



GİRESUN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI  
DOKTORA TEZİ

HARŞİT ÇAYI (GİRESUN) SU VE SEDİMENT KALİTESİNİN BELİRLENMESİ  
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

BUSE ERASLAN AKKAN

HAZİRAN 2017

GİRESUN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI  
DOKTORA TEZİ

HARŞİT ÇAYI (GİRESUN) SU VE SEDİMENT KALİTESİNİN BELİRLENMESİ  
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

BUSE ERASLAN AKKAN

HAZİRAN 2017

Fen Bilimleri Enstitü Müdürünün Onayı.

Prof. Dr. Başak TAŞELİ

-----  
Müdür

.../.../.....

Bu tezin Doktora Tezi olarak Biyoloji Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. İhsan AKYURT

-----  
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumuzu ve Doktora Tezi olarak bütün gerekliliklerini yerine getirdiğini onaylarız.

Prof. Dr. Bülent VEREP

Doç. Dr. Cengiz MUTLU

-----  
Ortak Danışman

-----  
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. İhsan AKYURT

-----

Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN

-----

Prof. Dr. Bülent VEREP

-----

Prof. Dr. Birol ERTUĞRAL

-----

Doç. Dr. Elif Neyran SOYLU

-----

Doç. Dr. Yılmaz ÇİFTÇİ

-----

Doç. Dr. Cengiz MUTLU

-----

## ÖZET

### HARŞİT ÇAYI (GİRESUN) SU VE SEDİMENT KALİTESİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

AKKAN ERASLAN, Buse

Giresun Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi

Danışman: Doç. Dr. Cengiz MUTLU

Prof. Dr. Bülent VEREP

HAZİRAN 2017, 107 sayfa

Bu çalışmanın amacı Harşit Çayı'nın Giresun sınırları içerisindeki su ve sediment kalitesi ile kirlilik düzeyinin araştırılmasıdır. Bu amaç için, Haziran 2014 ve Mayıs 2015 tarihleri arasında 7 farklı istasyondan aylık olarak yüzey suyu ve yüzey sedimenti örnekleri toplanmıştır. Harşit Çayı'nın su ve sediment kalitesi ve kirlilik düzeyi mevsimsel olarak ulusal ve uluslararası kriterlere göre incelenmiştir. Sediment örnekleri zenginleşme faktörü, jeoakümülyasyon indeksi ve kirlilik yük indeksine göre değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın bulguları değerlendirildiğinde, Harşit Çayı'nın su kalitesi hafif alkali, yumuşak ve dört mevsim bulanık olarak ifade edilebilir. Su örnekleri kirlilik açısından değerlendirildiğinde; fenol bakımından çok kirli, BOİ<sub>5</sub> açısından kirli, ağır metal içeriğine göre ise sonbahar mevsiminde Ni, Cd, Cr ve Zn metallerinin konsantrasyonları referans değerleri aşmaktadır. Bakteriyolojik parametreler değerlendirildiğinde çalışma sonuçları özellikle nehir ağzı ve çöp depolama alanlarının ön plana çıktığını gösterirken, Harşit Çayı suyunun bakteriyolojik su kalitesinin yüzme suyu kalitesi ve insan sağlığı açısından uygun olmadığını ifade etmektedir.

Sonuç olarak Harşit Çayı su ve sediment yapısındaki kirlenmenin sucul ekosistem ve halk sağlığını tehdit eder düzeyde olduğu söylenebilmektedir. Akarsu hattının düzenli olarak izlenmesi ve risk faktörlerinin kontrol altında tutulması önerilmektedir. Ayrıca, Harşit Çayı suyu herhangi bir arıtma yöntemine tabi tutulmadan evsel, gıda ve tarımsal üretim amaçları için kullanılmamalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Su Kalitesi, Harşit Çayı, Sediment Kalite İndeksi, Ağır Metal, Mikrobiyal Kirlilik



## **ABSTRACT**

### **A RESEARCH ON THE DETERMINATION OF WATER AND SEDIMENT QUALITY IN HARŞİT STREAM (GİRESUN)**

**AKKAN ERASLAN, Buse**

**Giresun University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Biology, PhD Thesis**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Cengiz MUTLU**

**Prof. Dr. Bülent VEREP**

**JUNE 2017, 107 pages**

The aim of this study is to investigate the water and sediment quality of, as well as level of pollution in the Harşit Stream within the borders of Giresun. Surface water and sediment samples were thus collected monthly from 7 stations between June 2014 and May 2015. Both the stream's water and sediment quality, alongside its pollution levels were analyzed seasonally, and assessed in accordance with Turkish legislation and international criteria. Sediment pollution assessment was done via an enrichment factor, geoaccumulation index, and pollution loading index.

Based on the findings of this study, one can state that Harşit Stream's water quality is slightly alkaline, soft, and turbid across all four seasons. In addition, when the surface water samples were analyzed for pollution levels, its phenol level indicates the stream as being very polluted, where as its BOD<sub>5</sub> level indicates it as just being polluted. The heavy metals found exceeded the reference concentration values for Ni, Cd, Cr and Zn during the autumn season. The results of the bacteriological analysis showed that as estuarine and storage areas were predominant, the bacteriological water quality of the streams water was/is thus not suitable for swimming, or for human health.

Consequently, the pollution level of water and sediment structure of Harşit Stream can be said to be of threat both to the aquatic ecosystem, as well as to human health. Regular monitoring and the keeping of risk factors under control are recommended. Additionally, the stream water should not be used for domestic, food, or agricultural production purposes without any prior form of treatment.

**Key Words:** Water Quality, Harşit Stream, Sediment Quality Index, Heavy Metal, Microbial Contamination



## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösteren ve destek olan değerli danışman hocalarım Doç. Dr. Cengiz MUTLU ve Prof. Dr. Bülent VEREP'e teőekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmalarım esnasında yapmış oldukları katkılarından dolayı Tez İzleme Komitesi Üyeleri Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN ve Prof. Dr. Birol ERTUĞRAL'a teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi olan ve hayatımın her noktasında desteklerini esirgemeyen canım ailem ve kıymetli eşime teőekkürü bir borç bilirim.

Arazi çalışmalarım esnasında araç desteği sunan Giresun Üniversitesi Rektörlüğü'ne teşekkür ederim.

Bu tez alışması Giresun Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi tarafından FEN-BAP-C-250414-02 kod ile maddi yönden desteklenmiştir.



## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>III</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>V</b>
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	<b>VIII</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>VII</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Su Kirliliği ve Akarsular İçin Önemi .....	2
1.2. Akarsularda İzlenen Kalite Değişkenleri ve Sınıflandırma.....	3
1.3. Önceki Çalışmalar .....	10
<b>2. MATERYAL VE METOT</b> .....	<b>14</b>
2.1. Çalışma Alanı Tanımı ve Örnek Toplama İstasyonları.....	14
2.2. YüzeY Suyu Numunelerinin Toplanması .....	16
2.3. Sediment Numunelerinin Toplanması.....	17
2.4. Su Numunelerinin Analizi .....	17
2.4.1. Fizikokimyasal Parametrelerin Analizi .....	18
2.4.2. Bakteriyolojik Analizler .....	20
2.4.3. Ağır Metal Analizi .....	21
2.5. Sediment Numunelerinin Analizi .....	21
2.5.1. Organik Madde Miktarı.....	21
2.5.2. pH Analizi .....	21
2.5.3. % Su İçeriği .....	22
2.5.4. Ağır Metal Analizi .....	22
2.5.5. Sediment Kalite İndeksleri .....	22
2.6. İstatistiksel Hesaplamalar .....	24
<b>3. ARAŞTIRMA BULGULARI</b> .....	<b>25</b>
3.1. Fizikokimyasal Analizler .....	25
3.1.1. Sıcaklık .....	25
3.1.2. pH.....	26
3.1.3. Çözünmüş Oksijen.....	27
3.1.4. Toplam Çözünmüş Madde Miktarı.....	28
3.1.5. Tuzluluk .....	29
3.1.6. Elektriksel İletkenlik.....	30

3.1.7. Oksidoredüksiyon Potansiyeli .....	31
3.1.8. Askıda Katı Madde .....	32
3.1.9. Türbidite.....	33
3.1.10. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı.....	34
3.1.11. Alkalinite .....	35
3.1.12. Toplam Sertlik .....	36
3.1.13. Toplam Amonyak Azotu .....	37
3.1.14. Nitrat Azotu .....	38
3.1.15. Nitrit Azotu .....	39
3.1.16. Silika .....	40
3.1.17. Toplam Fosfor.....	41
3.1.18. Ortofosfat Fosforu.....	42
3.1.19. Sodyum .....	43
3.1.20. Potasyum.....	44
3.1.21. Sülfid.....	45
3.1.22. Sülfat.....	46
3.1.23. Fenol .....	47
3.1.24. Klorofil_a.....	48
3.2. Bakteriyolojik Analizler .....	49
3.3. Ağır Metal Analizleri .....	53
3.4. Diğer Sediment Analizleri.....	59
3.4.1. Sediment % Su İçeriği .....	59
3.4.2. Organik Madde Miktarı .....	60
3.4.3. Sediment pH .....	61
3.4.4. Sediment Kalitesi İndeks Analizleri .....	62
<b>4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....</b>	<b>64</b>
<b>ÖNERİLER .....</b>	<b>80</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>82</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>92</b>
<b>EK-I.....</b>	<b>93</b>

## TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1. 1. Tatlı su kaynaklarındaki kalite değerleri .....	6
Tablo 1. 2. YSKYY (2015)'e göre su kalite sınıfları.....	7
Tablo 1. 3. İçme suyu amaçlı kullanılacak tatlı su rezervleri kalite değerleri.....	8
Tablo 2. 1. Operasyon noktaları koordinatları .....	16
Tablo 2. 2. YSI 556 MPS özellikleri (Akkan, 2013).....	17
Tablo 3. 1. Mevsimlere göre ortalama sıcaklık değerleri (°C) .....	25
Tablo 3. 2. Mevsimlere göre ortalama pH değerleri.....	26
Tablo 3. 3. Mevsimlere göre ortalama ÇO değerleri (mg/L).....	27
Tablo 3. 4. Mevsimlere göre ortalama TÇMM değerleri (g/L).....	28
Tablo 3. 5. Mevsimlere göre ortalama tuzluluk değerleri (ppt).....	29
Tablo 3. 6. Mevsimlere göre ortalama elektriksel iletkenlik değerleri (mS/cm)	30
Tablo 3. 7. Mevsimlere göre ortalama ORP değerleri (mV) .....	31
Tablo 3. 8. Mevsimlere göre ortalama AKM değerleri (g/L) .....	32
Tablo 3. 9. Mevsimlere göre ortalama türbidite değerleri (NTU) .....	33
Tablo 3. 10. Mevsimlere göre ortalama BOİ <sub>5</sub> değerleri (mg/L).....	34
Tablo 3. 11. Mevsimlere göre ortalama alkalinite değerleri (mg/L).....	35
Tablo 3. 12. Mevsimlere göre ortalama toplam sertlik değerleri (°F).....	36
Tablo 3. 13. Mevsimlere göre ortalama TAN değerleri (mg/L) .....	37
Tablo 3. 14. Mevsimlere göre ortalama nitrat azotu değerleri (mg/L) .....	38
Tablo 3. 15. Mevsimlere göre ortalama nitrit azotu değerleri (mg/L) .....	39
Tablo 3. 16. Mevsimlere göre ortalama silika değerleri (mg/L) .....	40
Tablo 3. 17. Mevsimlere göre ortalama toplam fosfor değerleri (mg/L).....	41
Tablo 3. 18. Mevsimlere göre ortalama ortofosfat fosforu değerleri (mg/L).....	42
Tablo 3. 19. Mevsimlere göre ortalama sodyum değerleri (mg/L) .....	43
Tablo 3. 20. Mevsimlere göre ortalama potasyum değerleri (mg/L).....	44
Tablo 3. 21. Mevsimlere göre ortalama sülfid değerleri (mg/L).....	45
Tablo 3. 22. Mevsimlere göre ortalama sülfat değerleri (mg/L) .....	46
Tablo 3. 23. Mevsimlere göre ortalama fenol değerleri (mg/L) .....	47
Tablo 3. 24. Mevsimlere göre ortalama klorofil <sub>a</sub> değerleri (µg/L).....	48
Tablo 3. 25. Su numunelerinin bakteriyolojik analizi I.....	50
Tablo 3. 26. Su numunelerinin bakteriyolojik analizi II .....	51
Tablo 3. 27. Su numunelerinin ağır metal analizleri (ppb) .....	55
Tablo 3. 28. Sediment numunelerinin ağır metal analizleri (ppm) .....	58
Tablo 3. 29. Mevsimlere göre ortalama sediment % su içeriği değerleri.....	59
Tablo 3. 30. Mevsimlere göre % ortalama organik madde miktarı değerleri....	60
Tablo 3. 31. Mevsimlere göre ortalama sediment pH değerleri.....	61
Tablo 3. 32. Sediment kalitesi indeks analizi sonuçları .....	63

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1. Çalışma alanı.....	15
Şekil 3. 1. İstasyonların mevsimsel su sıcaklığı değişimi .....	93
Şekil 3. 2. İstasyonların mevsimsel pH değişimi.....	93
Şekil 3. 3. İstasyonların mevsimsel ÇO değişimi .....	94
Şekil 3. 4. İstasyonların mevsimsel TÇMM değişimi .....	94
Şekil 3. 5. İstasyonların mevsimsel tuzluluk değişimi.....	95
Şekil 3. 6. İstasyonların mevsimsel elektriksel iletkenlik değişimi .....	95
Şekil 3. 7. İstasyonların mevsimsel ORP değişimi.....	96
Şekil 3. 8. İstasyonların mevsimsel AKM değişimi .....	96
Şekil 3. 9. İstasyonların mevsimsel türbidite değişimi .....	97
Şekil 3. 10. İstasyonların mevsimsel BOİ <sub>5</sub> değişimi .....	97
Şekil 3. 11. İstasyonların mevsimsel alkalinite değişimi .....	98
Şekil 3. 12. İstasyonların mevsimsel toplam sertlik değişimi .....	98
Şekil 3. 13. İstasyonların mevsimsel TAN değişimi.....	99
Şekil 3. 14. İstasyonların mevsimsel nitrat azotu değişimi.....	99
Şekil 3. 15. İstasyonların mevsimsel nitrit azotu değişimi.....	100
Şekil 3. 16. İstasyonların mevsimsel silika değişimi .....	100
Şekil 3. 17. İstasyonların mevsimsel toplam fosfor değişimi .....	101
Şekil 3. 18. İstasyonların mevsimsel ortofosfat fosforu değişimi .....	101
Şekil 3. 19. İstasyonların mevsimsel sodyum değişimi.....	102
Şekil 3. 20. İstasyonların mevsimsel potasyum değişimi .....	102
Şekil 3. 21. İstasyonların mevsimsel sülfat değişimi .....	103
Şekil 3. 22. İstasyonların mevsimsel sülfat değişimi .....	103
Şekil 3. 23. İstasyonların mevsimsel fenol değişimi.....	104
Şekil 3. 24. İstasyonların mevsimsel klorofil <sub>a</sub> değişimi .....	104
Şekil 3. 25. 22 °C'deki bakteri sayısı .....	105
Şekil 3. 26. 37 °C'deki bakteri sayısı .....	105
Şekil 3. 27. İstasyonların mevsimsel sediment % su içeriği değişimi .....	106
Şekil 3. 28. İstasyonların mevsimsel sediment organik madde miktarı değişimi .....	106
Şekil 3. 29. İstasyonların mevsimsel sediment pH değeri değişimi.....	107

## 1. GİRİŞ

Dünyadaki biyoçeşitliliğin ve yaşamsal aktivitelerin vazgeçilmez unsuru olan su, tarih boyunca medeniyetler için en değerli doğal kaynaklar arasında yer almıştır. İnsanlık tarihi var olduğundan itibaren yaşamın simgesi olarak kabul edilen suyun bilinçsizce kullanımı ekosistemde büyük tahribatlara yol açmaktadır. Özellikle sanayi devriminden itibaren endüstriyel gelişimin hızla artmasına paralel olarak, dünya genelinde de su kaynaklarındaki kirlenme problemi dikkat çeker bir hal almıştır. Her ne kadar suyun dünyanın dörtte üçünü kapladığı bilinse de aslında küresel olarak su sorunu yaşadığımız aşikârdır.

Dünyada yaklaşık 1.4 milyon km<sup>3</sup> toplam su miktarı olup, bu suyun 1.365 km<sup>3</sup>'ü (%97.5) tuzlu su, 35 milyon km<sup>3</sup>'ü (%2.5) ise tatlı su kaynaklarından oluşmaktadır. Yeryüzündeki tatlı suların %97'si yeraltı sularından oluşmaktadır (Yıldız, 2007). Miktar olarak yaşadığımız gezegende dengesiz bir şekilde dağılım gösteren suların yalnızca %2.59 gibi küçük bir miktarı karalarda bulunmakta, geri kalanını okyanuslar ve denizler oluşturmaktadır. Karalarda bulunan suyun büyük kısmı da buz, kar ve yer altı suları şeklindedir. İnsanoğlu ve diğer yaşayan organizmaların kullanımı için hazır olan su miktarı ise toplam suyun yalnızca %0.12 gibi çok küçük bir kısmına karşılık gelmektedir (Tomanbay, 2008). Tüm bunlarla birlikte dünyada her yıl yenilenebilir su miktarı (insanların yararlandığı su) 40.000 km<sup>3</sup> tür. Yani dünyada var olan suyun 1/1000'idir. Dolayısıyla, insanların yaşamak için temel faaliyetlerini kapsayan aktivitelerde (tarım, gıda, endüstri vs.) kullanımına uygun olan nitelikteki suyun miktar olarak bu kadar düşük seviyede olması su ve su kaynaklarının mutlak suretle korunması gerektiğini göstermektedir.

Ülkeler için ileriye yönelik stratejik adımların atılmasında kullanılabilir su potansiyeli, bilinmesi gereken su miktarının dağılımında büyük önem taşımaktadır. Türkiye'nin yıllık yağış ortalaması 670 mm'dir. En büyük ortalama yağış (1400 mm/yıl) Doğu Karadeniz, en düşük ortalama yağış ise (400 mm/yıl) Kızılırmak ve Konya kapalı havzalarına düşmektedir. Bu yağışlara göre ülkemizin brüt yıllık su potansiyeli 501 milyar m<sup>3</sup>'tür. Bu toplam potansiyelin yaklaşık 166 milyar m<sup>3</sup>/yıllık kısmı doğrudan akışa geçmekte, geriye kalan 335 milyar m<sup>3</sup>/yıllık kısmı sızma,

buharlaşma ve bitkisel terleme gibi nedenlerle yzeyssel akışa geçmemektedir. Akarsularımızın toplam su miktarı, yeraltına sızan suların da katkısıyla ortalama 186.1 milyar m<sup>3</sup>/yıl seviyesine yükselmektedir. Bunun yeryüzündeki akarsuların toplam akışının 0.5'ine eşit olduğu bilinmektedir (Akyel, 2007). Su döngüsünde önemli bir işleve sahip olan ve sürekli alıcı ortam özelliği gösteren akarsular, sürekli insan etkinliklerinin baskısı altında olduğundan evsel, sanayi ve tarımsal kaynaklı kirleticilerin etkisiyle kirlenerek su kalitesi bozulmaktadır (Soylak ve Doğan, 2000). Toplamda 145.000 km uzunluğunda bir akarsu ağına sahip olan Anadolu yarımadasının iç su kaynakları yönünden zengin olmasına rağmen, gelecekte su sorunları yaşamaya aday olduğu da bilinmektedir (iek ve Ertan, 2012).

Ülkemiz hem  bir tarafının denizlerle çevrili olması hem de doğal veya yapay olarak çok sayıda gl ve akarsuya sahip olmasıyla su kaynağı bakımından zengin olarak gözükmektedir. Ancak kişi başına düşen yıllık 1430 m<sup>3</sup>'lk kullanılabilir su miktarıyla Türkiye su kıtlığı çeken ülkeler arasında yer almaktadır. Bununla birlikte; hızlı nüfus artışı, kirlenme ve yıllık yağış ortalamasının dünya ortalamasından düşük olması, mevcut kaynakların daha dikkatli kullanılmasını ve kirlenmeye karşı gerekli tedbirlerin bir an önce alınmasını gerektirmektedir.

### **1.1. Su Kirliliği ve Akarsular İçin nemi**

Su kirliliği üzerine yapılmış birçok tanım mevcut olmakla birlikte geniş kapsamda ele alındığında; tatlı veya tuzlu suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştiren, sportif, ticari ve turizm amaçlı kullanımını engelleyen veya kısıtlayan, sahip olduğu ekosistemdeki zincirlere zarar veren her türlü olumsuzluklar kirletici olarak nitelendirilmekte olup, su kirliliğinin kaynağını oluşturmaktadırlar (Yanık ve Atamanalp, 2001; SKKY, 2004). FAO'ya göre su kirliliği tanımı ise; canlı kaynaklara zararlı, insan sağlığı için tehlikeli, balıkçılık gibi çalışmaları engelleyici ve su kalitesini zedeleyici etkiler yapabilecek maddelerin suya atılması şeklinde-dir. Başka bir tanımla ise; su kirliliği, insandan kaynaklanan etkiler sonucunda ortaya çıkan, kullanımı kısıtlayan ya da tamamen engelleyen, ekolojik dengeyi bozan nitelik değişimidir. Tanım olarak her ne kadar farklılıklar gözükse de su kaynaklarındaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapılar da meydana gelen değişiklikler kirliliğin

temelini oluşturmakta olup su kalite değişkenleriyle doğrudan ortaya çıkartılabilmektedir.

Akarsular, karasal ekosistemdeki biyoçeşitlilik ve yaşam için vazgeçilmez bir unsur olan kullanılabilir nitelikteki suyun en önemli kaynağıdır. Artan sanayileşmenin ve insan faktörünün baskısı sonucunda giderek kısıtlı hale gelen kullanılabilir nitelikteki tatlı su kaynaklarının korunmasının önemi her geçen gün hayati değer kazanmaktadır. Bu tür kaynakların su kalitesinde meydana gelen bozulmalar sucul ekosistemi tehdit ederek sucul organizmaların ölümleri ile sonlanan vresel sorunlara yol açmaktadır. Ayrıca, kirlenmiş yüzeysel sular ile sulama yapılan tarımsal ürünler de tehlikeli olmaya başlar. vresel kirlilik hem akarsudaki sucul habitatı olumsuz etkilerken hem de fiziki anlamda hoş olmayan görüntülere ve ekosistemin tamamında tahribata neden olmaktadır. Su kalitesi; türlerin bileşimini, verimliliğini, bolluk durumlarını ve sucul türlerin fizyolojik durumlarını etkilemektedir. Akarsular sürekli alıcı ortam özelliği gösterdiği için vre kirliliğinden birinci derecede etkilenerek beraberinde bu tür kirleticileri deşarj oldukları deniz veya gllere de taşımaktadırlar. Dolayısıyla, tatlı su kaynaklarının halk sağlığına etkileri ve benzer diğer konulardan dolayı bu kaynaklardaki kirlilik problemlerine ilgi dünya çapında da giderek artmaktadır.

## **1.2. Akarsularda İzlener Kalite Değişkenleri ve Sınıflandırma**

Değişkenler, suyun sahip olduğu fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri bünyesinde barındırmakta olup su kalitesini belirlemede yardımcı olmaktadır. En önemli değişkenlerin başında gelen su sıcaklığı; doğal koşullarda içinde bulunduğu mevsimin şartlarına, bulunduğu bölgenin coğrafik konumuna, su kütlesinin akış süresi ile derinliğine ve hatta günün saatine göre bile değişim gösterebilmektedir. Su sıcaklığı, sucul canlıların metabolizma hızını ve yaşam biçimleri ile ortamda meydana gelen birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayları da etkilediğinden diğer değişkenlere oranla çok daha fazla önem taşımaktadır.

Suda hidrojen iyonunun eksi logaritması olan pH, suyun asidik veya bazik özelliğini temsil eden değişkendir. Sucul ekosistemlerde özellikle biyolojik olaylar ve sıcaklığa bağlı olarak mevsimsel hatta günlük değişimleri bile söz konusudur. pH sucul canlıların beslenme, üreme, g etme gibi faaliyetlerini doğrudan

etkileyebilmektedir. Yine bununla bağlantılı olarak karşımıza çıkan bir diğer değişken olan alkalinite; suyun pH nötralize etme kapasitesi anlamına gelmektedir. pH üzerine tamponlayıcı etkisi bulunmakla birlikte akuatik yaşamda son derece önemli bir değişkendir.

Suda eriyik haldeki tuz miktarının ifadesine karşılık gelen tuzluluk; yaşamsal faaliyetler için son derece önemli olan katyon ve anyonları içerdiğinden, mikroorganizmalardan yüksek yapılı sucul canlılara kadar birçok grubun dağılımında son derece etkili bir değişkendir. Tuzlar suda iyonlar halinde çözülmüş olarak bulunduğundan elektriksel ortam oluşturmakta ve diğer bir fizikokimyasal değişken olan elektriksel iletkenliğin ölçülmesine ortam sağlamaktadırlar.

