fitoplanktonunlarda ise bu oran 3/1 'den 30/1'e kadar değişebilir. 16/1 değeri ise okyanus için saptanan değerdir [43]. Su ortamındaki fitoplanktonların N ve P'un hangisinin sınırlayıcı olduğu hakkında kesin bir oran olmamakla birlikte N/P 5 olduğunda Azot ve Fosfor birlikte sınırlayıcı, N/P oranı 5'den küçük olduğu durumlarda Azot'un sınırlayıcı nutrient N/P oranınının 16'dan büyük olduğunda ise fosfor' un sınırlayıcı besin elementi olduğu bilinmektedir [44].

Evsel Endüstriyel ve tarım Atıksularından deşarj edilen azot ve fosfor gibi besin elementlerinin alıcı su ortamına girmesiyle ötrofikasyon problemi ortaya çıkar. Bu problemin giderilebilmesi de biyo-deney çalışmalarla mümkün olabilir. Genel olarak alıcı suların içerdiği N/P oranı arasında canlı yaşamını etkileyecek derecede bir ilişki bulunmaktadır.

#### *Amonyak (NH<sub>3</sub>)*

Amonyak sularda iki farklı yapıda bulunmaktadır. Birincisi, iyonize olmamış formu olup, amonyak (NH<sub>3</sub>) olarak isimlendirilmektedir. İkincisi, iyonize olmuş formu olup, amonyum (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) olarak isimlendirilmektedir. Aslında iyonize olmamış amonyağın (NH<sub>3</sub>) olarak değil, (NH<sub>3</sub>-N) olarak gösterilmesi gerekmektedir [11]. Sulardaki amonyak miktarı pH ve sıcaklıkla değişmektedir [11].

Amonyanın pH ile olan bağlantısı incelendiğinde, aralarında logaritmik bir bağlantı olduğu görülmektedir. Yani, sudaki amonyak derecesi, pH ile logaritmik

olarak azalmaktadır. Örneğin pH 8,5'ten 6,5'e düştüğünde etkisi 100 kat azalmaktadır [11].

Suda görülen amonyak sorunu çeşitli nedenlerden kaynaklanabilmektedir. Kaynaklardan biri yem artıklarıdır. Ani fitoplankton patlamaları sonrasında takip eden süreçte, ölü sucul canlıların parçalanması sırasında da amonyak oluşabilmektedir. Evsel ve endüstriyel atıklar ile tarım alanlarından gelebilecek azotlu gübrelerle su kaynaklarına karışması diğer bazı amonyak kaynaklarıdır [11].

Amonyak, keskin kokulu, renksiz bir gaz olup suda yaşayan canlılar üzerine zehir etkisi yapmakta, sucul canlıların yaşamlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Amonyak çoğu sularda biyolojik aktif bir bileşiktir ve azot içeren organik maddenin biyolojik olarak ayrışması sonucu meydana gelmektedir. Suda çözündüğünde amonyağın bir kısmı su ile tepkimeye girer ve amonyum iyonları oluşur [3].

#### *Nitrit ( $NO_2^-$ )*

Nitrit, sularda  $NH_4^+$  ile  $NO_3^-$  arasındaki döngüde geçiş formudur. Nitrit, Doğal sularda bulunmaz veya çok düşük düzeyde bulunmaktadır. Nitrit kararsız bir bileşik olduğu için sürekli ortamda bulunması genellikle dışarıdan suya gelen atıkların bir göstergesidir [11].

Su içinde  $NO_2^-$  bulunması suyun kirlendiğın gösteren çok önemli bir parametredir. Nitrit varlığı, genelde sulara organik madde karıştığını gösterir. Nitrit'den dolayı bu tür sularda mikroorganizma faaliyetleri olacaktır. Nitrit iyonları, diğer azot çeşitlerine kıyasla, akarsularda sularında az miktarda bulunurlar. Çünkü nitrit, bir ara ürün olduğundan oksitlenerek nitrata ya da indirgenerek amonyuma dönüşmektedir. Ancak, yeterli ölçüde nitrifikasyona uğramamış atık suların, çok yüksek miktarda nitrit'e rastlamak mümkündür. Böyle durumlarda, suda yaşayan canlılarının ilave bir zehir etkisiyle karşı karşıya kaldıkları görülmektedir [11].

Nitrit, oksidasyon ile oluştuğundan sularda çözünmüş oksijen miktarının azalmasına neden olmaktadır [11].

#### *Nitrat ( $NO_3^-$ )*



Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), sulardaki bağlı azot bileşiklerinin en önemlisidir. Organik azotun oksitlenmesinin son ürünüdür. Ortamdaki azotun oksidasyonu nedeniyle, sudaki çözülmüş oksijenin tüketilmesi söz konusu olmaktadır [11].

Nitratlar sulara çeşitli yollardan karışmaktadır. Bunlar;

1. Sucul canlıların proteinlerinin ayrıştırılması sonucunda açığa çıkan  $\text{NH}_3$  oksitlenmesinden,
2. Tarımalanında kullanılan nitrat gübrelerden,
3. Atmosferdeki elektriksel etkileşim sonucunda, azotun azot oksitlere yükseltgenmesi ve azot oksitlerin reaksiyonlarından,
4. Evsel ve endüstriyel atıklardan [11].

Nitrat iyonları topraktan kolaylıkla suya geçmektedir. Böylece tarımsal atık suyu içerisinde önemli miktarda nitrat iyonu bulunmaktadır. Tarım yapılan arazilerden her yıl önemli miktarlarda azot, akarsu kaynaklarına karışmaktadır [40].

Nitratin insan sağlığına olumsuz etkileri gözlemlendiği için, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) içme suyu standartlarında derişiminin 45 mg/L' den az olmasını önermiştir.

### *Fosfor*

Fosfor, su ortamında yaşayan canlılar için hayati önemli taşıyan bir elementtir[11]. Fosfor döngüsü karada ve suda olur fosforun gaz formu yok denecek kadar azdır.

Hücrenin enerji kaynağını adenozin trifosfatın (ATP) sağladığı düşünüldüğünde, fosforun canlılar için ifade ettiği önem kolayca anlaşılır. Bitkiler fosforu suda çözülmüş olduğu formda kullanabilirler organik formlarını kullanamazlar. Bu nedenle, doğadaki fosfatlı kayaların biyolojik bir değer kazanması, ancak bunlardan yapılan gübrelerin kullanılmasına veya fosfatlı kayalar üzerinden geçen sular tarafından çözülerek ortama karışmasına bağlıdır. Bu tür gübrelerin ve ayrıca, fosfat içeren deterjanların büyük ölçüde kullanılması ve bu maddelerin yıkanarak akarsulara, göllere ve denizlere karışması, buralarda bitkilerin, özellikle algların hızla ve çok fazla gelişmesine ve suyun oksijen bakımından fakirleşerek, ötrifikasyon olayının meydana gelmesine yol açar [37].

Fosfor akarsularda çeşitli yapılarda bulunur. Bunlar başlıca ortofosfatlar, kondanse fosfatlar ve organik fosfordur. Fosfor evsel atıksularda 3-15 mg/L arasında bulunur. Bu miktarın % 50'sine yakın kısmı deterjan kullanımından kaynaklanır.

Tarım drenajında fosfor konsantrasyonları 0,05-1,0 mg/L olarak değişir. Fosfor çevre sularında 0,01-0,04 mg/L kadar bulunur [45].

Evsel atıksularda fosfor türlerinin tipik dağılımı, toplam konsantrasyon 10 mg/L alındığında 5 mg/L ortofosfat, 3 mg/L tripolifosfat, 1 mg/L pirofosfat, 1 mg/L organik fosfor şeklindedir [45].

### *Deterjan*

Temizlik amacıyla kullanılan deterjanların içeriğini temizleme özelliğine sahip alkil sülfat ve alkil aril sülfonat tipindeki anyonik yüzey aktif maddeler ve yardımcı diğer maddeler oluşturur. Deterjanlar toz, granül, yumuşak kıvamlı veya sıvı haldeki karışımlardır [11]. Deterjanlar sabun gibi temizleme özelliğine sahiptir ancak sabun gibi direkt olarak yağ asitlerinden değil de, petrol ürünlerinden sentetik olarak elde edilen yüzey aktif maddelere deterjan denir [46].

Çevresel sularda fosfat yükünün artmasında en önemli faktörlerden biri evsel atıklar yoluyla gelen deterjanlardır. Fosfat bazlı deterjanların ağırlıkça %5-12'sini fosfor oluşturur. Bu nedenle (OECD)Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü ülkelerinin çoğunda fosfat bazlı deterjan kullanımı yasaklanmış, birçok ülkede ise fosfat oranının düşürülmesi zorunlu hale getirilmiştir [46].

Alıcı su ortamının özelliklerine bağlı olarak deterjan aktif maddeleri 0,5 mg/L'den yüksek derişimlerde köpük oluştururlar. Oluşan köpükler su yüzeyini örterek havalandırmaya ve oksijenin derinlere ulaşmasına engel olabilir. Deterjan aktif maddeleri boşaltıldıkları alıcı sularda biyokimyasal reaksiyonlarla ayrışır ve bu ayrışma sırasında ortamdaki çözünmüş oksijeni kullanırlar. Bu da ani oksijen eksikliğine neden olabilir.

Aşırı fosfatın alıcı sulara başlıca etkisi ötrofikasyona neden olmasıdır. Ötrofikasyon sonucunda oksijenin azalması, renk değişimi, bulanıklık, dipte aşırı birikimler, canlı türü sayısında azalma, bozunma ve kokuşma gözlenmekte ve ortam giderek kullanılmaz hale gelmektedir.

Deterjan derişimi sularda akut ölümlere sebep olmasa bile, sucul yaşamda fizyolojik bozukluklara neden olabilmektedir. Örneğin milyonda bir oranında deterjan içeren suda, DDT gibi böcek öldürücülerin balıklardaki toksik etkisi artmaktadır.

Deterjanlar su ortamında ayrışma ve ayrışmama özelliklerine bağlı olarak çevre kirlenmesinde rol alır. Ayrışma özelliği düşük olan deterjanlar yüzey sularından toprağa, kuyu ve kaynak sularına girerek düşük miktarlarda bile bulursa suyun koku

ve tadını değiştirmektedir. Daha sonra içme suları ile insan bünyesine katılmaktadır [47,23].

### *Ağır Metaller*

Zehir etkisi gösteren maddeler, suda düşük derişimlerde bulunmaları durumunda bile insan sağlığını etkilemekte, hastalıklara ve hatta ölümlere bile yol açabilmektedir. Eser miktarda bile toksik etkisi yapabilen bu maddeler arasında en önemli grubu; Gümüş, Arsenik, Berilyum, Kadmiyum, Krom, Kurşun, Mangan, Cıva, Nikel, Selisyum, Vanadyum, Çinko gibi elementler oluşturmaktadır. Bu elementlerin çoğu ağır metal grubuna girmektedir. Ağır metaller kayda değer derecede bir kirletici grubu oluştururlar. Ağır metallerin toksik ve kanserojen etkilerinin yanısıra canlı organizmalarda birikme eğilimleri de söz konusudur. Cd, Cr, Pb, Mn, Hg, Ni, Zn ve Cu gibi metaller genellikle sülfür, oksit, karbonat ve silikat mineralleri şeklinde bulunmaktadır. Ağır metallerin suda çözünürlükleri oldukça düşüktür.

Atık suyun içindeki ağır metal ve benzeri toksik maddeler; çevrenin iklim şartına ve toprak özelliklerine bağlı olarak toprakta birikebilir. Sulama sularında izin verilebilir maksimum ağır metal ve toksik derişimleri Çizelge 2.2.'de verilmiştir. Çok küçük miktarları bile kuvvetli zehir etkisine sahip olan ağır metaller, kirletilmiş sularda ağır metal, katyon, tuz ve kısmen anyon şeklinde bulunmaktadır. Ağır metaller kirletilmiş suların kendiliğinden temizlenmesini engelleyebilir[3].

### *Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ)*

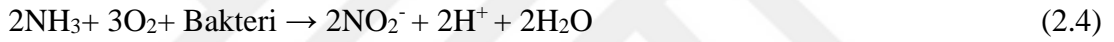
Atık sularının ya da kirletilmiş akarsuların kuvvetini tanımlamak için en çok kullanılan kirlilik faktörüdür. Biyokimyasal oksidasyon, su içinde bir yanma olayı olup bu olay sırasında çözülmüş oksijen kullanılmaktadır. Gerçekleşen reaksiyon teorik olarak eşitlik (2.3) de gösterilmektedir. Ne kadar fazla oksijen sarf ediliyorsa sudaki organik madde miktarı o kadar fazla olmaktadır. Kullanılmış ve yüzeysel suların organik madde içeriğinin belirlenmesi için en çok kullanılan yöntemlerden biri 5 günlük BOİ'dir. BOİ<sub>5</sub>'in tanımı; kirli bir suyun kendiliğinden temizlenmesi sırasında 20°C sıcaklıkta 5 gün içinde tüketilen oksijen miktarı olarak belirtilir. Biyolojik tepkimelerin hızı çok yavaştır. Örneğin evsel atıksular içinde bulunan organik

bileşiklerin ancak % 65'i 20 °C sıcaklıkta 5 gün içinde parçalanabilmektedir. Organik bileşiklerin tam olarak parçalanabilmesi için uzun zaman gerekmektedir. Söz konusu olan tepkimeler 1. mertebeden ve tepkime hızı derişimle doğru orantılıdır. Eğer su içinde azotlu bileşikler varsa bu bileşikler tepkimeye yaklaşık olarak 8–10 gün sonra başlamaktadır. İlk 5 gün içinde azotlu bileşiklerin BOİ üzerine etkisi bulunmamaktadır [48].

Tipik bir organik bileşik olan glikoz bakteriyolojik olarak aşağıdaki (2.3) reaksiyona göre parçalanır:



Böylece su içerisinde bulunan tüm glikoz molekülü için 6 mol oksijen gerekir ve 6 mol karbon dioksit oluşur. Protein gibi daha karmaşık organik bileşiklerde biyolojik parçalanma reaksiyonu daha karmaşıktır. Azotlu bileşiklerin nitrifikasyonu için ayrıca oksijene ihtiyaç vardır. Nitrifikasyon reaksiyonları (2.4) ve (2.5) de görüldüğü gibi oluşmaktadır [49].



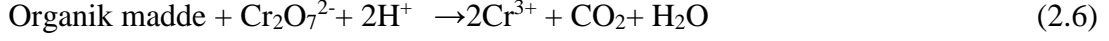
Her ne kadar analitik ve aletsel yöntemlerle oksijen tayinine dayalı olsa da belirli çevresel koşullar altında beş günlük süre ile seyreden bir biyolojik yöntemdir. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı be nedenle BOİ<sub>5</sub> olarak ifade edilir [50].

#### *Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)*

Biyolojik oksijen ihtiyacı dışında kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) da evsel ve endüstriyel atık suların kirlilik derecesini belirlemede kullanılan önemli bir parametredir. KOİ, organik kirleticinin derişimine bağlı olarak reaksiyon (2.6)'da ki gibi kuvvetli bir oksidant ile parçalanması sırasında kullanılan oksijen miktarıdır. Biyokimyasal oksidasyon bazı organik maddelerde çok hızlı gerçekleşirken bazı maddelerde çok yavaş olabilir. Buna karşılık kimyasal oksidasyonda maddenin biyolojik olarak ayrışıp ayrışmadığına ve ayrışma hızına bakılmaksızın bütün organik maddeler oksitlenir [51].

Kimyasal oksijen ihtiyacı ile atıksuların bünyesindeki organik maddeler, kimyasal oksidasyonları için gerekli oksijen miktarı türünden belirlenir. Uygulanan

yöntemde birkaç istisna dışında tüm organik maddeler, asidik ortamda kuvvetli oksidantlarla yükseltgenmelerine dayanır. Oksidasyon sonrası karbonlu organik maddeler CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O'ya, azotlu organik maddeler ise NH<sub>3</sub>'e dönüşürler [52].



Krom (+6) değerinden (+3) değerine indirgenirken, organik madde karbon dioksit'e yükseltgenmektedir [53].

KOİ, aynı amaçla kullanılmakta olan BOİ'ye göre daha kısa sürede belirlenebilir. BOİ değerinin tespiti için en az 5 gün sürmesine karşılık, KOİ değeri yaklaşık olarak 3 saat gibi kısa bir sürede ölçülebilmektedir. Bu nedenle birçok durumda KOİ tercih edilir [53].

Ancak KOİ ölçümü, bir numunenin biyolojik olarak okside olup olmayacağı hakkında bilgi içermez. Örneğin biyolojik olarak çok kolay ayrışan glikoz ve oldukça yavaş ayrışan lignin kimyasal olarak tamamen okside edilirler. Sonuç olarak daima KOİ > BOİ değerlerinden daha yüksektir [51].

#### 2.6.2.3. Mikrobiyolojik Kirlenme

Nehir sularında kirliliğe neden olan bir diğer kirlilik ise mikrobiyolojik kirlenmedir. Nehir suları bakteriler, virüsler, protozoalar gibi çeşitli mikroorganizmalar içerir ve İnsanlarda görülen önemli hastalıkların temel nedeni patojen mikroorganizmalarla içme suyunun kirlenmesidir.

Bu patojen mikroorganizmalar insan ve hayvan dışkılarından, kanalizasyonlardan veya fosseptiklerden meydana gelen sızıntılar neticesinde içme suyuna ve akarsulara karışır. Bu gibi hastalık etkenleri ile kirlenmiş olan suların kesinlikle kullanılmaması gerekir [11].

Bu canlı kirleticilerin diğer bir olumsuz etkisi, sudaki oksijen miktarının azalmasına yol açmak suretiyle kendini gösterir.

Su kaynaklarının hijyen açısından güvenilir olabilmesi için suyun fekal kirlenmeye maruz kalıp kalmadığının belirlenmesi gerekir. Bu amaçla bazı prosedürler geliştirilmiştir. Bu prosedürlerin büyük çoğunluğu indikatör organizmanın varlığının belirlenmesine dayanır. İndikatörler, normal olarak hastalık yapmayan,

dışkıda çok sayıda bulunan ve patojenlere oranla çok daha kolay tayin edilebilen mikroorganizmalardır [55].

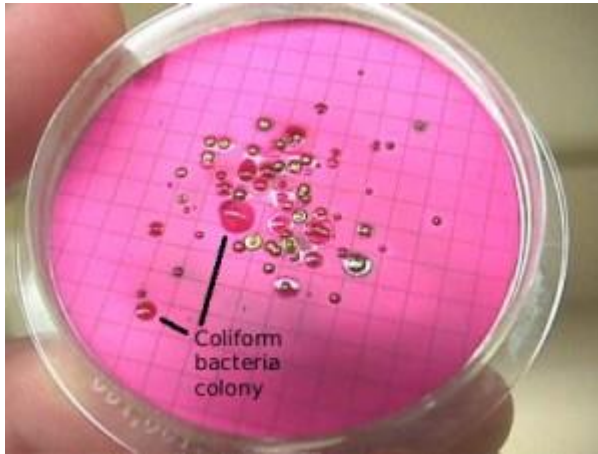
Bu amaçla en çok kullanılan indikatör organizmalar, Koliform bakterilerdir. Koliform bakteriler, aerob ve fakültatif aerob, gram negatif, spor yapmayan, 35 °C de 48 saatte laktozu gaz oluşumu ile fermante eden çubuk şeklindeki bakterilerin tümünü içerir. Bu bakteri grubunda, Escherichia, Citrobacter, Enterobacter, Klebsiella ve Serratia cinslerine ait türler bulunmaktadır [55].

### *Koliform Grubu*

*Koliform* olarak adlandırılan bakteriler Gram negatif, fakültatif anaerob, spor oluşturmeyen, 35-37°C’de laktozdan gaz oluşturan çubuk şekilli bakterilerdir. *Koliform* grubu bakterilerin elektron mikroskobu görüntüsü şekil 2.2.’de görülmektedir [56].

Bu tarife göre hangi bakterilerin *koliform* grup olarak tanımlanmaları gerektiği halen tam olarak açığa kavuşmuş değildir. Bunun nedeni bakterilerin en dinamik gruplarından biri olan *Enterobacteriaceae* familyasındaki yoğun taksonomik değişikliklerdir.

*Koliform* grubuna ait mikroorganizmaların tamamı hayvan ve insan dışkısı kökenli değildir. Sadece *E. coli* doğrudan hayvan ve insan bağırsağı kökenlidir. Bu grupta bitki ve toprak kökenli olan türlerde bulunmaktadır. *E. coli*’ye veya *fekal koliform* bakterilere rastlanması, doğrudan ya da dolaylı olarak dışkı bulaştığının ve bağırsak kökenli *Salmonella* ve *Shigella* gibi primer patojenlerin olabileceğinin bir göstergesidir [56]



Şekil 2.2. Koliform grubu bakterilerin görüntüsü [57].

### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. MATERYAL

##### 3.1.1. Örnekleme İstasyonları

Örnekleme alanları Seyhan, Ceyhan, Berdan, Göksu, Lamas nehirlerinin istasyon ve koordinatları Çizelge 3.1’de yer alan tablolarda verilmiştir. Bu çizelgede çalışma türüne göre gruplandırmalar ve yapılacak işler yer almaktadır. Belirtilen istasyonlarda örnek toplama ve saha çalışmasının zamanı ve sıklığı aşağıdaki çalışma zaman tablosunda belirtilmiştir.

##### 3.1.2. Biyokimyasal Parametrelerin Örnekleme

###### 3.1.2.1 Besin Elementleri Örnekleme

Toplam fosfor (TP), inorganik fosfat-P (reaktif fosfat), çözülmüş inorganik azot bileşikleri (nitrat, nitrit ve amonyum-N) ve reaktif silikat-Si ölçümleri için nehir suyu örnekleri saha çalışmasında Poli Vinil Clorür (PVC) yapılmış özel 5 litrelik Niskin veya saplı polietilen şişe kullanılarak yüzeyden alınır. Örnekler 100 mL’lik polietilen şişelere alınır ve analiz yapıncaya kadar derin dondurucuda dondurulur. Evsel atıksularda ve katı maddesi fazla olan sularda süzme yapıldıktan sonra şişelere koyulup dondurucuda saklanır. Bu şekilde örnekler en fazla 1 ay süre ile saklanabilmektedir. [58- 60]

###### *TP örnekleme*

Örneklemede kullanılacak olan Schot şişeler kullanım öncesi destile su ve %10’luk HCl asit ile temizlenmiştir. Saklama ve otoklavlama sırasında teflon kapak kullanılmıştır. Alınan nehir suyu örnekleriyle şişeler çalkalanmış ve 100 mL kadar örnek alınmıştır. Koruma amaçlı hiçbir kimyasal eklemeden analiz edilinceye kadar -18°C’de derin dondurucuda saklanmıştır. Genellikle alınan örnekler paralel olarak alınmıştır.

Çizelge 3.1. Seyhan, Ceyhan, Berdan, Göksu, Lamas nehirlerinin istasyon ve koordinatları.

Kıydan Uzaklık	Örnekleme Derinliği	Örnekleme Sıklığı	Parametre/Grup	Matriks	İstasyon Tipi	Yer ve İstasyon Tanımı	İstasyon Koordinatı
4700m	yüzey	Mevsimsel	Q. TAK. BOİ. KOİ. FC. NUT (TP. PO4-P. DIN).. PAH	Su	Nehir	Seyhan Nehri	36°47'04" N
							35°03'49" E
3200m	yüzey	Mevsimsel	Q. TAK. BOİ. KOİ. FC. NUT (TP. PO4-P. DIN).. PAH	Su	Nehir	Berdan Nehri	36°47'5" N
							34°50'44" E
13200m	yüzey	Mevsimsel	Q. TAK. BOİ. KOİ. FC. NUT (TP. PO4-P. DIN).. PAH	Su	Nehir	Göksu Nehri	36°20'56" N
							34°01'06" E
9200m	yüzey	Mevsimsel	Q. TAK. BOİ. KOİ. FC. NUT (TP. PO4-P. DIN).. PAH	Su	Nehir	Ceyhan Nehri	36°57'25" N
							37°40'00" E
100m	yüzey	Mevsimsel	Q. TAK. BOİ. KOİ. FC. NUT (TP. PO4-P. DIN).. PAH	Su	Nehir	Lamas Nehri	36°33'30" N
							34°14'31" E



### *Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) örnekleme*

KOİ deneylerini doğru yapabilmek için örneklerin tuzluluğu % 1'den az olmalıdır. Bu nedenle deniz suyunda KOİ ölçümü yapılmamaktadır. Ancak deniz suyu fiber (organik olmayan ve asitte parçalanmayan) filtreden (GF/C) süzülüp. Filtrede tutulan organik içerikli katı maddeler saf su ile yıkanır ve askı yükte biriken organik maddenin KOİ değeri klasik yöntemle ölçülür. KOİ ölçümü için alınan atık su ve nehir suları 500 mL' lik ışık geçirmez plastik şişelere üzerinde hiç hava kalmayacak şekilde doldurulur. Analize kadar örnek pH 2,0'nin altına sülfürik asit ile ayarlanır ve bir hafta içinde örnekler analiz edilir [61].

### *Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ<sub>5</sub>) örnekleme*

BOİ örnekleme evsel atıklar, nehir ve deniz suyu örnekleri 1 litrelik plastik veya cam şişelere alınır. Laboratuvardaki ön işlemlere kadar soğuk buz kutusunda ve soğutucuda korunur; en geç 24 saat içinde uygun seyreltme yapılarak ve besin tuzları eklenerek BOİ<sub>5</sub> ölçümü için özel cam şişeler içinde karanlıkta ve 20 °C 5 gün bekletilir.

### *Toplam Asılı Katı Madde (TAK) Örnekleme*

Nehir suları içerdikleri askı yük miktarı dikkate alınarak 1 veya 2,5 litrelik plastik veya cam şişelere alınır ve karanlıkta korunur. Deşarjın bulunduğu yere karadan gidilmiş ise örnekler mümkün olan en kısa zamanda laboratuvara taşınır. Özellikle organik maddece zengin artıkların bozunması hızlı olduğundan örneklerin en kısa süre içinde süzülmesi önerilir.

## 3.2. YÖNTEM

### 3.2.1. Örneklerin Hazırlanması ve Analizi

#### 3.2.1.1. Kimyasal Parametrelerin Ölçüm Metodları

##### *Çözünmüş inorganik fosfat (o-fosfat) analizi*

Nehir suyu örneklerindeki çözünmüş inorganik besin tuzlarını belirlemek için AACE 6.06 yazılımına sahip 4 kanallı tip Bran Luebbe otoanalizör sistem kullanılmıştır. Bran Luebbe otoanalizör uygulamalar kitapçığında önerilen standart metodlar fosfat (metod no: G-175-96, MT18), nitrat (metod no: G-172-96, MT19), amonyak (metod no: G-171-96, MT19) ve silikat için (metod no: G-177-96, MT19) kullanılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan kalibrasyon eğrisi, yüksek besin elementli Nehir suyu matriksinde hazırlanmıştır.

Nehir suyundaki ortofosfat asidik ortamda amonyummolibdat, askorbik asit ve antimonla reaksiyona girerek mavi fosfomolibdenyum kompleksi oluşur. Renk değişimi ortofosfat konsantrasyonu ile orantılı olduğundan spektrofotometrede 880 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Fosfat ölçümlerinde örnekte yüksek konsantrasyonda silikatın varlığı girişim yapmaktadır. Bunu önlemek için reaksiyon ortamının pH'sını 0,8-1,0 aralığında bulundurulursa silikat girişimi engellenir. Ortofosfat derişimlerinin hesaplanabilmesi için aynı aletsel koşullarda standart kalibrasyonu yapılır [58, 59, 62].

##### *Nitrat, nitrit analizi*

Otoanalizör sistemi ile nitrit ölçümünde ortamdaki nitrit iyonu asidik koşullarda sülfanilamidle reaksiyona girerek diazo bileşiğinin oluşmasını sağlar. Bu da N-1- Naftiletilediamindihidroklorür ile reaksiyona girerek pembe azo bileşiğini oluşturur. Bu reaksiyonda  $NH_4Cl$  aktifleyici olarak kullanılır. Kolorimetrik ölçümlerde absorbans 540 nm'de dalga boyunda ölçülmüştür. Otoanalizörde nitritin orijinal derişimi ile orantılı olarak pikler elde edilir.

Nitrat analizlerinde ise nitrit analizi yapıldıktan sonra bu sefer su örneği kadmiyum-bakır indirgeme kolonundan geçirilerek nitratin nitrite indirgenmesi sağlanır ve nitrit analizlerinde kullanılan yöntem aynen uygulanır. Bu analizlerle hem toplam nitrit hemde nitrat konsantrasyonunuelde edilmektedir. Nitrit ve Nitrat konsantrasyonları hesaplanabilmesi için aynı optimum koşullarda standart kalibrasyonu yapılır [59].

#### *Amonyum (NH<sub>4</sub>-N) analizi*

Amonyak ölçümü pH 9,0 - 11,5 aralığında ortamın bazik iken ölçüm yapılır. Amonyum analizi için fenol ilave edilen örneklerin sodyum nitroprusiyat ve oksitleme solüsyonu ile reaksiyonu gerçekleştirilerek 20-27 °C 'de bir saat bekletilip spektrofotometrede 560 nm'de okunması yöntemin esasını oluşturmaktadır. Analiz sırasında kalsiyum ve magnezyum çökmesini önlemek için sitrat tamponu kullanılır. Reaktiflerin hazırlanmasında kullanılan saf suyun çok temiz olması gerekir-[58, 59].

#### *Reaktif silikat (Si(OH)<sub>4</sub>-Si) analizi*

Otoanalizör sistemi ile reaktif silikat analizinde ortamda bulunan silikat, asidik ortamda molibdat ile reaksiyona girerek silikomolibdik asit oluşur. İkinci basamakta askorbik asit ile indirgenerek mavi renkte molibden kompleksine dönüşür. Ortamdaki fosfattan kaynaklanabilecek girişimi engellemek için okzalik asit kullanılarak fosfat girişimi engellenir. Spektrometre ile ölçümlerde absorbands dalga boyu 660 nm'de spektrofotometrik olarak ölçülen reaktif silikatın yoğunluğunun hesaplanabilmesi için standart kalibrasyonu yapılır [59].

#### *Toplam fosfor analizi*

Nehir suyu örneklerinde toplam fosfor analizi sulu kimyasal oksidasyon (Wet Chemical Oxidation (WCO)) metodunda uygulanan parçalama işlemi, bütün fosfor formlarını fosfat iyonuna dönüştürme temeline dayanır [63].

#### *A) Parçalama işlemi*

- I. Nehir örnekleri TP konsantrasyonu yüksek olduğundan 10 mL nehir örneği 40 mL distile su ile seyreltilerek 50 mL tamamlanır örnekler önceden temizlik işlemine tabi tutulmuş teflon kapaklı şişelere eklenir.



Şekil 3.1. Teflon kapaklı şişeler.

- II. 5 mL oksidasyon belirteci eklenir (50 mL'lik oksidasyon belirteci hazırlamak için 0,5 g potasyum destile suda çözülür).
- III. Örnekler otoklava dizilir ve 120 °C ve 2 atm basınca ulaşınca kadar ısıtılır örnek miktarına göre belirli sıcaklık ve basınca ulaşma süresi değişir, belirli bir süre soğuması için bekletilir. Soğuma sonrası otoklavın iç basıncı boşaltma valfiyle sabitlenir.



Şekil 3.2. Kırmızı kapaklı TP örneklerinin otoklava dizilişi.

IV. Parçalama işlemine tabi tutulmuş örnekler oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulur. Seyhan, Ceyhan, Berdan, Göksu, Lamas nehirlerinin yüzey sularında TP'nin yüksek derişimleri net gözlenlendiği için bu çalışmada, otoanalizör yoluyla fosfor analizi için yaygın tanımlama metodu olan otomatik analiz yerine spektrofotometre kullanılan manuel (elle) analiz yöntemi uygulanmıştır [59; 62].

#### B) Manuel metot için yöntem

- i) Askorbik asit çözeltisi: 100 mL destile suda çözünmüş olan 20 g askorbik asit 4,5 M sülfürik asit çözeltisi ile 200 mL'e seyreltilir. Açık sarı renkli bir çözelti elde edilir. Koyu renkli şişelerde soğutucuda bir ortamda çözelti birkaç günlüğüne saklanabilir.
- ii) Mix reagent çözeltisi: 12,5 g amonyum molibdat 125 mL destile suda çözdürülmüş ve 350 mL 4,5 M sülfürik asit çözeltisine eklenmiş ile 20 mL destile suda çözünmüş 0,5 g'lık potastum tartarat iyice karıştırılır, hazırlanan çözelti soğutucuda iki ay bozunmadan kalabilir.
- iii) Nehir suyundaki Fosfat yoğunluğunun hesaplanması için çalışma standartları aralığı olan fosfat standartları ve blank hazırlanır.
- iv) Standartlara ve su örneklerine 50 mL için 1 mL askorbik asit çözeltisi ve 1-2 dakika sonra 1 mL mix çözeltisi ilave edilir. 10 dakikaya kadar reaksiyon oluşumu gerçekleşir ve örnekler ölçüme hazır hale gelir.
- v) Standartlar ve örnekler 5 cm'lik kuartz küvette 880 nm dalga boyunda spektrofotometrede ölçülür.

#### Ph

Nehir suyu örnekleri önceden destile su ile yıkanmış 100 mL kapasiteli kapaklı plastik şişelere plastik hortum kullanarak alınır. Şişe hacminin iki katı kadar taşırılır ve kirlenme riski minimuma indirilir. Ölçüm zamanına kadar karanlıkta ve oda sıcaklığında korunur. Kalibrasyonu pH 4, 7 ve 10 tamponları ile yapılan pH metre ile ölçüm yapılır; örneklerin ölçüm sıcaklığı kayıt edilir. Daha sonra örneklerin alındığı

nehir suyu sıcaklığı ile karşılaştırılır ve sıcaklık farkı 1,0 veya daha fazla ise sıcaklık değişimine bağlı pH düzeltilmesi aşağıdaki eşitlik (3.1.) kullanılarak yapılır:

$$\text{pH (gerçek)} = \text{pH (okunan)} + 0,0114 (t_2 - t_1) \quad (3.1)$$

$t_1$ : örneğin alındığı suyun sıcaklığı

$t_2$ : pH ölçümünün yapıldığı andaki örneğin sıcaklığı

### *Toplam Asılı Katı Madde (TAK)*

Toplam asılı katı ölçümleri nehir suyu içerdikleri askı yük miktarı dikkate alınarak 1 veya 2,5 litrelik plastik veya cam şişelere alınır.

Örneğin bulunduğu yere karadan gidilmiş ise örnekler mümkün olan en kısa zamanda laboratuvara taşınır. Özellikle organik maddece zengin artıklar (örneğin endüstriyel atıklar) erken bozulduğundan örnekler 12 saatten da uzun süre bekletilemez. Alınan örnekler iyice çalkalanır; 1-2 dakika bekledikten sonra bir mezüre bir kısmı veya tamamı aktarılır bu hacim katı madde miktarına göre ayarlanabilir. Daha önce sabit tartıma kadar kurutulmuş ve tartımları alınmış membran filtre (sellüloz asetat çap 47 mm, 0,45µm gözenek açıklığı) kâğıdı süzme sistemine yerleştirilir. Sistem önce yaklaşık 100 mL destile su ile yıkanır. Sonra mezürdeki örnek sisteme aktarılır ve süzülür. Mezür 3-4 kez destile su ile yıkanır ve yıkama suyu süzme sistemine aktarılarak süzülür. Son olarak filtrasyon sistemi yaklaşık 100 mL destile su ile iyice yıkanır. Filtreden su zerreciklerinin gittiğine emin oluncaya kadar vakum yapmaya devam edilir. Sonra filtre kâğıdı çıkarılır ve bir petri kabına konur. Etüvde kurutulmuş filtre hassas terazide tartılır [64].

### *Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)*

KOİ deneylerini doğru yapabilmek için örneklerde tuzluluk % 1'den az olmalıdır. Bu nedenle deniz suyunda KOİ ölçümü yapılmamaktadır. Kimyasal oksijen ihtiyacı ölçümleri göre yapılmıştır.

KOİ analizinde kullanılan reaktifler:

0,025 N  $K_2Cr_2O_7$ : Potasyum dikromatiki saat süreyle  $103\text{ }^\circ\text{C}$ 'de etüvde ısıtma işleminden hemen sonra tartım yapılır kurutulmuş olan  $K_2Cr_2O_7$ 'den 1,2259 g alınıp destile su ile çözülür 1000 mL'ye tamamlanır.

Sülfürik asit reaktifi: 2,5L'lik %96  $H_2SO_4$  çözeltisine kristal veya toz halinde 14,8g  $AgNO_3$  ilave edilerek çözülür. Tamamen çözünmesi için 1–2 gün bekletilmesi gerekir.  
 $HgSO_4$  (analitik saflıkta)

Ferroun gösterge çözeltisi: 1,485 g fenantrolin monohidrat ve 695 mg  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  destile suda çözülür ve 100 mL'ye tamamlanır.

Standart Demir Amonyum Sülfat çözeltisi (DAS): 19,6 g  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  destile suda çözülür. Üzerine çalkalayarak azar azar 20 mL derişik sülfürik asit eklenir, soğutulur ve 1000 mL'ye tamamlanır.

Kaynatma taşları yerleştirilmiş reflux balonlarına 0,4 g  $HgSO_4$  ve 5 mL derişik  $H_2SO_4 + AgNO_3$  eklenir.  $HgSO_4$  elde karıştırılarak asitte çözülür. Büyük kaplar içerisine fazla miktarda buz parçacıkları atılır ve balonlar bu buzlu kaba yerleştirilir. Balonlar buz içinde soğutulur ve yine buz içinde iken 20 mL 0,025 N  $K_2Cr_2O_7$  arada bir karıştırılarak eklenir. Balon tekrar soğutulur ve yine buz içinde 30 mL derişik  $H_2SO_4$  eklenir. Tekrar soğuduktan sonra bu kez yavaşça ve karıştırarak 10 mL kaynak örneği eklenir. Eğer eklenen örnek tüm  $K_2Cr_2O_7$ 'yi indirirse ikinci bir balona 10 mL örnek ilave edilir ve 30 mL  $H_2SO_4$  yerine 40 mL  $H_2SO_4$  ilave edilir [65].

Eklenecek örnek miktarı ve  $H_2SO_4$  miktarı analiz koşullarını değiştirebilir. Dikkat edilecek tek nokta; (10 mL) Örnek + (20 mL)  $K_2Cr_2O_7$  hacmi = (30 mL) toplam  $H_2SO_4$  hacmi olmalıdır.

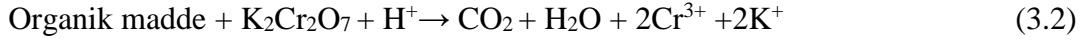
Blank hazırlanması (20 mL)  $K_2Cr_2O_7 = H_2SO_4$  (20 mL) örneklerle aynı işlemlerden geçer

Bu durumda bu karışımın kaynama noktası  $147\text{ }^\circ\text{C}$  dir [66, 61].

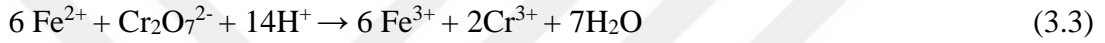
$H_2SO_4$  ve örnek ilavesi tamamlandıktan sonra balon geri soğutucuya bağlanır. Alttan elektrikli ısıtıcı ile ısıtılır, iki saat kaynatılır. Bu sürede geri soğutuculardan soğutma suyu geçirilir ve reaksiyon (3.2.) gerçekleşmeye başlar.

Ölçüm esasları: Geri soğutucu altında %50 sülfürik asitli ve gümüş katalizi bir ortam da kaynatılarak (3.2)'deki gibi organik maddelerin ayrışması sağlanır. Bu

işlemler esnasında indirgenen dikromatın geriye kalan miktarı ölçülür. Yükseltgenme sonucu karbonlu organik maddeler CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O ve azotlu organik maddeler ise NH<sub>3</sub>'a dönüşür.



Reaksiyonda miktarı belli fakat fazla miktar K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> kullanılır ve reaksiyondan geriye kalan K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, erlene aktarılır içinde toplam hacim yaklaşık olarak 200 mL'ye seyreltilir ve 5 damla Ferroin indikatörü ilavesinden sonra 0,05 N Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> çözeltisi ile titre edilerek (3.3)'deki reaksiyon ile tayin edilir. Organik maddenin yükseltgenmesinde harcanan dikromat, kantitatif olarak tayin edilir [66, 61].



KOI miktarı aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanır:

$$\text{KOİ} \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{(V_{\text{Blank, Fe}^{2+}} - V_{\text{Örnek, Fe}^{2+}}) \times N_{\text{Fe}^{2+}} \times 8000}{V_{\text{örnek}}} \quad (3.4)$$

Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, (Fe<sup>+2</sup>) çözeltisinin ayarlanması analiz öncesi Fe<sup>+2</sup> çözeltisi K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>'a karşı standardize edilir. Bunun için 25 mL K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> çözeltisine buz içinde yavaşça 25 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eklenir (3.4)'de hesaplama formülü gösterilmektedir. Fe<sup>+2</sup> çözelti ile titre edilir (bu çözelti ısıtılmadan direk titre edilir ve Fe<sup>+2</sup> normalitesi eşitlik (3.5) kullanılarak hesaplanır. Her gün standart Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> çözeltisinin, standart dikromat çözeltisi ile mutlaka faktör tayini yapılmalıdır [66, 61].

$$N_{\text{Fe}^{2+}} = \frac{N_{\text{Cr}}(0,025 \text{ N}) \times V_{\text{Cr}}(25 \text{ mL})}{V_{\text{Fe}^{2+}}} \quad (3.5)$$

Girişim: Düz zincirli alifatik organik bileşikler buhar fazında oldukları için oksitleyici sıvı ile temas edemezler. Bu nedenle kısmen oksitlenirler (düz zincirli asitler, alkoller ve aminoasitler). Ancak düz zincirli bileşikler, ortama gümüş sülfat (Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) katalizör olarak ilave edildiğinde kuvvetli bir şekilde oksitlenebilirler [67].



Cıva (II) sülfat  $HgSO_4$ : klorür, bromür veya iyodür ile reaksiyona girerek çökelek verir ve deney süresince oksitlenerek doğabilecek hataları ortadan kaldırır.

Ortam da bulunan klorür, hem gümüş iyonunu çöktürmesi hem de dikromat ile redoks reaksiyonuna girmesinden dolayı girişim yapar. Bunu önlemek için ortama  $HgSO_4$  bileşiği ilave edilip klorür iyonu ile kompleks oluşturulur.

#### *Suda PAH Tayini*

Örneklerin toplanması ve korunması suda Poli Aromatik Hidrokarbon (PAH) ölçümleri Nehir suyu ve atıksu örnekleri koyu renkli cam şişelere birkaç kez örnekleme yapılan su örneği ile çalkalanarak doldurulur. Koruyucu olarak örneklerin litresine 15-20 mL hekzan ilave edilerek kapağı alüminyum folyo sarılıp buzdolabında analize kadar saklanır.

Aletli Analiz: Analiz için ayırma hunisine alınan örneğe (hacmi ölçülmüş) 15 mL hekzan ilave edilip 2-3 dakika çalkalanır ve organik faz ayrılır. Daha sonra aynı işlem bir kere daha tekrarlanır ve yine organik faz birinci olarak ayrılan faza ilave edilir. Bir balonda toplanan organik fazlar evaporatörde buharlaştırılıp kalıntı 5 mL hekzanda çözülür. Floresans ölçümleri, excitation: 310 nm, emmission: 360 nm ve band aralığı: 15 nm de ya da 265 nm dalga boyunda UV spektrofotometrede Crysen standardına karşı yapılır (Duyarlılık: 0,01  $\mu g/L$ ) [68].

#### *Fekal Koliform (FC)*

*Fekal koliformlar*, su ortamında enterik patojenik organizmaların indikatörleri olarak incelenmektedirler. Nehirlerde *fekal koliform* girişinin ana kaynağı tüm nehir boyunca belirsiz noktalardan gelen atıklardır. *Fekal koliformların* olası girişleri; lağım sularından mevsimsel otlayan çiftlik hayvanları ile evcil ve yabani hayvanlardan gelen gübrenin yayılımı yoluyla karasal yüzeylerden olmaktadır [69].

Fekal Koliform Tayin Metodu için Gerekli Kimyasallar:

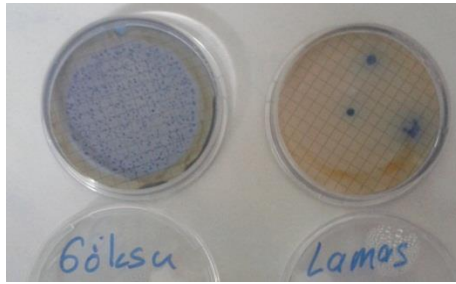
0,2N NaOH: 0,8g NaOH 100 mL balon jofede çözülür ve uzun süre buzdolabında saklanabilir.

mFC Broth Base:1,85g mFC Broth Base balon jofede 50 mL destile su içerisinde iyice eriyene kadar çözülmesi sağlanır.

Rosalik asit: 0,02g Rosalik asit.

Rosalik asit 10 mL tüp içine konur ve üzerine 2 mL 0,2 N NaOH ilave edilerek çalkalanır. Bu çözeltilerden 0,5 mL alınarak, daha önce çözdüğümüz 50 mL için 1,85 g mFC Broth Base balon içerisinde karıştırılır. Çözelti iyice karıştırıldıktan sonra balon ısıtıcısı ile ısıtma işlemine tabi tutulur. Çözelti kaynamaya başladığı anda çeşme suyu ile soğutularak şoklama yapılır. Hazırlanan bu çözelti analiz sırasında petri içine yaklaşık 2 mL (petri içindeki steril karton ıslanincaya kadar) eklenir.

*Fekal koliform* tayininde alınan su örneğinden beklenen *fekal koliform* sayılarına göre gerektiğinde bir seyreltme serisi hazırlanır. Belirlenen miktarlarda su örneği 0,45 µm gözenek açıklığına sahip steril membran filtreden süzülür. Bu membran filtreler m-FC ortamı içeren petri kaplarına yerleştirilir ve 44°C’da 24 saat inkübe edilir. Laktoz fermentasyonu karakteristik mavi renkli *koliform* kolonilerinin gelişmesine sebep olur. *Fekal kolinin* hesaplanması 100 mL’ye göre sonuçlandırılır. Sayma işlemi filtre üzerindeki küçük kareler yardımıyla yapılır. Kare içerisine düşen noktalar sırasıylansayılarak mevcut *fekal koliform* ortaya çıkar. Koliler kare içerisnde sayılamayacak kadar fazla ise 104 (filtre içerisinde bulunan mevcut kare 104 tane) ile çarpılır [70].