Türbidite, ışığın suyun alt kısımlarına geçmesini engelleyen asılı katı maddelerin miktarı olarak ifade edilmektedir. Kil, silt, kum, organik ve inorganik maddeler, çözülebilir renkli organik bileşenler, plankton ve diğer mikroskobik organizmalar gibi suda bulunan maddeler sudaki türbiditeyi belirlemektedir.

Çözülmüş oksijen su ekosistemlerindeki yaşamsal faaliyetler için gereken en önemli çözülmüş gazlardan olup, genellikle yüzey sularında doygunluk noktası civarında bulunurken derinlere indikçe bu miktarda azalma görülmektedir. Su sıcaklığı ve tuzluluk ile ters orantılıdır. Özellikle sucul ortamlardaki organik maddelerin bakteriyel faaliyetler sonucunda parçalanmasıyla miktarında azalmalar söz konusu olup biyokimyasal oksijen ihtiyacı adı verilen diğer bir kalite değişkenine karşılık gelmektedir.

Yapısı itibarıyla ekosistemdeki biyoçeşitliliğin sürdürülebilmesi için son derece önemli olan azot ve fosfor türevleri sucul ortam için vazgeçilmezdir. Besleyici elementler olarak da nitelendirilen bu elementler arasındaki dengenin bozulması sonucunda karşımıza çıkan en önemli kirlilik sorunlarının başında ötrofikasyon gelmektedir. Bu nedenle su kalitesi çalışmalarında önem arz eden değişkenler arasında; toplam fosfor, çözülebilir reaktif fosfor (fosfat fosforu), toplam azot, nitrit azotu, nitrat azotu ve amonyak da yer almaktadır. Özellikle azot türevlerindeki değişimlerin sudaki mikroorganizmalardan balıklara kadar tüm canlı grubu üzerinde sonucu ölüme varabilecek kadar ciddi tehditleri oluşturduğu



bilinmektedir. Yine fosfor ve azot türevleri kadar olmasa da silika, sülfat ve sülfit de kalite izleme çalışmalarında kullanılan değişkenler arasında yer almaktadır.

Özellikle sucul ortamlardaki kalite parametreleri ülkelerin kendi politikaları doğrultusunda tayin edildiğinden fizikokimyasal değişkenlerin yanı sıra, ağır metaller, poliaromatik hidrokarbonlar, fenollü bileşikler, deterjanlar, pestisit türevleri gibi toksik kimyasallar ve bakteriyolojik değişkenler de su kaynaklarındaki kaliteyi belirlemede sıklıkla faydalanılan değişkenlerdir.

Farklı nitelikteki değişkenlerden elde edilen sonuçlar doğrultusunda su kalite sınıfları oluşturulmaktadır. Su kalite sınıflarının oluşturulmasının temel amacı, ülkelerin yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin korunması ve en iyi biçimde kullanımının sağlanması için, su kirlenmesinin önlenmesini sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde gerçekleştirmek üzere gerekli olan hukuki ve teknik esasları tayin etmektir. Bu doğrultuda hazırlanan yönetmelikler; su ortamlarının kalite sınıflandırmaları ve kullanım amaçlarını, su kalitesinin korunmasına ilişkin planlama esasları ve yasaklarını, atık suların boşaltım ilkelerini ve boşaltım izni esaslarını, atık su altyapı tesisleri ile ilgili esasları ve su kirliliğinin önlenmesi amacıyla yapılacak izleme ve denetleme usul ve esaslarını kapsamaktadır.

Ülkemizde 2004 yılında yayımlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin yzeyssel su kaynaklarımızdan olan akarsularımız ile ilgili değerlendirmelerin yapıldığı kısım 2015'de revize edilerek gerekli sınıflandırma Yzeyssel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği (YSKYY)'ne göre Sınıf I, Sınıf II, Sınıf III ve Sınıf IV Kalite olmak üzere dört grupta ele alınmıştır. YSKYY'e göre tatlı su kaynaklarındaki kalite değerleri Tablo 1.1'de gösterilmektedir.

**Tablo 1. 1.** Tatlı su kaynaklarındaki kalite değerleri

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları, YSKYY 2015			
	I	II	III	IV
<i>Genel Şartlar</i>				
Sıcaklık (°C)	≤ 25	≤ 25	≤ 30	> 30
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
İletkenlik (µS/cm)	< 400	400-1000	1001-3000	> 3000
Renk	RES 436 nm: 1.5 RES 525 nm: 1.2 RES 620 nm: 0.8	RES 436 nm: 3 RES 525 nm: 2.4 RES 620 nm: 1.7	RES 436 nm: 4.3 RES 525 nm: 3.7 RES 620 nm: 2.5	RES 436 nm: 5 RES 525 nm: 4.2 RES 620 nm: 2.8
<i>(A) Oksijenlendirme Parametreleri</i>				
Çözünmüş oksijen (mg O <sub>2</sub> /L) <sup>a</sup>	> 8	6-8	3-6	< 3
Oksijen doygunluğu (%) <sup>a</sup>	90	70-90	40-70	< 40
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	< 25	25-50	50-70	> 70
Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ <sub>5</sub> ) (mg/L)	< 4	4-8	8-20	> 20
<i>(B) Nutrient (Besin Elementleri) Parametreleri</i>				
Amonyum azotu (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N/L)	< 0,2 <sup>b</sup>	0,2-1 <sup>b</sup>	1-2 <sup>b</sup>	> 2
Nitrit azotu (mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N/L)	< 0.002	0.002-0.01	0.01-0.05	> 0.05
Nitrat azotu (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/L)	< 5	5-10	10-20	> 20
Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	> 5
Toplam fosfor (mg P/L)	< 0.03	0.03-0.16	0.16-0.65	> 0.65
<i>(C) İz Elementler (Metaller)</i>				
Cıva (µg Hg/L)	< 0.1	0.1-0.5	0.5-2	> 2
Kadmiyum (µg Cd/L)	≤ 2	2-5	5-7	> 7
Kurşun (µg Pb/L)	≤ 10	10-20	20-50	> 50
Bakır (µg Cu/L)	≤ 20	20-50	50-200	> 200
Nikel (µg Ni/L)	≤ 20	20-50	50-200	> 200
Çinko (µg Zn/L)	≤ 200	200-500	500-2000	> 2000
<i>(D) Bakteriyolojik Parametreler</i>				
Fekal koliform (EMS/100 mL)	≤ 10	10-200	200-2000	> 2000
Toplam koliform (EMS/100 mL)	≤ 100	100-20000	20000-100000	> 100000

YSKYY (2015)'e göre su kaynaklarının kalite sınıflarının ayrıntılı açıklaması Tablo 1.2'deki gibidir. Ayrıca, uluslararası düzeyde referans olarak gösterilen bazı içme suyu amaçlı kullanılabilir tatlı su rezervleri kalite değerleri ise Tablo 1.3'deki gibidir.

**Tablo 1. 2.** YSKYY (2015)'e göre su kalite sınıfları

Sınıf			
I	II	III	IV
Yüksek kaliteli su 1) İçme suyu olma potansiyeli yüksek olan yüzeysel sular, 2) Yüzme gibi vücut teması gerektirenler dâhil rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir su, 3) Alabalık üretimi için kullanılabilir nitelikte su, 4) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılabilir nitelikte su,	Az kirlenmiş su 1) İçme suyu olma potansiyeli olan yüzeysel sular, 2) Rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir nitelikte su, 3) Alabalık dışında balık üretimi için kullanılabilir nitelikte su, 4) Mer'i mevzuat ile tespit edilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu,	Kirlenmiş su Gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere, uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilir nitelikte su ve sanayi suyu,	Çok kirlenmiş su Sınıf III için verilen kalite parametrelerinden daha düşük kalitede olan ve üst kalite sınıfına ancak iyileştirilerek ulaşabilecek yüzeysel sular.

Son yıllarda dünya genelinde olduğu gibi Avrupa Birliği (AB) tarafından da, üye ülkelerin genelinde yer alan yeraltı ve yerüstü su kaynakları üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda, yerüstü su kaynaklarının %20'sinin ciddi bir şekilde kirlendiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte hayati önem arz eden birçok yeraltı su kaynağının da aşırı derecede kullanıldığı belirlenmiştir. Miktar olarak diğer bölgelere oranla oldukça fazla su potansiyeline sahip olan Avrupa'da su problemleri dikkat çeker hal almıştır. Yapılan araştırmalar, su kaynaklarındaki kontrolsüz bir şekilde gerçekleşen kirlenmelerin ve aşırı kullanımların önüne geçilmediği takdirde, gelecek nesiller için iyi kalitede suyun kalmayacağı yönünde bulgular içermektedir. Bu nedenle Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, üye ülkelerin sınırları içerisindeki bütün su kaynaklarının koruma altına alınmasını, mevcut kirliliklerinin tespit edilerek giderilmesini ve gelecek kirliliklere karşı korunmasını amaçlayan üye ve aday ülkelerde uygulama zorunluluğu bulunan Su Çerçeve Yönergesini (SÇY) hazırlamıştır. Avrupa Birliği Su Direktifi'ne göre; suyun korunması ve savunulması gereken bir kamu kaynağı olduğu düşüncesi temel alınarak, sucul ekosistemler ve bunlara bağlı diğer ekosistemlerin daha fazla tahribatını önlemek sucul çevrenin iyileştirilmesi; var olan su kaynaklarının uzun vadeli korunması temel alınarak

sürdürülebilir kullanımı teşvik etmek ve yeraltı suyu kirliliğini azaltmak hedeflenmektedir. Ayrıca, yüzey suları için “iyi ekolojik duruma ulaşmak” büyük önem arz etmektedir. Yine bu bağlamda özellikle akarsulara dikkat çekilerek her bir nehir havzası için bir Nehir Havzası Yönetim Planının oluşturulması gerektiği vurgulanmaktadır. Ekim 2005 tarihi itibarıyla de üyelik için gerekli müzakerelerin başladığı ülkemizin de tüm bu hassasiyetlere karşı gerekli tedbirleri alması gerekmektedir. Özellikle kullanılabilir nitelikteki su kaynaklarımızın gelişigüzel bir şekilde kirletildiği günümüzde mevcut durumlarının tespitinin ne kadar da önem taşıdığı göz önüne serilmektedir.

**Tablo 1. 3.** İçme suyu amaçlı kullanılacak tatlı su rezervleri kalite değerleri

Parametre	WHO <sup>1</sup>	EC <sup>1,2</sup>	ABD-EPA <sup>1</sup>	Çin <sup>3</sup>	Kanada <sup>1</sup>
Cd	3 µg/L	5 µg/L	5 µg/L	5 µg/L	5 µg/L
Cr	50µg/L	50 µg/L	100 µg/L	50 µg/L (Cr <sup>6</sup> )	50 µg/L
Hg	6 µg/L	1 µg/L	2 µg/L	0.05 µg/L	1 µg/L
Ni	70 µg/L	20 µg/L	100 µg/L		
Cu	2000 µg/L	2000 µg/L	1300 µg/L	1000 µg/L	
Pb	10 µg/L	10 µg/L	15 µg/L	10 µg/L	10 µg/L
Mn	400 µg/L	50 µg/L			
Na	200 mg/L	200 mg/L			
Zn	3000 µg/L				
Sülfat	500 mg/L	250 mg/L			
Nitrit	3 mg/L	0.50 mg/L	1 mg/L (Azot)		
Nitrat	50 mg/L	50 mg/L	10 mg/L (Azot)	10 mg/L (Azot)	45 mg/L
<i>E. coli</i>		0/100 mL			
Enterococci		0/100 mL			
Koliform bakteri		0/100 mL			
22°C Koloni Sayısı		100/1 mL			
37°C Koloni Sayısı		20/1 mL			
Alkalinite			20 mg/L		

<sup>1</sup> SDWF, 2017

<sup>2</sup> EC, 2007

<sup>3</sup> SDWQ, 2006

Günümüzde çok büyük öneme sahip olan tatlı su kaynaklarının, kirlilik tehdidi altında olması, artan su ihtiyacı ile birlikte su kirliliği ve su kalitesi üzerine yapılan çalışmaların daha da yoğunlaşmasına neden olmuştur. Akarsularda meydana gelen kirliliği belirlemek için fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerden yararlanılmaktadır. Fiziksel ve kimyasal faktörlerden su kalitesinin izlenmesinin en önemli amacı; kirlilik kaynaklarındaki ve dolayısıyla kirlilik seviyelerindeki

değişimleri tespit ederek su kalitesini etkileyen faktörleri belirlemektir. Bu nedenle, bu çalışmada TR90 illeri arasında en yüksek ikinci düzeyde yüzey suyu hacmine sahip olan Giresun ilinin en uzun tatlı su kaynağı olan Harşit Çayı'nın su ve sediment yapılarının farklı yöntemler ile (fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve ağır metal analizi gibi) bir yıl boyunca izlenmesi ve değişimlerinin istasyonlar bazında belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, akarsu havzasının halk sağlığı açısından risk taşıyıp taşıyamama durumu ortaya konularak, ileriye yönelik olarak önerilerde de bulunulmuştur.



### 1.3. Önceki Çalışmalar

Taşdemir ve Kaynak (2001) Marmara Denizi'ne deşarj olan ve Bursa kenti için önemli bir yüzeysel su kaynağı olan Nilüfer Çayı'nın yoğun bir kirlenmeyi barındırdığını ve IV. Sınıf su kalitesine sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Daşçı (2002) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Büyük Menderes Havzası'nda kullanılan tarımsal kökenli ilaçların çeşitleri, miktarları ve çevresel etkileri incelenerek, kimyasal mücadele yerine alternatif olarak biyolojik mücadele yönteminin uygulanabilirliği değerlendirilmiştir.

Dirican ve Barlas (2005) Dipsiz ve Çine Çayı'nda yapmış oldukları çalışmada; 7 istasyondan 8 aylık örnekleme yapmışlardır. Büyük Menderes Nehri'nin can damarları konumunda olan Dipsiz ve Çine Çayı'nın zeytinyağı fabrikaları, mermer fabrikaları, mandıralar, tarım arazileri ile yerleşim birimlerinden kaynaklanan organik atıklardan dolayı kirlendiği ancak, mevcut durumda yoğun bir kirlenme ile karşılaşmadığı da belirtilmiştir.

Verep ve arkadaşları (2005) İyidere'nin su kalitesini belirlemek için yaptıkları çalışmada evsel ve sanayi atıklarının yüzey suyu kirliliğini artırdığını belirlemişlerdir.

Gültekin ve arkadaşları (2005) SKKY'ye göre Sümela Deresi'nin yüksek kaliteli su, Meryemana, Maçka ve Galyan Derelerinin sularının kirli su, Değirmendere suyunun ise çok kirlenmiş su sınıfında olduğunu belirtmişlerdir.

Uzun (2006) Değirmendere akarsuyunun bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerini ölçmüş ve akarsuyun Sınıf I (yüksek kaliteli su)'e girdiğini tespit etmiştir.

Erkan ve Vural (2006) Dicle Nehri'nin Diyarbakır bölgesinden geçen lokasyonlarında Mayıs 2005-Temmuz 2005 aralığında 10 istasyonda gerçekleştirdikleri çalışmada; her ay su örnekleri toplayarak toplam mezofilik aerob bakteri, *Enterobacteriaceae*, koliform, *E. coli*, *Staphylococcus-Micrococcus*, *Staphylococcus aureus*, küf-maya, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolitica* ve anaerob bakteri sayısını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar sonuç olarak, analiz edilen tüm suların önemli sayılabilecek düzeyde mikrobiyal kontaminasyona maruz kaldığı ve halk sağlığı açısından potansiyel bir tehlike arz ettiğini tespit etmişlerdir.

Kalyoncu ve arkadaşları (2008) Isparta ilinden doğan ve Akdeniz'e dökülen Aksu Çayı'nın su kalitesi üzerine yapmış oldukları çalışmada, dört farklı su kalitesi sınıfına rastladıklarını belirtmişlerdir.

Minareci ve arkadaşları (2009) tarafından Gediz Nehri'nin bir başka kolu olan Karaçay'da yapılan araştırmada Haziran 2005-Mayıs 2006 tarihleri arasında, aylık dönemler halinde su numuneleri toplanmış deterjan, fosfat ve bor kirliliği araştırılmıştır. SKKY'ye göre yapılan değerlendirmede; Karaçay'ın anyonik deterjan parametresi yönünden III. Sınıf (kirlenmiş su), fosfat parametresi yönünden II. Sınıf (az kirlenmiş su) kalitede olduğu saptanmıştır. Ayrıca Bor parametresi yönünden ise, bir istasyon haricinde, diğer tüm istasyonlarda inorganik kirlilik sınır değerlerinin üzerinde, IV. Sınıf (çok kirlenmiş su) kalite olduğu da rapor edilmiştir.

Mutlu ve arkadaşları (2013) Horohon Deresi su kalitesi özelliklerini 12 aylık örneklemeler ile tek istasyon ile belirlemeye çalışmışlardır. Derenin şu anki su kalitesi durumu bakımından iyi durumda olduğu, bu su kaynağının daha da kirlenmemesi, su kalitesinin korunması, doğal balık stokları ve diğer su canlılarının oluşturduğu doğal ekolojik dengenin devamlılığının sağlanması açısından periyodik olarak sürekli izlenmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Gedik ve arkadaşlarının (2010) Fırtına Deresi'nde yapmış oldukları çalışmada, dere suyunun fiziksel ve kimyasal tüm özelliklerinin SKKY'ye göre değerlendirmesi sonucunda; fosfat fosforu hariç Sınıf I kalitesinde suya sahip olduğu ayrıca uygun şartların sağlanması halinde dere sularının içme suyu olarak kullanımın yanında rekreasyon ve su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetlerinde de kullanılabileceği belirtilmiştir.

Bakış ve arkadaşları (2011) Porsuk havzası yüzeysel ve yeraltı suyu kirlilik düzeylerini belirlemeye yönelik gerçekleştirdikleri çalışmada; mevsimsel olarak 2 yıl boyunca örneklemeler yapmışlar ve sonuç olarak Porsuk çayı ve havzasındaki suların IV. Sınıf su kalitesinde olduğunu rapor etmişlerdir.

Öner ve Çelik (2011) tarafından Gediz Nehri'nde yapılan bir çalışmada; 5 ayrı noktadan Eylül 2007 ve Mart 2008 tarihleri arasında su ve sediment örnekleri toplanmış ve çalışma sonuçları SKKY'ye göre değerlendirilmiştir. IV. Sınıf su kalitesine sahip olduğu tespit edilen çalışmada ötrofikasyon nedeniyle de nehir tabanında organik madde birikiminin olduğu da kayıt edilmiştir.

Üstün (2011) Nilüfer Çayı (Bursa)'nda ağır metal kirliliği tespitine yönelik yaptığı çalışmada, 8 metalin konsantrasyonu incelenerek su kütlesinin toplam krom ve kurşun bakımından "çok kirlenmiş su" sınıfında olduğu tespit edilmiştir.

Çiçek ve Ertan (2012) çalışmalarında Köprüçay Nehri'nin su kalitesinin I. Sınıf su kalitesinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Gültekin ve arkadaşları (2012) yağışlı dönemlerde akarsuların su kalitesi parametreleri üzerine yaptıkları bir çalışmada; Trabzon ilindeki Akhisar, Foldere, İskefiye, Kalanima, Sera, Beşirli, Değirmendere, İkisu, Yomra, Yanbolu, Karadere, Manahoz, Solaklı ve Baltacı Derelerindeki değişimi incelemişlerdir. SKKY'ye göre yapılan değerlendirmede incelenen tüm suların birçok parametre açısından yüksek kaliteli sular sınıfında iken, bazı parametreler açısından az kirlenmiş, kirlenmiş ve çok kirlenmiş su sınıfında olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca araştırma sonucunda tarımsal faaliyetlerden ve çevresel atıklardan kaynaklı kirliliğin görüldüğü de belirtilmiştir.

Bulut ve arkadaşları (2012) Kestel Deresi'nde yaptıkları çalışmada, iki farklı istasyon için su kalite sınıfını Sınıf III olarak belirlemişlerdir.

Kacan ve Ulku (2013) Büyük Menderes Nehri'nin kaynağı durumunda olan Gümüştay ve Çürüksu Çayları'nın kirlilik yükünün belirlenmesine yönelik gerçekleştirdikleri çalışmada, bir yıl boyunca aylık örneklemeler ile 6 farklı noktadan su örnekleri toplamışlardır. Araştırmacılar özellikle Çürüksu Çayı'nın kirlilik yükünün alınacak önlemlerle azaltılması gerektiğini, deşarjların bu şekilde devam etmesi halinde toprakta ve suda telafisi mümkün olmayan çevre kirliliğine neden olacağını ve bunun da insan sağlığını etkileyebileceğini söylemişlerdir.

Kalender (2013) Geli Çayı sedimentindeki As, Cu, Mo, Pb, Zn, Co, Si, Cd, Al, Na ve K gibi bazı önemli element birikiminin antropojenik etkilerle ilişkili olduğunu jeoakümüasyon indeks uygulaması ile kayıt etmiştir.

Kasımoğlu ve Yılmaz (2014) Tersakan Çayı'nın bazı fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesine yönelik gerçekleştirdikleri çalışmada, Eylül 2011-Ağustos 2012'da mevsimsel olarak 4 farklı noktadan toplanan su örneklerini incelenmiş ve SKKY'ye göre I. Sınıf su kalitesine sahip olduğunu rapor etmişlerdir.

Çekim ve Dere'nin (2014) yapmış oldukları çalışmada Eğri Çayı'na deşarj edilen endüstriyel kökenli atıkların, su kalite parametreleri üzerine olumsuz derecede etki ettiklerini belirtmişlerdir. Araştırmacılar; atık suların deşarjı ile ilgili önlemlerin



alınmaması durumunda Eğri Çayı su kalitesi, Atatürk Baraj Gölü su kalitesi ve bu ortamların canlı su ekosistem özelliğini kaybetmesine yol açacağını da özellikle belirtmişlerdir.

Veses ve arkadaşları (2014) Ebro Nehri (İspanya)'nde 2001-2011 yılları arasında sedimentteki metal birikimini incelemiş ve jeoakümülyasyon indeks analizlerine göre örneklerin yarısından fazlasının antropojenik kökenli kirlenmeye maruz kaldığını belirlemişlerdir.

Bulut ve Akçimen (2015) Karamusa Deresi'nde yapmış oldukları çalışmada, dere üzerinde kurulu olan alabalık işletmesinin zaman zaman kalite parametrelerinin artışına neden olduğunu ve işletmenin atıklarını dereye bırakmaması gerektiğini vurgulamışlardır.

Topal ve Topal (2015) 2014-2015 kış sezonunda Caro Deresi'nin bazı fizikokimyasal parametreleri üzerine yapmış oldukları su kalitesi çalışmasında, 3 ay boyunca tek noktadan 15 günde bir alınan örnekler ile yapılan değerlendirmeye göre; SKKY'ye göre Caro Deresi'nin su kalite sınıfının, Sınıf II olarak belirlendiğini bildirmişlerdir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Çalışma Alanı Tanımı ve Örnek Toplama İstasyonları

Karadeniz Bölgesi'nin Doğu Karadeniz Bölümü'nde yer alan Giresun ili, 37° 50' ve 39° 12' doğu boylamları ile 40° 07' ve 41° 08' kuzey enlemleri arasındadır. İl, doğusunda Trabzon ve Gümüşhane, batısında Ordu, güneyinde Sivas ve Erzincan, kuzeyinde Karadeniz ile çevrilidir. 6.934 km<sup>2</sup>'lik yüzölçümü ile ülke topraklarının %08.5'ini kaplayan ve yine ülke nüfusunun %08.5'ini barındıran il; 121 km uzunluğa sahip olup, 6 farklı noktadan Karadeniz'e büyük hacimli akarsu deşarjını da sınırlarında içermektedir.

Özellikle tarımsal faaliyetlerin ekonomide son derece önemli olduğu yerleşim biriminde süre gelen zirai faaliyet kaynaklı kimyasal maddelerin çeşitli yollarla akarsulara bulaştığı bilinmektedir. Ayrıca, akarsu havzaları üzerinde kurulu taşıma kapasitesinin üstündeki alabalık işletmeleri de doğrudan veya dolaylı yollarla sucul kütleyi kirletmektedir (Akkan, 2013).

Bu çalışmada Giresun il sınırları içerisinde Karadeniz'e dökülen Harşit Çayı'nın mevcut su ve sediment kalitesi ile kirlilik düzeyinin ortaya çıkartılması amaçlanmıştır. Harşit Çayı, Gümüşhane il sınırlarındaki Vavuk Yaylası'ndan doğar, Günyüzü yakınlarında il topraklarına girer ve Tirebolu'nun doğusunda denize dökülür. İl sınırları içindeki uzunluğu 50 km olup toplamda 160 km ile ilin en uzun akarsuyudur. Harşit Çayı üzerinde Doğankent I ve II hidroelektrik santralleri vardır. Çayın debisi 232 m<sup>3</sup>/sn'dir. Harşit Çayı 178 hm<sup>3</sup> yıllık tatlı su potansiyeline sahip olup il için en önemli tatlı su kaynaklarından.

Bu çalışmada Harşit Çayı'nın il sınırına giriş yaptığı Günyüzü mevkiinden Karadeniz'e deşarj olduğu noktaya kadar, 7 farklı noktadan su ve sediment numunesi toplama işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.1).



**Şekil 2. 1. Çalışma alanı**

Operasyon noktalarının tanımı aşağıdaki gibidir.

1 nolu İstasyon: Harşit Çayı'nın Giresun il sınırları içerisine giriş yaptığı Günyüzü mevki yakınlarını kapsamaktadır.

2 nolu İstasyon: Doğankent ilçesi çıkışını kapsamakta olup, hem ilçe atık suları hem de baraj gölünün yoğun baskısı altında kalan alanı temsil etmektedir.

3 nolu İstasyon: Alabalık çiftlikleri sonrası tarımsal faaliyetlerin yapıldığı alanı temsil etmektedir.

4 nolu İstasyon: Hidroelektrik santrali öncesi suyun depolara aktarıldığı ve çoğunlukla su seviyesinin az olduğu alanı temsil etmektedir.

5 nolu İstasyon: Eski kum ve çakıl ocağı işletmesi olan alan hidroelektrik santrali sonrasında yer alıp santralin etkisi altında kalan lokasyona karşılık gelmektedir.

6 nolu İstasyon: Yöre halkı tarafından evsel çöp atıklarının bırakıldığı ve kum-çakıl işletmelerinin yoğun faaliyet gösterdiği alanı temsil etmektedir.

7 nolu İstasyon: Harşit Çayı'nın Karadeniz'e deşarj noktasını kapsamakta olup, evsel, küçük çaplı sanayi ve tarımsal aktivite atıklarının yoğun etki ettiği lokasyonu kapsamaktadır.

Operasyon noktalarının yaklaşık olarak koordinatları ve yükseklik değerleri Tablo 2.1'deki gibidir.

**Tablo 2. 1.** Operasyon noktaları koordinatları

<b>İstasyon</b>	<b>Koordinatlar</b>	<b>Yükseklik (m)</b>
1	40°45'46.95"K 38°57'37.49"D	369
2	40°49'30.48"K 38°54'29.77"D	166
3	40°50'29.18"K 38°54'5.39"D	145
4	40°51'35.07"K 38°51'35.89"D	93
5	40°55'15.48"K 38°50'56.39"D	52
6	40°59'16.56"K 38°51'36.08"D	36
7	41°00'30.37"K 38°50'46.91"D	6

## 2.2. Yüzey Suyu Numunelerinin Toplanması

Fizikokimyasal değişkenlerin değerlendirilmesi amacıyla araştırmada kullanılan numune kapları sahaya çıkmadan bir gün önce sırası ile zayıf asit banyosu ve saf sudan geçirilerek yıkanmıştır. Daha sonra saf su ile çalkalanan numune kapları etüvde kurularak kullanıma hazır hale getirilmiştir. Su numunesi toplama işlemi SKKY “Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği” (2009), prosedürlerine uygun olacak şekilde nansen şişesi aracılığı ile toplanmış ve zaman kaybetmeksizin soğuk zincir eşliğinde laboratuvara getirilmiştir.

Bakteriyolojik analizler için koyu renkli cam özellikteki su numune şişeleri uygun sterilizasyon şartları yerine getirildikten sonra su örnekleri, akarsu yüzeyinin 20 cm aşağısından steril şekilde toplanmış (100 mL) ve yine soğuk zincir korunarak 4 saat içerisinde laboratuvara getirilerek analizleri standart metotlara göre gerçekteşirilmiştir (APHA, 1992).

### 2.3. Sediment Numunelerinin Toplanması

Akarsu havzası boyunca sediment örnekleri, aylık olarak her bir istasyonda 3 farklı noktadan olmak üzere 7 istasyondan Ekman tipi (15x15x15 cm) sediment kepçesiyle alınmıştır. Buz korumalı kaplarda laboratuvara getirilen örnekler analiz yapılıncaya kadar laboratuvar koşulları altında -21 °C de saklanmıştır.

### 2.4. Su Numunelerinin Analizi

Harşit Çayı yüzey suyu numunelerinin analizleri arazi ve laboratuvar şartlarında olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir.

Arazi çalışmaları esnasında su numunelerinin pH, su sıcaklığı, çözünmüş oksijen (ÇO), tuzluluk, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş madde miktarı (TÇMM) ve oksidoredüksiyon potansiyeli (ORP) değerleri YSI 556 MPS, türbiditesi ise arazi tip cihaz (WTW-355 IR) aracılığı ile ölçülmüştür. Yine arazi şartlarında hemen ölçülmesi gereken nütrientler YSI 9300 fotometre ve ticari kitleri aracılığı ile analiz edilmişlerdir. Ölçümü yapılan parametrelerin hassasiyet aralıkları Tablo 2.2'deki gibidir. Her ay arazi çalışmalarında önce standart kalibrasyon solüsyonları ile tüm değişkenlerin ölçüm kalibrasyonu yapılarak cihazlar kullanıma hazır hale getirilmiştir.

**Tablo 2. 2.** YSI 556 MPS özellikleri (Akkan, 2013)

	Parametre	Sensör Tipi	Aralık	Hassasiyet
YSI 556 MPS	Çözünmüş Oksijen	Polarografik	0 ile 500 (%) hava doygunluğu	%0.1 hava doygunluğu
			0 ile 50 mg/L	0.01 mg/L
	Sıcaklık	Termistör	-5 ile 45 °C	0.1 °C
	İletkenlik	4 Elektrot hücresi	0 ile 200 mS/cm	0.001 ile 0.1 mS/cm
	Tuzluluk	İletkenlik ve sıcaklığa göre hesaplama	0 ile 70 ppt	0.01 ppt
	pH	Cam elektrot	0 ile 14	0.01
	Toplam Çözünmüş Madde Miktarı	İletkenlik ve sıcaklığa göre hesaplama	0 ile 100 g/L	4 Dijit
ORP	Platinyum butonu	-1999 ile 1999 mV	0.1 mV	

#### 2.4.1. Fizikokimyasal Parametrelerin Analizi

Yüzey suyu numunelerinin alkalinite ve sertlik tayini için EPA (1993)'nın titrimetrik yöntemleri kullanılmıştır. Alkalinite tayini için; sodyum karbonat ve standart asit solüsyonları eşliğinde pH'nın 4.5'e kadar potansiyometrik titrasyon metodu, sertlik analizi için ise; disodyum etilendiamin tetraasetat ve Eriochrome Black T indikatörünün kullanıldığı titrimetrik yöntem uygulanmıştır.

Nitrat analizi için sodyum salisilat yöntemindeki reaktifler kullanılarak spektrofotometrik ölçüm gerçekleştirilmiş ve standart eğriden elde edilen denklem ile kantitatif sonuca varılmıştır (Yang ve ark., 1998).

Su örneklerindeki nitrit azotu, fenol ve silika tespiti arazi tip YSI 9300 fotometre ile zaman kaybedilmeden su numuneleri toplandığı anda ticari kitle ile ölçülmüştür.

Toplam amonyak azotu tayini için fenol-hipoklorit yöntemi kullanılmıştır. Strickland ve Parsons (1972)'da belirtilen fenol ve sodyum nitroprusit solüsyonu, alkali reaktif, oksitleyici reaktif ve deiyonize su ile deneysel aşamaları takiben spektrofotometrik ölçüm gerçekleştirilmiş ve standart eğriden elde edilen denklem ile kantitatif sonuca varılmıştır.

Toplam fosfor için fenolftalein, sülfirik asit ve sodyum hidroksit solüsyonundan faydalanılarak spektrofotometrik ölçüm gerçekleştirilmiş ve standart eğriden elde edilen denklem ile kantitatif sonuca varılmıştır (Strickland ve Parsons, 1972).

Ortofosfat fosforu için amonyum molibdat, sülfirik asit, askorbik asit ve potasyum antimonil-tartarat solüsyonları ile karışım reaktifi kullanılarak spektrofotometrik ölçüm gerçekleştirilmiş ve standart eğriden elde edilen denklem ile kantitatif sonuca varılmıştır (Strickland ve Parsons, 1972).

Askıda katı madde (AKM) analizi için, su örnekleri gravimetrik yöntem ile Sartorius 0.45 µm membran filtrelerden süzülüp daha sonra filtre kâğıtlarınının 102-105 °C'de 24 saat bekletilmesi ile oluşan ağırlık farkından yararlanılarak hesaplanmıştır (Anonim, 1995).

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı BOİ<sub>5</sub> yöntemi ile 20 °C'de sudaki organik maddelerin oksitlenerek yapısının bozulabilmesi için 5 günlük inkübasyon periyodu

sırasında mikroorganizmalar tarafından kullanılan çözünmüş moleküler oksijen miktarının hesaplanmasıyla tespit edilmiştir (Anonim, 1995).

Klorofil\_a analizi için spektrofotometrik yöntem kullanılmıştır. Laboratuvara getirilen örnekler zaman kaybedilmeden vakumlu süzme aparatı aracılığı ile 47 mm çapındaki GF/C filtre kâğıdından süzülerek kapaklı cam tüplere konulmuş ve üzerlerine %90'lık asetonla 10 mL eklenerek kapakları kapalı şekilde buzdolabında karanlık ortamda bekletilmiştir. Örnekler, 24 saat sonra santrifüj tüplerine boşaltılarak santrifüj edilerek, santrifüj sonrası üstteki berrak sıvı pipetle alınmış ve 750, 664, 647 ile 630 nm dalga boylarında okumaları yapılmıştır. Numunelerde bulanıklıktan kaynaklanan hatayı gidermek için 750 nm'de okunan absorbans değerleri diğer dalga boyunda okunan absorbans değerlerinden çıkarılmış ve ardından her bir dalga boyunda okunan değerler kullanılarak Parsons ve arkadaşları (1984) tarafından verilen formüle göre klorofil\_a düzeyleri hesaplanmıştır.

Sodyum ve potasyum miktarının belirlenmesinde, konsantrasyonları bilinen standart solüsyonların alev fotometresinde numunelerle birlikte okutulması esasına dayanılmış ve tüm analiz basamaklarında standart metotlardan faydalanılmıştır (Anonim, 1995).

Sülfid miktarının belirlenmesinde dietil-p-fenilen diamin ve potasyum dikromat reaktiflerinden faydalanılan kolorimetrik, sülfat miktarının belirlenmesinde ise türbidimetrik yöntem kullanılmıştır (Strickland ve Parsons, 1972).

Spektrofotometrik ölçüm gerektiren tüm analizler UV-Mini 1240 UV/VİS (Shimadzu) cihazı ile ölçülmüştür.

Harşit Çayı'nın fizikokimyasal su kalitesi ve kirlilik seviyesi belirlenmesi sürecinde elde edilen bulguların irdelenmesinde; Yüzey Suları Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği gibi ulusal ve WHO (Dünya Sağlık Örgütü), EPA (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı), EC (Avrupa Birliği), Çin ile Kanada gibi uluslararası değerlendirme kriterlerinden faydalanılmıştır.

## 2.4.2. Bakteriyolojik Analizler

Su numunelerinin bakteriyolojik parametreler açısından incelenmesi aşamasında toplam koliform, fekal koliform, fekal streptokok bakteri ve *E. coli* sayısı ile 22 °C ve 37 °C'deki toplam canlı bakteri sayısı belirlenmiştir.

Toplam koliform bakteri sayısı için laktozlu besiyerinden faydalanılarak çoklu tüp metodu prosedürleri kullanılmıştır. Uygun şartlarda steril edilmiş 10 mL'lik laktozlu buyyon besiyerlerine su örneklerinden 3 adet 10 mL, 3 adet 1 mL, 3 adet 0.1 mL inoküle edilmiştir. 0.1 ve 1 mL numuneler için tek güçlü laktoz buyyonu, 10 mL'lik numuneler için ise çift güçlü laktoz buyyonu kullanılmıştır. İnoküle edilen numuneler 37 °C'de 24-48 saat inkübe edildikten sonra asit ve gaz oluşmuş tüplerin EMS (En Muhtemel Sayı) tablolarına göre 100 mL'deki toplam koliform sayıları saptanmıştır (Madden ve Gilmour, 1995).

Toplam koliform bakteri sayısının belirlenmesi için yapılan EMS yöntemindeki pozitif netice alınan tüplerden EC Broth besiyerine ekim yapılarak 44.5 °C - 45 °C aralığında 24 saat inkübe edildikten sonra durham tüplerinde gaz oluşturan tüpler fekal koliform pozitif olarak değerlendirilmiş ve EMS (En Muhtemel Sayı) tablolarına göre 100 mL'deki toplam fekal koliform sayıları tespit edilmiştir.

EMS yöntemindeki asit ve gaz oluşturan pozitif tüpler azaltma tekniğiyle EMB agara ekilip 37 °C'de 18-24 saat inkübasyona tabi tutulmuştur. İnkübasyon süresi sonunda metalik yeşil zon oluşturan kolonilere İMVİC testi uygulanmış yine şüpheli olan koloniler yeniden laktozlu buyyona inoküle edilerek 44.5 °C'de 24-48 saat inkübe edildikten sonra doğrulanarak *E. coli* sayısı belirlenmiştir.

Fekal streptokok saptanması amacıyla sodyum azidli besiyerinden faydalanılmıştır. Uygun şartlar altında steril tüplere sodyum azidli besiyerinden 5 mL koyulmuş ve üzerine 1 mL su örneği eklenerek 24-48 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonucunda bulanıklık gözlenen tüpler pozitif olarak değerlendirilerek fekal streptokok sayısı hesaplanmıştır (Balcı, 2007).

22 °C ve 37 °C'deki toplam aerob bakteri sayısını belirlemek için yüzey suyu örneklerinin uygun sulandırma oranlarından 0.1 mL alınarak Plate Count Agara (PCA) yayma ekim metodu ile ekim yapılmış ve sırasıyla 72 ve 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyonu takiben iki petri kutusundaki bakteri kolonileri sayılarak



ortalaması alınmış ve toplam bakteri sayısı belirlenmiştir. Tüm işlemler 3 tekrarlı olarak Anonim (1995)'e göre gerçekleştirilmiştir.

### **2.4.3. Ağır Metal Analizi**

7 farklı istasyondan 12 ay boyunca toplanan su örnekleri, 0.45 µm'lik Whatman GF/C tipi membran filtrelerle süzülerek polietilen şişelere konulmuştur. Hem Nansen şişesi hem de polietilen şişeler ortam suyuyla en az üç defa çalkalanmıştır (Alam ve ark., 2001). Her bir litre suya, pH 2'nin altına düşmesi için 10 mL 0.1 N HNO<sub>3</sub> ilave edildikten sonra buz korumalı kaplarda laboratuvara getirilmiş, ICP-MS cihazında analiz yapılıncaya kadar 4 °C'de bekletilmiştir. Analiz işlemi esnasında standartlar eşliğinde her bir örneğin en az 3 tekrarlı okuma işlemi gerçekleştirilerek ppb düzeyinde sonuçlar elde edilmiştir.

## **2.5. Sediment Numunelerinin Analizi**

### **2.5.1. Organik Madde Miktarı**

Sediment örneklerinden organik madde miktarı belirlenmesi amacıyla 2 gr toz haline getirilmiş sediment örneği, sabit tartıma getirilen porselen krozelere koyulmuş ve 550 °C'ye ayarlanmış kül fırınında 2 saat bekletilmiştir. Süre sonunda desikatörde oda sıcaklığına getirilen numuneler tekrar tartılmış ve Egemen (2000)'de belirtilen denklemden faydalanılarak organik madde miktarı saptanmıştır.

### **2.5.2. pH Analizi**

Sediment örneklerinin pH analizi için, yaş olarak tartılan numuneler 1:2.5 oranında saf su ile muamele edilmiş, iyice karıştırılan örneklerin çökmesini takiben üstte kalan sıvı kısmın pH değeri ölçülmüştür (Anonim, 1995).

### 2.5.3. % Su İçeriği

Sediment % su içeriğini belirlemek amacıyla sabit ağırlıktaki numuneler örnek kabına koyulmuş ve 103 °C’de kurutularak desikatörde soğutulmuştur. Ağırlık farklarından faydalanılarak su miktarı yüzdesi hesaplanmıştır (Anonim, 1995).

### 2.5.4. Ağır Metal Analizi

Ağır metal analizi için, istasyonların dip kısımlarından 0-10 cm’lik tabakadan alınan sediment örnekleri 0.5 µm’lik elek kullanılarak elenmiştir. Elenen örnekler 102-105 °C’de sabit ağırlığa gelene kadar kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan örneklerden 1 gr alınarak üzerlerine 3 mL HCl ve 1 mL HNO<sub>3</sub> eklenerek 24 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra örnekler ısı tablası üzerine alınarak 120 °C’de berraklaşana kadar muamele edilmiştir. Hazır hale getirilen örnekler 50 mL’ye deiyonize su ile seyreltilmiş ve mavi bant süzme kâğıtlarından süzülerek okunmaya hazır hale getirilmiştir (Anonim, 1984; Dural ve Göksu, 2006).

### 2.5.5. Sediment Kalite İndeksleri

Çalışma süresince 12 ay boyunca 7 farklı istasyondan toplanan sediment örneklerindeki ağır metal zenginleşmesinin antropojenik aktivitelerden kaynaklandığını doğrulayabilmek için Metal Zenginleştirme Faktörü (EF), Jeokümülyasyon İndeksi (I<sub>geo</sub>) ve Kirlilik Yük İndeksi (PLI) hesaplanmıştır.

$$EF = \frac{\left(\frac{M_x}{Fe_x}\right) \text{ örnek}}{\left(\frac{M_c}{Fe_c}\right) \text{ yer kabuğu}}$$

Elde edilen değer aşağıdaki skalaya göre değerlendirilir.

EF<1	Zenginleşme yok
EF<3	Duşuk düzeyde zenginleşme
EF=3-5	Değiştirilebilir düzeyde zenginleşme
EF=5-10	Değiştirilebilir ancak yüksek düzeyde zenginleşme
EF=10-25	Yüksek düzeyde zenginleşme
EF=25-50	çok yüksek düzeyde zenginleşme
EF>50	Aşırı yüksek düzeyde zenginleşme

Jeoakmlasyon İndeksi ( $I_{geo}$ ), sedimentteki metal kontaminasyonunu ifade eden diğer bir indeks olup, kirlenmenin boyutu aşağıdaki denklem kullanılarak 7 sınıfta ele alınır (Müller, 1979) :

$$I_{geo} = \log_2 \left( \frac{C_n}{1.5 B_n} \right)$$

Elde edilen değere göre kirlenme sınıflarının ifadesi;

Sınıf 0	$I_{geo} < 0$	Kirlenmemiş
Sınıf 1	$0 < I_{geo} < 1$	Kirlenmemiş-Orta Derecede Kirli
Sınıf 2	$1 < I_{geo} < 2$	Orta Derecede Kirli
Sınıf 3	$2 < I_{geo} < 3$	Orta-Kuvvetli Derecede Kirli
Sınıf 4	$3 < I_{geo} < 4$	Aşırı Derecede Kirli
Sınıf 5	$4 < I_{geo} < 5$	Aşırı-ok Aşırı Derecede Kirli
Sınıf 6	$I_{geo} > 5$	çok Aşırı Derecede Kirli

şeklindedir (Marvin, 2004; Vertacnik ve ark., 1995; Wardas ve ark., 1996).

Kirlilik Yük İndeksi (PLI) hesaplanırken aşağıdaki eşitlikten faydalanılmaktadır. Elde edilen değer  $>1$  ise ortamda antropojenik kaynaklı kirlenmenin olduğu varsayılır (Tomlinson ve ark., 1980).

$$PLI = (CF_1 \times CF_1 \times CF_1 \times \dots \times CF_n)^{1/n}$$

$$CF_{metal} = C_{metal} / C_{yer kabuğu}$$

n: rnek Sayısı

## 2.6. İstatistiksel Hesaplamalar

Mevsimler arasındaki farklılıklar Varyans analizi, One Way ANOVA yapılarak, Tukey çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen bütün istatistiksel hesaplamalar SPSS 17.0 istatistik programı kullanılarak yapılmıştır.



### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

#### 3.1. Fizikokimyasal Analizler

Harşit Çayı'ndan 12 ay boyunca 7 farklı istasyondan toplanan yüzey suyu örneklerinin fizikokimyasal analiz sonuçlarının istasyonlara göre değişimi Ek-1'deki grafiklerde verilmiştir (Şekil 3.1-3.24).

##### 3.1.1. Sıcaklık

Harşit Çayı yüzey suyu sıcaklığı 6.69 ile 21.48 °C arasında değişmekte olup mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 18.05 ( $\pm 0.486$ ) °C, sonbaharda 14.71 ( $\pm 0.824$ ) °C, kış mevsiminde 8.17 ( $\pm 0.200$ ) °C ve ilkbaharda 10.41 ( $\pm 0.563$ ) °C olarak kayıt edilmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak sıcaklık değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.1).

**Tablo 3. 1.** Mevsimlere göre ortalama sıcaklık değerleri (°C)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer	16.73	17.32	18.44	19.22	17.99	17.93	18.71	18.05 <sup>d</sup>
	Std. Hata	1.486	1.177	1.220	1.322	2.209	0.861	1.402	0.486
	Minimum Değer	14.62	15.04	16.03	16.62	13.90	16.47	16.44	
	Maksimum Değer	19.60	18.96	19.96	20.94	21.48	19.45	21.27	
Sonbahar	Ortalama Değer	14.28	14.23	15.16	14.92	14.54	14.66	15.14	14.71 <sup>c</sup>
	Std. Hata	2.602	2.592	2.755	2.312	2.861	2.428	2.562	0.824
	Minimum Değer	9.72	9.31	9.82	10.48	9.64	10.14	10.52	
	Maksimum Değer	18.73	18.11	19.00	18.26	19.55	18.46	19.37	
Kış	Ortalama Değer	7.60	7.66	8.68	8.68	8.03	7.54	8.99	8.17 <sup>a</sup>
	Std. Hata	0.410	0.515	0.474	0.179	0.473	0.631	0.624	0.200
	Minimum Değer	6.83	6.69	7.97	8.43	7.11	6.86	7.75	
	Maksimum Değer	8.23	8.44	9.58	9.03	8.68	8.80	9.70	
İlkbahar	Ortalama Değer	9.74	9.87	10.48	10.81	10.07	10.78	11.16	10.41 <sup>b</sup>
	Std. Hata	1.896	1.471	1.481	1.229	2.081	1.991	1.889	0.563
	Minimum Değer	7.75	8.06	8.91	9.15	6.94	8.10	8.83	
	Maksimum Değer	13.53	12.78	13.44	13.21	14.01	14.67	14.90	

Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ).

### 3.1.2. pH

Örnekleme periyodu boyunca yüzey suyu pH değeri 6.80 ile 8.74 arasında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 7.97 ( $\pm 0.082$ ), sonbaharda 7.69 ( $\pm 0.095$ ), kış mevsiminde 7.62 ( $\pm 0.098$ ) ve ilkbaharda 7.39 ( $\pm 0.051$ ) olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak pH değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.2).

**Tablo 3. 2.** Mevsimlere göre ortalama pH değerleri

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
<b>Yaz</b>	Ortalama Değer	7.94	8.15	8.22	8.10	7.65	7.87	7.88	7.97 <sup>b</sup>
	Std. Hata	0.118	0.325	0.166	0.310	0.323	0.079	0.073	0.082
	Minimum Değer	7.73	7.62	7.95	7.54	7.16	7.75	7.74	
	Maksimum Değer	8.14	8.74	8.52	8.61	8.26	8.02	7.98	
<b>Sonbahar</b>	Ortalama Değer	7.65	7.76	7.78	7.84	7.70	7.57	7.55	7.69 <sup>ab</sup>
	Std. Hata	0.294	0.375	0.300	0.366	0.316	0.178	0.141	0.095
	Minimum Değer	7.27	7.27	7.36	7.34	7.18	7.33	7.33	
	Maksimum Değer	8.23	8.50	8.36	8.55	8.27	7.92	7.81	
<b>Kış</b>	Ortalama Değer	7.69	7.52	7.77	7.82	7.69	7.42	7.44	7.62 <sup>a</sup>
	Std. Hata	0.096	0.015	0.146	0.388	0.528	0.342	0.136	0.098
	Minimum Değer	7.51	7.50	7.50	7.21	6.90	6.89	7.18	
	Maksimum Değer	7.84	7.55	8.00	8.54	8.69	8.06	7.64	
<b>İlkbahar</b>	Ortalama Değer	7.47	7.41	7.38	7.35	7.38	7.23	7.52	7.39 <sup>a</sup>
	Std. Hata	0.075	0.103	0.145	0.131	0.182	0.226	0.120	0.051
	Minimum Değer	7.35	7.30	7.10	7.20	7.19	6.80	7.30	
	Maksimum Değer	7.61	7.62	7.58	7.61	7.74	7.57	7.71	

Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ).

### 3.1.3. Çözünmüş Oksijen

Numunelerin ÇO değeri 7.21 ile 15.57 mg/L arasında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 11.53 ( $\pm 0.592$ ) mg/L, sonbaharda 12.18 ( $\pm 0.323$ ) mg/L, kış mevsiminde 11.82 ( $\pm 0.231$ ) mg/L ve ilkbaharda 10.85 ( $\pm 0.260$ ) mg/L olarak saptanmıştır. Ayrıca, mevsimsel olarak ÇO değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 3.3).