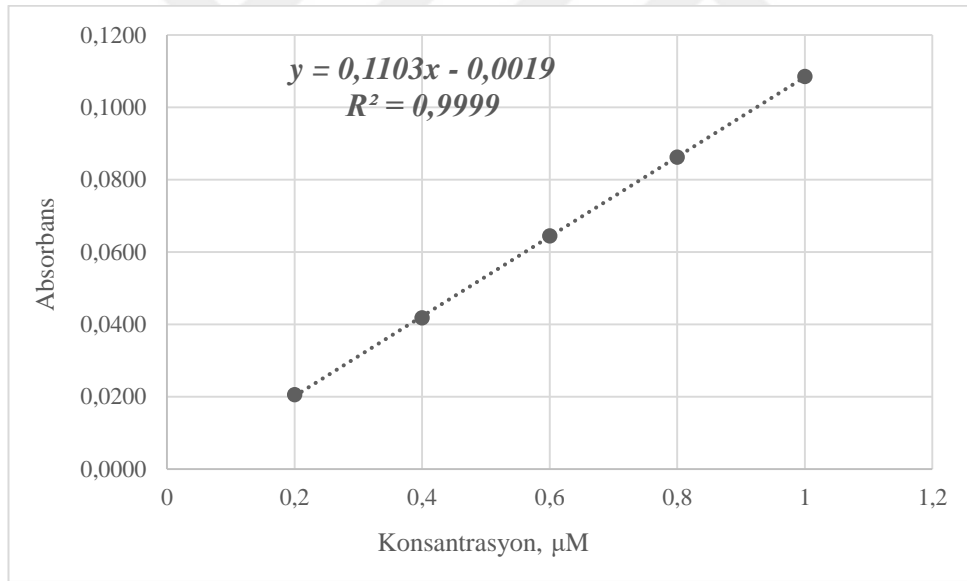
Şekil 3.3. Fekal koliform bakterilerinin m-FC besiyerindeki görüntüsü.

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. KALİBRASYON EĞRİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

#### 4.1.1. Toplam Fosfor (TP) Standart Eğrisi

TP analizi için çift distile su ile hazırlanmış standartlar kullanılarak elde edilen kalibrasyon eğrisi Şekil 4.1. de verilmiştir. 50 µM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> stok çözeltisinden 0,2 - 0,4 - 0,6 - 0,8 -1,0 µM derişimlere seyreltilerek hazırlanan çözeltilerin 5 cm'lik hücrede ölçüm sonuçları ile kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Çizelge 4.1.'de ölçüm sonuçlarına ait absorbans değerleri verilmiştir. Numunelerin analizi seyreltilerek gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.1. TP standartı ile hazırlanan kalibrasyon eğrisi (çift distile su içinde)

Çizelge 4.1. TP standart çözeltilerine ait absorbands değerleri.

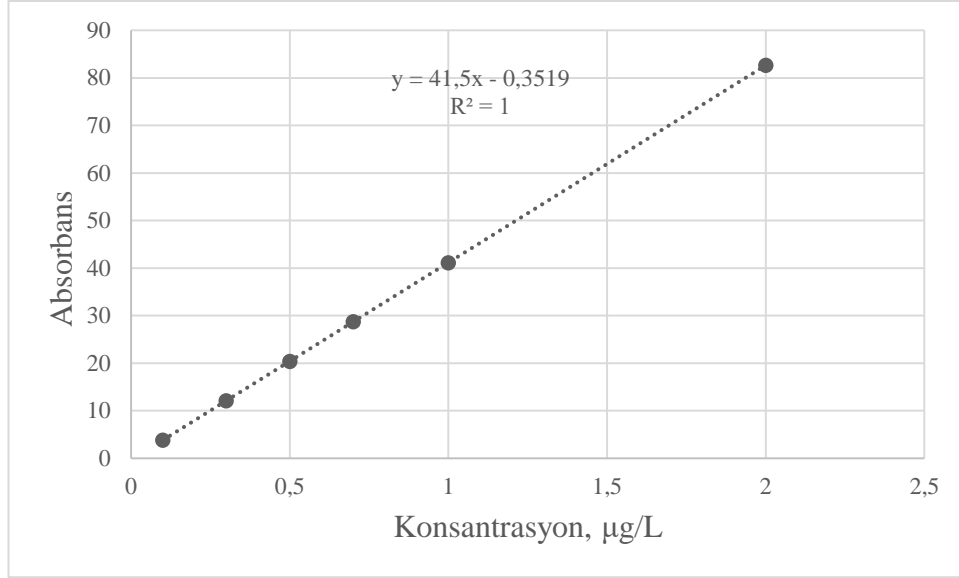
<b>TPKalibrasyonÇözeltilerine ait Absorbans Değerleri</b>				
<b>Konsantrasyon <math>\mu\text{M}</math></b>	<b>Abs<sub>1</sub></b>	<b>Abs<sub>2</sub></b>	<b>Ortalama</b>	<b>Abs-Kör</b>
Kör	0,0002	0,0004	0,0003	
0,2	0,0213	0,0203	0,0208	0,0205
0,4	0,0415	0,0426	0,0421	0,0418
0,6	0,0644	0,0650	0,0647	0,0644
0,8	0,0862	0,0868	0,0865	0,0862
1,0	0,1078	0,1099	0,1089	0,1086

#### 4.1.2. Poliaromatik Hidrokarbonlar (PAH) Standart Eğrisi

PAH analizi için 4 mg/L krisen stok çözeltisi ile 0,1 – 0,3 – 0,5 – 0,7 – 1,0 – 2,0  $\mu\text{g/L}$  standartlar hazırlanmış 1 cm'lik hücre kullanılarak elde edilen absorbands değerleri Çizelge 4.2.'de verilmiştir. PAH analizleri için kullanılan kalibrasyon eğrisi Şekil 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. PAH standart çözeltilerine ait absorbands değerleri.

<b>PAH Kalibrasyon Çözeltilerine ait Absorbans Değerleri</b>		
<b>Konsantrasyon (<math>\mu\text{g/L}</math>)</b>	<b>Abs</b>	<b>Abs-Kör</b>
Kör	0,3	0
0,1	4	4
0,3	12	12
0,5	21	20
0,7	29	29
1,0	42	41
2,0	83	83



Şekil 4.2. PAH standardı ile hazırlanan kalibrasyon eğrisi (krisen içinde).

## 4.2. HİDROGRAFİK VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

### 4.2.1. Nehir Sularında Ölçülen Kirlilik Derişimlerinin Karşılaştırmalı Değerlendirmesi

Akdeniz'i besleyen evsel, endüstriyel ve tarım sularından atık su girdisi olan Seyhan, Ceyhan, Berdan, Göksu ve Lamas Nehir sularında 2015 yılı ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış dönemlerinde mevsimsel sıklıkta yüzeyden alınan örneklemelerde (Mart, Nisan, Mayıs, Ağustos, Ekim ve Aralık aylarında) ölçülen kirlilik değerleri Çizelge 4.3- 4.8'de, altı aylık ölçümlerden hesaplanan yıllık ortalama değerlerde ise Çizelge 4.9'da gösterilmiştir. Örneklem noktalarının konumları ise Çizelge 3.1'de verilmiştir. Örneklem yüzey suyudan alınarak yapılmıştır.

Hedef istasyon noktaları olarak belirlenen; Ceyhan, Seyhan, Berdan, Göksu ve Lamas nehirlerinde belirtilen aylarda toplanan su numunelerinde toplam fosfor (TP), fosfat, nitrat-nitrit, nitrit azotu, amonyum, silisyum, toplam inorganik azot/fosfat (TIN/PO<sub>4</sub>) oranı, çözülmüş oksijen (ÇO), 5 günlük biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ<sub>5</sub>), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam askıda katı (TAK), poliaromatik hidrokarbon içeriği (PAH), pH, *Fecal Koliform* (FC) ve sıcaklık parametreleri birden fazla ölçüm sonrası ortalama değerler olarak verilmiştir.

Kirlilik yüklerinin beş nehir örneği için mevsimsel dağılımının izlenebilmesi için mart, nisan, mayıs aylarındaki örneklerin ortalaması ilkbahar, ağustos ayı verileri yaz, ekim ayı verileri sonbahar, aralık ayı verileri ise kış mevsimi olarak sınıflandırılmıştır. Her bir parametrenin örneklenen 5 nehir için mevsimsel dağılımları ayrıntılı şekilde verilmiştir.

Lamas nehri diğer seçilen nehirlere göre yukarıda bahsedilen parametrelerde daha düşük değerler içermektedir. Bulunduğu konum nedeniyle çevresel kirlenmeye daha az maruz kalan bu nehirde mevsimsel ya da aylara bağlı değişimler gözlenmiştir. Bu değişim verileri diğer nehir örnekleri ile karşılaştırılarak kullanılmıştır.



Çizelge 4.3. Kirlilik yüklerinde (durum ve) yönelim izleme: Akdeniz bölgesi nehirleri ilkbahar (Mart 2015) döneminde ölçülen parametreler.

İst. No ve Bölge Mart 2015	TP (µM)	PO <sub>4</sub> -P (µM)	NO <sub>3</sub> (µM)	NO <sub>2</sub> -N (µM)	NH <sub>4</sub> (µM)	Si (µM)	TIN/ PO <sub>4</sub>	ÇO (mg/L)	BOİ <sub>5</sub> (mg/L)	KOİ (mg/L)	KOİ/ BOİ	TAK (mg/L)	PAH (mg/L)	pH	EC (adet/ 100mL)	T (°C)
Ceyhan Nehri	12,15 (±0,01) (IV)	2,27 (±0,04)	110,30 (±0,28) (I)	5,94 (±0,01) (IV)	14,38 (±0,05) (II)	113,47 (±0,21)	10,26	10,3 (I)	3,5 (I)	23,88 (I)	6,82	86,85	0,38	8,38 (I)	2950 (IV)	15,9 (I)
Seyhan Nehri	1,60 (±0,01) (II)	0,57 (±0,02)	96,69 (±0,62) (I)	5,09 (±0,01) (IV)	10,21 (±0,01) (II)	111,13 (±0,06)	66,99	11,2 (I)	2,8 (I)	15,92 (I)	5,69	18,11	0,29	8,40 (I)	2050 (IV)	15,1 (I)
Berdan Nehri	4,30 (±0,01) (III)	1,99 (±0,01)	120,81 (±0,14) (I)	1,07 (±0,04) (III)	10,10 (±0,01) (II)	113,49 (±0,01)	30,46	10,4 (I)	5,4 (II)	25,87 (II)	4,79	26,29	0,23	8,45 (I)	250 (III)	18,5 (I)
Lamas Nehri	0,30 (±0,01) (II)	0,10 (±0,01)	102,86 (±0,06) (I)	0,22 (±0,01) (II)	0,53 (±0,03) (I)	85,21 (±0,01)	356,4	11,0 (I)	0,2 (I)	11,94 (I)	59,70	8,01	0,07	8,31 (I)	80 (II)	14,8 (I)
Göksu Nehri	5,35 (±0,01) (III)	0,89 (±0,01)	95,52 (±0,54) (I)	1,02 (±0,01) (III)	4,51 (±0,01) (I)	106,86 (±0,01)	18,14	11,2 (I)	1,4 (I)	13,93 (I)	9,95	146,20	0,22	8,42 (I)	400 (III)	15,3 (I)

(I): Birinci sınıf su kalitesi  
(II): İkinci sınıf su kalitesi  
(III) Üçüncü sınıf su kalitesi  
(IV): Dördüncü sınıf su kalitesi

Çizelge 4.4. Kirlilik yüklerinde (durum ve) yönelim izleme: Akdeniz bölgesi nehirleri ilkbahar (Nisan 2015) döneminde ölçülen parametreler.

İst. No ve Bölge Nisan 2015	TP (µM)	PO <sub>4</sub> -P (µM)	NO <sub>3</sub> (µM)	NO <sub>2</sub> -N (µM)	NH <sub>4</sub> (µM)	Si (µM)	TIN/PO <sub>4</sub>	ÇO (mg/L)	BOİ <sub>5</sub> (mg/L)	KOİ (mg/L)	KOİ/BOİ	TAK (mg/L)	PAH (mg/L)	pH	EC (adet/100mL)	T (°C)
Ceyhan Nehri	4,22 (±0,01) (III)	0,50 (±0,02)	126,28 (±0,23) (I)	4,14 (±0,02) (III)	7,65 (±0,01) (I)	118,74 (±0,01)	31,77	11,0 (I)	5,4 (II)	11,96 (I)	2,22	17,24	1,02	8,23 (I)	3550 (IV)	15,9 (I)
Seyhan Nehri	3,02 (±0,01) (III)	0,44 (±0,01)	103,93 (±0,11) (I)	3,94 (±0,01) (III)	6,98 (±0,01) (I)	117,05 (±0,01)	36,75	11,5 (I)	4,1 (II)	11,96 (I)	2,92	21,94	0,25	8,44 (I)	580 (III)	15,1 (I)
Berdan Nehri	2,62 (±0,01) (III)	1,69 (±0,01)	128,20 (±0,01) (I)	1,02 (±0,01) (III)	3,63 (±0,01) (I)	109,34 (±0,01)	50,38	11,3 (I)	3,8 (I)	13,96 (I)	3,67	31,82	0,29	8,38 (I)	100 (II)	16,5 (I)
Lamas Nehri	0,81 (±0,01) (II)	0,15 (±0,01)	124,79 (±0,34) (I)	0,47 (±0,04) (II)	6,39 (±0,01) (I)	66,93 (±0,02)	161,5	12,6 (I)	2,1 (I)	3,00 (I)	1,43	16,81	0,07	8,20 (I)	10 (I)	14,8 (I)
Göksu Nehri	2,69 (±0,01) (III)	0,44 (±0,01)	88,50 (±0,02) (I)	0,96 (±0,03) (III)	3,98 (±0,04) (I)	80,58 (±0,01)	34,40	11,2 (I)	2,3 (I)	3,99 (I)	1,73	64,06	0,12	8,30 (I)	790 (III)	15,3 (I)

(I): Birinci sınıf su kalitesi  
(II): İkinci sınıf su kalitesi  
(III) Üçüncü sınıf su kalitesi  
(IV): Dördüncü sınıf su kalitesi



Çizelge 4.5. Kirlilik yüklerinde (durum ve) yönelim izleme: Akdeniz bölgesi nehirleri ilkbahar (Mayıs 2015) döneminde ölçülen parametreler.

İst. No ve Bölge Mayıs 2015	TP (µM)	PO <sub>4</sub> -P (µM)	NO <sub>3</sub> (µM)	NO <sub>2</sub> -N (µM)	NH <sub>4</sub> (µM)	Si (µM)	TIN/PO <sub>4</sub>	ÇO (mg/L)	BOİ <sub>5</sub> (mg/L)	KOİ (mg/L)	KOİ/BOİ	TAK (mg/L)	PAH (mg/L)	pH	EC (adet/100mL)	T (°C)
Ceyhan Nehri	2,36 (±0,01) (III)	0,68 (±0,04)	138,89 (±0,02) (I)	3,87 (±0,02) (III)	16,53 (±0,04) (II)	118,28 (±0,05)	65,72	9,3 (I)	5,4 (II)	21,91 (I)	4,06	66,90	0,35	7,95 (I)	2980 (IV)	19,5 (I)
Seyhan Nehri	3,44 (±0,01) (III)	1,91 (±0,13)	127,79 (±0,17) (I)	2,18 (±0,02) (III)	23,12 (±0,02) (III)	67,36 (±0,01)	43,81	8,3 (I)	6,7 (II)	15,94 (I)	2,38	27,05	0,20	7,89 (I)	180 (II)	22,8 (I)
Berdan Nehri	2,72 (±0,01) (III)	1,26 (±0,06)	121,99 (±0,08) (I)	1,18 (±0,03) (III)	2,96 (±0,01) (I)	93,37 (±0,05)	45,86	8,2 (I)	4,5 (II)	11,95 (I)	2,66	50,35	0,26	8,07 (I)	500 (III)	22,0 (I)
Lamas Nehri	0,40 (±0,01) (II)	0,20 (±0,01)	121,03 (±0,08) (I)	0,37 (±0,42) (II)	0,74 (±0,01) (I)	73,47 (±0,04)	307,6	12,2 (I)	3,4 (I)	9,96 (I)	2,93	5,02	0,02	7,98 (I)	9 (I)	22,4 (I)
Göksu Nehri	0,73 (±0,01) (II)	0,32 (±0,02)	83,53 (±0,02) (I)	0,96 (±0,03) (III)	2,14 (±0,04) (I)	96,76 (±0,01)	117,4	10,5 (I)	2,7 (I)	15,94 (I)	5,90	52,46	0,07	8,04 (I)	945 (III)	23,0 (I)

(I): Birinci sınıf su kalitesi  
(II): İkinci sınıf su kalitesi  
(III) Üçüncü sınıf su kalitesi  
(IV): Dördüncü sınıf su kalitesi

Çizelge 4.6. Kirlilik yüklerinde (durum ve) yönelim izleme: Akdeniz bölgesi nehirleri yaz (Ağustos 2015) döneminde ölçülen parametreler.

İst. No ve Bölge Ağustos 2015	TP (µM)	PO <sub>4</sub> -P (µM)	NO <sub>3</sub> (µM)	NO <sub>2</sub> -N (µM)	NH <sub>4</sub> (µM)	Si (µM)	TIN/PO <sub>4</sub>	ÇO (mg/L)	BOİ <sub>5</sub> (mg/L)	KOİ (mg/L)	KOİ/BOİ	TAK (mg/L)	PAH (mg/L)	pH	EC (adet/100mL)	T (°C)
Ceyhan Nehri	2,62 (±0,01) (III)	0,79 (±0,01)	122,50 (±0,07) (I)	3,43 (±0,02) (III)	8,63 (±0,01) (I)	159,75 (±0,03)	50,02	7,70 (II)	3,1 (I)	6,00 (I)	1,94	20,52	0,38	8,05 (I)	6150 (IV)	25,9 (I)
Seyhan Nehri	4,37 (±0,01) (III)	2,10 (±0,13)	163,47 (±0,05) (I)	4,02 (±0,01) (III)	28,14 (±0,01) (III)	29,91 (±0,01)	43,85	5,40 (III)	4,7 (I)	15,80 (I)	3,36	35,47	0,24	7,89 (I)	200 (III)	28,1 (I)
Berdan Nehri	3,96 (±0,01) (III)	2,56 (±0,06)	76,37 (±0,06) (I)	1,04 (±0,01) (III)	10,31 (±0,01) (II)	106,31 (±0,01)	21,90	7,40 (II)	2,5 (I)	15,40 (I)	6,16	43,09	0,27	8,06 (I)	2550 (IV)	29,0 (I)
Lamas Nehri	0,31 (±0,01) (II)	0,09 (±0,01)	39,07 (±0,08) (I)	0,52 (±0,02) (III)	4,87 (±0,02) (I)	117,41 (±0,01)	142,4	10,80 (I)	1,8 (I)	2,10 (I)	1,17	13,84	0,08	8,19 (I)	300 (III)	21,6 (I)
Göksu Nehri	1,41 (±0,01) (II)	0,17 (±0,02)	130,08 (±0,06) (I)	0,92 (±0,01) (III)	2,21 (±0,01) (I)	88,52 (±0,02)	93,91	9,40 (I)	1,7 (I)	3,30 (I)	1,94	41,44	0,22	8,30 (I)	4450 (IV)	21,4 (I)

(I): Birinci sınıf su kalitesi  
(II): İkinci sınıf su kalitesi  
(III) Üçüncü sınıf su kalitesi  
(IV): Dördüncü sınıf su kalitesi

Çizelge 4.7. Kirlilik yüklerinde (durum ve) yönelim izleme: Akdeniz bölgesi nehirleri sonbahar (Ekim 2015) döneminde ölçülen parametreler.

İst. No ve Bölge Ekim 2015	TP (µM)	PO <sub>4</sub> -P (µM)	NO <sub>3</sub> (µM)	NO <sub>2</sub> -N (µM)	NH <sub>4</sub> (µM)	Si (µM)	TIN/ PO <sub>4</sub>	ÇO (mg/L)	BOİ <sub>5</sub> (mg/L)	KOİ (mg/L)	KOİ/ BOİ	TAK (mg/L)	PAH (mg/L)	pH	EC (adet/ 100mL)	T (°C)
Ceyhan Nehri	2,16 (±0,01) (III)	0,24 (±0,04)	114,79 (±0,01) (I)	3,61 (±0,01) (III)	6,62 (±0,02) (I)	144,37 (±4,29)	56,23	8,30 (I)	1,3 (I)	9,80 (I)	7,54	15,70	1,83	8,09 (I)	6600 (IV)	20,6 (I)
Seyhan Nehri	5,40 (±0,01) (III)	2,30 (±0,14)	344,62 (±0,01) (I)	11,05 (±0,06) (IV)	25,52 (±0,02) (III)	128,10 (±0,01)	68,57	8,00 (I)	4,2 (II)	25,10 (II)	5,98	15,58	0,17	8,14 (I)	220 (III)	18,4 (I)
Berdan Nehri	3,55 (±0,01) (III)	2,84 (±0,08)	119,16 (±0,06) (I)	3,09 (±0,02) (III)	10,58 (±0,04) (II)	133,19 (±0,02)	36,58	7,70 (I)	6,1 (II)	15,10 (I)	2,48	16,81	0,29	8,12 (I)	300 (III)	21,0 (I)
Lamas Nehri	0,78 (±0,01) (II)	0,08 (±0,02)	140,26 (±0,06) (I)	3,43 (±0,02) (III)	1,23 (±0,01) (I)	108,04 (±0,03)	182,2 7	10,50 (I)	1,0 (I)	3,30 (I)	3,30	3,98	0,11	8,11 (I)	25 (II)	20,1 (I)
Göksu Nehri	1,49 (±0,01) (II)	0,22 (±0,02)	93,42 (±0,03) (I)	2,18 (±0,02) (III)	19,66 (±0,02) (II)	176,68 (±0,03)	76,11	8,10 (I)	1,4 (I)	3,90 (I)	2,79	33,83	0,27	7,68 (I)	350 (III)	22,0 (I)

(I): Birinci sınıf su kalitesi  
(II): İkinci sınıf su kalitesi  
(III) Üçüncü sınıf su kalitesi  
(IV): Dördüncü sınıf su kalitesi

Çizelge 4.8. Kirlilik yüklerinde (durum ve) yönelim izleme: Akdeniz bölgesi nehirleri kış (Aralık 2015) döneminde ölçülen parametreler.