**Tablo 3. 3.** Mevsimlere göre ortalama ÇO değerleri (mg/L)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
<b>Yaz</b>	Ortalama Değer	12.57	11.97	11.30	10.68	11.66	11.57	10.98	11.53
	Std. Hata	1.456	2.076	2.201	2.180	0.794	1.715	1.946	0.592
	Minimum Değer	10.60	8.38	7.78	7.21	10.08	9.06	8.77	
	Maksimum Değer	15.41	15.57	15.35	14.70	12.61	14.85	14.86	
<b>Sonbahar</b>	Ortalama Değer	12.62	12.64	11.75	11.83	12.33	12.30	11.78	12.18
	Std. Hata	1.196	0.872	0.847	0.572	1.372	0.868	0.988	0.323
	Minimum Değer	10.33	10.90	10.15	10.74	9.72	10.58	9.86	
	Maksimum Değer	14.37	13.57	13.03	12.68	14.37	13.34	13.15	
<b>Kış</b>	Ortalama Değer	11.10	11.93	12.36	12.77	12.29	11.79	10.46	11.82
	Std. Hata	0.070	0.475	0.564	0.277	0.659	0.600	0.643	0.231
	Minimum Değer	11.02	11.08	11.76	12.30	10.99	10.87	9.54	
	Maksimum Değer	11.24	12.72	13.49	13.26	13.11	12.92	11.70	
<b>İlkbahar</b>	Ortalama Değer	11.17	11.57	11.02	11.18	10.60	10.37	10.04	10.85
	Std. Hata	1.076	0.865	0.713	0.487	0.557	0.780	0.549	0.260
	Minimum Değer	9.25	10.13	9.80	10.21	9.50	8.91	8.97	
	Maksimum Değer	12.97	13.12	12.27	11.67	11.31	11.58	10.78	

### 3.1.4. Toplam Çözünmüş Madde Miktarı

Çalışma alanı boyunca TÇMM 0.080 ile 0.490 g/L arasında değişmektedir. Mevsimlere göre ortalama TÇMM değerleri sırasıyla; yaz mevsiminde 0.120 ( $\pm 0.004$ ) g/L, sonbaharda 0.137 ( $\pm 0.004$ ) g/L, kış mevsiminde 0.362 ( $\pm 0.014$ ) g/L ve ilkbaharda 0.339 ( $\pm 0.016$ ) g/L olarak belirlenmiştir. En yüksek TÇMM değeri Mart ayında 1 nolu istasyonda, en düşük değer Haziran ayında 5 nolu istasyonda kayıt edilmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak TÇMM değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli düzeyde olduğu bulunmuştur (Tablo 3.4).

**Tablo 3. 4.** Mevsimlere göre ortalama TÇMM değerleri (g/L)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
<b>Yaz</b>	Ortalama Değer	0.119	0.109	0.118	0.127	0.119	0.118	0.129	0.120 <sup>a</sup>
	Std. Hata	0.011	0.009	0.007	0.007	0.021	0.012	0.010	0.004
	Minimum Değer	0.103	0.099	0.106	0.114	0.080	0.105	0.116	
	Maksimum Değer	0.139	0.128	0.130	0.139	0.150	0.142	0.149	
<b>Sonbahar</b>	Ortalama Değer	0.146	0.122	0.130	0.133	0.139	0.140	0.149	0.137 <sup>a</sup>
	Std. Hata	0.008	0.010	0.008	0.011	0.016	0.010	0.010	0.004
	Minimum Değer	0.131	0.102	0.115	0.111	0.106	0.120	0.131	
	Maksimum Değer	0.155	0.133	0.142	0.148	0.156	0.153	0.163	
<b>Kış</b>	Ortalama Değer	0.386	0.343	0.339	0.367	0.368	0.357	0.372	0.362 <sup>b</sup>
	Std. Hata	0.059	0.009	0.028	0.050	0.056	0.036	0.039	0.014
	Minimum Değer	0.268	0.326	0.284	0.298	0.259	0.303	0.302	
	Maksimum Değer	0.457	0.355	0.367	0.464	0.442	0.424	0.437	
<b>İlkbahar</b>	Ortalama Değer	0.367	0.335	0.341	0.337	0.343	0.316	0.335	0.339 <sup>b</sup>
	Std. Hata	0.070	0.053	0.045	0.033	0.040	0.045	0.040	0.016
	Minimum Değer	0.248	0.270	0.284	0.273	0.287	0.225	0.278	
	Maksimum Değer	0.490	0.441	0.430	0.383	0.421	0.361	0.413	

Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ).



### 3.1.5. Tuzluluk

Örnekleme periyodu boyunca tuzluluk değeri 0.01-0.37 ppt arasında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 0.09 ( $\pm 0.003$ ) ppt, sonbaharda 0.10 ( $\pm 0.005$ ) ppt, kış mevsiminde 0.26 ( $\pm 0.009$ ) ppt ve ilkbaharda 0.25 ( $\pm 0.011$ ) ppt olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak tuzluluk değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı derecede olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.5).

**Tablo 3. 5.** Mevsimlere göre ortalama tuzluluk değerleri (ppt)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer	0.087	0.077	0.087	0.090	0.087	0.087	0.093	0.09 <sup>a</sup>
	Std. Hata	0.007	0.007	0.003	0.006	0.015	0.007	0.009	0.003
	Minimum Değer	0.080	0.070	0.080	0.080	0.060	0.080	0.080	
	Maksimum Değer	0.100	0.090	0.090	0.100	0.110	0.100	0.110	
Sonbahar	Ortalama Değer	0.107	0.087	0.063	0.097	0.100	0.103	0.110	0.10 <sup>a</sup>
	Std. Hata	0.003	0.009	0.027	0.009	0.010	0.007	0.006	0.005
	Minimum Değer	0.100	0.070	0.010	0.080	0.080	0.090	0.100	
	Maksimum Değer	0.110	0.100	0.100	0.110	0.110	0.110	0.120	
Kış	Ortalama Değer	0.287	0.257	0.253	0.240	0.240	0.270	0.277	0.26 <sup>b</sup>
	Std. Hata	0.044	0.009	0.022	0.010	0.032	0.026	0.032	0.009
	Minimum Değer	0.200	0.240	0.210	0.220	0.190	0.230	0.220	
	Maksimum Değer	0.340	0.270	0.280	0.250	0.300	0.320	0.330	
İlkbahar	Ortalama Değer	0.273	0.250	0.230	0.247	0.257	0.237	0.253	0.25 <sup>b</sup>
	Std. Hata	0.055	0.040	0.012	0.024	0.033	0.033	0.030	0.011
	Minimum Değer	0.180	0.200	0.210	0.200	0.210	0.170	0.210	
	Maksimum Değer	0.370	0.330	0.250	0.280	0.320	0.270	0.310	

Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ).

### 3.1.6. Elektriksel İletkenlik

Örnekleme havzası boyunca elektriksel iletkenlik değeri 0.097 ile 0.509 mS/cm arasında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama iletkenlik değerleri sırasıyla; yaz mevsiminde 0.161 ( $\pm 0.007$ ) mS/cm, sonbaharda 0.170 ( $\pm 0.007$ ) mS/cm, kış mevsiminde 0.380 ( $\pm 0.014$ ) mS/cm ve ilkbaharda 0.373 ( $\pm 0.013$ ) mS/cm'dir. Ayrıca, mevsimsel olarak iletkenlik değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.6).

**Tablo 3. 6.** Mevsimlere göre ortalama elektriksel iletkenlik değerleri (mS/cm)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
<b>Yaz</b>	Ortalama Değer	0.155	0.144	0.159	0.174	0.161	0.157	0.175	0.161 <sup>a</sup>
	Std. Hata	0.019	0.014	0.013	0.014	0.035	0.019	0.019	0.007
	Minimum Değer	0.128	0.126	0.135	0.147	0.097	0.137	0.149	
	Maksimum Değer	0.192	0.171	0.179	0.194	0.216	0.195	0.213	
<b>Sonbahar</b>	Ortalama Değer	0.178	0.150	0.164	0.167	0.173	0.174	0.187	0.170 <sup>a</sup>
	Std. Hata	0.007	0.020	0.019	0.022	0.029	0.021	0.021	0.007
	Minimum Değer	0.166	0.111	0.126	0.123	0.115	0.132	0.146	
	Maksimum Değer	0.190	0.177	0.183	0.189	0.212	0.197	0.211	
<b>Kış</b>	Ortalama Değer	0.397	0.354	0.364	0.392	0.384	0.367	0.400	0.380 <sup>b</sup>
	Std. Hata	0.060	0.005	0.023	0.055	0.057	0.035	0.038	0.014
	Minimum Değer	0.278	0.344	0.317	0.316	0.274	0.307	0.330	
	Maksimum Değer	0.460	0.362	0.389	0.500	0.466	0.427	0.460	
<b>İlkbahar</b>	Ortalama Değer	0.394	0.365	0.378	0.377	0.373	0.349	0.377	0.373 <sup>b</sup>
	Std. Hata	0.062	0.052	0.041	0.028	0.026	0.036	0.032	0.013
	Minimum Değer	0.298	0.307	0.333	0.327	0.345	0.278	0.344	
	Maksimum Değer	0.509	0.470	0.460	0.422	0.425	0.392	0.441	

Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ).

### 3.1.7. Oksidoredüksiyon Potansiyeli

Örnekleme periyodu boyunca ORP değeri -109.80 ile 197.00 mV arasında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama ORP değerleri sırasıyla; yaz mevsiminde 4.67 ( $\pm 1.967$ ) mV, sonbaharda -133.48 ( $\pm 4.295$ ) mV, kış mevsiminde -140.00 ( $\pm 7.438$ ) mV ve ilkbaharda 25.76 ( $\pm 7.420$ ) mV olarak saptanmıştır. Ayrıca, mevsimsel olarak ORP değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.7).

**Tablo 3. 7.** Mevsimlere göre ortalama ORP değerleri (mV)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer	20.73	11.30	-4.40	19.63	39.67	-22.90	-31.33	4.67 <sup>bc</sup>
	Std. Hata	68.741	77.470	56.788	76.502	81.700	20.170	23.105	20.482
	Minimum Değer	-70.20	-69.20	-70.80	-70.30	-77.20	-58.70	-67.60	
	Maksimum Değer	155.50	166.20	108.60	171.80	197.00	11.10	11.60	
Sonbahar	Ortalama Değer	-83.53	-85.07	-79.87	-79.23	-63.10	-75.83	-78.57	-77.89 <sup>a</sup>
	Std. Hata	10.807	12.591	12.477	13.638	8.130	6.253	4.901	3.591
	Minimum Değer	-105.10	-109.80	-104.80	-106.20	-72.40	-87.50	-87.80	
	Maksimum Değer	-71.50	-68.60	-66.50	-62.20	-46.90	-66.10	-71.10	
Kış	Ortalama Değer	20.73	23.80	20.97	18.37	14.93	24.63	24.90	21.19 <sup>c</sup>
	Std. Hata	21.738	18.674	16.248	18.121	15.191	13.920	17.813	5.600
	Minimum Değer	-22.70	-13.50	-11.50	-17.50	-14.10	-1.90	-10.70	
	Maksimum Değer	44.10	44.10	38.40	40.80	37.20	45.20	43.90	
İlkbahar	Ortalama Değer	-18.47	-23.43	-21.93	-23.93	-21.87	-12.63	-22.40	-20.67 <sup>b</sup>
	Std. Hata	5.094	0.674	2.452	1.517	4.048	9.072	3.272	1.652
	Minimum Değer	-26.90	-24.70	-26.50	-26.90	-29.80	-28.70	-28.30	
	Maksimum Değer	-9.30	-22.40	-18.10	-21.90	-16.50	2.70	-17.00	

Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ).

### 3.1.8. Askıda Katı Madde

AKM değeri bakımından yüzey suyu değişim 0.184 ile 0.742 g/L arasında seyretmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 0.594 ( $\pm 0.025$ ) g/L, sonbaharda 0.586 ( $\pm 0.020$ ) g/L, kış mevsiminde 0.506 ( $\pm 0.021$ ) g/L ve ilkbaharda 0.530 ( $\pm 0.033$ ) g/L olarak kayıt edilmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak AKM değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir (Tablo 3.8).

**Tablo 3. 8.** Mevsimlere göre ortalama AKM değerleri (g/L)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
<b>Yaz</b>	Ortalama Değer	0.521	0.567	0.617	0.561	0.636	0.603	0.655	0.594
	Std. Hata	0.128	0.016	0.086	0.075	0.061	0.048	0.034	0.025
	Minimum Değer	0.282	0.536	0.448	0.412	0.514	0.528	0.590	
	Maksimum Değer	0.718	0.590	0.734	0.654	0.706	0.692	0.706	
<b>Sonbahar</b>	Ortalama Değer	0.547	0.579	0.543	0.618	0.619	0.591	0.608	0.586
	Std. Hata	0.034	0.068	0.017	0.057	0.078	0.077	0.055	0.020
	Minimum Değer	0.480	0.474	0.520	0.548	0.466	0.486	0.544	
	Maksimum Değer	0.586	0.706	0.576	0.730	0.724	0.742	0.718	
<b>Kış</b>	Ortalama Değer	0.515	0.460	0.515	0.525	0.479	0.552	0.496	0.506
	Std. Hata	0.066	0.063	0.075	0.061	0.051	0.076	0.045	0.021
	Minimum Değer	0.386	0.390	0.410	0.408	0.384	0.406	0.418	
	Maksimum Değer	0.606	0.586	0.660	0.612	0.558	0.664	0.574	
<b>İlkbahar</b>	Ortalama Değer	0.500	0.387	0.558	0.509	0.585	0.565	0.609	0.530
	Std. Hata	0.085	0.106	0.093	0.098	0.096	0.098	0.062	0.033
	Minimum Değer	0.390	0.184	0.398	0.316	0.394	0.370	0.484	
	Maksimum Değer	0.668	0.544	0.720	0.634	0.692	0.674	0.676	

### 3.1.9. Türbidite

Su numunelerindeki türbidite değişimi 0 ile 69.25 NTU arasında seyretmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 13.45 ( $\pm 3.879$ ) NTU, sonbaharda 17.73 ( $\pm 4.410$ ) NTU, kış mevsiminde 15.09 ( $\pm 2.797$ ) NTU ve ilkbaharda 18.90 ( $\pm 3.449$ ) NTU olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak türbidite değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önem arz etmediği belirlenmiştir (Tablo 3.9).

**Tablo 3. 9.** Mevsimlere göre ortalama türbidite değerleri (NTU)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
<b>Yaz</b>	Ortalama Değer	8	2	12	2	3	27	40	13.45
	Std. Hata	7.743	1.101	10.560	0.885	1.773	10.663	10.507	3.879
	Minimum Değer	0.1	0.1	0.9	0.0	0.3	10.1	29.7	
	Maksimum Değer	23.5	3.7	32.7	3.0	6.4	46.7	61.3	
<b>Sonbahar</b>	Ortalama Değer	9	9	2	2	14	37	51	17.73
	Std. Hata	4.479	1.256	1.390	1.981	3.086	10.192	12.053	4.410
	Minimum Değer	0.0	6.3	0.0	0.3	9.0	17.4	28.2	
	Maksimum Değer	13.6	10.4	4.3	6.3	19.7	51.2	69.3	
<b>Kış</b>	Ortalama Değer	17	11	4	8	12	19	35	15.09
	Std. Hata	9.072	6.316	1.649	1.460	4.790	7.913	4.787	2.797
	Minimum Değer	4.3	1.9	0.3	5.5	4.2	7.4	25.5	
	Maksimum Değer	34.4	22.9	5.5	10.6	20.8	34.1	40.3	
<b>İlkbahar</b>	Ortalama Değer	11	12	9	10	13	35	43	18.90
	Std. Hata	3.664	4.662	4.712	3.069	2.550	11.356	7.363	3.449
	Minimum Değer	4.4	3.0	2.9	5.6	8.0	20.7	29.7	
	Maksimum Değer	16.9	18.2	18.2	15.7	16.7	57.2	55.1	

### 3.1.10. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı

BOİ<sub>5</sub> değeri bakımından yüzey sularındaki değişim 1.12 ile 11.09 mg/L arasında seyretmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 4.29 (±0.419) mg/L, sonbaharda 4.65 (±0.312) mg/L, kış mevsiminde 4.66 (±0.226) mg/L ve ilkbaharda 6.42 (±0.526) mg/L olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak BOİ<sub>5</sub> değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı derecede olduğu kayıt edilmiştir (Tablo 3.10).

**Tablo 3. 10.** Mevsimlere göre ortalama BOİ<sub>5</sub> değerleri (mg/L)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
<b>Yaz</b>	Ortalama Değer	5.30	4.72	4.09	3.45	4.41	4.33	3.75	4.29 <sup>a</sup>
	Std. Hata	1.024	1.393	1.490	1.493	0.942	1.037	1.330	0.419
	Minimum Değer	3.42	2.25	1.77	1.12	2.95	2.94	2.20	
	Maksimum Değer	6.94	7.07	6.87	6.23	6.17	6.36	6.40	
<b>Sonbahar</b>	Ortalama Değer	5.08	5.06	4.25	4.37	4.79	4.76	4.24	4.65 <sup>a</sup>
	Std. Hata	1.113	0.866	0.851	0.535	1.305	0.842	1.003	0.312
	Minimum Değer	2.97	3.35	2.67	3.33	2.35	3.09	2.26	
	Maksimum Değer	6.75	6.14	5.59	5.10	6.81	5.77	5.52	
<b>Kış</b>	Ortalama Değer	3.92	4.10	5.09	5.55	5.13	4.48	4.33	4.66 <sup>a</sup>
	Std. Hata	0.453	0.232	0.410	0.783	0.476	0.026	1.103	0.226
	Minimum Değer	3.09	3.72	4.27	4.00	4.39	4.44	2.95	
	Maksimum Değer	4.65	4.52	5.51	6.53	6.02	4.53	6.51	
<b>İlkbahar</b>	Ortalama Değer	6.91	6.77	6.36	6.97	5.70	6.35	5.89	6.42 <sup>b</sup>
	Std. Hata	2.158	1.295	1.401	1.735	1.003	2.010	1.501	0.526
	Minimum Değer	3.89	5.17	4.00	4.86	4.01	3.58	3.85	
	Maksimum Değer	11.09	9.33	8.85	10.41	7.48	10.26	8.82	

Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

### 3.1.11. Alkalinite

Alkalinite değeri bakımından su numunelerindeki değişim 50 ile 152 mg/L olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 77.95 ( $\pm 2.629$ ) mg/L, sonbaharda 81.43 ( $\pm 3.519$ ) mg/L, kış mevsiminde 87.62 ( $\pm 5.544$ ) mg/L ve ilkbaharda 93.29 ( $\pm 4.928$ ) mg/L olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak alkalinite değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli derecede olmadığı kayıt edilmiştir (Tablo 3.11).

**Tablo 3. 11.** Mevsimlere göre ortalama alkalinite değerleri (mg/L)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer	80	76	75	79	73	77	85	77.95
	Std. Hata	2.603	4.583	5.696	3.215	11.504	11.392	10.366	2.629
	Minimum Değer	76	70	64	74	50	64	71	
	Maksimum Değer	85	85	82	85	85	100	105	
Sonbahar	Ortalama Değer	93	71	73	70	81	89	93	81.43
	Std. Hata	9.939	10.333	6.438	8.667	9.504	6.360	9.528	3.519
	Minimum Değer	73	51	60	53	62	78	77	
	Maksimum Değer	105	86	81	79	91	100	110	
Kış	Ortalama Değer	126	78	76	67	106	81	80	87.62
	Std. Hata	20.744	10.536	5.667	2.603	10.536	6.984	10.990	5.544
	Minimum Değer	85	57	65	62	94	67	60	
	Maksimum Değer	152	90	82	71	127	90	98	
İlkbahar	Ortalama Değer	116	84	84	81	109	90	89	93.29
	Std. Hata	18.583	6.766	8.988	5.175	21.455	11.269	7.311	4.928
	Minimum Değer	86	75	68	75	74	71	75	
	Maksimum Değer	150	97	99	91	148	110	99	

### 3.1.12. Toplam Sertlik

Örnekleme periyodu boyunca yüzey suyu toplam sertlik değerinin 3.85 ile 19.10 °F arasında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 11.29 ( $\pm 0.600$ ) °F, sonbaharda 11.93 ( $\pm 0.485$ ) °F, kış mevsiminde 8.71 ( $\pm 0.681$ ) °F ve ilkbaharda 10.60 ( $\pm 0.653$ ) °F olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak toplam sertlik değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.12).

**Tablo 3. 12.** Mevsimlere göre ortalama toplam sertlik değerleri (°F)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
<b>Yaz</b>	Ortalama Değer	12	11	12	11	11	11	12	11.29 <sup>b</sup>
	Std. Hata	2.170	2.159	1.866	1.557	1.960	1.690	1.444	0.600
	Minimum Değer	9	8	9	10	8	9	10	
	Maksimum Değer	16	15	16	15	14	14	15	
<b>Sonbahar</b>	Ortalama Değer	12	11	11	12	13	12	14	11.93 <sup>b</sup>
	Std. Hata	1.821	1.053	0.928	1.033	1.617	1.114	1.528	0.485
	Minimum Değer	9	9	9	10	10	10	12	
	Maksimum Değer	15	12	12	13	15	14	17	
<b>Kış</b>	Ortalama Değer	13	8	8	7	10	8	7	8.71 <sup>a</sup>
	Std. Hata	2.284	1.141	0.908	1.534	1.893	2.214	1.021	0.681
	Minimum Değer	9	6	7	5	7	4	6	
	Maksimum Değer	17	10	10	10	14	12	9	
<b>İlkbahar</b>	Ortalama Değer	13	10	10	10	12	10	10	10.60 <sup>ab</sup>
	Std. Hata	3.241	1.808	1.481	0.689	2.463	1.167	0.819	0.653
	Minimum Değer	8	8	8	8	8	7	8	
	Maksimum Değer	19	14	13	11	17	11	11	

Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ).



### 3.1.13. Toplam Amonyak Azotu

TAN değerindeki değişim 0.275 ile 1.497 mg/L aralığında olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 0.329 ( $\pm 0.008$ ) mg/L, sonbaharda 0.535 ( $\pm 0.019$ ) mg/L, kış mevsiminde 0.406 ( $\pm 0.029$ ) mg/L ve ilkbaharda 0.583 ( $\pm 0.056$ ) mg/L olarak kayıt edilmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak TAN değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olduğu saptanmıştır (Tablo 3.13).

**Tablo 3. 13.** Mevsimlere göre ortalama TAN değerleri (mg/L)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
<b>Yaz</b>	Ortalama Değer	0.327	0.326	0.318	0.320	0.319	0.359	0.333	0.329 <sup>a</sup>
	Std. Hata	0.027	0.020	0.020	0.022	0.024	0.027	0.024	0.008
	Minimum Değer	0.279	0.288	0.280	0.279	0.275	0.305	0.288	
	Maksimum Değer	0.373	0.356	0.346	0.354	0.358	0.388	0.369	
<b>Sonbahar</b>	Ortalama Değer	0.627	0.492	0.485	0.484	0.480	0.518	0.658	0.535 <sup>b</sup>
	Std. Hata	0.075	0.013	0.007	0.014	0.008	0.017	0.054	0.019
	Minimum Değer	0.479	0.474	0.471	0.459	0.465	0.499	0.559	
	Maksimum Değer	0.725	0.518	0.495	0.509	0.491	0.552	0.744	
<b>Kış</b>	Ortalama Değer	0.408	0.377	0.361	0.373	0.392	0.411	0.520	0.406 <sup>a</sup>
	Std. Hata	0.097	0.062	0.058	0.057	0.063	0.060	0.149	0.029
	Minimum Değer	0.290	0.281	0.284	0.283	0.284	0.297	0.320	
	Maksimum Değer	0.599	0.493	0.475	0.478	0.503	0.500	0.811	
<b>İlkbahar</b>	Ortalama Değer	0.604	0.456	0.501	0.523	0.552	0.455	0.988	0.583 <sup>b</sup>
	Std. Hata	0.141	0.065	0.057	0.103	0.112	0.037	0.255	0.056
	Minimum Değer	0.425	0.326	0.387	0.384	0.384	0.382	0.703	
	Maksimum Değer	0.883	0.531	0.571	0.725	0.765	0.501	1.497	

Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ).

### 3.1.14. Nitrat Azotu

Örnekleme periyodu boyunca nitrat azotu değerinin 0.135 ile 1.000 mg/L aralığında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 0.298 ( $\pm 0.028$ ) mg/L, sonbaharda 0.357 ( $\pm 0.045$ ) mg/L, kış mevsiminde 0.634 ( $\pm 0.054$ ) mg/L ve ilkbaharda 0.360 ( $\pm 0.053$ ) mg/L olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak nitrat azotu değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önem taşıdığı tespit edilmiştir (Tablo 3.14).

**Tablo 3. 14.** Mevsimlere göre ortalama nitrat azotu değerleri (mg/L)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
<b>Yaz</b>	Ortalama Değer	0.381	0.308	0.397	0.286	0.207	0.240	0.263	0.298 <sup>a</sup>
	Std. Hata	0.020	0.083	0.099	0.101	0.055	0.011	0.102	0.028
	Minimum Değer	0.341	0.218	0.221	0.157	0.143	0.222	0.146	
	Maksimum Değer	0.407	0.474	0.565	0.486	0.317	0.259	0.467	
<b>Sonbahar</b>	Ortalama Değer	0.257	0.522	0.556	0.450	0.224	0.239	0.250	0.357 <sup>a</sup>
	Std. Hata	0.046	0.156	0.199	0.057	0.020	0.036	0.059	0.045
	Minimum Değer	0.201	0.211	0.209	0.336	0.190	0.189	0.135	
	Maksimum Değer	0.349	0.700	0.900	0.515	0.259	0.310	0.333	
<b>Kış</b>	Ortalama Değer	0.325	0.738	0.710	1.000	0.486	0.612	0.570	0.634 <sup>b</sup>
	Std. Hata	0.073	0.181	0.148	0.000	0.032	0.061	0.051	0.054
	Minimum Değer	0.191	0.390	0.510	1.000	0.452	0.490	0.470	
	Maksimum Değer	0.441	1.000	1.000	1.000	0.550	0.680	0.635	
<b>İlkbahar</b>	Ortalama Değer	0.266	0.371	0.431	0.484	0.320	0.409	0.236	0.360 <sup>a</sup>
	Std. Hata	0.100	0.183	0.201	0.206	0.087	0.192	0.060	0.053
	Minimum Değer	0.152	0.153	0.185	0.179	0.194	0.153	0.161	
	Maksimum Değer	0.464	0.735	0.830	0.875	0.487	0.785	0.354	

Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ).

### 3.1.15. Nitrit Azotu

Nitrit azotu değerindeki değişim 0.001 ile 0.230 mg/L aralığında seyredip, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 0.016 ( $\pm 0.011$ ) mg/L, sonbaharda 0.009 ( $\pm 0.001$ ) mg/L, kış mevsiminde 0.006 ( $\pm 0.001$ ) mg/L ve ilkbaharda 0.004 ( $\pm 0.001$ ) mg/L olarak kayıt edilmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak nitrit azotu değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir (Tablo 3.15).

**Tablo 3. 15.** Mevsimlere göre ortalama nitrit azotu değerleri (mg/L)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
<b>Yaz</b>	Ortalama Değer	0.004	0.003	0.002	0.002	0.004	0.079	0.015	0.016
	Std. Hata	0.001	0.002	0.001	0.001	0.003	0.076	0.006	0.011
	Minimum Değer	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.005	
	Maksimum Değer	0.007	0.006	0.005	0.003	0.009	0.230	0.027	
<b>Sonbahar</b>	Ortalama Değer	0.008	0.009	0.005	0.008	0.005	0.008	0.019	0.009
	Std. Hata	0.003	0.003	0.002	0.003	0.002	0.002	0.004	0.001
	Minimum Değer	0.005	0.005	0.002	0.002	0.002	0.004	0.012	
	Maksimum Değer	0.014	0.015	0.009	0.013	0.008	0.012	0.024	
<b>Kış</b>	Ortalama Değer	0.005	0.005	0.006	0.004	0.005	0.004	0.011	0.006
	Std. Hata	0.002	0.001	0.000	0.002	0.002	0.001	0.008	0.001
	Minimum Değer	0.002	0.002	0.005	0.001	0.002	0.003	0.003	
	Maksimum Değer	0.008	0.007	0.006	0.008	0.009	0.005	0.026	
<b>İlkbahar</b>	Ortalama Değer	0.006	0.003	0.004	0.003	0.002	0.004	0.008	0.004
	Std. Hata	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.003	0.001
	Minimum Değer	0.004	0.003	0.003	0.001	0.002	0.002	0.003	
	Maksimum Değer	0.008	0.003	0.004	0.004	0.003	0.007	0.014	

### 3.1.16. Silika

Silika değeri değişimi 4.80 ile 112 mg/L arasında seyretmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla yaz mevsiminde 22.70 ( $\pm 5.104$ ) mg/L, sonbaharda 41.14 ( $\pm 2.937$ ) mg/L, kış mevsiminde 44.10 ( $\pm 3.675$ ) mg/L ve ilkbaharda 71.45 ( $\pm 5.208$ ) mg/L olarak kayıt edilmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak silika değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı derecede bulunmuştur (Tablo 3.16).

**Tablo 3. 16.** Mevsimlere göre ortalama silika değerleri (mg/L)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
<b>Yaz</b>	Ortalama Değer	30	23	23	17	14	25	27	22.70 <sup>a</sup>
	Std. Hata	23.105	15.685	14.884	10.133	6.581	16.834	17.159	5.104
	Minimum Değer	6	6	6	5	5	8	9	
	Maksimum Değer	77	55	53	37	27	59	61	
<b>Sonbahar</b>	Ortalama Değer	31	52	53	45	32	32	43	41.14 <sup>b</sup>
	Std. Hata	9.713	8.333	6.667	9.667	2.517	3.786	2.603	2.937
	Minimum Değer	18	35	40	26	29	25	38	
	Maksimum Değer	50	60	60	55	37	38	47	
<b>Kış</b>	Ortalama Değer	31	54	44	41	63	39	37	44.10 <sup>b</sup>
	Std. Hata	4.726	3.480	4.631	4.041	21.633	4.256	5.033	3.675
	Minimum Değer	24	48	36	34	33	33	27	
	Maksimum Değer	40	60	52	48	105	47	43	
<b>İlkbahar</b>	Ortalama Değer	67	78	81	81	65	70	59	71.45 <sup>c</sup>
	Std. Hata	3.055	13.204	12.126	14.773	5.419	13.724	30.180	5.208
	Minimum Değer	61	61	60	60	55	46	8	
	Maksimum Değer	71	104	102	109	71	93	112	

Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ).

### 3.1.17. Toplam Fosfor

Örnekleme periyodu boyunca toplam fosfor değeri 0.012 ile 0.243 mg/L aralığında değişmekte olup mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 0.062 ( $\pm 0.009$ ) mg/L, sonbaharda 0.084 ( $\pm 0.013$ ) mg/L, kış mevsiminde 0.043 ( $\pm 0.011$ ) mg/L ve ilkbaharda 0.050 ( $\pm 0.008$ ) mg/L olarak saptanmıştır. Ayrıca, mevsimsel olarak toplam fosfor değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.17).

**Tablo 3. 17.** Mevsimlere göre ortalama toplam fosfor değerleri (mg/L)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
<b>Yaz</b>	Ortalama Değer	0.051	0.033	0.050	0.057	0.053	0.054	0.138	0.062 <sup>ab</sup>
	Std. Hata	0.012	0.012	0.014	0.018	0.027	0.013	0.022	0.009
	Minimum Değer	0.034	0.013	0.030	0.022	0.015	0.030	0.094	
	Maksimum Değer	0.073	0.053	0.077	0.080	0.104	0.075	0.164	
<b>Sonbahar</b>	Ortalama Değer	0.078	0.046	0.042	0.046	0.067	0.098	0.208	0.084 <sup>b</sup>
	Std. Hata	0.020	0.006	0.002	0.009	0.003	0.020	0.016	0.013
	Minimum Değer	0.041	0.039	0.040	0.035	0.062	0.063	0.192	
	Maksimum Değer	0.110	0.058	0.046	0.065	0.073	0.134	0.241	
<b>Kış</b>	Ortalama Değer	0.032	0.025	0.036	0.022	0.024	0.055	0.106	0.043 <sup>a</sup>
	Std. Hata	0.013	0.009	0.017	0.005	0.006	0.023	0.068	0.011
	Minimum Değer	0.014	0.014	0.017	0.013	0.013	0.029	0.033	
	Maksimum Değer	0.056	0.042	0.070	0.028	0.032	0.101	0.243	
<b>İlkbahar</b>	Ortalama Değer	0.034	0.034	0.038	0.041	0.039	0.054	0.109	0.050 <sup>ab</sup>
	Std. Hata	0.009	0.009	0.011	0.020	0.010	0.015	0.035	0.008
	Minimum Değer	0.016	0.016	0.015	0.012	0.018	0.026	0.056	
	Maksimum Değer	0.045	0.044	0.052	0.080	0.050	0.076	0.175	

Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ).

### 3.1.18. Ortofosfat Fosforu

Ortofosfat fosforu değeri değişimi 0.011 ile 0.706 mg/L aralığında seyretmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 0.040 ( $\pm 0.008$ ) mg/L, sonbaharda 0.061 ( $\pm 0.013$ ) mg/L, kış mevsiminde 0.079 ( $\pm 0.034$ ) mg/L ve ilkbaharda 0.042 ( $\pm 0.008$ ) mg/L olarak kayıt edilmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak fosfat fosforu değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önem arz etmediği tespit edilmiştir (Tablo 3.18).

**Tablo 3. 18.** Mevsimlere göre ortofosfat fosforu değerleri (mg/L)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
<b>Yaz</b>	Ortalama Değer	0.049	0.031	0.024	0.020	0.028	0.047	0.083	0.040
	Std. Hata	0.030	0.012	0.005	0.004	0.008	0.026	0.031	0.008
	Minimum Değer	0.018	0.013	0.013	0.015	0.013	0.011	0.025	
	Maksimum Değer	0.109	0.054	0.031	0.027	0.040	0.097	0.133	
<b>Sonbahar</b>	Ortalama Değer	0.033	0.035	0.030	0.029	0.033	0.090	0.175	0.061
	Std. Hata	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.041	0.030	0.013
	Minimum Değer	0.028	0.029	0.028	0.022	0.026	0.036	0.115	
	Maksimum Değer	0.036	0.039	0.034	0.033	0.037	0.170	0.208	
<b>Kış</b>	Ortalama Değer	0.249	0.031	0.071	0.018	0.020	0.067	0.094	0.079
	Std. Hata	0.228	0.011	0.055	0.005	0.008	0.046	0.066	0.034
	Minimum Değer	0.012	0.020	0.011	0.012	0.012	0.017	0.015	
	Maksimum Değer	0.706	0.052	0.180	0.028	0.036	0.159	0.225	
<b>İlkbahar</b>	Ortalama Değer	0.066	0.021	0.023	0.021	0.024	0.035	0.103	0.042
	Std. Hata	0.027	0.005	0.004	0.004	0.004	0.014	0.032	0.008
	Minimum Değer	0.014	0.012	0.017	0.014	0.017	0.020	0.066	
	Maksimum Değer	0.107	0.028	0.031	0.028	0.029	0.064	0.167	

### 3.1.19. Sodyum

Sodyum değeri değişimi 3.00 ile 8.10 mg/L aralığında seyretmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 4.50 ( $\pm 0.144$ ) mg/L, sonbaharda 5.23 ( $\pm 0.181$ ) mg/L, kış mevsiminde 5.10 ( $\pm 0.172$ ) mg/L ve ilkbaharda 4.53 ( $\pm 0.253$ ) mg/L olarak saptanmıştır. Ayrıca, mevsimsel olarak sodyum değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli derecede olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.19).

**Tablo 3. 19.** Mevsimlere göre ortalama sodyum değerleri (mg/L)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
<b>Yaz</b>	Ortalama Değer	4.07	4.03	4.30	4.43	4.43	4.77	5.50	4.50 <sup>a</sup>
	Std. Hata	0.219	0.418	0.265	0.441	0.145	0.088	0.416	0.144
	Minimum Değer	3.80	3.20	3.90	3.60	4.20	4.60	4.90	
	Maksimum Değer	4.50	4.50	4.80	5.10	4.70	4.90	6.30	
<b>Sonbahar</b>	Ortalama Değer	5.07	5.00	5.00	4.83	5.00	4.77	6.93	5.23 <sup>b</sup>
	Std. Hata	0.240	0.115	0.173	0.463	0.115	0.437	0.219	0.181
	Minimum Değer	4.60	4.80	4.70	4.00	4.80	3.90	6.50	
	Maksimum Değer	5.40	5.20	5.30	5.60	5.20	5.30	7.20	
<b>Kış</b>	Ortalama Değer	4.83	4.63	4.70	5.00	4.97	5.60	6.00	5.10 <sup>ab</sup>
	Std. Hata	0.549	0.406	0.436	0.436	0.521	0.252	0.346	0.172
	Minimum Değer	3.90	3.90	3.90	4.30	4.10	5.10	5.40	
	Maksimum Değer	5.80	5.30	5.40	5.80	5.90	5.90	6.60	
<b>İlkbahar</b>	Ortalama Değer	4.70	4.07	4.27	4.07	4.30	4.47	5.83	4.53 <sup>ab</sup>
	Std. Hata	0.666	0.481	0.433	0.561	0.586	0.433	1.272	0.253
	Minimum Değer	3.50	3.40	3.50	3.00	3.20	3.70	3.70	
	Maksimum Değer	5.80	5.00	5.00	4.90	5.20	5.20	8.10	

Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ).

### 3.1.20. Potasyum

Örnekleme periyodu boyunca potasyum değeri 0.40 ile 1.70 mg/L aralığında seyretmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 0.92 ( $\pm 0.063$ ) mg/L, sonbaharda 0.72 ( $\pm 0.031$ ) mg/L, kış mevsiminde 0.82 ( $\pm 0.070$ ) mg/L ve ilkbaharda 0.90 ( $\pm 0.042$ ) mg/L olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak potasyum değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.20).

**Tablo 3. 20.** Mevsimlere göre ortalama potasyum değerleri (mg/L)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
<b>Yaz</b>	Ortalama Değer	0.83	0.77	0.83	0.90	0.87	1.00	1.27	0.92 <sup>b</sup>
	Std. Hata	0.033	0.133	0.176	0.100	0.233	0.100	0.260	0.063
	Minimum Değer	0.80	0.50	0.50	0.70	0.50	0.90	0.80	
	Maksimum Değer	0.90	0.90	1.10	1.00	1.30	1.20	1.70	
<b>Sonbahar</b>	Ortalama Değer	0.77	0.73	0.63	0.73	0.67	0.60	0.90	0.72 <sup>a</sup>
	Std. Hata	0.033	0.088	0.033	0.088	0.033	0.058	0.115	0.031
	Minimum Değer	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.50	0.70	
	Maksimum Değer	0.80	0.90	0.70	0.90	0.70	0.70	1.10	
<b>Kış</b>	Ortalama Değer	1.07	0.63	0.67	0.80	0.57	1.07	0.97	0.82 <sup>ab</sup>
	Std. Hata	0.120	0.233	0.167	0.231	0.033	0.145	0.186	0.070
	Minimum Değer	0.90	0.40	0.50	0.40	0.50	0.80	0.60	
	Maksimum Değer	1.30	1.10	1.00	1.20	0.60	1.30	1.20	
<b>İlkbahar</b>	Ortalama Değer	0.93	0.83	0.97	1.00	0.77	0.77	1.07	0.90 <sup>ab</sup>
	Std. Hata	0.033	0.145	0.088	0.058	0.067	0.120	0.176	0.042
	Minimum Değer	0.90	0.60	0.80	0.90	0.70	0.60	0.80	
	Maksimum Değer	1.00	1.10	1.10	1.10	0.90	1.00	1.40	

Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ).



### 3.1.21. Sülfid

Sülfid değeri değişimi 1.00 ile 31.00 mg/L aralığında olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 13.52 ( $\pm 1.600$ ) mg/L, sonbaharda 11.52 ( $\pm 1.032$ ) mg/L, kış mevsiminde 12.95 ( $\pm 1.551$ ) mg/L ve ilkbaharda 8.52 ( $\pm 1.532$ ) mg/L olarak kayıt edilmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak sülfid değeri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli derecede olmadığı belirlenmiştir (Tablo 3.21).

**Tablo 3. 21.** Mevsimlere göre ortalama sülfid değeri (mg/L)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
<b>Yaz</b>	Ortalama Değer	16.67	7.67	8.00	9.67	12.67	19.33	20.67	13.52
	Std. Hata	6.489	1.764	2.000	0.882	2.404	2.906	5.239	1.600
	Minimum Değer	7.00	5.00	6.00	8.00	8.00	14.00	14.00	
	Maksimum Değer	29.00	11.00	12.00	11.00	16.00	24.00	31.00	
<b>Sonbahar</b>	Ortalama Değer	12.00	8.67	9.00	7.00	10.67	17.00	16.33	11.52
	Std. Hata	2.887	2.186	1.000	1.000	0.333	3.055	2.333	1.032
	Minimum Değer	7.00	6.00	8.00	5.00	10.00	11.00	12.00	
	Maksimum Değer	17.00	13.00	11.00	8.00	11.00	21.00	20.00	
<b>Kış</b>	Ortalama Değer	11.67	11.00	8.00	13.33	8.67	20.00	18.00	12.95
	Std. Hata	2.186	4.041	1.732	6.360	4.096	3.000	4.041	1.551
	Minimum Değer	9.00	4.00	5.00	2.00	1.00	17.00	13.00	
	Maksimum Değer	16.00	18.00	11.00	24.00	15.00	26.00	26.00	
<b>İlkbahar</b>	Ortalama Değer	2.33	8.67	4.00	7.33	6.67	16.00	14.67	8.52
	Std. Hata	0.882	2.404	1.000	1.764	2.667	5.859	5.783	1.532
	Minimum Değer	1.00	4.00	3.00	4.00	4.00	5.00	7.00	
	Maksimum Değer	4.00	12.00	6.00	10.00	12.00	25.00	26.00	

### 3.1.22. Sülfat

Örnekleme periyodu boyunca yüzey suyu sülfat değerinin 16 ile 42 mg/L arasında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 25.62 ( $\pm 0.890$ ) mg/L, sonbaharda 27.19 ( $\pm 0.764$ ) mg/L, kış mevsiminde 26.71 ( $\pm 1.275$ ) mg/L ve ilkbaharda 26.10 ( $\pm 1.820$ ) mg/L olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak sülfat değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önem arz etmediği bulunmuştur (Tablo 3.22).

**Tablo 3. 22.** Mevsimlere göre ortalama sülfat değerleri (mg/L)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer	25	25	29	30	26	22	22	25.62
	Std. Hata	1.764	2.082	2.603	2.517	2.728	0.882	0.882	0.890
	Minimum Değer	22	22	24	27	21	21	21	
	Maksimum Değer	28	29	33	35	30	24	24	
Sonbahar	Ortalama Değer	26	28	28	29	29	24	25	27.19
	Std. Hata	1.764	1.764	1.732	1.856	3.930	1.202	0.333	0.764
	Minimum Değer	23	25	25	27	24	22	25	
	Maksimum Değer	29	31	31	33	37	26	26	
Kış	Ortalama Değer	33	26	27	25	32	21	23	26.71
	Std. Hata	3.667	0.577	0.882	1.732	5.000	2.028	3.283	1.275
	Minimum Değer	29	25	26	22	27	18	18	
	Maksimum Değer	40	27	29	28	42	25	29	
İlkbahar	Ortalama Değer	28	25	26	25	28	24	26	26.10
	Std. Hata	7.000	6.888	5.686	5.196	7.126	1.764	3.756	1.820
	Minimum Değer	17	17	18	16	18	21	20	
	Maksimum Değer	41	39	37	34	42	27	33	

### 3.1.23. Fenol

Örnekleme periyodu boyunca Harşit Çayı yüzey suyu fenol değerinin 0.010 ile 0.740 mg/L arasında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 0.100 ( $\pm 0.018$ ) mg/L, sonbaharda 0.144 ( $\pm 0.033$ ) mg/L, kış mevsiminde 0.080 ( $\pm 0.009$ ) mg/L ve ilkbaharda 0.123 ( $\pm 0.035$ ) mg/L olarak kayıt edilmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak fenol değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli derecede fark olmadığı belirlenmiştir (Tablo 3.23).

**Tablo 3. 23.** Mevsimlere göre ortalama fenol değerleri (mg/L)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer	0.097	0.147	0.090	0.103	0.070	0.097	0.093	0.100
	Std. Hata	0.077	0.084	0.040	0.033	0.010	0.039	0.056	0.018
	Minimum Değer	0.020	0.030	0.010	0.070	0.060	0.020	0.010	
	Maksimum Değer	0.250	0.310	0.140	0.170	0.090	0.150	0.200	
Sonbahar	Ortalama Değer	0.127	0.083	0.090	0.083	0.173	0.183	0.267	0.144
	Std. Hata	0.027	0.044	0.026	0.037	0.073	0.104	0.207	0.033
	Minimum Değer	0.090	0.030	0.050	0.010	0.100	0.060	0.050	
	Maksimum Değer	0.180	0.170	0.140	0.130	0.320	0.390	0.680	
Kış	Ortalama Değer	0.107	0.063	0.070	0.110	0.040	0.070	0.103	0.080
	Std. Hata	0.009	0.020	0.012	0.032	0.006	0.021	0.043	0.009
	Minimum Değer	0.090	0.030	0.050	0.060	0.030	0.040	0.030	
	Maksimum Değer	0.120	0.100	0.090	0.170	0.050	0.110	0.180	
İlkbahar	Ortalama Değer	0.093	0.093	0.107	0.273	0.097	0.069	0.131	0.123
	Std. Hata	0.055	0.063	0.022	0.234	0.055	0.027	0.075	0.035
	Minimum Değer	0.020	0.030	0.080	0.020	0.010	0.017	0.012	
	Maksimum Değer	0.200	0.220	0.150	0.740	0.200	0.110	0.270	

### 3.1.24. Klorofil\_a

Örnekleme periyodu boyunca yüzey suyu klorofil\_a değerinin 1.194 ile 4.082 µg/L arasında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 3.078 (±0.251) µg/L, sonbaharda 2.536 (±0.270) µg/L, kış mevsiminde 1.931 (±0.218) µg/L ve ilkbaharda 2.797 (±0.383) µg/L olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak klorofil\_a değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önem arz etmektedir (Tablo 3.24).

**Tablo 3. 24.** Mevsimlere göre ortalama klorofil\_a değerleri (µg/L)

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
<b>Yaz</b>	Ortalama Değer	2.828	3.084	3.065	2.918	3.053	3.039	3.558	3.078 <sup>c</sup>
	Std. Hata	0.278	0.144	0.336	0.352	0.302	0.196	0.152	0.251
	Minimum Değer	2.454	2.929	2.451	2.454	2.449	2.692	3.286	
	Maksimum Değer	3.371	3.371	3.609	3.609	3.372	3.371	3.812	
<b>Sonbahar</b>	Ortalama Değer	2.437	2.858	2.545	2.437	2.436	2.451	2.585	2.536 <sup>b</sup>
	Std. Hata	0.153	0.581	0.418	0.222	0.154	0.127	0.235	0.270
	Minimum Değer	2.163	2.251	2.014	2.044	2.160	2.229	2.134	
	Maksimum Değer	2.692	4.020	3.371	2.814	2.692	2.669	2.928	
<b>Kış</b>	Ortalama Değer	1.821	2.173	1.568	1.816	1.685	1.957	2.499	1.931 <sup>a</sup>
	Std. Hata	0.234	0.264	0.291	0.101	0.279	0.290	0.067	0.218
	Minimum Değer	1.399	1.652	1.272	1.658	1.194	1.387	2.371	
	Maksimum Değer	2.209	2.511	2.151	2.004	2.160	2.334	2.595	
<b>İlkbahar</b>	Ortalama Değer	2.772	2.686	2.713	2.508	2.843	2.831	3.228	2.797 <sup>bc</sup>
	Std. Hata	0.264	0.461	0.119	0.448	0.628	0.406	0.357	0.383
	Minimum Değer	2.251	2.199	2.518	2.044	2.044	2.046	2.608	
	Maksimum Değer	3.103	3.608	2.929	3.403	4.082	3.403	3.846	

Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

### 3.2. Bakteriyolojik Analizler

Harşit Çayı yüzeysel su numunelerinin bakteriyolojik analizlerinde, yıl boyunca akarsu hattının farklı örnekleme istasyonlarında kirlenmenin olduğu ortaya çıkartılmıştır. Özellikle Doğan kent ilçe yerleşkesinin çıkışı konumunda olan 2 nolu istasyonda, bakteriyolojik parametrelerin 1 nolu istasyona göre daha yüksek seyrettiği belirlenmiştir. Ayrıca Giresun il sınırlarına giriş yapan akarsu yükünün bakteriyolojik açıdan kirlilik yükü taşıdığı da tespit edilmiştir. Genel olarak değerler incelendiğinde yaz ve sonbahar aylarında bakteriyolojik kirliliğin ilkbahar mevsimi aylarına göre yüksek seyrettiği, kış aylarında ise kirlenmenin azalan sıcaklıkla birlikte diğer mevsim aylarına göre daha az düzeyde olduğu kayıt edilmiştir. Özellikle akarsu hattının 6 nolu istasyon civarında atık çöplerin rastgele depolanmasıyla da bağlantılı olarak operasyon süresi boyunca 6 ve 7 nolu istasyonlarda bakteriyolojik kirlilik yükünün diğer örnekleme noktalarına göre yüksek düzeyde olduğu görülmüştür.

Aylara göre istasyonlardaki toplam koliform yükünün sıralanması; Haziran ayında  $7>6>5=4>3=2>1$ , Temmuz ayında  $7>2>6=5=4=3>1$ , Ağustos ayında  $7=6=2>5=4>1>3$ , Eylül ayında  $7=6>4=2>5=3>1$ , Ekim ayında  $7>6>2>4>5>3>1$ , Kasım ayında  $7=6>5=4>2>3>1$ , Aralık ayında tespit edilen istasyonlarda  $7>6>2$ , Ocak ayında tespit edilen istasyonlarda  $7>6>5$ , Şubat ayında  $6>7>2>5>4>3=1$ , Mart ayında  $7>6>5=3>4>2>1$ , Nisan ayında  $7>6>5=4=2>3>1$  ve Mayıs ayında  $7>6>5>4=3>2>1$  nolu istasyon olarak tespit edilmiştir (Tablo 3.25 ve Tablo 3.26).