İst. No ve Bölge Aralık 2015	TP (µM)	PO <sub>4</sub> -P (µM)	NO <sub>3</sub> (µM)	NO <sub>2</sub> -N (µM)	NH <sub>4</sub> (µM)	Si (µM)	TIN/PO <sub>4</sub>	ÇO (mg/L)	BOİ <sub>5</sub> (mg/L)	KOİ (mg/L)	KOİ/BOİ	TAK (mg/L)	PAH (mg/L)	pH	EC (adet/100mL)	T (°C)
Ceyhan Nehri	2,56 (±0,01) (III)	0,57 (±0,04)	122,37 (±0,06) (I)	3,04 (±0,08) (III)	11,85 (±0,07) (II)	184,21 (±0,01)	52,43	10,30 (I)	2,7 (I)	8,80 (I)	3,26	22,32	0,23	8,10 (I)	3300 (IV)	11,9 (I)
Seyhan Nehri	11,24 (±0,01) (IV)	2,91 (±0,04)	341,40 (±0,06) (I)	1012 (±0,03) (IV)	160,61 (±0,07) (IV)	58,87 (±0,04)	44,65	11,90 (I)	10,9 (III)	33,30 (II)	3,06	20,75	0,47	8,09 (I)	500 (III)	14,5 (I)
Berdan Nehri	3,95 (±0,01) (III)	2,31 (±0,13)	114,94 (±0,05) (I)	3,29 (±0,02) (III)	7,31 (±0,01) (I)	124,45 (±0,07)	30,92	9,50 (I)	2,1 (I)	13,30 (I)	6,33	30,14	0,29	8,06 (I)	2100 (IV)	11,8 (I)
Lamas Nehri	0,40 (±0,01) (II)	0,09 (±0,01)	127,82 (±0,05) (I)	2,86 (±0,03) (III)	1,12 (±0,03) (I)	102,87 (±0,16)	321,6	11,20 (I)	2,6 (I)	4,80 (I)	1,85	6,31	0,19	7,99 (I)	100 (II)	15,1 (I)
Göksu Nehri	2,41 (±0,01) (III)	0,49 (±0,02)	62,17 (±0,04) (I)	0,63 (±0,03) (II)	21,43 (±0,03) (III)	131,31 (±0,04)	34,75	10,80 (I)	3,4 (I)	11,10 (I)	3,26	34,11	0,17	8,04 (I)	550 (III)	14,3 (I)

(I): Birinci sınıf su kalitesi  
(II): İkinci sınıf su kalitesi  
(III) Üçüncü sınıf su kalitesi  
(IV): Dördüncü sınıf su kalitesi

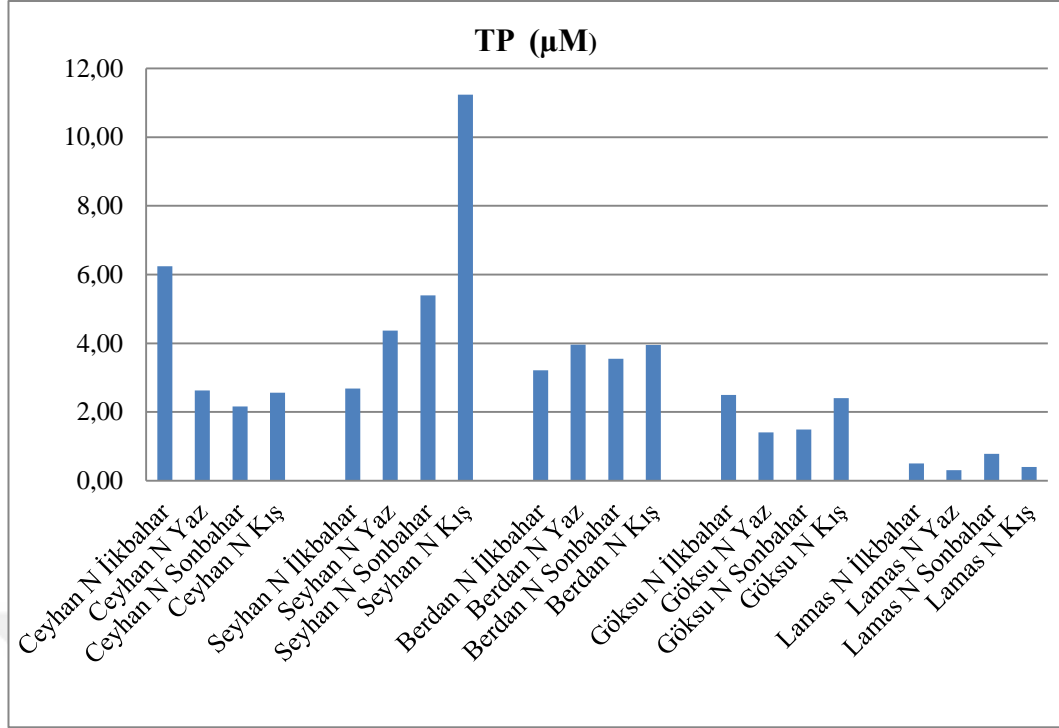
Çizelge 4.9. Kirlilik yüklerinde (durum ve) yönelim izleme: Akdeniz bölgesi nehirleri 2015 yılında ölçülen parametrelerin yıllık ortalaması.

İst. No. ve Bölge (2015)	TP (µM)	PO <sub>4</sub> -P (µM)	NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> (µM)	NO <sub>2</sub> -N (µM)	NH <sub>4</sub> (µM)	TIN / PO <sub>4</sub>	Si (µM)	ÇO (mg/L)	BOİ <sub>5</sub> (mg/L)	KOİ (mg/L)	KOİ /BOİ	TAK (mg/L)	PAH (µg/L)	pH	FC (adet/100 mL)	Sıcaklık
Ceyhan Nehri	3,40	0,69	121,20	3,68	9,99	48,65	151,29	9,13	2,97	10,96	3,70	28,88	0,75	8,11	4803	18,88
	(III)		(I)	(III)	(I)			(I)	(I)	(I)				(I)	(IV)	(I)
Seyhan Nehri	5,92	2,07	239,74	7,23	56,92	51,57	78,85	8,91	6,08	22,20	3,65	23,54	0,28	8,09	464	19,67
	(III)		(I)	(IV)	(I)			(I)	(II)	(I)				(I)	(III)	(I)
Berdan Nehri	3,67	2,34	108,53	2,13	8,44	32,91	117,33	8,64	3,82	15,27	4,00	31,55	0,28	8,14	1308	20,20
	(III)		(I)	(III)	(I)			(I)	(I)	(I)				(I)	(III)	(I)
Lamas Nehri	0,50	0,10	105,84	1,79	2,44	230,35	100,88	11,11	1,83	4,54	2,49	8,52	0,11	8,11	115	18,53
	(II)		(I)	(III)	(I)			(I)	(I)	(I)				(I)	(II)	(I)
Göksu Nehri	1,95	0,35	93,46	1,17	11,71	67,98	122,81	9,82	2,16	7,40	3,43	49,24	0,20	8,07	1515	18,89
	(III)		(I)	(III)	(I)			(I)	(I)	(I)				(I)	(III)	(I)

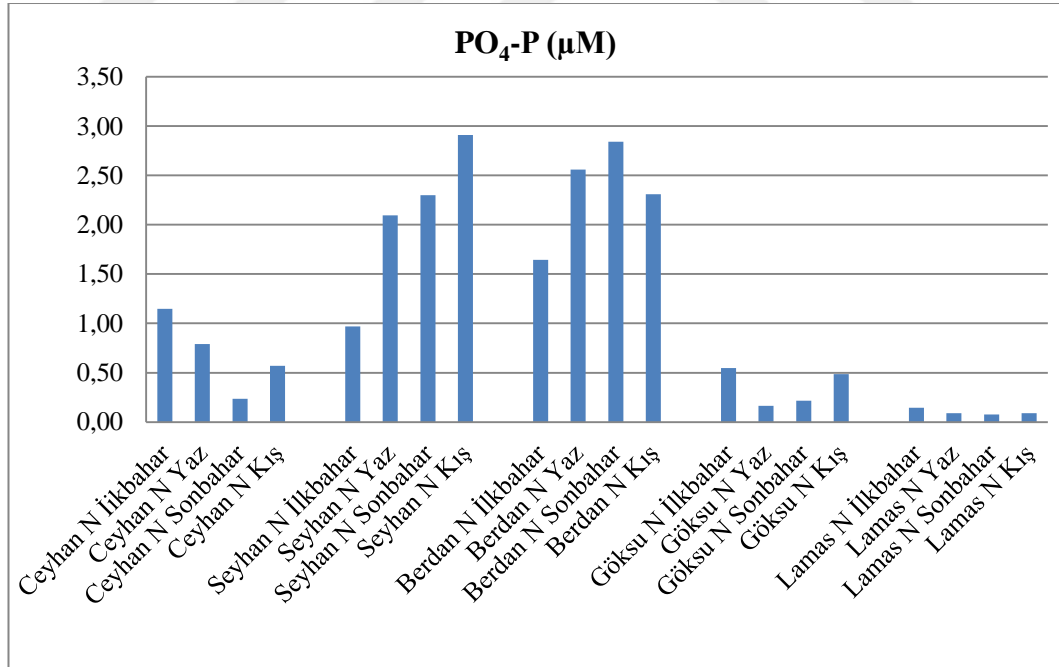
- (I): Birinci sınıf su kalitesi  
(II): İkinci sınıf su kalitesi  
(III) Üçüncü sınıf su kalitesi  
(IV): Dördüncü sınıf su kalitesi

Beş nehir örneğine ait toplam fosfor ve inorganik ortofosfor mevsimsel dağılımları sırasıyla Şekil 4.3 ve 4.4'de, yıllık ortalama dağılımları ise Şekil 4.5 ve 4.6'de verilmiştir. Doğu Akdeniz bölgesi nehir sularında TP değeri yükseldikçe, sudaki PO<sub>4</sub>-P derişimi de belirgin şekilde artış göstermiştir (Şekil 4.3- 4.6).

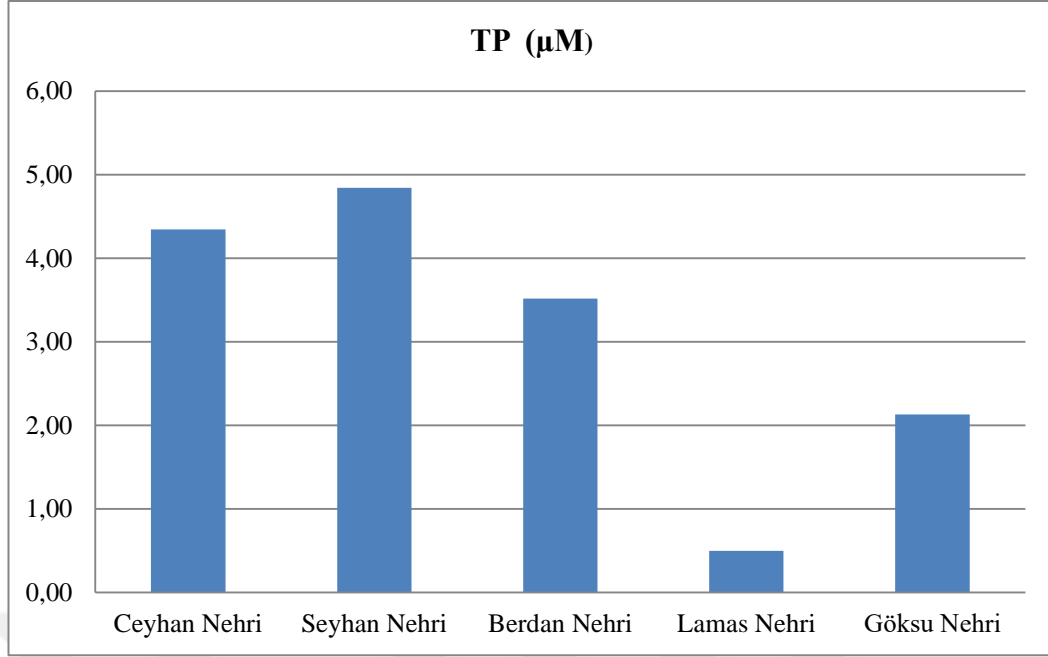
Toplanan nehir örneklerinde TP derişimi 0,30 - 12,15 µM aralığında ölçülmüştür (Çizelge 4.3-4.8). Bu değerler denizlerdeki TP değerlerinden oldukça yüksektir. Seyhan nehrinde kış ayında (Aralık) TP ve PO<sub>4</sub>-P derişimi aşırı derecede artmıştır. Seyhan nehri için Mart ayında ölçülen TP değeri 1,60 µM değerinden Aralık ayında 11,24 µM değerine 7 kat yükselmiştir (Çizelge 4.3,4.8). Yıllık ortalama TP değeri Seyhan nehrinde diğer nehirlerle oranla yüksektir (Şekil 4.5). Lamas bölgenin en temiz nehridir TP ve PO<sub>4</sub>-P derişimi çok düşüktür. TP Kirlilik değerleri 0,30 - 0,81 µM arasında mevsimsel olarak değişmektedir (Şekil 4.3-4.6). Bu değerler çevrenin doğal özelliklerini yansıtmaktadır. Berdan nehri için TP derişiminin 2,62 - 4,30 µM aralığında değiştiği gözlenmiştir (Çizelge 4.3-4.8) ve mevsimsel olarak büyük değişimler yaşanmamıştır (Şekil 4.4). Berdan nehrinde TP benzer TP dağılımı gözlenirken, PO<sub>4</sub>-P dağılımı ilkbahar aylarında düşük diğer mevsimlerde daha yüksek gözlenmiştir (Şekil 4.4). Ceyhan nehrinde ilkbahar mevsiminde yer alan Mart ayı ölçümünde diğer aylara kıyasla yüksek TP değeri (12,15 µM) elde edilmiştir (Çizelge 4.3). Mevsimsel derişimi 2,16 - 6,24 µM aralığında seyretmiştir (Şekil 4.3). Göksu nehrinin TP ve PO<sub>4</sub>-P derişimleri diğer üç büyük nehre göre düşüktür (Şekil 4.3, 4.4). Nehirlerdeki TP miktarının artışı nüfus miktarı, tarım ve endüstriyel faaliyetlerin artmasıyla paralellik gözlenmektedir. İnorganik fosforun artışında en büyük etken deterjan atıksularının nehirlerle deşarj olmasıdır.



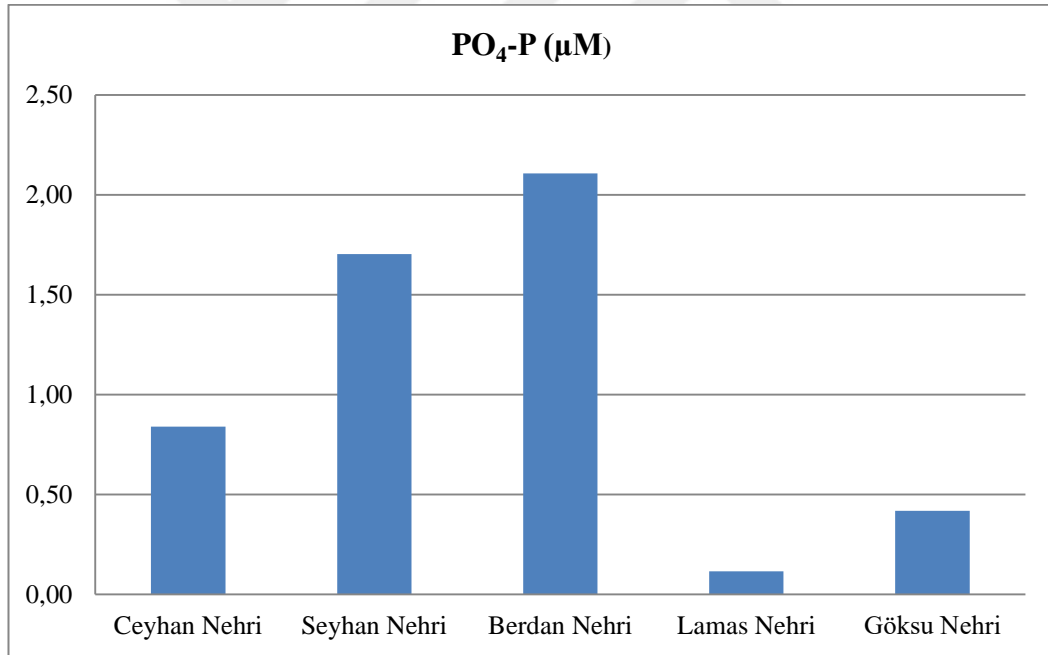
Şekil 4.3. Nehir örneklerinde mevsimsel toplam fosfor (TP) dağılımı.



Şekil 4.4. Nehir örneklerinde mevsimsel inorganik orto fosfor (PO<sub>4</sub>-P) dağılımı.



Şekil 4.5. Nehir örneklerinde yıllık ortalama TP dağılımı.

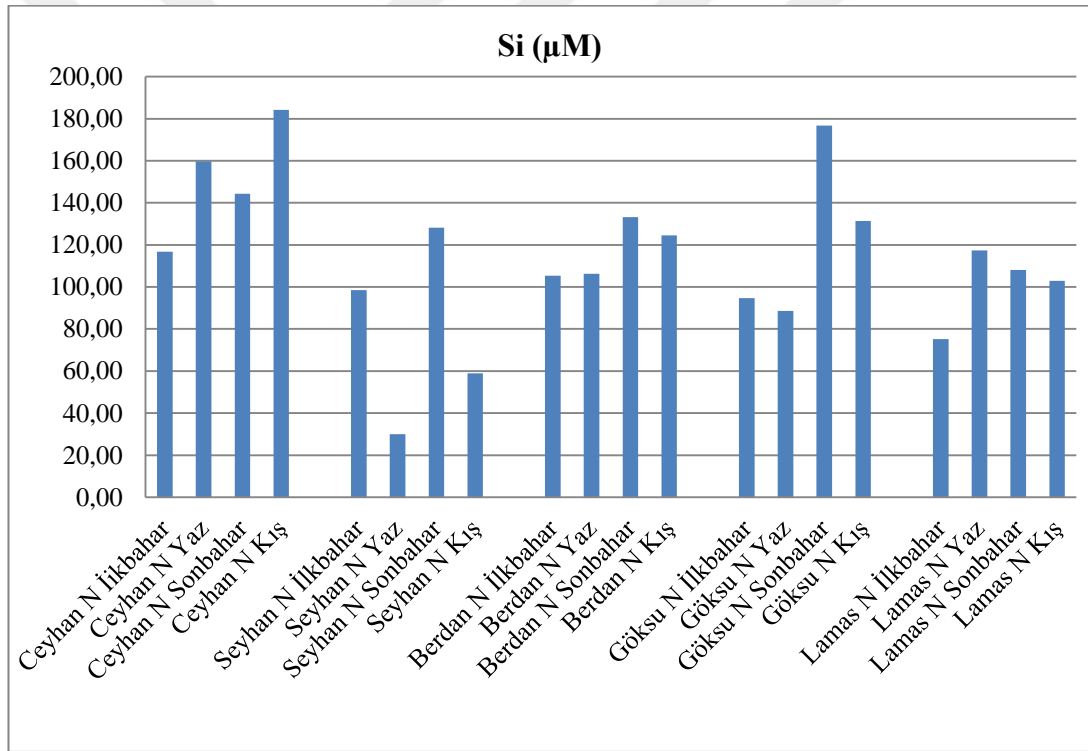


Şekil 4.6. Nehir örneklerinde yıllık ortalama olarak PO<sub>4</sub>-P dağılımı.

Nehir sularında Si derişimi yüksektir ve 29,91 – 184,21 µM aralığında değişmektedir (Çizelge 4.3 - 4.8 ). Ceyhan nehrinde Si derişimi yıl boyunca 113,47 - 184,21 µM aralığında dağılım göstermiştir ve diğer nehlere oranlar Ceyhan nehrinde

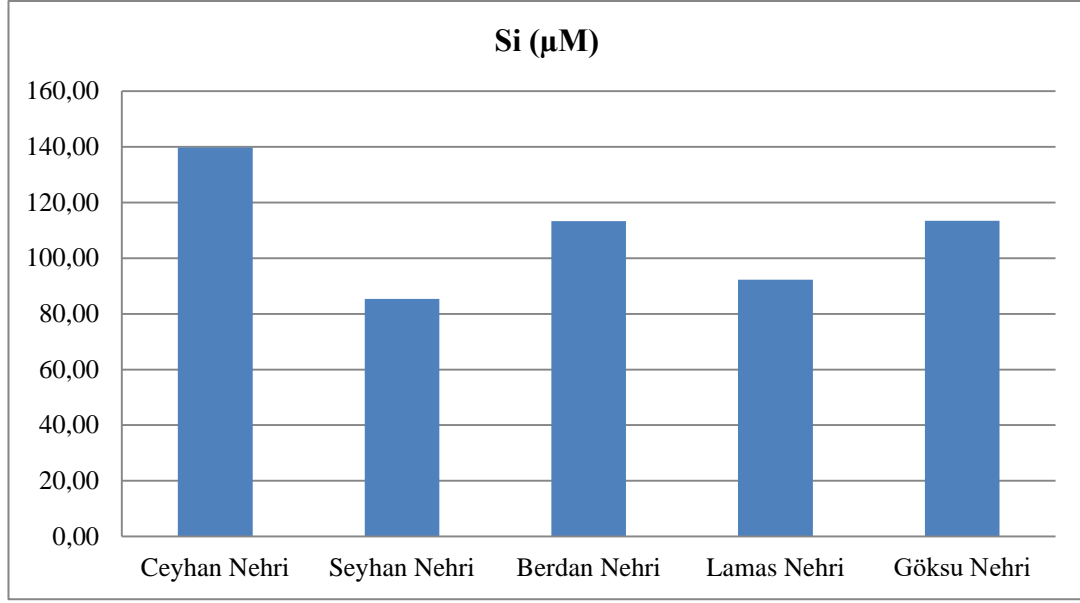


Si konsantrasyonu mevsimsel ve yıllık bazda daha yüksektir (Şekil 4.7, 4.8). Berdan nehrinde Si derişimi 93,37 - 133,19  $\mu\text{M}$  aralığında değişerek mevsimler arası değişimin en az olduğu nehirdir (Şekil 4.7). Lamas bölgenin en temiz ve referans nehridir. Si kirliliğinin değerleri 66,93- 117,41  $\mu\text{M}$  arasında mevsimsel olarak değişmektedir çevrenin doğal özelliklerini yansıtmaktadır (Çizelge 4.3 - 4.8). Seyhan nehrinde Si kirlilik değerleri 29,91 - 128,10  $\mu\text{M}$  aralığında değişmektedir (Çizelge 4.3-4.8) ve mevsimler arası değişim en fazla Seyhan nehrinde gözlenmektedir (Şekil 4.7). Bahar aylarında yüksek dağılım gözlenirken yaz ve kış mevsimlerinde derişim düşmüştür. Göksu nehri Si içeri bakımından ikinci nehir örneğidir. Silisyumun dağılımı Göksu nehri için 80,58 – 176,68  $\mu\text{M}$  değerleri arasında ölçülmüştür (Çizelge 4.3-4.8). En yüksek Si değeri Sonbahar yani Ekim ayında görülmüştür.



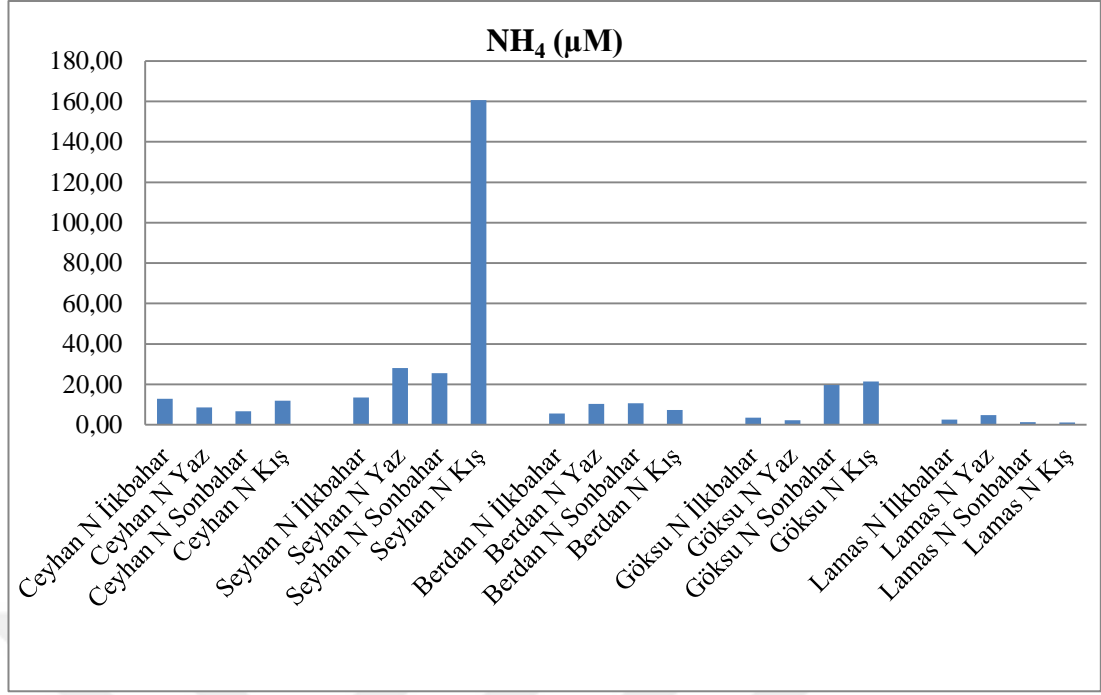
Şekil 4.7. Nehir örneklerinde mevsimsel inorganik Si dağılımı.

Nehir sularının doğal bileşeni olan Si derişiminin artması veya azalmasının sebebi nehir suyunun debisindeki değişim, yağış miktarı, atıksu ve barajdaki bekleme süresi, baraj ve yatağından denize kadar ulaşınca kadar geçen sürede biyo-kimyasal tepkimelerle tüketilme oranına bağlıdır.