Aylara göre istasyonlardaki fekal koliform yükünün sıralanması; Haziran ayında  $7=6>5=4>3=2=1$ , Temmuz ayında  $7=6=5>4=3=2=1$ , Ağustos ayında  $7=2>6=1>5=4>3$ , Eylül ayında  $6>7=5>4=3=2>1$ , Ekim ayında  $6=5=3>7=4>2>1$ , Kasım ayında  $7=6>5=3>4=2=1$ , Aralık ayında tespit edilen istasyonlarda  $7>6$ , Ocak ayında tespit edilen istasyonlarda  $7=6$ , Şubat ayında tespit edilen istasyonlarda  $7=6>5$ , Mart ayında  $7>6>5=3>4>2>1$ , Nisan ayında  $7>6>5>4=2>3>1$  ve Mayıs ayında  $7>6>5>4=3>2>1$  nolu istasyon olarak belirlenmiştir (Tablo 3.25 ve Tablo 3.26).

Diğer bir önemli bakteriyolojik kirlilik parametresi olan fekal streptokokların varlığı incelendiğinde; Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Kasım, Nisan ve Mayıs aylarında tüm istasyonlarda diğer aylarda ise birden çok istasyonda değişen değerlerde rastlanıldığı kayıt edilmiştir.

**Tablo 3. 25.** Su numunelerinin bakteriyolojik analizi I

Aylar	İstasyon	Bakteri Sayımları (cfu/100 mL)			
		Toplam Koliform	Fekal Koliform	<i>E.coli</i>	Fekal Streptokok
HAZİRAN	1	150	95	0	23
	2	240	95	48	95
	3	240	95	48	240
	4	460	240	120	23
	5	460	240	120	23
	6	>1100	>240	>120	>240
	7	>1100	>240	>120	>240
TEMMUZ	1	210	23	0	240
	2	1100	240	120	240
	3	460	240	120	23
	4	460	240	120	240
	5	460	>240	120	23
	6	460	>240	240	240
	7	>1100	>240	240	>240
AĞUSTOS	1	93	240	0	23
	2	1100	>240	>120	240
	3	75	23	0	>240
	4	150	95	0	>240
	5	150	95	0	23
	6	1100	240	120	>240
	7	1100	>240	>120	>240
EYLÜL	1	7.4	23	0	23
	2	240	95	95	95
	3	93	95	95	95
	4	240	95	0	95
	5	93	240	120	95
	6	>1100	>240	>120	>240
	7	>1100	240	120	>240
EKİM	1	7.4	23	0	0
	2	93	95	0	95
	3	21	>240	>120	23
	4	28	240	120	23
	5	23	>240	>120	95
	6	210	>240	>120	>240
	7	460	240	120	>240
KASIM	1	21	9	0	9
	2	150	9	9	19
	3	43	23	0	9
	4	460	9	9	19
	5	460	23	0	19
	6	>1100	95	48	23
	7	>1100	95	48	23

**Tablo 3. 26.** Su numunelerinin bakteriyolojik analizi II

Aylar	İstasyon	Bakteri Sayımları (cfu/100 mL)			
		Toplam Koliform	Fekal Koliform	<i>E.coli</i>	Fekal Streptokok
ARALIK	1	0	0	0	0
	2	3.6	0	0	0
	3	0	0	0	9
	4	0	0	0	9
	5	0	0	0	0
	6	43	23	23	23
	7	75	95	48	23
OCAK	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	93	0	0	0
	6	150	95	48	23
	7	240	95	48	23
ŞUBAT	1	3.6	0	0	0
	2	24	0	0	0
	3	3.6	0	0	23
	4	7.4	0	0	23
	5	15	23	0	0
	6	460	240	120	23
	7	240	240	120	23
MART	1	21	9	0	23
	2	75	23	23	23
	3	150	95	0	93
	4	93	95	0	0
	5	150	23	0	23
	6	240	240	120	>240
	7	460	>240	>120	>240
NİSAN	1	20	95	0	9
	2	150	240	120	23
	3	28	23	0	9
	4	150	240	120	19
	5	150	240	120	19
	6	460	240	240	95
	7	1100	>240	>240	240
MAYIS	1	21	23	0	23
	2	75	23	0	23
	3	210	240	0	23
	4	210	240	0	23
	5	240	240	120	23
	6	460	>240	>240	240
	7	>1100	>240	>240	>240

Su numunelerindeki ortalama aerob bakteri sayılarında özellikle tüm aylarda 6 ve 7 nolu istasyondaki değerlerin diğer istasyonlara göre oldukça yüksek değerde seyrettiği tespit edilmiştir. Özellikle sonbaharda 7 nolu istasyondaki bakteri

yoğunluğundaki artış dikkat çekmiştir. Tüm istasyonlardaki mevsimsel artış ele alındığında; 7 nolu istasyon hariç diğer tüm istasyonlarda yaz>sonbahar>ilkbahar>kış, 7 nolu istasyonda ise sonbahar>yaz >ilkbahar>kış şeklinde tespit edilmiştir.

22 °C'deki mevsimsel olarak bakteri sayısındaki değişim sırasıyla; yaz mevsiminde  $1.463 \times 10^4$  ile  $3.035 \times 10^4$  aralığında, sonbahar mevsiminde  $1.005 \times 10^4$  ile  $4.427 \times 10^4$  aralığında, kış mevsiminde  $0.162 \times 10^4$  ile  $1.705 \times 10^4$  aralığında ve ilkbahar mevsiminde  $0.822 \times 10^4$  ile  $2.64 \times 10^4$  aralığında kayıt edilmiştir (Şekil 3.25).

37 °C'deki bakteri sayısı incelendiğinde tüm istasyonlardaki mevsimsel sıralamanın sonbahar>yaz>ilkbahar>kış olduğu kayıt edilmiştir. Yine yoğunluk ele alındığında özellikle 6 ve 7 nolu istasyonlardaki bakteri sayısının diğer istasyonlara göre belirgin şekilde fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.26).

Mevsimsel olarak bakteri sayısındaki değişim sırasıyla; yaz mevsiminde  $0.59 \times 10^4$  ile  $3.47 \times 10^4$  aralığında, sonbahar mevsiminde  $0.86 \times 10^4$  ile  $4.03 \times 10^4$  aralığında, kış mevsiminde  $0.09 \times 10^4$  ile  $0.87 \times 10^4$  aralığında ve ilkbahar mevsiminde  $0.287 \times 10^4$  ile  $1.23 \times 10^4$  aralığında kayıt edilmiştir.



### 3.3. Ağır Metal Analizleri

Harşit Çayı yüzey suyu ortalama ağır metal düzeyinin mevsimsel değişimi Al içeriği bakımından; sonbahar > kış > yaz > ilkbahar, Cr derişimi bakımından; sonbahar > yaz > ilkbahar > kış, Mn konsantrasyonu bakımından; sonbahar > yaz > ilkbahar > kış, Fe içeriği bakımından; sonbahar > yaz > ilkbahar > kış, Co derişimi bakımından sonbahar > yaz > ilkbahar > kış, Ni konsantrasyonu bakımından; sonbahar > yaz > ilkbahar > kış, Cu içeriği bakımından; sonbahar > yaz > ilkbahar > kış, Zn derişimi bakımından; sonbahar > yaz > ilkbahar > kış, Cd değeri bakımından; sonbahar > yaz > kış > ilkbahar, Pb derişimi bakımından; sonbahar > yaz > ilkbahar > kış olarak tespit edilmiştir (Tablo 3.27). Ayrıca ağır metal konsantrasyonları arasındaki mevsimsel farklılıkların Cd hariç diğer bütün metallerde önem arz ettiği belirlenmiştir.

Numunelerin Al değerleri 4.922-1078.906 ppb aralığında seyretmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 76.339 ( $\pm 8.250$ ), sonbaharda 299.162 ( $\pm 65.637$ ), kış mevsiminde 98.663 ( $\pm 25.833$ ) ve ilkbaharda 70.793 ( $\pm 8.064$ ) ppb olarak saptanmıştır.

Cr değerleri 7.141-74.900 ppb aralığında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 46.650 ( $\pm 2.609$ ), sonbaharda 59.346 ( $\pm 2.137$ ), kış mevsiminde 13.647 ( $\pm 0.837$ ) ve ilkbaharda 22.139 ( $\pm 1.657$ ) ppb olarak tespit edilmiştir.

Mn içeriği bakımından su örnekleri 0.525-18.102 ppb aralığında değişmekte olup mevsimlere göre bu ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 5.267 ( $\pm 0.720$ ), sonbaharda 7.909 ( $\pm 0.701$ ), kış mevsiminde 1.823 ( $\pm 0.279$ ) ve ilkbaharda 3.173 ( $\pm 0.581$ ) ppb olarak kayıt edilmiştir.

Fe değerleri 4.188-7.855 ppb aralığında seyredirken, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 5.565 ( $\pm 0.158$ ), sonbaharda 5.664 ( $\pm 0.097$ ), kış mevsiminde 4.460 ( $\pm 0.065$ ) ve ilkbaharda 4.514 ( $\pm 0.049$ ) ppb olarak hesaplanmıştır.

Co değerleri 3.262-7.878 ppb aralığında olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 4.528 ( $\pm 0.185$ ), sonbaharda 4.814 ( $\pm 0.057$ ), kış mevsiminde 3.475 ( $\pm 0.058$ ) ve ilkbaharda 3.601 ( $\pm 0.042$ ) ppb olarak ortaya çıkartılmıştır.

Ni içerikleri 5.832-44.923 ppb aralığında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 27.213 ( $\pm 1.666$ ), sonbaharda 31.677 ( $\pm 0.670$ ), kış mevsiminde 7.355 ( $\pm 0.253$ ) ve ilkbaharda 9.427 ( $\pm 0.597$ ) ppb olarak tespit edilmiştir.

Cu değerleri 0.873-20.649 ppb aralığında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 14.383 ( $\pm 0.970$ ), sonbaharda 15.460 ( $\pm 0.481$ ), kış mevsiminde 2.099 ( $\pm 0.244$ ) ve ilkbaharda 2.766 ( $\pm 0.199$ ) ppb olarak hesaplanmıştır.

Zn içerikleri 10.367-362.901 ppb aralığında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 204.369 ( $\pm 19.475$ ), sonbaharda 245.299 ( $\pm 8.861$ ), kış mevsiminde 41.877 ( $\pm 3.930$ ) ve ilkbaharda 60.646 ( $\pm 6.813$ ) ppb olarak belirlenmiştir.

Cd içerikleri 1.724-19.427 ppb aralığında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 1.982 ( $\pm 0.030$ ), sonbaharda 2.807 ( $\pm 0.831$ ), kış mevsiminde 1.802 ( $\pm 0.054$ ) ve ilkbaharda 1.743 ( $\pm 0.004$ ) ppb olarak tespit edilmiştir.

Pb değerleri 2.570-6.259 ppb aralığında seyretmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 3.946 ( $\pm 1.158$ ), sonbaharda 4.080 ( $\pm 0.110$ ), kış mevsiminde 2.836 ( $\pm 0.066$ ) ve ilkbaharda 2.893 ( $\pm 0.049$ ) ppb olarak saptanmıştır.

**Tablo 3. 27.** Su numunelerinin ağır metal analizleri (ppb)

AĞIR METAL	MEVSİM	İSTASYON							ORT. DEĞER
		1	2	3	4	5	6	7	
Al	Yaz	55.907	110.752	87.284	73.661	69.653	77.162	59.954	76.339 <sup>a</sup>
	Sonbahar	148.904	432.487	433.784	233.296	456.212	258.248	131.205	299.162 <sup>ab</sup>
	Kış	49.747	69.347	90.642	98.983	89.697	137.655	154.571	98.663 <sup>a</sup>
	İlkbahar	24.643	72.157	91.434	82.407	60.451	105.061	59.401	70.793 <sup>a</sup>
Cr	Yaz	38.196	40.191	43.750	46.446	54.145	52.454	51.368	46.650 <sup>c</sup>
	Sonbahar	68.042	53.916	50.807	51.640	59.538	62.939	68.537	59.346 <sup>d</sup>
	Kış	16.746	15.461	10.798	9.530	12.708	16.023	14.265	13.647 <sup>a</sup>
	İlkbahar	21.313	21.925	17.667	17.554	18.757	29.095	28.662	22.139 <sup>b</sup>
Mn	Yaz	2.464	4.294	4.692	5.521	6.114	8.173	5.612	5.267 <sup>b</sup>
	Sonbahar	6.414	6.858	6.990	6.208	7.877	9.166	11.850	7.909 <sup>c</sup>
	Kış	1.959	1.832	1.390	1.027	1.507	1.686	3.359	1.823 <sup>a</sup>
	İlkbahar	2.376	1.930	2.196	1.462	1.930	7.161	5.158	3.173 <sup>ab</sup>
Fe	Yaz	5.336	5.478	5.502	5.938	5.309	5.201	6.189	5.565 <sup>b</sup>
	Sonbahar	5.267	5.460	6.353	5.511	5.821	5.833	5.400	5.664 <sup>b</sup>
	Kış	4.674	4.268	4.346	4.431	4.382	4.526	4.586	4.459 <sup>a</sup>
	İlkbahar	4.367	4.512	4.531	4.476	4.488	4.762	4.464	4.514 <sup>a</sup>
Co	Yaz	3.993	4.136	4.341	4.474	4.636	4.359	5.759	4.528 <sup>b</sup>
	Sonbahar	4.976	4.617	4.690	4.670	4.869	4.915	4.960	4.814 <sup>b</sup>
	Kış	3.913	3.438	3.367	3.320	3.444	3.452	3.389	3.475 <sup>a</sup>
	İlkbahar	3.572	3.581	3.505	3.497	3.554	3.801	3.695	3.601 <sup>a</sup>
Ni	Yaz	20.915	28.317	26.122	26.498	28.496	26.782	33.360	27.213 <sup>b</sup>
	Sonbahar	32.939	31.328	31.948	30.179	31.238	31.928	32.182	31.677 <sup>c</sup>
	Kış	8.959	7.440	6.413	6.147	7.933	7.735	6.858	7.355 <sup>a</sup>
	İlkbahar	8.836	8.864	8.079	8.258	8.807	12.190	10.959	9.427 <sup>a</sup>
Cu	Yaz	10.434	12.679	16.228	14.730	14.671	15.907	16.030	14.383 <sup>b</sup>
	Sonbahar	15.378	14.651	15.234	12.300	15.784	17.012	17.863	15.460 <sup>b</sup>
	Kış	2.902	1.315	1.191	1.257	1.659	2.989	3.381	2.099 <sup>a</sup>
	İlkbahar	2.751	2.564	2.193	2.319	2.439	3.685	3.408	2.765 <sup>a</sup>
Zn	Yaz	173.337	157.228	137.182	170.353	206.309	258.181	327.994	204.369 <sup>b</sup>
	Sonbahar	219.863	238.004	210.671	239.284	269.498	248.779	290.993	245.299 <sup>b</sup>
	Kış	41.136	32.283	29.296	29.170	45.346	53.432	62.479	41.877 <sup>a</sup>
	İlkbahar	51.461	41.743	44.389	47.462	55.864	90.177	93.426	60.646 <sup>a</sup>
Cd	Yaz	1.892	1.929	1.957	1.975	1.980	1.981	2.159	1.982
	Sonbahar	1.979	1.969	7.800	1.969	1.966	1.995	1.966	2.806
	Kış	2.142	1.738	1.734	1.735	1.737	1.748	1.781	1.802
	İlkbahar	1.744	1.739	1.734	1.731	1.734	1.762	1.758	1.743
Pb	Yaz	3.709	3.862	3.921	4.338	3.696	3.510	4.584	3.946 <sup>b</sup>
	Sonbahar	3.656	3.831	4.708	3.899	4.235	4.477	3.758	4.080 <sup>b</sup>
	Kış	3.052	2.632	2.723	2.811	2.762	2.903	2.969	2.836 <sup>a</sup>
	İlkbahar	2.754	2.881	2.899	2.879	2.868	3.142	2.825	2.893 <sup>a</sup>

Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ).

Operasyon noktalarından toplanan sediment örneklerindeki ağır metal düzeyinin mevsimsel değişimi Al içeriği bakımından; yaz > sonbahar > ilkbahar > kış, Cr derişimi bakımından; yaz > sonbahar > ilkbahar > kış, Mn konsantrasyonu bakımından; yaz > sonbahar > kış > ilkbahar, Fe içeriği bakımından; yaz > sonbahar > ilkbahar > kış, Co derişimi bakımından yaz > sonbahar > kış > ilkbahar, Ni konsantrasyonu bakımından; yaz > sonbahar > ilkbahar > kış, Cu içeriği bakımından; yaz > kış > ilkbahar > sonbahar, Zn derişimi bakımından; yaz > ilkbahar > kış > sonbahar, Cd değeri bakımından; kış > ilkbahar > yaz > sonbahar, Pb derişimi bakımından; yaz > ilkbahar > sonbahar > kış olarak tespit edilmiştir (Tablo 3.28). Ayrıca ağır metal konsantrasyonları arasındaki mevsimsel farklılıkların Cd ve Pb hariç diğer bütün metallerde önem arz ettiği belirlenmiştir.

Sediment numunelerinin Al değerleri 2078.7-24255 ppm aralığında seyretmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 17155.3 ( $\pm 1104$ ), sonbaharda 11950.7 ( $\pm 421.3$ ), kış mevsiminde 5712.9 ( $\pm 825.6$ ) ve ilkbaharda 7411.5 ( $\pm 947.8$ ) ppm olarak saptanmıştır.

Cr değerleri 2.147-30.688 ppm aralığında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 12.279 ( $\pm 1.179$ ), sonbaharda 8.462 ( $\pm 0.865$ ), kış mevsiminde 4.402 ( $\pm 0.486$ ) ve ilkbaharda 4.876 ( $\pm 0.552$ ) ppm olarak tespit edilmiştir.

Mn içeriği bakımından sediment örnekleri 183.299-713.006 ppm aralığında değişmekte olup mevsimlere göre bu ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 514.616 ( $\pm 21.401$ ), sonbaharda 339.141 ( $\pm 12.455$ ), kış mevsiminde 272.710 ( $\pm 18.142$ ) ve ilkbaharda 264.783 ( $\pm 14.201$ ) ppm olarak kayıt edilmiştir.

Fe değerleri 3401.633-59564.205 ppm aralığında seyrederken, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 17385.4 ( $\pm 2640.586$ ), sonbaharda 10405.7 ( $\pm 1414.688$ ), kış mevsiminde 5572.9 ( $\pm 441.212$ ) ve ilkbaharda 5780.7 ( $\pm 411.336$ ) ppm olarak hesaplanmıştır.

Co değerleri 2.771-18.107 ppm aralığında olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 7.152 ( $\pm 0.794$ ), sonbaharda 4.439 ( $\pm 0.220$ ), kış mevsiminde 3.691 ( $\pm 0.147$ ) ve ilkbaharda 3.496 ( $\pm 0.082$ ) ppm olarak ortaya çıkartılmıştır.

Ni içerikleri 1.690-10.036 ppm aralığında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 5.868 ( $\pm 0.309$ ), sonbaharda 4.075

( $\pm 0.169$ ), kış mevsiminde 2.943 ( $\pm 0.175$ ) ve ilkbaharda 3.376 ( $\pm 0.233$ ) ppm olarak tespit edilmiştir.

Cu değerleri 10.627-44.922 ppm aralığında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 22.364 ( $\pm 1.306$ ), sonbaharda 15.961 ( $\pm 0.938$ ), kış mevsiminde 17.978 ( $\pm 1.176$ ) ve ilkbaharda 16.379 ( $\pm 1.610$ ) ppm olarak hesaplanmıştır.

Zn içerikleri 27.784-210.941 ppm aralığında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 64.862 ( $\pm 4.082$ ), sonbaharda 44.096 ( $\pm 2.041$ ), kış mevsiminde 44.316 ( $\pm 2.721$ ) ve ilkbaharda 49.874 ( $\pm 8.292$ ) ppm olarak belirlenmiştir.

Cd içerikleri 0.086-1.480 ppm aralığında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 0.275 ( $\pm 0.020$ ), sonbaharda 0.230 ( $\pm 0.015$ ), kış mevsiminde 0.339 ( $\pm 0.028$ ) ve ilkbaharda 0.326 ( $\pm 0.062$ ) ppm olarak tespit edilmiştir.

Pb içerikleri 10.064-255.827 ppm aralığında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 43.376 ( $\pm 11.562$ ), sonbaharda 23.854 ( $\pm 3.072$ ), kış mevsiminde 23.085 ( $\pm 1.538$ ) ve ilkbaharda 27.648 ( $\pm 5.440$ ) ppm olarak belirlenmiştir.

**Tablo 3. 28.** Sediment numunelerinin ağır metal analizleri (ppm)

AĞIR METAL	MEVSİM	İSTASYON							ORT. DEĞER
		1	2	3	4	5	6	7	
Al	Yaz	19208.5	11381.3	13524.9	16740.9	20277.5	19120.8	19833.3	17155.3 <sup>c</sup>
	Sonbahar	12067.9	9763.1	10939.9	12337.8	11894.3	11992.0	14660	11950.7 <sup>b</sup>
	Kış	6188.2	5125.6	5922.7	6851.4	5814	6037.1	4051.4	5712.9 <sup>a</sup>
	İlkbahar	5576.4	5247.7	6211.5	8039.9	8167.5	8879.8	9757.4	7411.5 <sup>a</sup>
Cr	Yaz	9.382	20.817	14.727	9.423	8.049	11.865	11.691	12.279 <sup>c</sup>
	Sonbahar	6.013	14.982	8.903	7.429	6.602	6.627	8.675	8.462 <sup>b</sup>
	Kış	3.553	4.390	5.604	4.724	3.921	4.677	3.945	4.402 <sup>a</sup>
	İlkbahar	3.180	3.477	7.004	5.744	3.722	5.047	5.956	4.876 <sup>a</sup>
Mn	Yaz	471.447	527.138	558.415	537.070	514.001	500.942	493.303	514.616 <sup>c</sup>
	Sonbahar	339.391	357.807	343.231	346.744	338.061	248.161	400.593	339.141 <sup>b</sup>
	Kış	277.772	199.006	309.470	321.541	233.923	234.461	332.799	272.710 <sup>a</sup>
	İlkbahar	248.070	242.996	279.019	246.230	272.803	278.812	285.552	264.783 <sup>a</sup>
Fe	Yaz	11642.6	37531.8	25701.8	13807.8	11836.5	12701.9	8475.8	17385.4 <sup>b</sup>
	Sonbahar	7989.1	20545.8	11096.3	9839.8	9436.2	7433.6	6498.8	10405.7 <sup>a</sup>
	Kış	5502.2	5209.3	6345.1	6994	5728.3	5122.7	4108.6	5572.9 <sup>a</sup>
	İlkbahar	4821.9	4798.3	6610.2	7913.4	5554.2	552	5215	5780.7 <sup>a</sup>
Co	Yaz	5.706	11.547	10.260	6.390	5.541	5.696	4.921	7.152 <sup>b</sup>
	Sonbahar	3.743	6.340	4.580	4.531	4.146	3.815	3.917	4.439 <sup>a</sup>
	Kış	3.624	3.411	4.176	4.498	3.363	3.300	3.465	3.691 <sup>a</sup>
	İlkbahar	3.277	3.524	3.654	3.829	3.350	3.393	3.444	3.496 <sup>a</sup>
Ni	Yaz	5.348	7.484	5.858	5.496	4.746	5.838	6.305	5.868 <sup>c</sup>
	Sonbahar	3.306	5.128	4.312	3.639	3.469	3.996	4.678	4.075 <sup>b</sup>
	Kış	2.369	2.539	3.591	2.872	2.477	3.189	3.564	2.943 <sup>a</sup>
	İlkbahar	2.478	2.593	4.610	3.344	2.907	3.731	3.971	3.376 <sup>ab</sup>
Cu	Yaz	25.452	30.538	22.233	20.124	16.570	17.995	23.634	22.364 <sup>b</sup>
	Sonbahar	18.019	12.953	22.739	14.692	13.397	12.369	17.561	15.961 <sup>a</sup>
	Kış	21.700	18.218	19.913	15.891	14.108	14.623	21.394	17.978 <sup>ab</sup>
	İlkbahar	18.675	12.827	26.137	14.190	13.075	13.933	15.817	16.379 <sup>a</sup>
Zn	Yaz	61.424	69.795	66.097	63.541	59.411	51.289	82.478	64.862 <sup>b</sup>
	Sonbahar	41.492	35.473	48.672	51.836	41.332	36.380	53.486	44.096 <sup>a</sup>
	Kış	46.751	32.921	45.480	46.982	45.804	36.884	55.387	44.316 <sup>a</sup>
	İlkbahar	42.481	35.480	101.885	52.939	36.746	35.127	44.457	49.874 <sup>ab</sup>
Cd	Yaz	0.258	0.327	0.318	0.304	0.214	0.147	0.360	0.275
	Sonbahar	0.226	0.214	0.294	0.308	0.193	0.125	0.247	0.230
	Kış	0.336	0.283	0.409	0.331	0.308	0.254	0.455	0.339
	İlkbahar	0.297	0.268	0.719	0.337	0.235	0.185	0.241	0.326
Pb	Yaz	20.026	25.982	140.174	39.171	21.576	18.585	38.121	43.376
	Sonbahar	18.042	22.163	43.378	28.891	20.279	13.122	21.100	23.854
	Kış	20.966	15.462	24.697	31.085	22.717	19.299	27.367	23.085
	İlkbahar	19.165	18.587	66.841	29.103	23.106	16.976	19.758	27.648

Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ).