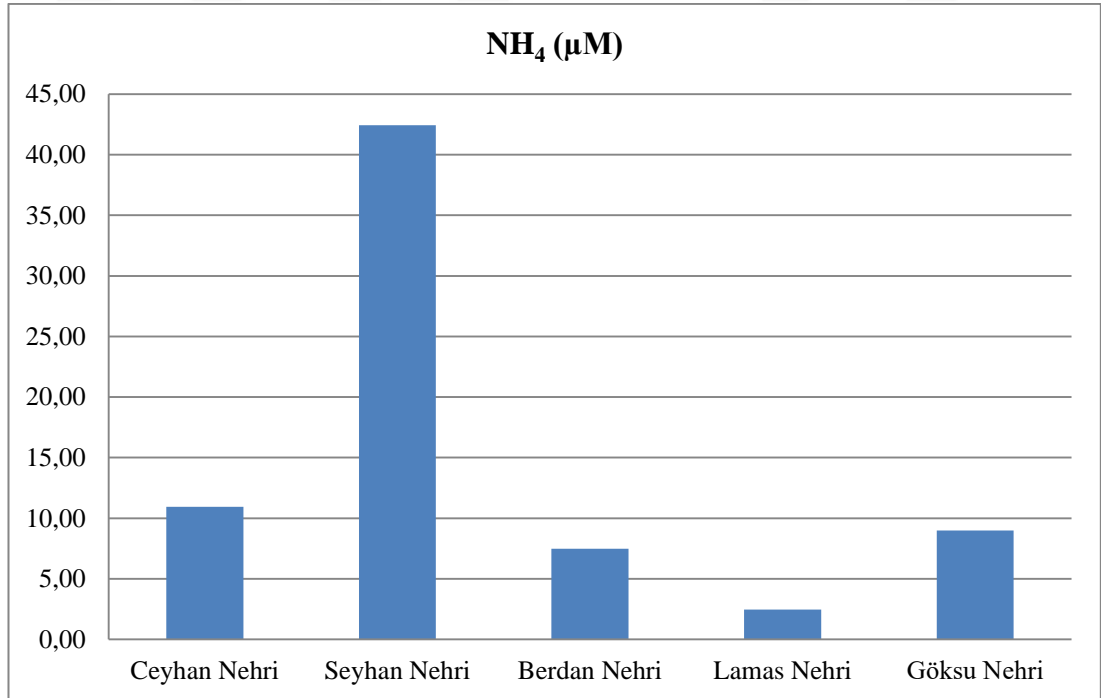


Şekil 4.8. Nehir örneklerinde yıllık Si dağılımı.

Nehir sularında  $\text{NH}_4\text{-N}$  derişimi 0,53- 160,61  $\mu\text{M}$  aralığında değişmektedir (Çizelge 4.3 - 4.8). Seyhan nehrinde 6,98-160,61  $\mu\text{M}$ , Ceyhan nehrinde 6,62- 16,53  $\mu\text{M}$ , Berdan nehrinde 2,96- 10,58  $\mu\text{M}$ , Göksu nehrinde 2,14 - 21,43  $\mu\text{M}$  ve Lamas nehrinde 0,53 - 6,39  $\mu\text{M}$  aralığında dağılım göstermiştir (Çizelge 4.3.-4.8.). Seyhan nehrinde  $\text{NH}_4\text{-N}$  derişimi yüksek değerlerde seyretmiştir (Şekil 4.9 ve Şekil 4.10) Bu artışlar, nehir sularında evsel ve tarımsal kaynaklı kirliliği işaret etmektedir. Organik madde kirliliğin yoğun olduğuna ve ayrışmasının nehir suyunda yüksek olduğunu işaret eder. Seyhan nehrinde  $\text{NH}_4\text{-N}$  kirliliği kış ayında aşırı derecede artmıştır (Şekil 4.9). Yıllık ortalama da Seyhan nehrindeki kirliliğin aşırı miktarda olduğu görülmektedir (Şekil 4.10). Nehir sularında  $\text{PO}_4\text{-P}$  ve  $\text{NH}_4\text{-N}$  derişiminin birlikte artış göstermesi kentsel atık su kaynaklı kirlenmeyi işaret etmektedir.

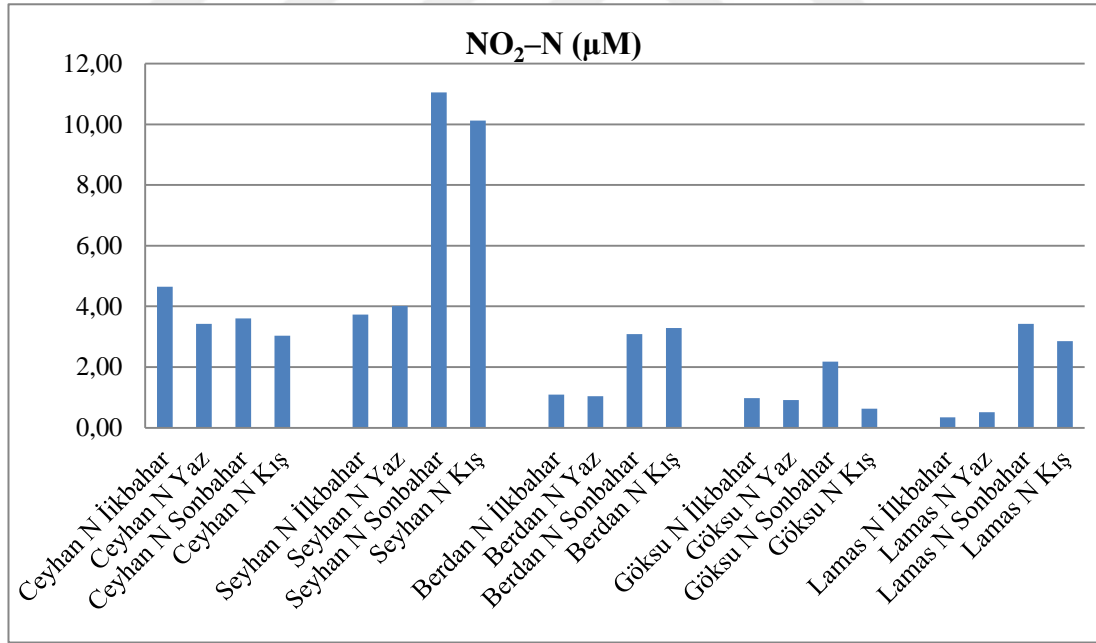


Şekil 4.9. Nehir örneklerinde mevsimsel inorganik NH<sub>4</sub> dağılımı.

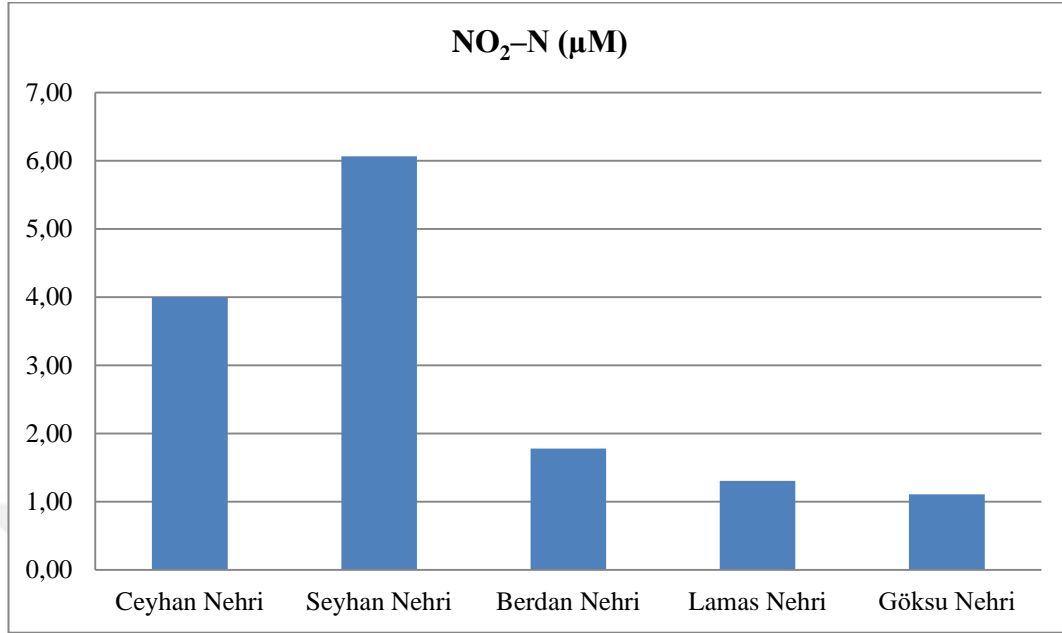


Şekil 4.10. Nehir örneklerinde yıllık ortalama NH<sub>4</sub> dağılımı.

Nehir sularında ölçülen  $\text{NO}_2$ 'in derişimi 0,22- 11,05  $\mu\text{M}$  arasında dağılım göstermiştir (Çizelge 4.3 - 4.8). Nitrit, sularda  $\text{NH}_4^+$  ile  $\text{NO}_3^-$  arasındaki döngüde geçiş formudur. Seyhan nehrinde 2,18- 11,05  $\mu\text{M}$  aralığında ölçülen nitrit derişimi diğer nehirlerle kıyasla çok yüksektir (Şekil 4.11, 4.12). Özellikle Sonbahar ve kış mevsimlerinde aşırı yükselmiştir (Şekil 4.11). Nitrit kararsız bir bileşik olduğu için sürekli ortamda bulunması genellikle dışarıdan suya gelen atıkların bir göstergesidir. Lamas nehrinde en düşük ve en yüksek ölçümler 0,22- 3,43  $\mu\text{M}$  aralığında değişmektedir. Diğer nehirlerle göre daha izole olan Lamas nehrinde bile sonbahar kış aylarında nitrit içeriğinde artış görülmüştür (Şekil 4.11). Nitrit, Doğal sularda bulunmaz veya çok düşük düzeyde bulunmaktadır. Ceyhan nehrinde 3,04- 5,94  $\mu\text{M}$  aralığında değişmektedir buda düzenli bir kirletici atık su girdisi olduğunu göstermektedir. Berdan nehrinde 1,02 - 3,29  $\mu\text{M}$ , Göksu nehrinde 0,63- 2,18  $\mu\text{M}$  aralığında değişmektedir. Genel olarak sonbahar ve Kış mevsimlerinde nehirlerle nitrit girdisi artış göstermektedir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Nehir örneklerinde mevsimsel inorganik  $\text{NO}_2\text{-N}$  dağılımı.

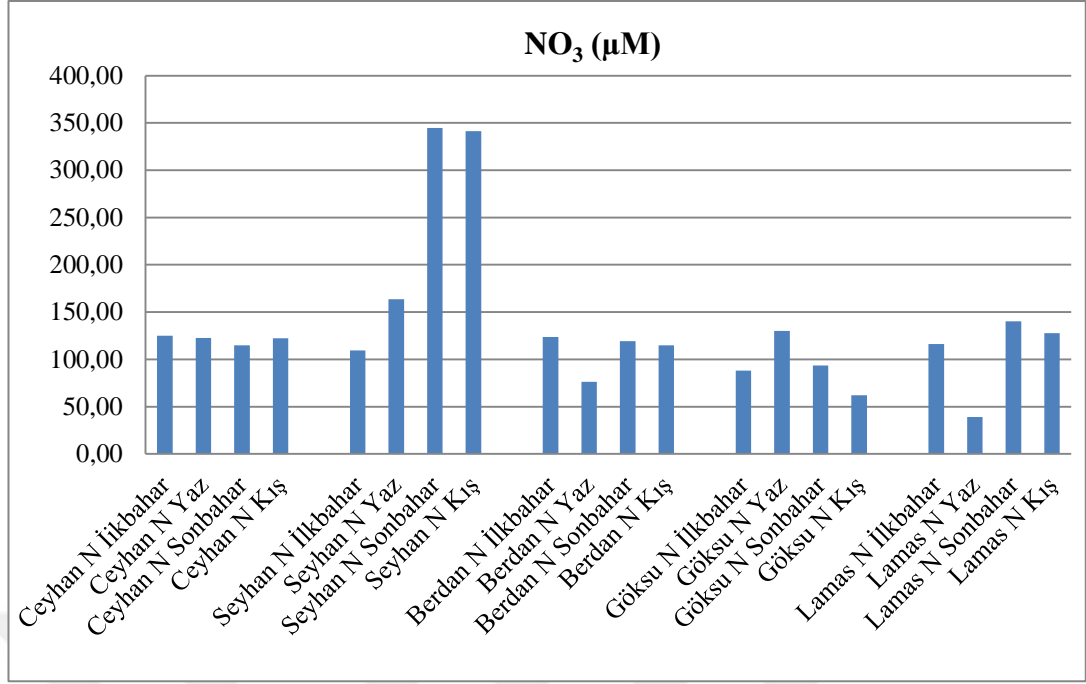


Şekil 4.12. Nehir örneklerinde yıllık ortalama NO<sub>2</sub>-N dağılımı.

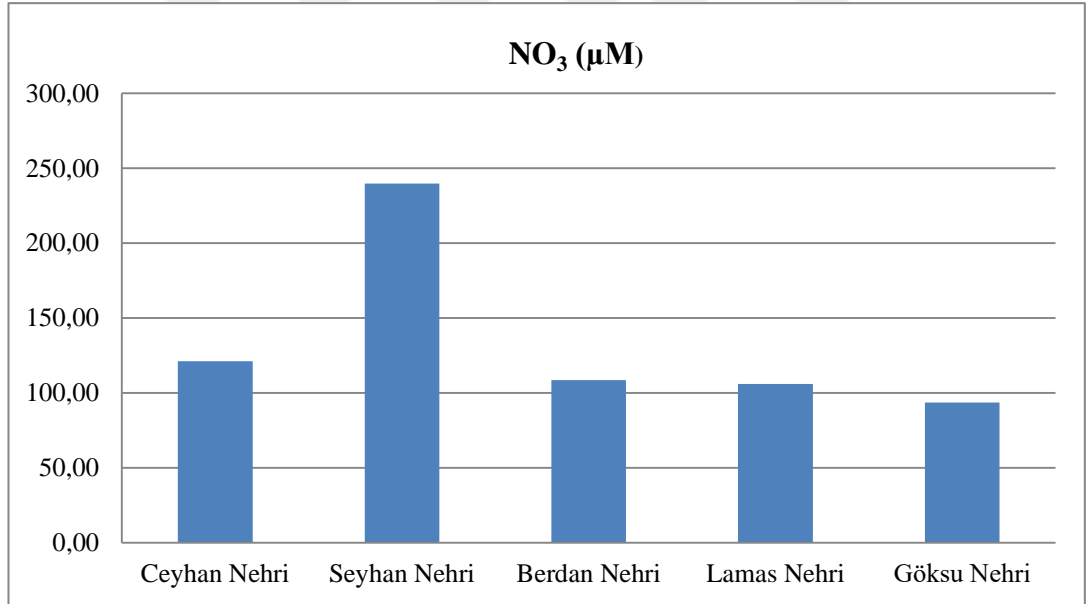
Nehir sularında ölçülen Nitrat derişimi 39,07- 344,62 µM arasında oldukça farklı dağılım göstermiştir. (Çizelge 4.3 - 4.8). Azot suda en çok Nitrat formunda bulunmaktadır. Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sulardaki bağlı azot bileşiklerinin en önemlisidir. Organik azotun oksitlenmesinin son ürünüdür.

Nitrat bakımından en zengin nehir Seyhan nehridir, nitrat içeriği 96,69- 344,62 µM aralığında değişmektedir (Çizelge 4.3 - 4.8). Sonbahar ve Kış mevsimlerinde artış gözlenmiştir, yıllık bazda en yüksek değere sahiptir (Şekil 4.13, 4.14). Ceyhan nehrinde 110,30 - 138,89 µM aralığında gözlenen değerlere bağlı olarak mevsimler arası değişimin az olduğu görülmüştür (Şekil 4.13). Berdan nehrinde 76,37- 128,20 µM, Göksu nehrinde 62,17- 130,08 µM ve Lamas nehrinde 39,07-140,26 µM aralığında sonuçlar elde edilmiştir. Temiz referans nehir olarak kabul edilen Lamas nehrinde diğer besin tuzlarına oranla NO<sub>3</sub>-N her zaman yüksek derişimdedir (Şekil 4.13 ve Şekil 4.14)

Nitrat nehir suyuna çeşitli yollardan karışabilmektedir. Sucul canlıların proteinlerinin ayrıştırılması sonucunda açığa çıkan NH<sub>3</sub> oksitlenmesinden, tarım alanında kullanılan nitratlı gübrelerden ve evsel ve endüstriyel atıklardan dolayı nehirlerde nitrat miktarı yüksektir.



Şekil 4.13. Nehir örneklerinde mevsimsel inorganik NO<sub>3</sub> dağılımı.

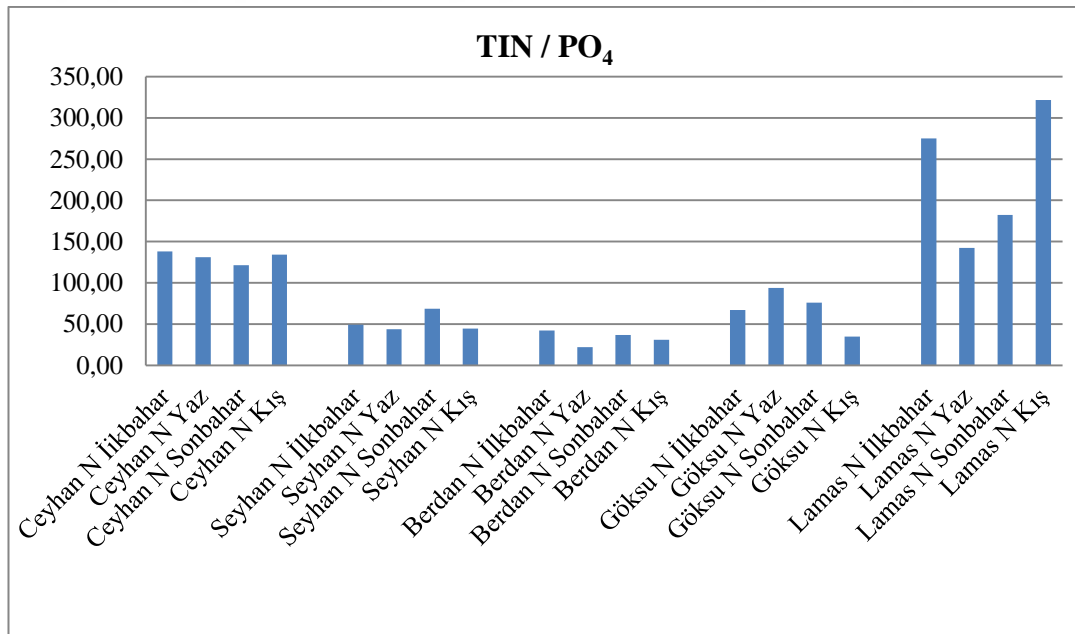


Şekil 4.14. Nehir örneklerinde yıllık ortalama NO<sub>3</sub> dağılımı.

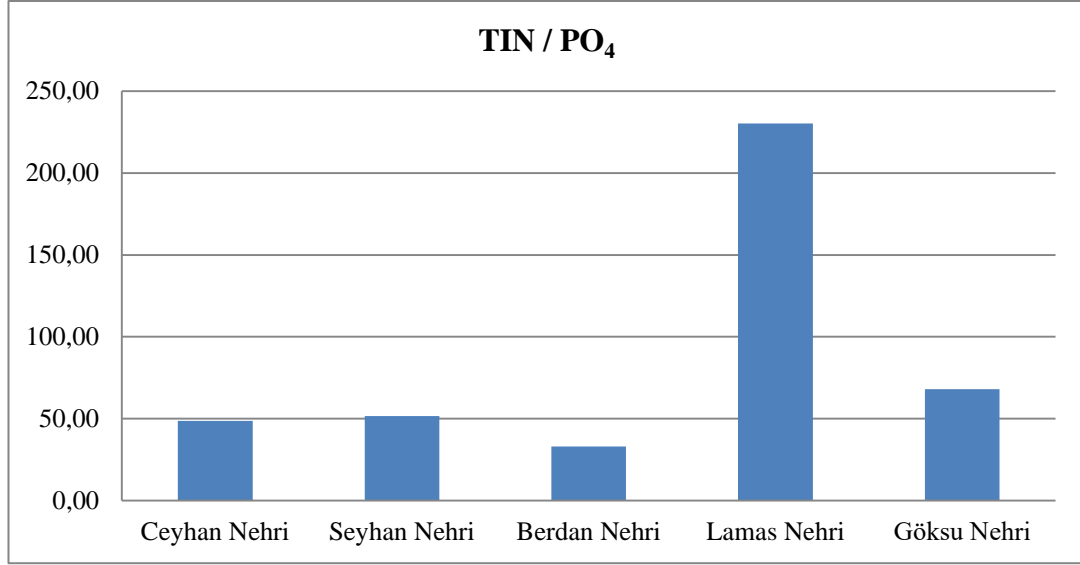
Nehir sularında ölçülen (NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>+NH<sub>4</sub>)-N ve o-PO<sub>4</sub> molar değerlerinden hesaplanan en düşük ve en yüksek (TIN/PO<sub>4</sub>) oranları 10,26 - 356,36 arasında Çizelge 4.3 - 4.8 'de görülmektedir. Fitoplankton büyümesini belirleyen besin elementi N/P

(TIN/PO<sub>4</sub>) oranı ile belirlenir ve bu oranda Nitrat önemli bir yer kaplar % 65,99-97,64 aralığında azot girdisi Nitratdan kaynaklıdır.

Elde edilen TIN/PO<sub>4</sub> oranları Ceyhan nehri için 10,26 - 65,72; Seyhan nehri için 36,75 - 68,57; Berdan nehri için 21,90 - 50,38; Göksu nehri için 18,14 - 117,35 ve Lamas nehri için 142,43 - 356,36 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.3 - 4.8). Nehir suları içinde en yüksek (TIN/PO<sub>4</sub>) oranı bölgenin en temiz nehri olan Lamas Nehri'nde gözlenmiştir (Şekil 4.15). Yıl boyunca (TIN/PO<sub>4</sub>) oranı Lamas nehrinde yüksektir (Şekil 4.14). Bu temiz referanslı nehrde NO<sub>3</sub>-N derişimi her zaman yüksek yıllık ortalama 39,07 - 140,26 µM aralığında (Şekil 4.13), PO<sub>4</sub>-P ise düşüktür ve 0,30 - 0,81 µM aralığında olmuştur (Şekil 4.4). Bu nehrde fosfat azlığından dolayı TIN/PO<sub>4</sub> oranı çok yüksektir. Doğu Akdeniz'e dökülen nehirlerde TIN/PO<sub>4</sub> oranı genellikle yüksek olduğundan nehirlerden denize taşınan yıllık TIN yükleri fosfora oranla çok yüksektir. En düşük oranlar ise yıl boyunca Berdan nehrinde görülmüş (Şekil 4.15) olup bu nehrde adı geçen dönemlerde aşırı fosfat fazlalığı vardır. Ceyhan nehrinde oran yıl boyunca yüksek ve neredeyse yakın değerlerde seyretmiştir (Şekil 4.15) bunun sebebi PO<sub>4</sub>-P bakımından Ceyhan nehri çok zengin olmayışıdır (Şekil 4.4).



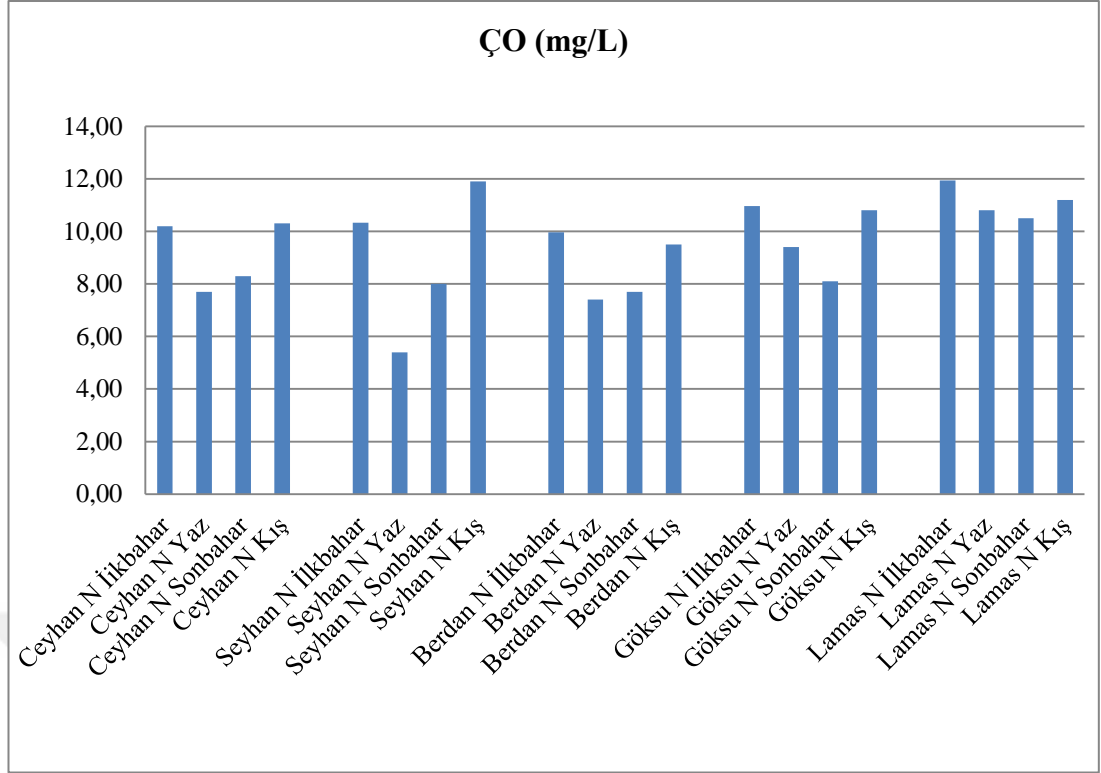
Şekil 4.15. Nehir örneklerinde mevsimsel TIN / PO<sub>4</sub> dağılımı.



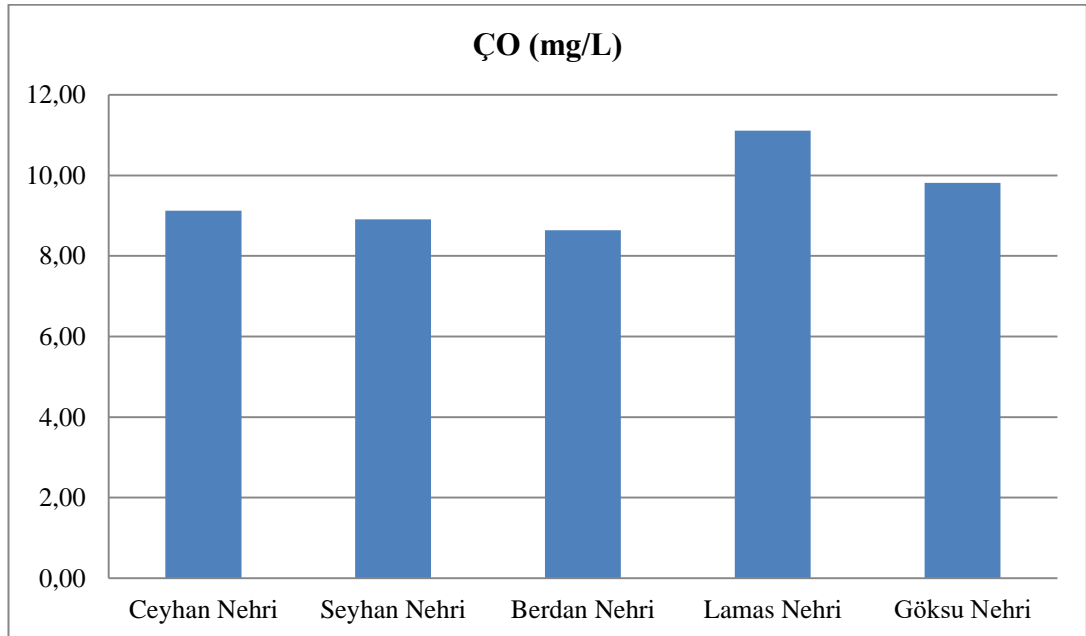
Şekil 4.16. Nehir örneklerinde yıllık ortalama TIN / PO<sub>4</sub> dağılımı.

Nehirlerde ölçülen çözünmüş oksijen (ÇO) değerleri suyun doyumluk değerlerine yakındır 5,40 - 12,60 mg/L aralığında Çizelge 4.3 - 4.8'de görülmektedir. Nehirlerde örnek alımı yüzey sularından yapıldığı için, alınan örneklerde belirgin oksijen eksikliği gözlenmesi beklenmez (Şekil 4.17, 4.18). Fakat yaz mevsiminde 25,9 – 29,0 °C aralığında görülen sıcaklıkların etkisi ile (Çizelge 4.6) Seyhan için 5,40 mg/L; Ceyhan için 7,70 mg/L ve Berdan nehrinde 7,40 mg/L olacak şekilde çözünmüş oksijen miktarlarında düşüşler gözlenmiştir. Lamas ve Göksu nehirleri yıllık değerlendirmede ÇO bakımından en yüksek verilere sahiptir (Şekil 4.18)





Şekil 4.17. Nehir örneklerinde mevsimsel çözünmüş oksijen dağılımı.



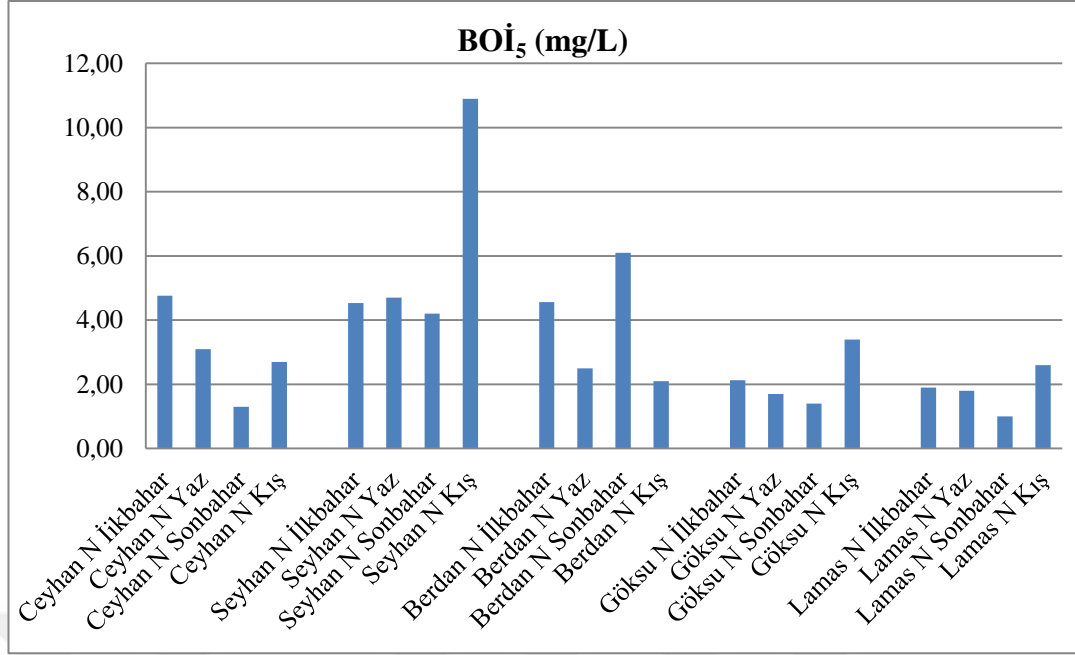
Şekil 4.18. Nehir örneklerinde yıllık ortalama çözünmüş oksijen dağılımı.

Doğu Akdeniz'e dökülen nehir sularında BOİ<sub>5</sub> ölçüm değerleri 0,2 – 10,9 mg/L aralığında değişkenlik göstermiştir ve yaklaşık 3,0 mg/L seviyesinde seyretmiştir (Çizelge 4.3 -4.8).

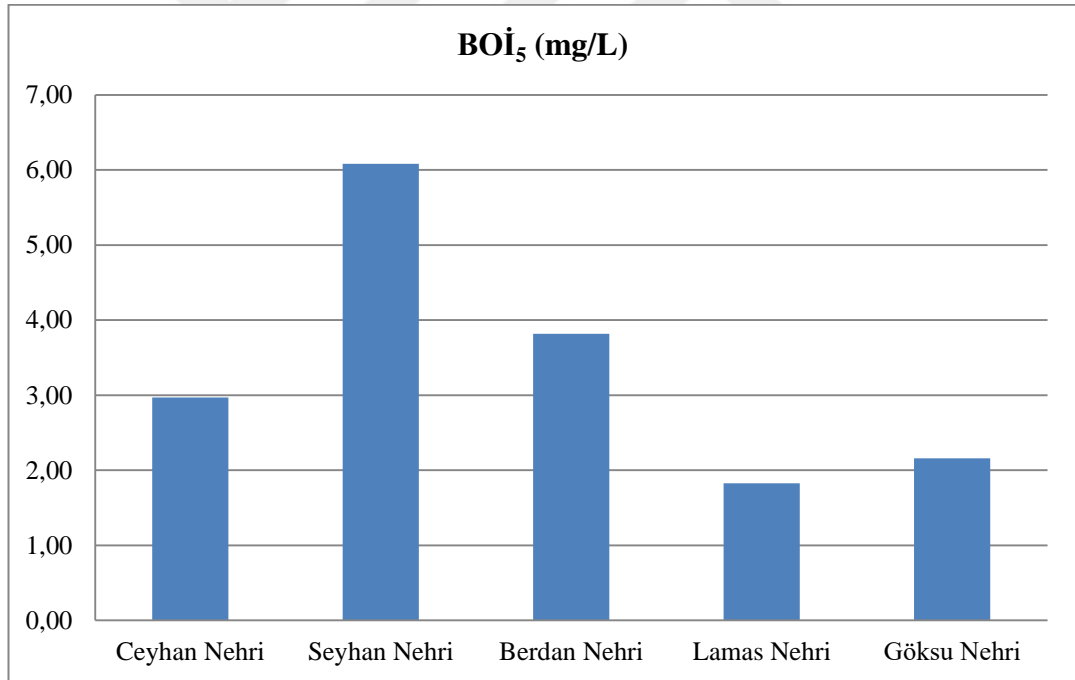
BOİ<sub>5</sub> değerleri, Göksu ve Lamas nehirlerinin 0,20 - 3,40 mg/L aralığındadır ve bu temiz nehirlerde oldukça düşüktür (Şekil 4.19, 4.20). Seyhan, Ceyhan ve Berdan nehirlerinde BOİ<sub>5</sub> değerleri 1,30 - 10,90 mg/L aralığında değişmektedir. Bir suda ki BOİ<sub>5</sub> miktarının yüksek olması, o suda kirliliğin yüksek olduğunu belirtir, buna göre en kirli nehir örneğinin Seyhan nehrine ait olduğu söylenebilir. Özellikle kış mevsiminde BOİ<sub>5</sub> değeri çok artmıştır (Şekil 4.19 ve Şekil 4.20).

Nehirlerde KOİ değerleri 2,10-33,50 mg/L aralığında değişim göstermektedir (Çizelge 4.3 - 4.8). Seyhan nehri için yıl içinde ölçülen BOİ<sub>5</sub> (2,80 - 10,90 mg/L) ve KOİ (11,96 - 33,30 mg/L) değerleri ortalamasının üstünde seyretmiştir (Çizelge 4.3 - 4.8). En yüksek BOİ<sub>5</sub> ve KOİ derişimleri de genellikle Seyhan Nehrinde ölçülmüştür (Şekil 4.19-4.22). Ceyhan, Berdan, Göksu ve Lamas nehirlerinin KOİ değerleri 2,10 – 23,88 mg/L aralığında değişmektedir (Çizelge 4.3 - 4.8). Bu aralık kabul edilebilir değerde kirlilik miktarıdır. Sularındaki organik maddelerin çoğunluğu mikroorganizmaların parçalanmasına karşı dirençlidir ve KOİ/BOİ<sub>5</sub> oranı genel olarak yüksektir. Oranın yüksekliği organik kirlenmeye işaret etmektedir. Nehirlerin KOİ/BOİ<sub>5</sub> oranı genellikle 1,2-60 arasında değişmektedir.

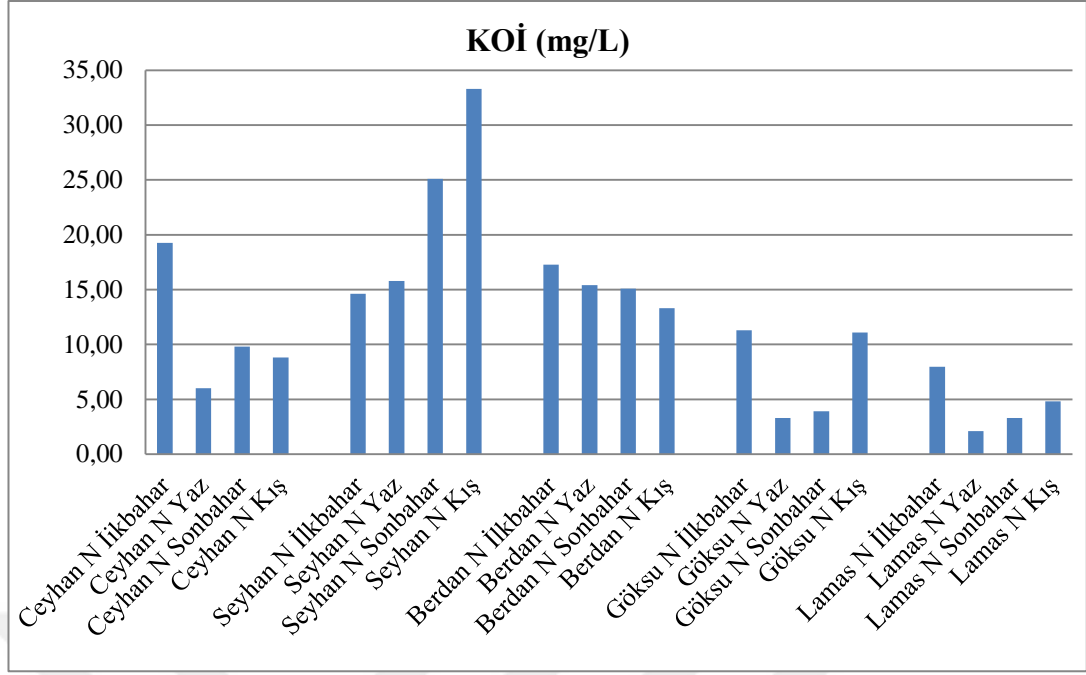
Sudaki toplam organik maddenin göstergesi olan KOİ derişimleri, doğal olarak BOİ<sub>5</sub> değerlerinden yüksektir. KOİ yüksek olması Seyhan Nehri'nin geçtiği bölgelerde organik kirletici girdisinin bulunduğunu göstermektedir. Lamas ve Göksu nehir sularında BOİ<sub>5</sub> ve KOİ değerlerinin çok düşük olması, bu nehirlerde organik kirlenmenin az olduğunu göstergesidir.



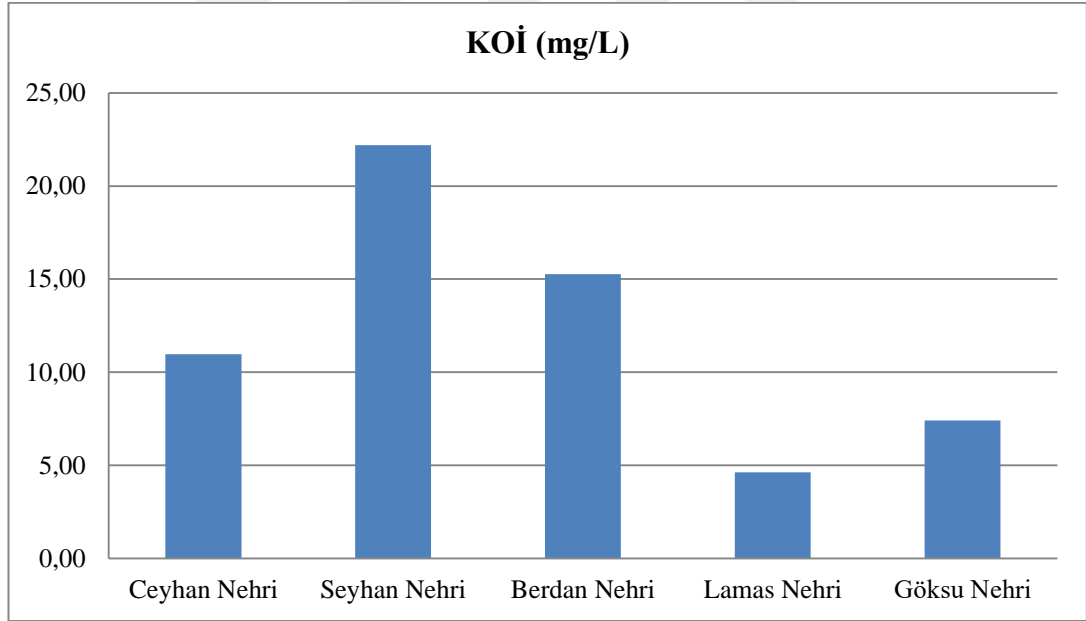
Şekil 4.19. Nehir örneklerinde mevsimsel BOI<sub>5</sub> dağılımı.



Şekil 4.20. Nehir örneklerinde yıllık ortalama BOI<sub>5</sub> dağılımı.



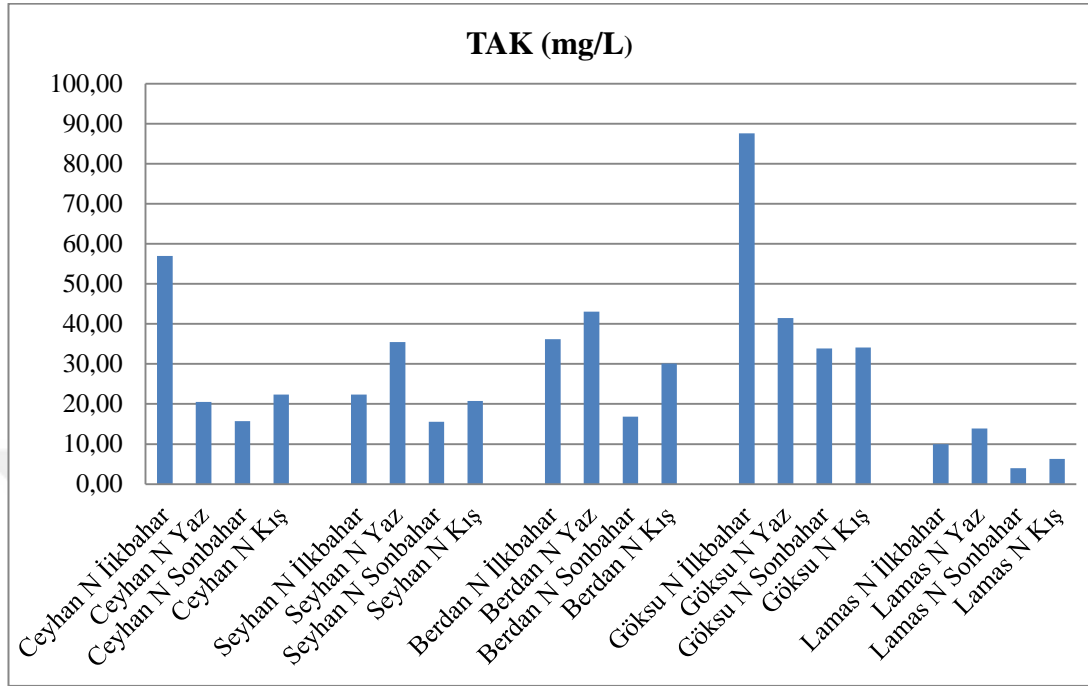
Şekil 4.21. Nehir örneklerinde mevsimsel KOİ dağılımı.



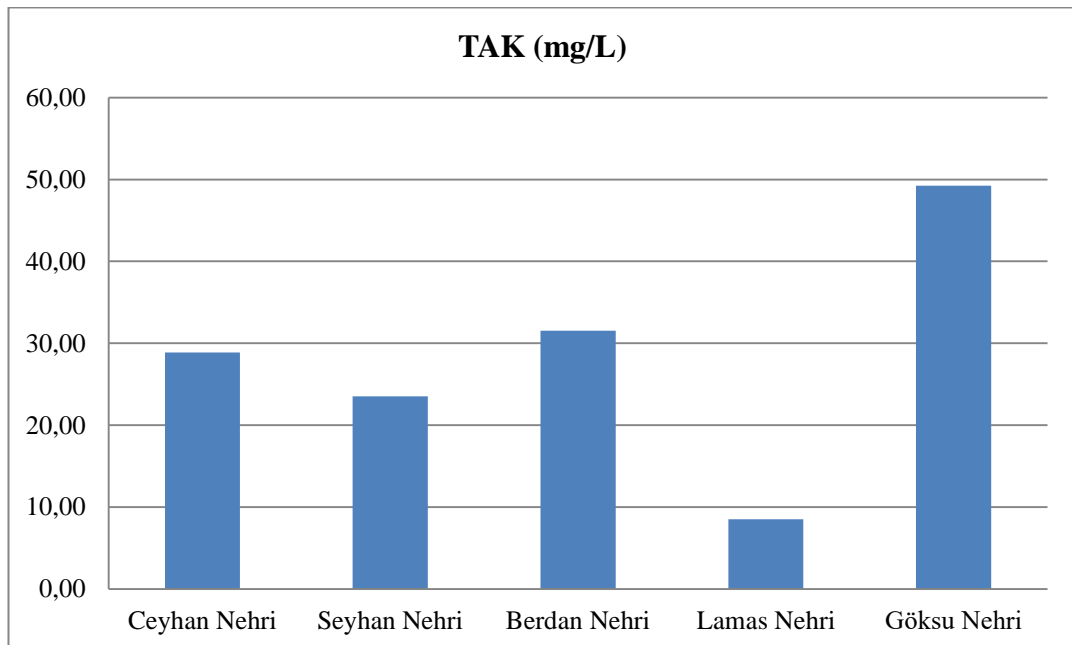
Şekil 4.22. Nehir örneklerinde yıllık ortalama KOİ dağılımı.

Nehirlerdeki toplam askıda katı (TAK) derişiminin mevsimler arası değişimi 3,98 - 146,20 mg/L gibi geniş bir yelpazede yer almıştır (Çizelge 4.3 -4.8).Şekil 4.23 ve Şekil 4.24 de görüldüğü gibi Seyhan, Ceyhan ve Berdan nehirlerinin TAK derişimi birbirine yakındır ve 15,58 - 6,85 mg/L arasında değişim göstermiştir. Göksu nehri TAK derişimi 33,83 - 146,20 mg/L aralığındadır ve nehir yatağına katı maddeleri

denize en fazla taşıyan nehirdir. Bu katı maddelerin nehir suyunda bulunmasına toprak türüne nehir suyunun yamaçtan akması da etkili olmuştur.