### 3.4. Diğer Sediment Analizleri

Harşit Çayı'ndan 12 ay boyunca 7 farklı istasyondan toplanan sediment örneklerinin analiz sonuçlarının istasyonlara göre değişimi Ek-1'deki grafiklerde verilmiştir (Şekil 3.27-3.29).

#### 3.4.1. Sediment % Su İçeriği

Harşit Çayı sediment % su içeriği değeri 4.990 ile 44.561 aralığında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler % olarak sırasıyla; yaz mevsiminde 18.818 ( $\pm 2.136$ ), sonbaharda 17.626 ( $\pm 1.262$ ), kış mevsiminde 20.340 ( $\pm 1.241$ ) ve ilkbaharda 22.121 ( $\pm 1.443$ ) olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak sedimentlerdeki % su içeriği değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir (Tablo 3.29).

**Tablo 3. 29.** Mevsimlere göre ortalama sediment % su içeriği değerleri

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer	16.792	10.617	12.590	23.756	23.374	14.365	30.229	18.818
	Std. Hata	1.423	2.982	1.900	9.021	2.992	0.278	7.868	2.136
	Minimum Değer	14.181	4.99	8.795	8.104	17.911	13.844	17.437	
	Maksimum Değer	19.08	15.142	14.646	39.355	28.222	14.794	44.561	
Sonbahar	Ortalama Değer	18.345	13.712	13.720	13.586	19.636	15.823	28.559	17.626
	Std. Hata	0.858	2.909	0.858	2.977	0.779	0.328	2.213	1.262
	Minimum Değer	16.784	7.916	12.658	8.214	18.210	15.266	24.135	
	Maksimum Değer	19.743	17.046	15.418	18.496	20.891	16.403	30.874	
Kış	Ortalama Değer	23.577	17.593	12.876	17.739	20.024	20.482	30.092	20.340
	Std. Hata	1.012	0.840	0.507	1.202	0.337	3.613	1.812	1.241
	Minimum Değer	21.919	16.156	12.262	16.523	19.393	13.363	27.596	
	Maksimum Değer	25.411	19.066	13.881	20.143	20.544	25.117	33.614	
İlkbahar	Ortalama Değer	24.529	18.705	9.798	22.924	23.987	25.071	29.835	22.121
	Std. Hata	1.284	2.241	2.041	1.390	2.840	1.680	1.129	1.443
	Minimum Değer	22.109	15.190	6.069	20.147	21.001	23.063	27.631	
	Maksimum Değer	26.483	22.870	13.099	24.443	29.665	28.407	31.365	

### 3.4.2. Organik Madde Miktarı

Harşit Çayı sedimenti organik madde miktarı %1.049 ile %14.243 aralığında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler % olarak sırasıyla; yaz mevsiminde 4.123 ( $\pm 0.779$ ), sonbaharda 3.109 ( $\pm 0.421$ ), kış mevsiminde 3.806 ( $\pm 0.489$ ) ve ilkbaharda 4.064 ( $\pm 0.418$ ) olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak sedimentlerdeki organik madde miktarı değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önem arz etmediği belirlenmiştir (Tablo 3.30).

**Tablo 3. 30.** Mevsimlere göre % ortalama organik madde miktarı değerleri

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
<b>Yaz</b>	Ortalama Değer	3.182	2.284	1.433	6.748	3.866	2.432	8.913	4.123
	Std. Hata	0.633	0.384	0.312	3.404	0.812	0.518	2.687	0.779
	Minimum Değer	2.549	1.900	1.049	1.851	2.249	1.750	5.647	
	Maksimum Değer	4.448	3.052	2.050	13.293	4.802	3.448	14.243	
<b>Sonbahar</b>	Ortalama Değer	2.916	2.084	2.216	2.467	2.533	2.550	6.997	3.109
	Std. Hata	0.579	0.398	0.083	0.203	0.101	0.160	1.674	0.421
	Minimum Değer	1.949	1.301	2.050	2.099	2.349	2.300	3.650	
	Maksimum Değer	3.950	2.601	2.299	2.801	2.699	2.849	8.696	
<b>Kış</b>	Ortalama Değer	3.066	2.434	2.432	2.650	3.032	4.349	8.681	3.806
	Std. Hata	0.337	0.241	0.183	0.087	0.109	1.102	0.394	0.489
	Minimum Değer	2.549	2.100	2.249	2.500	2.899	2.200	8.146	
	Maksimum Değer	3.700	2.901	2.799	2.800	3.248	5.847	9.450	
<b>İlkbahar</b>	Ortalama Değer	3.418	3.599	2.200	3.933	3.683	4.251	7.365	4.064
	Std. Hata	0.706	0.477	0.355	0.158	1.108	0.902	1.312	0.418
	Minimum Değer	2.049	2.799	1.749	3.652	2.200	3.298	4.750	
	Maksimum Değer	4.402	4.448	2.901	4.198	5.850	6.053	8.850	



### 3.4.3. Sediment pH

Harşit Çayı sediment pH değeri 6.56 ile 8.09 aralığında değişmekte olup, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 7.69 ( $\pm 0.062$ ), sonbaharda 7.39 ( $\pm 0.095$ ), kış mevsiminde 7.65 ( $\pm 0.043$ ) ve ilkbaharda 7.50 ( $\pm 0.069$ ) olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak sediment pH değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli düzeyde olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.31).

**Tablo 3. 31.** Mevsimlere göre ortalama sediment pH değerleri

		İSTASYON							
		1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer	7.82	7.77	7.78	7.59	7.44	7.83	7.57	7.69 <sup>b</sup>
	Std. Hata	0.150	0.109	0.125	0.183	0.243	0.142	0.194	0.062
	Minimum Değer	7.57	7.56	7.55	7.33	7.00	7.55	7.25	
	Maksimum Değer	8.09	7.92	7.98	7.94	7.84	8.02	7.92	
Sonbahar	Ortalama Değer	7.31	7.37	7.40	7.39	7.42	7.53	7.35	7.39 <sup>a</sup>
	Std. Hata	0.376	0.378	0.299	0.274	0.241	0.216	0.257	0.095
	Minimum Değer	6.56	6.61	6.80	6.84	6.94	7.11	6.84	
	Maksimum Değer	7.75	7.75	7.73	7.68	7.72	7.82	7.66	
Kış	Ortalama Değer	7.66	7.60	7.73	7.67	7.63	7.68	7.56	7.65 <sup>ab</sup>
	Std. Hata	0.162	0.154	0.155	0.108	0.106	0.132	0.073	0.043
	Minimum Değer	7.39	7.31	7.57	7.50	7.49	7.51	7.41	
	Maksimum Değer	7.95	7.83	8.04	7.87	7.84	7.94	7.63	
İlkbahar	Ortalama Değer	7.38	7.45	7.63	7.54	7.55	7.55	7.37	7.50 <sup>ab</sup>
	Std. Hata	0.168	0.134	0.229	0.237	0.197	0.284	0.163	0.069
	Minimum Değer	7.06	7.26	7.33	7.19	7.25	7.04	7.07	
	Maksimum Değer	7.63	7.71	8.08	7.99	7.92	8.02	7.63	

#### 3.4.4. Sediment Kalitesi İndeks Analizleri

Harşit Çayı'nın yüzey sedimenti yapısındaki ağır metal birikiminin mevcut durumunun daha net ve anlaşılabilir şekilde ifadesine olanak sağlayan kalite indeksine göre elde edilen bulgular Tablo 3.32'deki gibidir.

Al içeriği bakımından kış mevsiminde sediment yatağındaki kirlenmenin aşırı düzeyde olduğu, ilkbaharda da kısmen aynı durumun devam ettiği, diğer mevsimlerde ise orta düzey ile aşırı düzeye doğru zenginleşme tespit edilmiştir.

Cr birikimi bakımından da yine kış mevsimi ve ilkbahar mevsiminde zenginleşme düzeyinin diğer mevsimlere oranla daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Mn içeriğinin sedimentteki zenginleşme düzeyinin tüm mevsimlerde az düzey ile orta düzeyde zenginleşme aralığında seyrettiği kayıt edilmiştir.

Yerkürede oldukça bol miktarda bulunan Fe içeriğinin kış ve ilkbahar mevsimi hariç diğer mevsimlerde normal aralıkta birikim gösterdiği belirlenmiştir.

Co içeriği bakımından tüm mevsimlerde az ile orta düzeyde zenginleşme olduğu tespit edilmiştir.

Ni birikimi bakımından sediment yatağındaki zenginleşmenin tüm mevsimlerde yüksek düzeyler seyrettiği belirlenmiştir.

Cu içeriği bakımından kış ve ilkbaharda sediment yatağında orta düzeyde zenginleşme olduğu analiz edilmiştir.

Zn konsantrasyonunun kış ve ilkbahar mevsimlerinde orta düzey ile aşırı düzeye doğru, diğer mevsimlerde ise zaman zaman orta düzeyde zenginleşme olduğu ortaya çıkartılmıştır.

Cd içeriği bakımından kış ve ilkbahar mevsimlerinde aşırı düzeye doğru ile aşırı düzeyde zenginleşme, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise kısmen orta düzeyde zenginleşmenin olduğu analiz edilmiştir.

Pb içeriği bakımından sediment örneklerinde kış ve ilkbahar mevsimlerinde aşırı düzeye doğru ile aşırı düzeyde zenginleşme, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise orta düzeyde zenginleşme ile zaman zaman aşırı düzeyde zenginleşme analiz sonucunda ortaya çıkartılmıştır.

**Tablo 3. 32.** Sediment kalitesi indeksi sonuçları

		Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar			Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Al	1	b	c	d	d	Ni	1	d	d	e	e
	2	c	c	d	d		2	c	d	e	e
	3	c	c	d	d		3	d	d	d	d
	4	b	c	d	d		4	d	d	e	d
	5	b	c	d	d		5	d	d	e	e
	6	b	c	d	c		6	d	d	d	d
	7	b	b	d	c		7	c	d	d	d
Cr	1	c	d	e	e	Cu	1	a	a	a l	a l
	2	b	c	d	e		2	k	b	a l	b k
	3	c	c	d	d		3	a	a k	a l	a l
	4	c	d	d	d		4	a	b	b k	b k
	5	c	d	e	e		5	a	b	b k	b
	6	c	d	e	d		6	a	b	b k	b
	7	c	c	d	d		7	a	a	a l	a
Mn	1	a	a	b k	b k	Zn	1	a	a	a l	a l
	2	a k	a k	b k	b k		2	k	a k	b l	a l
	3	a k	a	a k	b k		3	k	a k	a l	m
	4	a k	a	a k	b		4	a l	a l	a k	a k
	5	a	a	b k	b k		5	a	a	a l	a k
	6	a	a	b k	b		6	a	a	a l	a k
	7	a	a	a l	b		7		k	a m	a l
Fe	1	b	b	c	c	Cd	1	k	l	m	m
	2	l	a k	c	c		2	l	l	m	m
	3	a k	b	c	c		3	l	l	m	n x
	4	b	b	c	c		4	k	l	m	m
	5	b	b	c	c		5		a k	m	l
	6	b	c	c	c		6	a	a	a m	l
	7	b	c	c	c		7	k	k	n x	l
Co	1	b	b	b	b	Pb	1	k	l	m	m
	2	a k	b	b	b		2	l	l	m	m
	3	a k	b	b	b		3	n	m x	m	n x
	4	a	b	b	b		4	l x	l	m x	m
	5	b	b	b	b		5	k	l	m	m
	6	b	b	b	b		6	k y	a k	m	l
	7	b	b	b k	b		7	l x	l	n	l
<b>PLI</b>			<b>EF</b>			<b>I<sub>geo</sub></b>					
x: az düzeyde zenginleşme			k: Değiştirilebilir düzeyde zenginleşme			a: orta düzeye doğru zenginleşme					
y: orta düzeyde zenginleşme			l: Değiştirilebilir ancak yüksek düzeyde zenginleşme			b: orta düzeyde zenginleşme					
			m: Yüksek düzeyde zenginleşme			c: aşırı düzeye doğru zenginleşme					
			n: Çok yüksek düzeyde zenginleşme			d: aşırı düzeyde zenginleşme					
						e: çok aşırı düzeye doğru zenginleşme					

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Su sıcaklığının su kütlesindeki birçok fizikokimyasal değişkenler üzerinde önemli etkileri bulunmakla birlikte, canlıların yaşamsal faaliyetleri ve dağılımlarına da etki etmektedir (Egemen, 2006; Mutlu, 2013). Akarsularda su sıcaklığı; yükseklik, iklim, atmosfer şartları, akıntı hızı ve akarsu yatağı gibi yapısal özelliklere göre değiştiği gibi ayrıca, akarsu hattı boyunca bulunan bitki örtüsü, su karışımları ve arazi engellerine bağlı olarak da değişiklik gösterebilir (USEPA, 1979). Verap ve ark. (2005) Trabzon İyidere’de yaptıkları çalışmada ortalama sıcaklık değerini 7.19 °C olarak tespit etmişlerdir. Dirican ve Barlas’ın (2005) Dipsiz ve Çine Çayı’ndaki çalışmasında 13.72 °C, Bakış ve ark. (2011) Porsuk Çayı’ndaki araştırmasında 2005 ve 2006 yıllarında ortalama değerin 16.5 °C ile 16.85 °C olduğu rapor edilmiştir. Çalışma süresince Harşit Çayı su sıcaklığı en düşük Şubat ayında 2. istasyonda 6.69 °C, en yüksek Ağustos ayında 5 nolu istasyonda 21.48 °C olarak ölçülmüştür. Mevsimlere göre sıcaklık değerleri yaz>sonbahar>ilkbahar>kış şeklindedir. Ayrıca, YSKYY (2015)’e göre mevsimsel ortalama sıcaklık değeri bakımından suyun Sınıf I Kalite özelliği taşıdığı tespit edilmiştir.

Sularda hidrojen iyonu derişiminin ölçüsü olan pH değerinin 6.0-8.5 sınır değerinin dışına çıkması canlı hayatını olumsuz yönde etkilemektedir (Goldman ve Horn, 1983). pH değişiklikleriyle zayıf asit ile zayıf bazların ortamda ayrışması amonyak gibi sucül ekosistemdeki canlılar için son derece önemli olan bazı bileşiklerin zehirliliğini etkilemektedir. Amonyum tuzları ve siyanürler ile demir, sülfat, krom, bakır, kurşun, manganez, klorid ve sülfürün belli bileşiklerinin zehirliliğinin pH seviyesine bağlı bulunduğu ifade edilmiştir (Atay ve Pulatsü, 2000). Hem (1985), gece oksidasyon yoluyla organizmaların ortama verdiği karbondioksit ve gün boyunca çözünmüş karbondioksitin akuatik bitkiler tarafından fotosentezde kullanılması sonucu pH’da gün boyunca inişler ve çıkışlar meydana gelebileceğini ifade etmiştir. Ülkemizde Samsun Mert Irmağı’nın yıllık ortalama pH değerinin 7.19 (Bakan ve Şenel, 2000), Gediz Nehri’nin 7.6 (Öner ve Çelik, 2011) ve Fırtına Deresi’nin 7.16 olduğu (Gedik ve ark., 2010), Porsuk Çayı’nın 2005 ve 2006 yıllarında ortalama 7.89 ile 7.07 olarak tespit edildiği rapor edilmiştir (Bakış ve ark., 2011). Harşit Çayı yüzey suyu numunelerinin pH değeri en yüksek Haziran ayında 2 nolu istasyonda 8.74, en düşük Mart ayında 6 nolu istasyonda 6.80 olarak kayıt

edilmiştir. Mevsimlere göre pH değerleri yaz>sonbahar>kış>ilkbahar şeklindedir. Ayrıca, YSKYY (2015)'e göre mevsimsel ortalama pH değeri bakımından suyun Sınıf I Kalite özelliği taşıdığı tespit edilmiştir.

Çözünmüş oksijen sucul ortamlarda yaşayan canlıların yaşamlarını sınırlandıran önemli bir faktör olmakla birlikte, sucul ekosistemde; biyolojik aktivitenin tip ve miktarının ortamda bulunan çözünmüş oksijen değişimine bağlı olduğu bilinmektedir (Havser,1996). Suyun mevcut sıcaklığı, akıntı hızı, organik maddelerin parçalanması gibi çeşitli etkenlere göre değişiklik gösterebilmektedir (Tanyolaç, 2011; Koçataş, 2012). Trabzon İyidere'de yapılan bir çalışmada ortalama ÇO miktarı 5,8 mg/L (Verap ve ark., 2005), Köprüçay Nehri'nde 8.92 mg/L olarak belirlenmiştir (Çiçek ve Ertan, 2012). Çalışma boyunca ölçülen ÇO değerleri en düşük ve en yüksek olarak; Haziran ayında 4 nolu istasyonda 7.21 mg/L, Temmuz ayında 2 nolu istasyonda 15.57 mg/L olarak ölçülmüştür. Mevsimlere göre ÇO değerleri sonbahar> kış> yaz>ilkbahar şeklindedir. Ayrıca, YSKYY (2015)'e göre mevsimsel ortalama ÇO değeri bakımından suyun Sınıf I Kalite özelliği taşıdığı tespit edilmiştir.

Sudaki TÇMM'yi belirlemeye yönelik yapılan çalışmalarda ortalama değerler; Fırtına Deresi'nde 28.28 ppm (Gedik ve ark., 2010) Trabzon ili akarsularında 21-319 ppm (Gültekin ve ark., 2012) ve Fırtına Deresi'nde 46 ppm olarak belirtilmiştir (Gedik ve ark., 2010). Mevsimlere göre TÇMM değerleri kış>ilkbahar>sonbahar>yaz şeklindedir.

Suların fiziksel özellikleri kadar önemli olan tuzluluk değeri, inorganik yığılımlarda ve organizmaların sucul ortamda dağılışında önemli bir rol oynamaktadır (Geldiay ve Kocataş, 1998). Tuzluluk derecesi; yağışlar, buzulların erimesi ve tatlı suların karışımıyla azalırken, buharlaşma ve kirli suların karışımıyla artmaktadır (Göksu, 2003). Ülkemizde yapılan çalışmalarda ortalama tuzluluk değerleri İyidere (Trabzon)'de 0.01 ppt (Verap ve ark., 2005), Köprüçay Nehri (Antalya)'nde 0.25 ppt olarak rapor edilmiştir (Çiçek ve Ertan, 2012). Harşit Çayı'nın 12 aylık ölçümleri sonucunda elde edilen tuzluluk değerleri, en düşük 0.01 ppt ile Ekim ayında 3. istasyonda, en yüksek 0.37 ppt ile Mart ayında 1. istasyonda kayıt edilmiştir. Mevsimlere göre tuzluluk değerleri kış>ilkbahar>sonbahar>yaz şeklindedir.

Elektriksel iletkenlik su kalitesi çalışmalarında önemli bir parametre olup; sıcaklığa, su içindeki çözünmüş maddelere ve iz halindeki çözelti içeriklerine bağlı olarak değişebilir (Özpinar, 2007). Ülkemizdeki bazı akarsularda tespit edilen elektriksel iletkenlik değerleri; Dipsiz ve Çine Çayı'nda  $434-989 \mu\text{Scm}^{-1}$  (Dirican ve Barlas, 2005), Kalyan Akarsuyu'nda  $80-255 \mu\text{Scm}^{-1}$  (Bulut ve Tüfekçi, 2005), Ağlasun Deresi'nde  $385-653 \mu\text{Scm}^{-1}$  (Kalyoncu ve Zeybek, 2009), Fırtına Deresi yıllık ortalama  $54,77 \mu\text{Scm}^{-1}$  (Gedik ve ark., 2010), Porsuk Çayı'nda 2005 ve 2006 yıllarında ortalama  $683.3$  ile  $684.8 \mu\text{S/cm}$ 'dir (Bakış ve ark., 2011). Çalışma süresince elektriksel iletkenlik değerleri  $0.097$  ile  $0.509 \text{ mS/cm}$  olarak Haziran ayında 5 nolu istasyonda ve Mart ayında 1 nolu istasyonda en düşük ve en yüksek değerlerde kayıt edilmiştir. Mevsimlere göre elektriksel iletkenlik değerleri kış>ilkbahar>sonbahar>yaz şeklindedir. Ayrıca, YSKYY (2015)'e göre mevsimsel ortalama elektriksel iletkenlik değeri bakımından suyun Sınıf I Kalite özelliği taşıdığı tespit edilmiştir.

Redoks potansiyeli olarak da bilinen ORP, su kolonunda meydana gelen biyokimyasal olayların anlaşılmasına olanak sağlamaktadır. Pozitif değerlerde seyretmesi sudaki oksitlenme olaylarının gerçekleştiğinin göstergesidir. Harşit Çayı yüzeysel sularının ORP değerleri en düşük ve en yüksek olarak  $-109.80 \text{ mV}$  ile Eylül ayında 2 nolu istasyonda,  $197.00 \text{ mV}$  ile Temmuz ayında 5 nolu istasyonda belirlenmiştir. Mevsimlere göre ORP değerleri ilkbahar>yaz>sonbahar>kış şeklindedir.

AKM sularda; erozyon, kirlilik, fitoplanktonun aşırı çoğalması ve toplu ölümleri, kayaların aşınarak alıcı ortam suya taşınması gibi çeşitli nedenler ile oluşabilmektedir (Mutlu, 2013). Toplam askıda katı maddenin (AKM), suda belli bir miktardan fazla bulunması suyun fiziksel olarak kirlenmesine neden olur. Trabzon'da yapılan bir çalışmada (İyidere) ortalama AKM değeri  $17.40 \text{ mg/L}$  (Verap ve ark., 2005), Rize'de yapılan bir araştırmada ise ortalama  $11.37 \text{ g/L}$  olarak rapor edilmiştir (Gedik ve ark., 2010). Çalışma süresince Harşit Çayı'nda ölçümü yapılan en düşük ve en yüksek AKM değerleri sırasıyla; Mart ayında 2 nolu istasyonda  $0.184 \text{ g/L}$ , Eylül ayında 6 nolu istasyonda  $0.184$  ile  $0.742 \text{ g/L}$  olarak kayıt edilmiştir. Mevsimlere göre AKM değerleri yaz>sonbahar>ilkbahar >kış şeklindedir.

Türbidite su kolonundaki ışık miktarını doğrudan etkilediğinden sucul canlıların gelişiminde, dağılımında, ekosistemin veriminde ve biyolojik ritimlerin ayarlanmasında rol oynayan önemli bir değişkendir. Çalışma boyunca toplanan su numunelerinde en düşük türbidite değeri 0 NTU ile Eylül ayında 1 nolu istasyonda, en yüksek 69.25 NTU ile Kasım ayında 7 nolu istasyonda saptanmıştır. Ayrıca, mevsimlere göre türbidite değerleri ilkbahar>sonbahar>kış>yaz şeklindedir.

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı, oksijenli şartlar altında sudaki bakterilerin organik maddeyi parçalaması için gereksinim duyduğu oksijen miktarını ifade etmekle birlikte; organik madde çokluğu, mikroorganizma yoğunluğu, nütrient derişimi ve sıcaklığa bağlı olarak değışiklik göstermektedir (Egemen, 2006). Ülkemiz bazı akarsularında BOİ<sub>5</sub> değerleri Mert Irmağı'nda en düşük ve en yüksek 14.68-343.95 mg/L (Bakan ve Şenel, 2000), İyidere'de en düşük ve en yüksek 0.40-4.2 mg/L (Verap ve ark., 2005) ve Gediz Nehri'nde ortalama 6.7 mg/L olarak belirlenmiştir (Öner ve Çelik, 2011). Harşit Çayı su numunelerin BOİ<sub>5</sub> değışimi 1.12 ile 11.09 mg/L aralığında olup, en düşük değer Haziran ayında 4 nolu istasyonda, en yüksek değer Nisan ayında 1 nolu istasyonda tespit edilmiştir. Mevsimlere göre BOİ<sub>5</sub> değerleri ilkbahar>kış>sonbahar>yaz şeklindedir. Ayrıca, YSKYY (2015)'e göre mevsimsel ortalama BOİ<sub>5</sub> değeri bakımından suyun Sınıf II Kalite özelliği taşıdığı tespit edilmiştir.

Suyun asit tutma kapasitesi olarak bilinen alkalinite tıpkı sertlik gibi; su ürünleri açısından zehirli maddelerin etkisini artırıcı yönde rol oynama eğiliminde olduğundan su kalitesi için son derece önemli bir değişkendir. Verap ve ark. (2005) Trabzon İyidere'de ortalama alkalinite değerini 25 mg/L olarak saptamışlardır. Çalışma süresince Harşit Çayı alkalinite değerleri 50 ile 152 mg/L aralığında değışmekte olup, en düşük değere Haziran ayında 5 nolu istasyonda, en yüksek değere Ocak ayında 1 nolu istasyonda rastlanılmıştır. Mevsimlere göre alkalinite değerleri ilkbahar>kış>sonbahar>yaz şeklindedir. Ayrıca, mevsimsel ortalama alkalinite değeri EPA (2015)'ya göre sucul yaşam kriterleri için belirtilen kronik değerin çok üzerinde tespit edilmiştir.