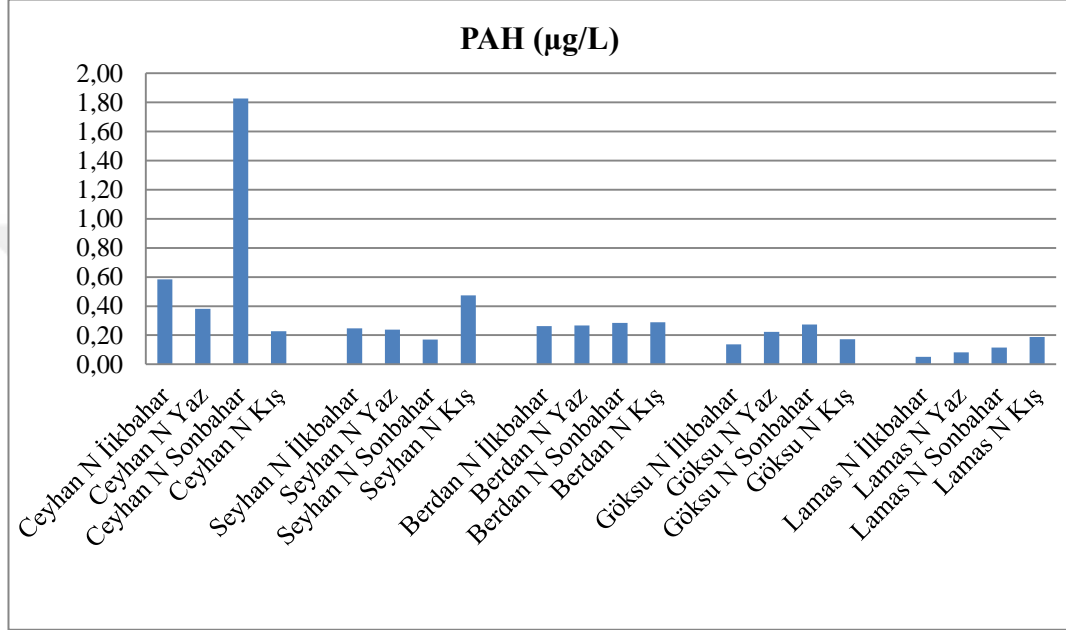


Şekil 4.23. Nehir örneklerinde mevsimsel olarak TAK dağılımı.

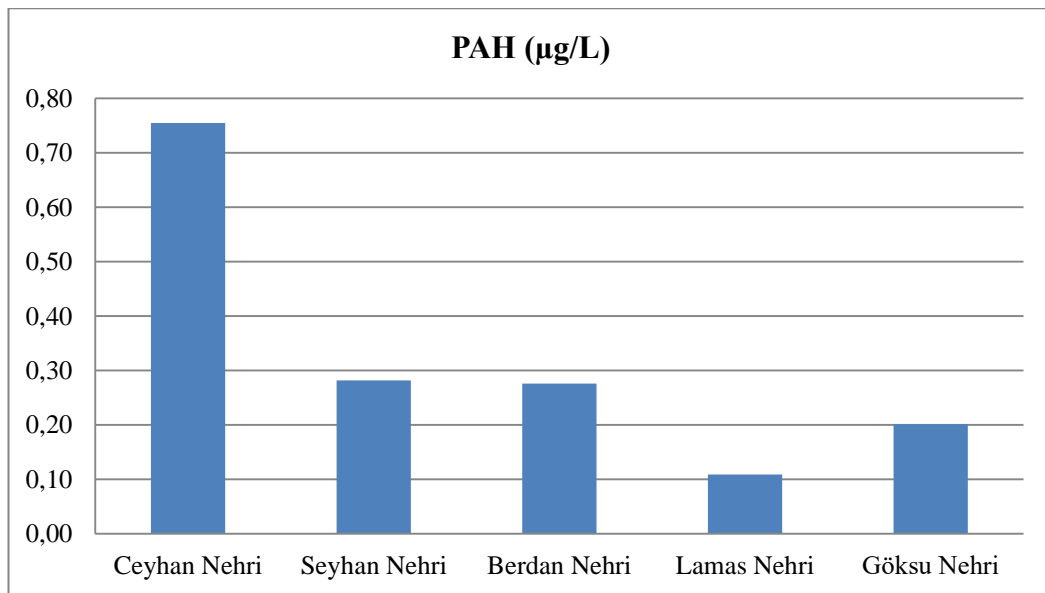


Şekil 4.24. Nehir örneklerinde yıllık ortalama TAK dağılımı.

Çizelge 4.3 - 4.8’de görüldüğü gibi Doğu Akdeniz’e dökülen nehir sularında belirgin PAH kirliliği gözlenmemiştir, sınır değerlerin çok altında PAH derişimi gözlemlenmiştir (0,02-1,83 µg/L). En düşük PAH değerleri ise bölgenin en temiz nehri, içme suyu kaynağı olarak da kullanılan Lamas nehrinde 0,02-0,19 µg/L aralığında ölçülmüştür (Şekil 4.25,4.26). En yüksek PAH değeri Ceyhan nehrinden Ekim ayında alınan örneklerde 1,83 µg/L olarak ölçülmüştür.

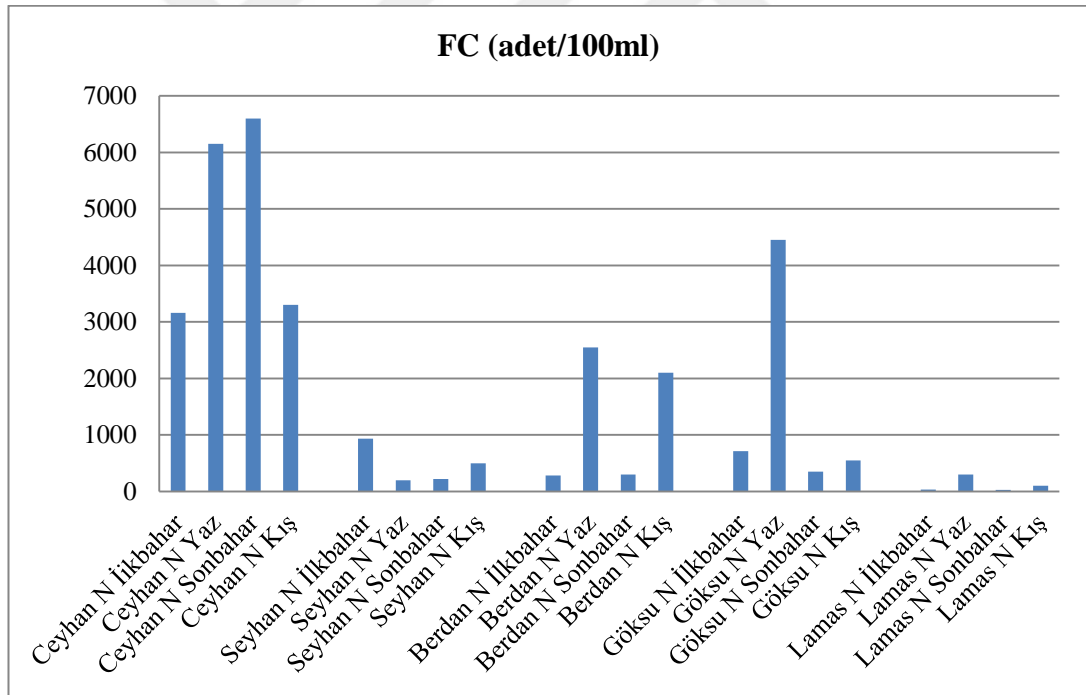


Şekil 4.25. Nehir örneklerinde mevsimsel PAH dağılımı.

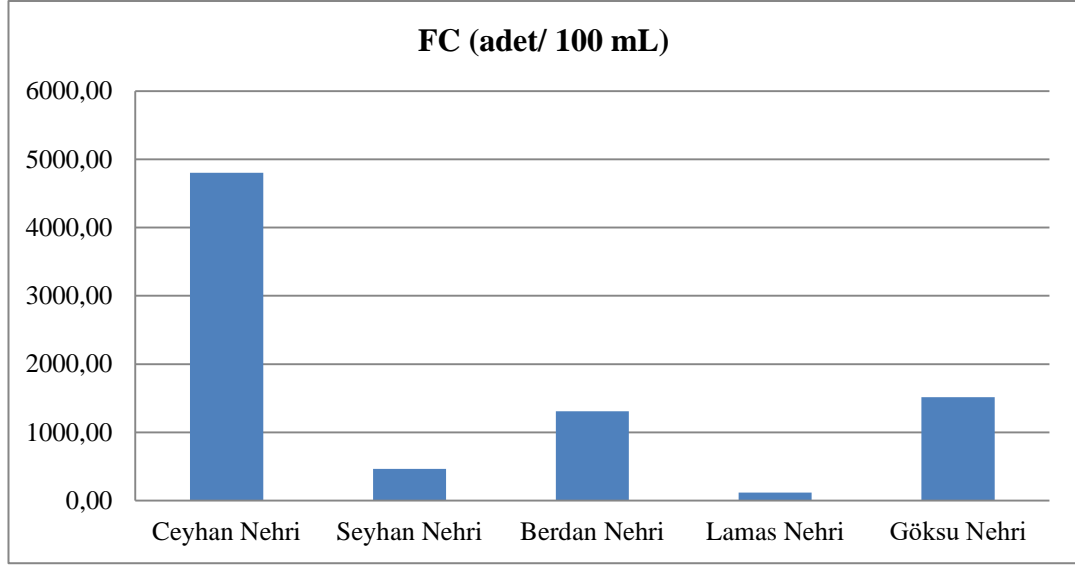


Şekil 4.26. Nehir örneklerinde yıllık ortalama PAH dağılımı.

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde (Resmi Gazete, 31 Aralık 2004, Sayı:25687) belirtilen sınır değerlere göre bir su örneğinde *fekal koliformların* 100 ml'de 200 koloniyi geçmemesi gerekmektedir. Bu standartlara uyanın sadece Lamas nehri olduğu elde edilen berilerden görülmektedir (Çizelge 4.3-4.8). Mevsimsel örneklemede *Fekal koliform* (FC) değerleri oldukça değişkenlik göstermiştir. En düşük FC verileri Lamas nehri (9-10 adet koloni/100 mL örnek) olacak şekilde Nisan-Mayıs 2015 de ölçülmüştür (Çizelge 4.4, 4.5). Çizelge 4.7 ve Şekil 4.27 de görüldüğü gibi 6600 adet koloni/100 mL örnek olacak şekilde en yüksek FC değeri Ceyhan nehrinde Sonbahar (Ekim) gözlenmiştir. Yine Ceyhan nehri için FC kirlenmesi mevsimsel ve yıllık ortalamada çok yüksektir (Şekil 4.27, 4.28). Berdan için (2550 adet koloni/100 mL örnek) ve Göksu için (4450 adet koloni/100 mL örnek) Ağustos ayında gözlenen yüksek FC değerleri bu nehirlere yoğun kanalizasyon ve evsel atık su deşarjlarının varlığını göstermektedir.



Şekil 4.27. Nehir örneklerinde mevsimsel FC dağılımı.



Şekil 4.28. Nehir örneklerinde yıllık ortalama FC dağılımı.

“Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği” içinde yer alan Kıtaici Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Ötrofikasyon Kontrolü Sınır Değerlerinde pH limitleri 6,5-8,5 arasındadır. Doğu Akdeniz’deki nehirlerin pH değerleri “I. sınıf” su kalite değerlerine uymaktadır. Nehir sularının sıcaklığı yıl içindeki ölçümlerde “I. sınıf” su kalite değerlerine uymaktadır (Çizelge 2.2).

#### 4.2.2. Nehir Sularının Çevresel Kalite Amaçlarına Uygunluk İzleme Analiz Sonuçları

Akdeniz bölgesinde izlenen Ceyhan, Seyhan, Berdan, Göksu ve Lamas Nehirlerinin 2015 yılı kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar dönemlerinde alınan su örneklerinde ölçülen parametre değerleri kirlilik konsantrasyonları Çizelge 4.3-4.8 de verilmiştir. Tablolardaki değerlerin Çizelge 2.2’deki Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Resmi Gazete. 4 Eylül 1988. Sayı:19919) Mevzuatına uygunluğu yönetmelikte belirlenen sınır değerlerle kıyaslanarak tanımlanmıştır. İzlenen nehir sularının hangi kalitede olduğu belirlenmiştir. Elde edilen karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.3-4.8’de parametre bazında parantez içerisinde I, II, III veya IV ifadeleriyle hangi sınıf su kalitesine uyduğunu belirtecek şekilde verilmiştir.

Doğu Akdeniz bölgesi nehir sularında kış 2015 dönemini temsilen Aralık ayında yapılan toplam fosfat ölçümlerine göre (Çizelge 4.8); Lamas nehri “II. Sınıf”; Berdan, Ceyhan ve Göksu nehir suları “III. Sınıf”; Seyhan ise “IV. Sınıf” su kalite değerlerine uymaktadır. Nehir sularındaki nitrat ( $\text{NO}_2+\text{NO}_3$ ) ve çözünmüş oksijen



ölçüm sonuçlarına göre tüm nehirler “I.sınıf” su kalitesi özelliği taşımaktadır. KOİ ölçüm değerleri Seyhan nehri “II. Sınıf” diğer nehirlerde ise “I. Sınıf” su kalitesi özelliği taşımaktadır. Nehirlerdeki amonyak derişimine bakıldığında Lamas ve Berdan nehir suları “I. sınıf”; Ceyhan nehri “II. Sınıf”; Göksu nehri ise “III. Sınıf”; Seyhan “IV. Sınıf” su kalitesindedir. Nitrit derişimlerine göre; Lamas, Göksu, Ceyhan ve Berdan “III. Sınıf”; Seyhan nehri ise “IV. Sınıf” su kalite değerlerine uymaktadır. BOİ<sub>5</sub> derişimlerine göre Akdeniz bölgesi nehir suları Seyhan nehri hariç genellikle “I. sınıf” su kalitesindedir. Seyhan nehri “III. Sınıf” Fekal koliform sonuçlarına göre Lamas “II. Sınıf” Seyhan ve Göksu “III. Sınıf” Ceyhan ve Berdan “IV. Sınıf” su kalitesindedir.

Doğu Akdeniz bölgesi nehir sularında ilkbahar 2015 dönemini Mart, Nisan ve Mayıs aylarının ortalama değerleri döneminde yapılan toplam fosfor ölçümlerine göre (Çizelge 4.3, 4.4, 4.5); Seyhan hariç diğer nehir suları ”II. Sınıf” su kalitesindedir. Kirlenmiş Seyhan nehir suları TP değerine göre “III. Sınıf” su kalitesindedir. Nitrat ve KOİ derişimlerine bakıldığında tüm nehir suları “I. sınıf” su kalitesindedir. Nitrit derişimlerine göre; Lamas “II. sınıf” ve Ceyhan, Seyhan, Berdan ve Göksu nehri “III. Sınıf” su kalite değerlerine uymaktadır. Amonyak değerlerine göre Lamas, Göksu ve Berdan “I. sınıf” su kalitesi özelliği taşıırken; Ceyhan ve Seyhan nehri “II. Sınıf” su kalitesi özelliğindedir. BOİ<sub>5</sub> değerine göre tüm nehir suları “I. sınıf” su kalitesi özelliğindedir. Bahar döneminde yapılan çözünmüş oksijen ölçüm sonuçlarına göre ise nehir suları “I. sınıf” su kalitesi özelliğindedir. Fekal koliform sonuçlarına göre Lamas “I. sınıf”; Göksu, Seyhan ve Berdan nehri “III. Sınıf”; Ceyhan nehir suyu ise “IV. Sınıf” su kalitesindedir.

Doğu Akdeniz bölgesi nehirlerinde yaz 2015 Ağustos ayında yapılan toplam fosforölçümlerine göre (Çizelge 4.6); Lamas ve Göksu nehirleri “II. Sınıf” su kalitesi seviyesindedir; Berdan, Seyhan, Ceyhan ise “III. Sınıf” su kalitesi özelliği göstermiştir. Nitrat sonuçlarına göre kış ve ilbahardaki ölçüm sonuçları gibi Çizelge 4.6’da tüm nehirler “I. sınıf” su kalitesini yansıtmaktadır. Nitrit derişimlerine göre; tüm nehirler “III. Sınıf” su kalitesindedir. Amonyak konsantrasyonlarına göre Seyhan nehri “III. Sınıf” ve Berdan “II. Sınıf”, diğer nehir suları ise “I. sınıf” su kalitesindedir. Organik kirlenmenin düşük olduğu Akdeniz bölgesi nehirlerindeki BOİ<sub>5</sub> ve KOİ ölçümlerine göre Seyhan nehri “II. Sınıf”, diğer nehir suları ise “I. sınıf” su kalitesindedir. Yaz dönemindeki çözünmüş oksijen ölçüm değerlerine göre Lamas ve Göksu nehirleri “I. sınıf”; Berdan ve Ceyhan nehirler “II. Sınıf”; Seyhan nehri “III.

Sınıf” su kalitesindedir. Nehir sularında belirgin oksijen eksikliği gözlenmemiştir. Nehir suları *fekal koliform* açısından yaz döneminde Ceyhan, Göksu ve Berdan “IV. Sınıf”; Seyhan ve Lamas nehir suları ise “III. Sınıf” su kalitesi grubuna girmektedir.

Doğu Akdeniz bölgesi nehir sularında sonbahar 2015 dönemini temsilen Ekim ayında yapılan toplam fosfat ölçümlerine göre (Çizelge 4.7); Lamasve Göksu “II. Sınıf”; Ceyhan ve Berdan ve Seyhan nehri ise “IV. Sınıf” su kalitesindedir. Nitrat ve çözülmüş oksijen derişimlerine bakıldığında nehir suları “I. sınıf” su kalitesindedir. KOİ ölçüm değerleri Seyhan nehrinde “II. Sınıf” diğer nehirlerde ise “I.sınıf” su kalitesi özelliği taşımaktadır. Nitrit derişimlerine göre; Ceyhan, Göksu, Lamas ve Berdan Nehirleri ise “III. Sınıf” Seyhan nehri “IV. Sınıf” su kalitesindedir. Ölçülen amonyak değerlerine göre Ceyhan ve Lamas nehirleri “I. sınıf” su kalitesi özelliği taşırken; Göksu ve Berdan nehirleri ise “II. Sınıf” su kalitesinde ve Seyhan nehri “III. Sınıf” su kalitesindedir. BOİ değerine göre ise Seyhan ve Berdan nehri “II. Sınıf” diğer nehir suları “I. sınıf” su kalitesi özelliğindedir. *Fekal koliform* sonuçlarına göre ise izlenen nehirlerden Lamas nehri “II. Sınıf”; Seyhan, Berdan ve Göksu “III. Sınıf”; Ceyhan nehri ise “IV. Sınıf” su kalitesindedir.

## 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Doğu Akdeniz ekosistemi insan kaynaklı çevresel etkilere karşı çok hassastır. Bu nedenle, insan kaynaklı kirleticilerin izlenmesi ve kıyı sularına ulaşan kirletici yüklerin kontrolü ve azaltılması alıcı ortamın korunması için gereklidir.

Doğu Akdeniz Bölgesinde Seyhan, Ceyhan, Göksu, Berdan ve Lamas nehir havzalarında kirliliğin meydana geldiği başlıca sebepler tarım alanlarından girdiler, evsel ve endüstriyel atık sularıdır.

Bu çalışmada Doğu Akdeniz'e akan nehirlerin 2015 yılında dört mevsim kirlilik izlemesi; TP, PO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, Si, ÇO, BOI<sub>5</sub>, KOI, TAK, PAH ve FC belirlenen kirleticilerin ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm sonuçları Çizelge 4.3-4.8 ve Şekiller 4.3 - 4.28'de verilmiştir. Bu çalışmada ortalama derişimleri incelenen nehirler arasında Seyhan Nehri, Toplam Fosfor, Nitrat Azotu, Nitrit, Amonyum Azotu, KOİ, BOİ<sub>5</sub>; Ceyhan Nehri Silikat, PAH, *Fekal Koliform*; Göksu Nehri TAK; Berdan Nehri Reaktif Fosfor ve ÇO derişimleri açısından diğer nehirlerle oranla daha çok kirletilmiştir. Kirletici kaynakların tespiti için havza bazlı ölçüm ve izlemelerin planlanması ve acilen uygulanması gerekmektedir. Bu nehirlerden Lamas Nehrinin debisi az olup üzerinde herhangi bir baraj bulunmamaktadır ve Bölgenin en temiz akarsuyu; mevsimsel olarak belirgin bir derişim yok. Seyhan nehrinde en yüksek Toplam Fosfor, BOİ<sub>5</sub>, Reaktif Fosfor, Amonyum, KOİ kış döneminde saptanmıştır. Bunun sebebi nehre atık su girdisi olan deşarj noktalarından organik ve inorganik kirletici girdisi artmıştır. Çözünmüş oksijen değerlerine bakıldığında en düşük çözünmüş oksijen sonuçları yaz döneminde yine Seyhan Nehri'nde bulunmuştur. Bu sonuçlarda nehir suyunun sıcaklığının büyük etkisi olmuştur nehir suyundan yüzey suyu alındığı için yüzey suyu hava sıcaklığından etkilendiği düşünülmektedir. Bu sonuçlara göre Seyhan Nehri'ne atık suların organik madde ve besin elementleri girdileri fazladır; Nehre ulaşan organik maddenin bakteriyel ayrışması sonucu çözünmüş oksijenin azaldığı ve amonyum azotunun arttığı açık bir şekilde görülmektedir.

Kirli nehirlerde yıl içinde besin elementleri (PO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub> ve Si) ve KOİ artışı çok belirgindir. Evsel ve endüstriyel atık sularında (özellikle endüstriyel) organik kirleticilerin kirlilik derecesini belirlemede kullanılan en önemli parametrelerden biri KOİ dir.

Doğu Akdeniz bölgesi nehir sularında TP değeri yükseldikçe, sudaki PO<sub>4</sub>-P derişimi de belirgin şekilde artış göstermiştir (Şekil 4.3 - 4.4).Toplanan nehir örneklerinde TP derişimi denizlerdeki TP değerlerinden oldukça yüksektir. Seyhan nehrinde kış ayında TP ve PO<sub>4</sub>-P derişimi aşırı derecede artmıştır. Yıllık ortalamada TP değeri Seyhan nehrinde diğer nehirlerle oranla yüksektir (Şekil 4.5). Lamas Nehri bölgenin en temiz akarsuyudur TP ve PO<sub>4</sub>-P derişimi çok düşüktür. Göksu nehrinin TP derişimi diğer üç büyük nehre göre düşüktür. Nehirlerdeki TP miktarının artışı nüfus miktarı, tarım ve endüstriyel faaliyetlerin artmasıyla paralellik gözlenmektedir. İnorganik fosforun artışında en büyük etken deterjan atıksularının nehirlerle deşarj olmasıdır.

Ceyhan Nehri'nde dört mevsimde en yüksek silikat saptanmıştır. Nehir sularının doğal bileşeni olan Si 'tın artması veya azalmasının sebebi nehir suyunun debisindeki değişim, yağış miktarı, atık su ve barajdaki bekleme süresi, baraj ve yatağından denize kadar ulaşımaya kadar geçen sürede biyo-kimyasal tepkimelerle tüketilme oranına bağlıdır.

Nehirlerde belirgin PAH kirliliği gözlenmemiştir. Ölçülen PAH'larda sınır değerlerin çok altında PAH derişimi gözlemlenmiştir.

*Fekal koliformların* 100 mL'de 200 koloniyi geçmemesi gerekmektedir. Bu standartlara uyan sadece Lamas nehridir. Tüm nehirlerde *Fekal Koliform* kirlenmesi vardır; en düşük sayımlar Lamas ve SeyhanNehri'nde, en yüksek sonuçlar ise dört mevsimde en yüksek Ceyhan Nehri'nde saptanmıştır. Kanalizasyon ve evsel atık su deşarjlarından nehirlerle FC girdisinin yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar kanalizasyon atıklarının artımsız doğrudan nehirlerle ulaştığını göstermektedir.

Nehirler arasında yıllık ortalamada en yüksek kirlilik kaynağı Doğu Akdeniz'de Seyhan Nehri olup bu nehirle Akdeniz'e en yüksek oranda Toplam Fosfor, Nitrat Azotu, Nitrit, Amonyum Azotu, BOİ<sub>5</sub> yükü ulaşmaktadır. Seyhan Nehri'nin taşıdığı TP, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, KOİ, BOİ<sub>5</sub> ve PAH yüklerinin oranı Doğu Akdeniz'in diğer nehirlerle göre çok yüksektir. Bu sonuç Seyhan Nehri'nin geçtiği bölgelerde insan nüfusunun ve endüstriyel kaynaklı kirletici kaynaklarının daha fazla bulunduğunu göstermektedir. Akdeniz'de en yüksek oranda PAH, *Fekal Koliform* ve silikat taşıyan nehir ise Ceyhan Nehri'dir. Akdeniz'e en düşük oranda Toplam Fosfor, Reaktif Fosfor, BOİ<sub>5</sub>, KOİ, TAK, *Fekal Koliform*, amonyum yükleri Lamas Nehri; Nitrat, Nitrit, yükleri Göksu Nehirleri tarafından taşınmaktadır.

Doğu Akdeniz Nehirlerinin KOİ/BOİ<sub>5</sub> oranı 1,2-60 arasında değişmektedir. Oran yükseldikçe organik kirleticilerin nehir suyuna girdiğinin bir göstergesidir. Nehirlerde ölçülen yüksek KOİ, düşük BOİ değerleri, parçalanmaya dirençli endüstriyel kaynaklı yoğun organik madde girişinin göstergesidir. Ancak, Seyhan nehrinde ölçülen yüksek KOİ ve BOİ<sub>5</sub> derişimleri ve hesaplanan düşük KOİ/BOİ<sub>5</sub> oranı, özellikle evsel ve endüstri kaynaklı kolay parçalanabilir özellikte organik madde girişinin olduğunu gösterir.

Doğu Akdeniz’de izlenen nehirler içinde küçük debili Lamas nehrinin suyu oldukça temizdir ve bölgenin doğal tatlı su kaynakları için referans kabul edilebilir. Buna göre kıyaslandığında, sırasıyla Berdan, Göksu Ceyhan ve Seyhan nehir suları kirletilmiş durumdadır. En kirli nehir Seyhan’dır ve Seyhan havzasının evsel, sanayi atıklarını ve havzanın tarımsal kaynaklı kirleticilerini denize taşır.

Doğu Akdeniz bölgesi nehir sularında TIN (NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>+NH<sub>4</sub>)-N ve o-PO<sub>4</sub>, derişimleri ve buna bağlı TIN/PO<sub>4</sub> molar oranı oldukça değişkendir. Nehirde hesaplanan N/P oranlarına göre; Akdeniz boşalan büyük nehirlerde çok belirgin organik madde ve besin elementleri (özellikle fosfor) kirliliği vardır. Doğal akarsularda N/P oranı çok yüksektir ve akarsuların doğal özelliğidir. Fitoplankton büyümesini etkileyen N/P oranıdır. Bu oranda nitrat önemli bir yer kaplar % 65,99-97,64 aralığında azot girdisi nitratdan kaynaklıdır.

Kirli sularda N/P oranı düşüktür ve temiz nehirlerle kıyasla daha fazla fosfor denize taşınmaktadır. Fosfor sudaki canlılar için sınırlayıcı besin tuzudur. Artması ve azalması suyun içindeki canlı ekosistemine etki etmektedir. Fosfor girdisinin sebebi nehirlerle deşarj olan atık sulardan (evsel atıklar) bol miktarda fosfor nehir suyuna karışmaktadır.

Ölçüm yapılan nehir sularındaki inorganik besin tuzları (çözünmüş inorganik azot ve çözünmüş inorganik fosfat) değerlerinden N/P oranının Doğu Akdeniz’e akan nehirlerde oldukça yüksek olması, bu denizimizin doğal ekolojik özelliklerinin sürdürülebilmesi açısından çok önemlidir. Nehirler yoluyla Akdeniz’e fazla miktarda nitrat taşınır Nehirler vasıtasıyla Akdeniz kıyı sularına, fosfata kıyasla, fazla miktarda nitrat taşınmaktadır. Doğu Akdeniz, Fosfor yönünden zengin değildir; düşük N/P oranlarıyla besin elementleri taşıyan nehirlerin PO<sub>4</sub>-P ile kirlenmesi, kıyı suların doğal ekolojik özelliklerini değiştiren önemli bir faktördür. Akdeniz’in kıyı sularında plankton üretimi artacak ve biyolojik çeşitlilik değişecektir. Doğallığını

korumuş nehirlerde yüksek olan N/P oranı atık suları ile kirletilmiş nehirlerde düşüktür (Çizelge 4.3-4.8).

NH<sub>4</sub>-N derişimi, büyük nehirlerde yüksek değerlerde seyretmiştir (Şekil 4.9 ve Şekil 4.10). Bu artışlar, Nehirleredeşarj olan atık sularda organik kirletici miktarının yüksek olduğunu göstermektedir. Organik madde kirliliğın yoğun olduğuna ve bakteriyel ayrışmasının nehir suyunda yüksek olduğunu işaret eder.

Nitrat bakımından en zengin nehir Seyhan nehridir. Sonbahar ve kış mevsimlerinde artış gözlenmiştir. Azot 'un suda en çok nitrat formunda bulunmaktadır. Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sulardaki bağı azot bileşiklerinin en önemlisidir. Organik azotun oksitlenmesinin son ürünüdür. Nitrat nehir suyuna çeşitli yollardan karışa bilmektedir. Sucul canlıların proteinlerinin ayrıştırılması sonucunda açığa çıkan NH<sub>3</sub> oksitlenmesinden, Tarım alanında kullanılan nitrat NO<sub>3</sub> gübrelere ve Evsel ve endüstriyel atıklardan bundan dolayı nehirlerde Nitrit miktarı yüksektir.

Nitrit, sularda NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ile NO<sub>3</sub><sup>-</sup> arasındaki döngüde geçiş formudur. Seyhan nehrinde mevsimler arası ve yıllık ortalamada diğere nehirlerden daha fazla nitrit kirliliğı içermektedir (Şekil 4.11). Nitrit kararsız bir bileşik olduğuna için sürekli ortamda bulunması genellikle dışarıdan suya gelen atıkların bir göstergesidir.

Kirliliğın mevcut durumu Seyhan, Ceyhan ve Berdan'da KOİ, amonyak ve TP yüksektir. Göksu'nun taşıdığı nütren ve organik madde (KOİ) konsantrasyonları diğere üç nehre göre kısmen düşüktür; ancak daha fazla miktarda askıda katı maddeyi (TAK) Akdeniz'e taşımaktadır. Nehir suları özellikle nitrat ve silikatça zengin olduğundan, nehirlerin beslediğı kıyı sularda biyolojik çeşitlilik ve biokütle fazladır, suyun rengi maviden yeşile döner.

Kirlilik kaynakların tespiti için havza bazlı örgütlenme ve uzun süreli izleme gerekli. Seyhan, Ceyhan, Göksu ve Berdan bölgesinde tarım, evsel ve sanayi atıkları fazla etkili, besin tuzları kirliliğı çok belirgin, Seyhan'da çözünmüş oksijen kısmen düşük. Mevsimsel kirlilik değerleri değışkendir.

Doğru Akdeniz'de bulunan Havzalarda birçok olumsuz etkinin etkisi altındadır. Havzalarda önemli ölçüde çevresel etki oluşturan faktörler şu şekilde sıralanabilir; havzalarda yoğun olan tarım faaliyetleri, endüstriyel ve arıtılmayan evsel tarım ve endüstriyel atıksu deşarjları, katı atık depolama sorunu, tarımsal faaliyetler sonucu oluşan gübre ve zirai ilaç kirliliğı, hayvancılık faaliyetleri, termik santrali soğutma suyu için nehirde su çekilmesi, akarsu yataklarındaki kum ve çakıl ocakları, baraj

gölleri, planlama ve inşaat aşamasında olan hidroelektrik santraller (HES) ve akarsuların çevresinde görülen erozyon bu etkilerin başlıcalarıdır.

Yerleşim yerlerinde kurulan kentsel atıksu arıtma tesisleri yetersizliği giderilmeli. Havzada oluşan ve alıcı ortama verilen endüstriyel atıksuların tamamı havza içinde kalmaktadır.

Zeytinyağı üretimi yapan işletmelerde, zeytinden kaynaklanan kirliliğin ve tüm tekil endüstrilerden kaynaklanan kirliliğin önlenmesi için sektörel işbirliği toplantıları yapılmalı ve neticede belirlenecek olan çözüm yöntemlerinin en kısa sürede uygulamaya geçirilmesi gerekmektedir. Bunun yanında bu tür tesislerden kanalizasyona ve alıcı ortama yapılan tüm kontrolsüz deşarjların acilen önlenmesi için gerekli tedbirlerin alınması şarttır.

Tehlikeli ve özel atıkların bertarafı ile ilgili olarak, atık üreticileri ile sorumlu kurum ve kuruluşların bilinçlendirilmesi gereklidir.

Kirliliğin önlenmesi için yapılması gerekenler havza bazlı planlama, izleme, denetim, değerlendirme ve uygulamalar. Tarımsal, evsel ve sanayi atıksularında organik madde ve besin tuzları derişimlerinin azaltılması; nehirlerde N/P oranını yükseltmek için kaynaklarda N ve P girdisini azaltacak teknolojik ve idari tedbirlerin alınmalı ve uygulanmalı.

Nehirlerde fosfat yükünün azaltılması ve buna bağlı olarak TIN/ PO<sub>4</sub> oranının yükseltilmesi, kıyı sularda ötrofikasyonu önlemenin temel koşuludur. Denize ulaşan evsel, endüstriyel ve tarımsal alanlardan giren atık sularla kirletilmiş olan nehir sularında PO<sub>4</sub> miktarı azaltılarak, kirlenmiş nehirler kaynaklarında N/P oranının yükselmesi için gerekli çevresel tedbirler alınmalıdır. Doğal kirletilmemiş nehirler ve yağmur suları fosfor iyonlarınca zengin değildir ve nitrat konsantrasyonu yüksektir. Budan dolayı N/P yüksek oranda denize ulaşır.

Kirletilmiş Nehirlerde kirliliğin kontrol edilmesi ve azaltılması için kirletilmiş nehirlerle ilgili özel inceleme ve araştırma projeleri hazırlanmalı ve tedbirler kısa süre içinde alınmalıdır

Evsel, endüstriyel ve tarım alanından akarsulara bulaşan kirletici kaynakların düzenlenme aşamasında deşarjın yapıldığı alandaki deniz ortamındaki doğal canlı yaşamı dikkate alınmalıdır. Akarsu kaynaklarımızın korunması ve düzenlenmesine yönelik gerçekçi bilimsel ve idari yaklaşımların ve çözüm önerilerinin ortaya konması, ancak bütünsel havza bazlı ekolojik yaklaşımla mümkündür. Nehir ortamının öncelikle fosfora karşı hassas olduğu dikkate alınırsa, evsel atık suların gerek

nehirlerdeşarjı öncesinde atık su arıtma sistemlerinden gerekse kullanılan evsel kaynaklarda fosfor kullanımının azaltılması sağlanmalıdır.

Doğu Akdeniz bölgesi çevresel özelliklerini korunması için, nehirlerimize atık su kaynaklarından fosfat girdisi azaltılmalıdır. Çünkü atık su deşarjları ve nehirler yoluyla artan miktarlarda PO<sub>4</sub>-P girdisinin (yükünün) artması durumunda, Akdeniz'in kıyı sularında zooplankton ve fitoplakton üremesi artacak ve biyolojik çeşitlilik değişecektir. Bu doğal özelliğın korunması için, nehirlerimize karasal kaynaklardan fosfat girdisi azaltılmalıdır.





## 6. KAYNAKÇA

- [1] Pamukçu, Konuralp; Su politikası, Bağlam yayınları, İstanbul- 2000, syf.36-37
- [2] Tünay, O., Endüstriyel Kirlenme Kontrolü, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, 1. Baskı, İstanbul, 1996.
- [3] M.K. Yetik, “Akarsuların dinamik benzetiminde CBS tekniklerinden yararlanmak”, **Doktora Tezi**, Ankara Üniversitesi, 2007.
- [4] K. Görmez, Çevre Sorunları ve Türkiye, Gazi Kitabevi, Ankara, 2003, s. 199.
- [5] KUMBUR, H., 1997. Yerel Yönetimlerde Kent Bilgi Sisteminin Uygulanması, Çevre ve İnsan Dergisi, Sayı: 3 sy. 32-33.
- [6] BALKAYA N, AÇIKGÖZ A., 2004. İçme Suyu Kalitesi ve Türk İçme Suyu Standartları. Standard Derg., 29-37.
- [7] DSİ, ‘Toprak Su Kaynakları’ [www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari](http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari)
- [8] Seyhan Nehri [https://tr.wikipedia.org/wiki/Seyhan\\_Nehri](https://tr.wikipedia.org/wiki/Seyhan_Nehri)
- [9] BAL, Y., 2000. Türkiye’nin Kıyı Çizgisi Değişimleri ile Bunların Çevre ve Mühendislikteki Yeri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi no.560, Adana.
- [10] Ceyhan Nehri [https://tr.wikipedia.org/wiki/Ceyhan\\_Nehri](https://tr.wikipedia.org/wiki/Ceyhan_Nehri)
- [11] İzmirlioğulları, P. (2004) Ömerli Baraj Gölü’nde Mikrobiyolojik (E.coli) ve Kimyasal (Alüminyum, Demir, Kurşun ve Kadmiyum) Kirlilik Parametrelerinin Saptanması. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- [12] KARADOĞAN, S. ‘Türkiye’nin Akarsuları Ve Vadileri’ [http://www.dicle.edu.tr/a/skaradogan/DOKUMAN/Turkiyenin\\_akarsulari\\_vadileri.pdf](http://www.dicle.edu.tr/a/skaradogan/DOKUMAN/Turkiyenin_akarsulari_vadileri.pdf)
- [13] PELEN, N., BASARAN, N., ÖNHON, B., SAYIN, M., CAN, D ve YÜCE, G., 1993. İzotop Yöntemi Ile Lamas Havzasının Yer Altı Suyu Akis Dinamikleri Üzerine Arastirma. DSI Genel Müdürlüğü Jeoteknik Servisi ve

Yer Altı Suyu Bölümü ve Teknik Arastırma ve Kalite Kontrol Bölümü,  
Adana, 55s.

- [14] DPT, VIII. Bes Yıllık Kalkınma Planı, Yayın No: DPT: 2555, ÖK: 571.
- [15] Resmi Gazete: “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”, Sayı: 25687, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 31 Aralık, (2004).
- [16] Yılmaz, B.: “TERKOS GÖLÜ'NE DÖKÜLEN DERELERDE MİKROBİYOLOJİK VE KİMYASAL KİRLİLİK DÜZEYLERİNİN SAPTANMASI”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2013)
- [17] Bellos, D. and Sawidis, T., 2005, Chemical pollution monitoring of the River Pinios (Thessalia – Greece), Journal of Environmental Management, Greece, 76, 282-292.
- [18] Kocataş, A. (2003) Ekoloji ve Çevre Biyolojisi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayını No: 51, İzmir, Türkiye.
- [19] Oğur, R., Tekbaş, F. (2005) Temel Su Analiz Teknikleri, Aydan Matbaacılık, Ankara, Türkiye.
- [20] R. Bozyiğit ve T. Karaaslan, Çevre Bilgisi Kitabı, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 1998.
- [21] D. Chapman, Water Quality Assessments, A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring, Published on behalf of UNESCO, WHO and UNEP. Chapman & Hall, London, U.K., 1992, p.585
- [22] Demir, H.: “Sarısu Deresi ve Karadenize Birleşme Noktasında Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kirlilik Seviyesinin Saptanması”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2009) 12-34.
- [23] Göksu, M.Z.L.: “Su Kirliliği”, Çukurova Üniv. Su Ürünleri Fak. Yay. No:7 Balcalı, Ankara, Türkiye, (2003) 22-108.
- [24] Güler, Ç. “Su Kalitesi”, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 43 Ankara, Türkiye, (1997) 8-55.

- [25] Chapman, D., Kimstach, V. 1996. Chapter 3. Selection of Water Quality Variables. Water Quality and Assesments-A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Enviromental Monitoring, Second Edition, Chapman, D. (ed), pp 1-56, UNESCO / WHO/ UNEP.
- [26] Öğmen, Ö. “Küçükçekmece Gölü'nde Mikrobiyolojik (E.coli) ve Kimyasal (Alüminyum, Demir, Kadmiyum ve Kurşun) Kirlilik Parametrelerinin Saptanması”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2004)
- [27] Dikmen, B., 2001, Uluabat Gölü ve Gölü Su Kaynaklarında Organoklorlu Pestisit Kirliliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 143s.
- [28] ATIKSU ARITIMININ ESASLARI  
[http://www.hasanege.com/download/hasanege\\_atiksuaritimiesaslari.pdf](http://www.hasanege.com/download/hasanege_atiksuaritimiesaslari.pdf)
- [29] Uzun, H.: “Trabzon İli Akarsularının Su Kalite Düzeylerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, (2006)
- [30] American Public Health Association:”Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”. 19th. Edition, Washington DC, USA.(1995).
- [31] World Health Organization (WHO), 1984 b, Guidelines for Driking Water Quality, Volume 2, Health Criteria and Other Supporting İnformation: WHO Publ., Geneva, Switzerland, 335 p.
- [32] TSE, 1997, İçme Suları: Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 97s
- [33] EPA, 1979, A Review of The Red Book Quality Criteria for Water, Environmental Production Agency, USA, 311
- [34] Ezer, S.: “Terkos Gölü’nün Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kirlilik Seviyesinin Saptanması”, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2009) 4-34
- [35] GÜLER. Ç, ÇOBANOĞLU. Z., 1994. Su Kirliliği, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 12, Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı, Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, TC. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, ISBN 975-7572-60-8, Ankara.

- [36] Uzun, H.: “Trabzon İli Akarsularının Su Kalite Düzeylerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, (2006)
- [37] Erinç, S.: “Ortam Ekolojisi ve Degradasyonel Ekosistem Değişiklikleri”, İ.Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Yayınları, No:1, İstanbul, Türkiye, (1984).
- [38] Tekbaş, Ö.F.; Güleç, M.: “Suların Sertlik Dereceleri ve Sağlık Etkileri”, TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni 3(7), (2004) 156-161.
- [39] Chapman, D., Kimstach, V. 1996. Chapter 3. Selection of Water Quality Variables. Water Quality and Assesments-A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Enviromental Monitoring, Second Edition, Chapman, D. (ed), pp 1-56, UNESCO / WHO/ UNEP
- [40] Tchobanoglous, G.; Schroeder, E.D.: “Water Quality Characteristics, Modeling, Modification”, USA, (1987).
- [41] OKAY, O., 1986, İzmit Körfezi suyunda besin elementleri, klorofil-a ve TOK dağılımı, Yüksek lisans tezi, İ.Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul.
- [42] GARGAS, E., 1976, The effect of sewage (mechanically, biologically, chemically treated) on algal growth, Water Quality Institute Agern Alle, 11, DK-2970, Horsholm, Denmark
- [43] RYTHER, J. H., DUNSTAN, W.M., 1971, Nitrogen, phosphorus and eutrophication in the coastal marine enviroment, Journal. Science, 171, 1008.
- [44] COVENEY, M.F. ve WETZEL, R.G., 1995, Biomass, production, and spesific growth rate of bacterioplankton and coupling to phytoplankton in an oligotrophic lake. Limnol. Oceanogr., 40(7), 1187-1200.
- [45] Tünay, O.: “Çevre Mühendisliğinde Kimyasal Prosesler”, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, Türkiye, (1996).
- [46] Gündüz, T.: “Çevre Sorunları”, Anadolu Üniv. Fen Fak. Kimya Bölümü Yay. Ankara, Türkiye, (1994) 71-121

- [47] Egemen, Ö. “Çevre ve Su Kirliliği”, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:42 İzmir, Türkiye, (2000).
- [48] Yüceer, M. 2005. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Ankara.
- [49] H. Yalçın ve M. Gürü, Su Teknolojisi, Palme Yayıncılık, Yayın No: 204, Ankara, Mart, 2002.
- [50] Samsunlu, A. 1995. Deniz Kirliliği ve Kontrolü İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü İstanbul.
- [51] Samsunlu, A , (1999), Sam-Çevre Teknolojileri Merkezi Yayınları, Çevre Mühendisliği Kimyası, 4. Baskı, İstanbul.
- [52] Sengül, F. Ve Müezzinoğlu, A. (1997), D.E.Ü. Mühendislik fakültesi Basım Ünitesi, Çevre Kimyası, 3. Baskı, İzmir.
- [53] M. Muslu, Su Temini ve Çevre Sağlığı, Cilt: 3, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 1985.
- [54] Atiyeh, H., (2006), Wastewater Characteristics, Faculty of Applied Science, Queen's University, Canada.
- [55] AKTÜRK, S. 2009. Adana – Tufanbeyli Yol Hattındaki Çeşme Sularının Mikrobiyolojik Kalitesinin Belirlenmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [56] HALKMAN, K., A., 2005. Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları (Editör, Halkman).Merck Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları. S. 261-281.
- [57] KELEŞ, N. ‘Koliform Nedir?’ (<http://www.bilgiustam.com/koliform-nedir/>)
- [58] Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R.,” A Practical Handbook of Seawater Analysis”, 2nd edition. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada, No. 167, 310s. (1972).
- [59] Grasshoff K. M. Ehrhardt ve K. Kremling. 1983. Methods of Sea Water Analysis. 2. baskı. Verlag –ChemieWeinheim.
- [60] Dore, J.E., Houlihan, T., Hebel, D.V., Tien, G., Tupas, L. and Karl, D.M. “Freezing as a method of sample preservation for the analysis of dissolved inorganic nutrients in seawater”, Marine Chemistry, 53:173-185, (1996).

- [61] Su ve Atıksuların Analizi için Standart Metotlar (16. Baskı)”
- [62] Koroleff, F., “Determination of phosphorus. In: Methods of Seawater Analysis”, 2<sup>nd</sup> ed. (Editörler: Grasshoff, K., Ehrhardt, M., Kremling, K.), Verlag Chemie, Germany, 125-139, (1983).
- [63] Raimbault, P., Pouvesle, W., Diaz, F., Garcia, N., Sempéré, R. Wet-oxidation and automated colorimetry for simultaneous determination of organic carbon, nitrogen and phosphorus dissolved in sea water”, Marine Chemistry, 66:161-169, (1999).
- [64] Denizlerde Ölçüm ve İzleme Standart Yöntemler el Kitabı TÜBİTAK K.D.6
- [65] APHA-AWWA-WPCF, (1985). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 16. baskı.
- [66] Denizlerde Ölçüm ve İzleme Standart Yöntemler el Kitabı TÜBİTAK K.K.2”
- [67] CESP, (1998), China State Environmental Protection Agency, Monitoring methods for water and wastewater, 3rd ed. Beijing, pp. 354–361.
- [68] UNESCO. (1984). Manual for monitoring oil and dissolved/dispersed petroleum hydrocarbons in marine waters and on beaches. IOC Manuals and Guides. No.13
- [69] Chingbu. P., Gordon. S. and Strange. T. R.. 2005. Fecal coliform bacteria disappearance rates in a nort-central Gulf of Mexico estuary. Estuarine. Coastal and Shelf Science. 65. p.309-318.
- [70] WHO/UNEP. 1994b. Guidelines for health-related monitoring of coastal recreational and shellfish areas: Part II. Bacterial indicator organisms. EUR/ICP/CEH 041(3) Copenhagen.

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı:**Eren DİNÇER

**Doğum Tarihi:**17/12/1986

**Öğrenim Durumu:**

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lise	Fen Bilimleri	Polatlı Lisesi	2000-2003
Lisans	Kimya	Ondokuz Mayıs	2005-2009
Yüksek Lisans	Kimya	Mersin	2013-2016

GörevUnvanı	Görev Yeri	Yıl
Kimyager	ODTU-Deniz Bilimleri Enstitüsü	2011-