Suyun sertliğı denince suda bulunan toprak alkali iyonları olarak bilinen kalsiyum, magnezyum, stronsiyum ve baryum iyonları akla gelme birlikte genellikle toplam alkalinite ile paralellik göstermektedir. Ancak toplam alkalinite, toplam

sertlik değerinden yüksek ve fotosentez olayı hızlı ise sertlik değeri son derece yükselebilir (Atay ve Pulatsu, 2000). Sert sular su ürünleri yetiştiriciliği açısından uygun olmayıp, su ortamında bulunabilecek zehirli maddelerin zehir etkisini arttırabilmektedir (Göksu, 2003). Rize Fırtına Deresi'nde ortalama sertlik değeri 32.29 mg/L (Gedik ve ark., 2010), Isparta Ağlasun Deresi'nde 12.92 mg/L olarak rapor edilmiştir (Kalyoncu ve Zeybek, 2009). Harşit ayı yüzey suyu numunelerinin toplam sertlik değerleri 3.85 ile 19.10 °F arasında seyretmekte olup, en düşük değer Aralık ayında 6 nolu istasyonda, en yüksek değer ise Mart ayında 1 nolu istasyonda saptanmıştır. Mevsimlere göre toplam sertlik değerleri sonbahar>yaz>ilkbahar>kış Şeklindedir.

Sucul ekosistemlerdeki en önemli nütrientleri oluşturan azot bileşikleri; su kirliliğinde önemli etkilere sahip olup oksijen ve ötrofikasyona etkileri çok büyüktür. Suda önem arz eden azot türevleri nitrit, nitrat ve amonyum azotudur. Çalışma süresince toplanan yüzey suyu numunelerinin toplam amonyak azotu değişimi 0.275 ile 1.497 mg/L aralığında tespit edilmiş olup, en düşük değer Temmuz ayında 5 nolu istasyonda, en yüksek değer ise Nisan ayında 7 nolu istasyonda belirlenmiştir. Mevsimlere göre TAN değerleri ilkbahar>sonbahar>kış>yaz Şeklindedir.

Suda bulunan ve azotun doğal bir formu olan nitrat, insan ve hayvan refahı açısından zarar verici niteliktedir. Nitrat suda oldukça kolay çözündüğünden ayırt edilmesi zordur. Nitrat, kokusuz ve tatsızdır. Suda nitrat bulunması kirlenmenin uzun süre önce olduğunun bir göstergesidir. Öte yandan, bitkilerin büyümesi ve toprağın verimliliğinin artması için ise nitrat gereklidir. Sularda nitrat azotunun kaynağı; organik maddeler, azotlu gübreler ve doğadaki bazı mineraller olup, yüzey sularında nitrat azotunun yüksek çıkması, evsel atıklar ya da yoğun tarımsal etkinliklere de bağlanmaktadır (Chapman ve Kimstach, 1996). Gültekin ve ark. (2012) Trabzon'da yapmış oldukları çalışmada sudaki en yüksek nitrat miktarını 4,7 mg/L, Kalyoncu ve Zeybek (2009) Ağlasun Deresi'nde 5.3-6.4 mg/L, Bakış ve ark. (2011) 2005 ve 2006 yıllarında yaz ve kış mevsimlerinde ortalama nitrat değerlerini 0.881, 0.705, 0.744 ve 0.688 mg/L olarak belirtmişlerdir. Harşit ayı su örneklerindeki nitrat azotu 0.135 ile 1.000 mg/L aralığında belirlenmiş olup, en düşük değere Eylül ayında 7 nolu istasyonda, en yüksek değere Ocak ayında 2 nolu istasyonda rastlanılmıştır. Mevsimlere göre nitrat azotu değerleri kış>ilkbahar>sonbahar>yaz Şeklindedir.



Ayrıca, YSKYY (2015)'e göre mevsimsel ortalama nitrat azotu değeri bakımından suyun Sınıf I Kalite özelliği taşıdığı tespit edilmiştir.

Sularda nitrit azotunun asıl kaynağı organik maddeler olup, azotlu gübreler ve doğadaki bazı mineraller kaynağını teşkil etmektedir. Temiz sularda genellikle hiç bulunmayan veya eser düzeyde seyreden nitrit, kararsız bir bileşik olduğu için sürekli ortamda bulunması genellikle evsel ve endüstriyel atıkların ortama karıştığına göstergesi olarak kabul edilir (Baltacı, 2000; Bayram, 1995). Verep ve ark. (2005) Trabzon İyidere'de yaptıkları çalışmada ortalama nitrit konsantrasyonunu 7.30 mg/L, Gedik ve ark. (2010) Rize Fırtına Deresi'nde ise 0.0012 mg/L, Gültekin ve ark. (2012) Trabzon'da yapmış oldukları çalışmada sudaki en yüksek nitrit miktarını 0.1 mg/L, Bakış ve ark. (2011) Porsuk Çayı'nda 2005 ve 2006 yılının yaz ve kış ayları için sırasıyla ortalama 0.107, 0.101, 0.085 ve 0.114 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Çalışma süresince örnekleme yapılan su numunelerinin nitrit azotu değerleri 0.001 ile 0.230 mg/L aralığında belirlenmiş olup, en düşük değerler farklı aylarda birden fazla istasyonda, en yüksek değer ise Haziran ayında 6 nolu istasyonda saptanmıştır. Mevsimlere göre nitrit azotu değerleri yaz>sonbahar>kış>ilkbahar şeklindedir. Ayrıca, YSKYY (2015)'e göre mevsimsel ortalama nitrit azotu değeri bakımından suyun genellikle Sınıf II Kalite özelliği taşımakla birlikte, Yaz mevsiminde 6 nolu istasyonda Sınıf IV Kalite özelliği taşıdığı tespit edilmiştir.

Yüzey sularındaki önemli besinlerden biri olan Silika ( $\text{SiO}_2$ ), diyatomelerin hücre çeperlerinin yapısında bulduklarından onlar için hayati önem taşımaktadır. Sucul kolondaki silika miktarı 0.5 mg/L'nin altında olduğunda, diyatome popülasyonlarının büyümelerini durdurduğu bilinmektedir (Reynolds, 1984). Harşit Çayı su numunelerindeki silika değeri diyatomeler için son derece zengin düzeyde olup, en düşük değer Ağustos ayında 4 ve 5 nolu istasyonda 4.80 en yüksek değer Mart ayında 7 nolu istasyonda 112 mg/L olarak belirlenmiştir. Ayrıca mevsimlere göre silika değerleri ilkbahar>kış>sonbahar>yaz şeklindedir.

Fosfor, sularda çeşitli fosfat türleri şeklinde yer almakla birlikte, ortofosfat fosforu çoğu sularda temel fosfat kaynağıdır. Sucul ekosistemdeki canlıların büyümesini sınırlayıcı en önemli elementlerden olup yüzey sularındaki kontrolsüz artışı ötrofikasyon gibi önemli kirlenmelerin nedenleri arasında yer almaktadır (Atay ve Pulatsü, 2000). Bazı akarsularımızdaki fosfor değeri Mert Irmağı'nda en düşük 0.0297 mg/L, en yüksek ise 6.116 mg/L, Trabzon ili akarsularında en yüksek 5.1

mg/L (Gültekin ve ark., 2012) olarak kayıt edilmiştir. Yine Mert Irmağı çözünebilir reaktif fosfor değerinin 0.0197 mg/L ve 5.9508 mg/L, Köprüçay Nehri'nde ise bu değerlerin ortalama 0.12 mg/L olduğu rapor edilmiştir (Bakan ve Şenel, 2000; Çiçek ve Ertan, 2012). Çalışma süresince Harşit Çayı'nda en düşük toplam fosfor değerine 0.012 mg/L ile Mart ayında 4 nolu istasyonda, en yüksek değere ise 0.243 mg/L ile Aralık ayında 7 nolu istasyonda rastlanılmıştır. En düşük ortofosfat fosforu 0.011 mg/L ile farklı aylarda farklı istasyonlarda, en yüksek 0.706 mg/L ile Ocak ayında 1 nolu istasyonda belirlenmiştir. Mevsimlere göre toplam fosfor değerleri; sonbahar>yaz>ilkbahar>kış, ortofosfat fosforu değerleri; kış>sonbahar>ilkbahar>yaz şeklindedir. Ayrıca, YSKYY (2015)'e göre mevsimsel ortalama toplam fosfor değeri bakımından suyun genel olarak Sınıf II Kalite özelliği taşımakla birlikte, sonbahar mevsiminde 7 nolu İstasyonda Sınıf III Kalite özelliği taşıdığı tespit edilmiştir.

Sucul ekosistemlerin en önemli katyonlarından olan sodyum ve potasyum sudaki biyolojik aktiviteler ile bazı algler için bir dereceye kadar besleyici element özelliği gösterdiğinden önemlidir (Kocataş, 2012). Bakış ve ark. (2011), Porsuk Çayı'nda 2005 ve 2006 yıllarındaki ortalama potasyum (K) değerlerinin 6.90 ve 6.62 mg/L olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma boyunca toplanan su numunelerinde en düşük sodyum değeri Mayıs ayında 4 nolu istasyonda, en yüksek Mart ayında 7 nolu istasyonda sırasıyla 3.00 ile 8.10 mg/L olarak kayıt edilmiştir. Mevsimlere göre sodyum değerleri sonbahar>kış>ilkbahar>yaz şeklindedir. Ayrıca, Harşit Çayı su numunelerinde en düşük potasyum değeri farklı aylarda birden fazla istasyonda, en yüksek Haziran ayında 7 nolu istasyonda sırasıyla 0.40 ile 1.70 mg/L olarak tespit edilmiştir. Mevsimlere göre potasyum değerleri yaz>ilkbahar>kış>sonbahar şeklindedir.

Yaşamsal maddelerin esansiyel bir bileşimini meydana getiren sülfid, yer kabuğunda bol miktarda bulunur. Deniz balıkları başta olmak üzere bir çok planktonun ekolojik dağılımı için önemli bir çevresel faktördür (Bagarinao ve Vetter, 1989). Yaşamsal organizmalar için sülfid, prensip olarak çözünebilir sülfat formlarında ya da indirgen organik sülfid bileşiklerinde mevcuttur (Stanier ve ark., 1976). Sularda çözülmüş sülfid pH'ya bağlı olarak hidrojen sülfid ve hidrosülfid formunda bulunurken, oldukça nadir sülfid olarak da bulunabilir (WHO, 1996). Ayrıca, sülfid bileşikleri, çeşitli reaksiyonlar sonucu oluşturdukları tat, koku ve toksisite problemleri ile sudaki önemli kirleticiler arasında yer almaktadır (Mutlu,

2013). Harşit Çayı yüzey sularında en düşük sülfid değeri 1.00 mg/L ile Şubat ayında 5 nolu istasyonda, en yüksek 31.00 mg/L ile Ağustos ayında 7 nolu istasyonda saptanmıştır. Mevsimlere göre sülfid değerleri yaz>kış>sonbahar>ilkbahar şeklindedir.

Sularda sülfür daha çok sülfat halinde bulunmaktadır. Sülfatların çoğunluğu suda çözünmekle birlikte yeterli düzeyde bulunmadığı zaman fitoplankton gelişimini engeller ve bitkilerin büyümesini yavaşlatır. Tarımsal aktivitelerin, çeşitli endüstriyel ve kentsel atıkların neden olduğu sülfat artışı kirliliğin bir göstergesi olarak kabul edilir (Mutlu, 2004; Taş ve ark., 2010). Porsuk Çayı yüzey suyunda, 2005 yaz ve kış aylarında ortalama sülfat değerlerinin 44.9 ve 40.6 mg/L; 2006 yaz ve kış mevsimlerinde ise 31.7 ve 39.8 mg/L olduğu tespit edilmiştir (Bakış ve ark., 2011). Harşit Çayı yüzey sularında en düşük sülfat değeri 16 mg/L olarak Mayıs ayında 4 nolu istasyonda, en yüksek 42 mg/L olarak Şubat ve Mart aylarında 5 nolu istasyonda tespit edilmiştir. Mevsimlere göre sülfat değerleri sonbahar>kış>ilkbahar>yaz şeklindedir.

Bilinen en toksik ve tehlikeli organik kirleticilerden biri olan fenol ve türevleri, zehirleyici etkiye sahip olmaları nedeni ile biyolojik bozunmayı da kısıtlamaktadır. Ayrıca sularda kötü tat ve kokmaya neden olurlar. Bu nedenle atık sulardaki miktarlarında bile önemli düzeyde kısıtlamalar söz konusudur. Tan (2006), Çorlu Deresi'ndeki fenol miktarını 0.0607-3.2178 mg/L aralığında tespit ederek istasyonların çoğundaki fenol miktarının referans aralık olan 0.1 mg/L'den daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Boran ve Karaçam (1996), Değirmendere Deresi (Trabzon) fenol içeriğinin 0.005 ile 0.007 mg/L aralığında değiştiğini tespit etmişlerdir. Türkyılmaz (2010)'a göre sudaki fenol konsantrasyonu 0.005 mg/L ise suların fiziksel arıtma, kimyasal arıtma ve dezenfeksiyona tabi tutulması gerekmektedir. Sofonio ve ark. (2000) yapmış oldukları çalışmada Yunanistan'daki bazı doğal su kaynaklarındaki fenol içeriklerini µg/L düzeyinde; Tripotamos: 19.4, Koutikas: 10.2, Arapitsa: 12, Fdeseos: 11.9, Sakolevas: 11.1 olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, farklı noktalardan örnekleme yapılan nehirlerdeki ortalama fenol değerleri değişimini ise yine µg/L düzeyinde; Aliakmon: 8.5 ile 11.2, Axios: 10.4 ile 11.2, Loudias: 12.4 ile 15.0 ve Strymon: 11.7 ile 13.2 olarak rapor etmişlerdir. Harşit Çayı yüzey suyu fenol içeriği en düşük 0.010 mg/L ile farklı aylarda birden fazla istasyonda, en yüksek 0.740 mg/L ile Mayıs ayında 4 nolu

istasyonda belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimlere göre fenol değerleri sonbahar>ilkbahar>yaz>kış şeklindedir. Literatür ile mukayese edildiğinde Harşit Çayı örneklerinde daha yüksek seviyede fenol içeriğinin belirlenmesi sucul yaşam için büyük bir riskin varlığına işaret etmektedir.

Sucul ekosistemde birincil üretimin en önemli göstergesi olarak kabul edilen klorofil<sub>a</sub> düzeyinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda; Giresun il sınırları içerisinde Karadeniz'e deşarj olan önemli tatlı su kaynaklarından Aksu Deresi'ndeki değerler: 0.01 ile 20.58 µg/mL aralığında, ortalama 7.58 µg/mL (Şengün, 2013), Gelevera Deresi'nde: 0.07 ile 4.55 µg/mL aralığında ortalama 1.55 µg/mL olarak rapor edilmiştir (Yıldız, 2013). Yine, Giresun kıyı şeridi deniz sularındaki klorofil<sub>a</sub> düzeyi değişimi 0.010 ile 4.208 µg/L aralığında tespit edilmiştir (Akkan, 2013). Çalışmamızda Harşit Çayı yüzey sularındaki klorofil<sub>a</sub> miktarı ise 1.194 ile 4.082 µg/L aralığında seyretmekte olup, yıl boyunca ortalama değer 2.586 µg/L olarak belirlenmiştir. Literatür bulguları ile mukayese edildiğinde Harşit Çayı yüzey sularındaki klorofil<sub>a</sub> düzeyinin yüksek seyretmesinin nedeni olarak; eğimli arazilerin fazla olduğu havzada yapılan zirai faaliyetlerin yağışlarla birlikte akarsuya karışan nütrientler gösterilebilir.

Tatlı su kaynaklarına herhangi bir nedenle dâhil olan kanalizasyon gibi organik madde yükünün fazla olduğu atık sularda patojen mikroorganizmaların çoğalması ortamda kirliliğe neden olmaktadır (Mascher, 1987). Farklı etkenler sonucunda patojen mikroorganizmalar ile kontamine olan suların içme suyu temini ve rekreasyon amacıyla kullanımı da sınırlanmaktadır. Toplam koliform ve fekal koliform bakteri sayısı su kalitesinde yaygınca mikrobiyolojik indikatör olarak kullanılmaktadır. Bakteriyolojik bulgular, Harşit Çayı'nın Giresun il sınırına giriş yaptığı bölgeden mansap bölgesine kadar bakteriyolojik kirlenmenin var olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır. Su örneklerinde belirlenen fekal koliform bakteri sayıları, örnekleme alanı boyunca kanalizasyondan kaynaklanan yoğun kirliliğin mevcut olduğunu, fekal koliform bakteri sayılarının mevsimler arasında belirgin farklılıklar göstermemesi de kanalizasyon kaynaklı kirlenmenin yıl boyunca sürdüğünü göstermektedir. Özellikle toplam koliform, fekal koliform, *E. coli* ve fekal streptokok değerlerinin yıl boyunca farklı istasyonlarda YSKYY (2015)'deki referans değerleri aştığı ve mevcut durumun ciddi bir risk oluşturduğu sonucu ortaya

çıkartılmıştır ve literatür ile de benzerlik taşıdığı tespit edilmiştir (Bulut ve ark., 2010). Toroğlu ve ark. (2006) Aksu Çayı (Kahramanmaraş)'nda yapmış oldukları çalışma, bizim çalışmamızla birebir uyum gösteren sonuçları barındırmakta olup, mevcut durumun meydana gelmesinde mezbaha ve hayvansal dışkı atıklarının da önemli rol üstlendiğini belirtmişlerdir.

Ağır metallere bağlı kirlenmenin çoğu su kaynaklarında yer almaktadır. Özellikle sulara toplanma, su içinde çözünme veya çözünmeden sedimentte birikim gösterme şeklinde olabilir. Toksik metal bileşikleri nehir, yağmur ve kar sularıyla yeryüzü sularına (deniz, göl, gölet, baraj vs.) ulaştırıldığı gibi topraktan sızarak eser miktarda da olsa yeraltı sularına da karışabilir. Bu nedenle ortamda metal kirliliği söz konusu ise sadece yüzey suları değil içme suyu kaynağı durumunda olan yer altı suları da toksik metaller içerebileceğinden göz ardı edilmemesi gereken bir kirlilik parametresi özelliği taşımaktadır (Gündüz, 1994). Konya Kapalı havzasında 32 farklı yüzey suyunda yapılan ağır metal izleme çalışmasında en yüksek metal konsantrasyonları ppb düzeyinde; Al: 23.798, Cr: 75.563, Mn: 184.63, Fe: 108.773, Co: 1.738, Ni: 24.430, Cu: 12.143, Zn: 153.017, Cd: 0.185 ve Pb: limit altında rapor edilmiştir (Uçar, 2011). Aşağı Gediz Havzası'nda yapılan bir çalışmada metal derişimleri ppb düzeyinde; Pb: 27.0±%0.8 Nif Çayı, Cr: 48.9±%0.9 Muradiye Köprüsü, Cd: 12.1±%0.6 İstanbul Köprüsü, Cu: 90.2±%0.4 Muradiye Köprüsü, Ni, Fe ve Zn ise sırasıyla 309.8±%0.7, 914.1±%0.3, 208.3±%0.5 L olarak Karaçay istasyonunda en yüksek değerlerde belirlenmiştir. Ayrıca araştırmacılar inceleme yapılan alanın IV. Sınıf su kalitesi özelliği gösterdiğini de tespit etmişlerdir (Öner ve Çelik, 2011). Gürleyik Çayı Kaynağı'nda yapılan bir çalışmada metal konsantrasyonları ppb olarak; Cr: 0.056, Mn: 0.03, Ni: 0.004, Cu: 0.04, Pb: 0.012, Al, Fe, Zn ve Cd limit altında tespit edilmiştir (Köse ve ark., 2013). Dicle Nehri'ndeki metal düzeyi; Cr: 48.58, Ni: 17.32, As: 12.32, Pb: 22.03, Cu: 4.52, Zn: 3.62, Cd ve Mn limit altında belirlenmiştir (Varol ve ark., 2010). Uluslararası yapılan metal izleme çalışmalarındaki konsantrasyonlar, Nakkavagu Nehri (Hindistan)'nde ppm düzeyinde; Cr: 46.8, Pb: 13.8 ve As: 116 (Krishna ve ark., 2009), Guadalquivir Nehri (İspanya)'nde ppb düzeyinde; Zn: 1.58, Cu: 2.64, Pb: 178.23, Cd: 14.82 ve Ni: 2.31 (Mendiguchía ve ark., 2007), Tiaozi Nehri (Çin)'nde ppb düzeyinde; Zn: 80.58, Cu: 44.33, Pb: 9.56, Cd: 0.15, Mn: 177.21 ve Ni: 34.23 (Dong ve ark., 2015), Elqui

Nehri (Şili)'nde ppm düzeyinde; Cu: 6082, Cr: 26, Pb: 147, Cd: 28, As: 1705 ve Hg: 3 (Pizarro ve ark., 2010) olarak kayıt edilmiştir. Ganga Nehri (Hindistan)'ndeki metal düzeylerinin ppb olarak; Cr: 41.8-70.16, Mn: 40.62-68.83, Fe: 83.17-117.7, Ni: 31.28-61.11, Cu: 19.42-43.72, Zn: 31.73-71.37, Cd: 11.41-39.24, Pb: 80.55-134.8 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Pandey ve ark., 2015). Avrupa'daki Tuna Nehri gibi en önemli 14 yüzey suyu kaynağını kapsayan Serbia Akarsu ağındaki metal derişim değerleri ppb düzeyinde; Zn: 1-122.70, Cu: 1-93, Cr: 0.9-8.60, Pb: 0.045-10.20, Cd: 0.04-2.10, Ni:1-163.90, As: 0.2-14.4, ve Hg: 0.1-2.1 aralığında saptanmıştır (Dević ve ark., 2016). Çalışmamızda Harşit Çayı yüzey sularından toplanan toplam 84 su numunesindeki metal konsatrasyonu değişim aralığı ppb düzeyinde; Al: 4.922-1078.906, Cr: 7.141-74.900, Mn: 0.525-18.102, Fe: 4.188-7.855, Co: 3.262-7.878, Ni: 5.832-44.923, Cu: 0.873-20.649, Zn: 10.367-362.901, Cd: 1.724-19.427 ve Pb: 2.570-6.259 olarak tespit edilmiştir. Literatür çalışmaları ile mevcut bulgularımız mukayese edildiğinde Harşit Çayı yüzey suyundaki ağır metal konsatrasyonunun bazı zaman yüksek düzeyde olduğu sonucuna varılmıştır. Araştırma süresince elde edilen değerlerin uluslararası standartları zaman zaman geçtiği belirlenmiş olup, Cr içeriği bakımından elde edilen değerlerin WHO, EPA, Çin ve Kanada referanslarına göre yıl boyunca farklı zamanlarda farklı istasyonlarda, Cd içeriği bakımından ise sonbahar mevsiminde 3 nolu istasyonda WHO, EPA, ABD, Çin ve Kanada referans aralıklarının aşıldığı belirlenmiştir. Ayrıca YSKYY (2015)'e göre Pb ve Cu değerlerinin; Sınıf I Kalite, Ni ve Zn değerlerinin; yaz ve sonbahar mevsimlerinde Sınıf II Kalite, diğer mevsimlerde Sınıf I Kalite, Cr değerlerinin; 1 ve 7 nolu istasyonda sırasıyla kış ve yaz mevsimlerinde Sınıf II Kalite diğer mevsimlerde ise Sınıf I Kalite özelliği taşıdığı ama Sınıf II Kalite değerlerine çok yakın seyrettiği tespit edilmiştir.

Sediment, yapısı itibariyle kirleticiler için yüksek miktarda depolama görevi görür. Sucul sistemlerde metallerin birikim gösterdiği sediment doğal sularda metal kontaminasyonunun göstergesi olarak kullanılabilir. Sedimentteki metallerin birikimi onların partiküler yapısı, jeokimyasal özellikleri, organik madde niteliği, tane boyutu, katyon transfer kapasitesi gibi özelliklerine göre değişebilir. Doğal süreçlerde sedimentlerdeki metal birikimi kirliliğe yol açtığı gibi günümüzde antropojenik kökenli kirlenme de göz ardı edilemeyecek duruma gelmiştir. Bunun

yanı sıra, sedimentte yanabilen madde (%) miktarının tespiti de sediment kalitesinin belirlenmesinde önemli bir parametreyi oluşturmaktadır (Leong ve Tanner, 1999). Ülkemiz genelinde yapılan sediment kirliliği izleme çalışmalarında ağırlığın daha çok iz elementlerin tespitine yönelik gerçekleştirildiği bilinmekle birlikte yapısı itibarıyla geniş çapta düşünüldüğünde kirliliğin tam anlamıyla anlaşılabilmesi için sedimentin tüm özellikleriyle analiz edilmesi büyük önem taşımaktadır. Harşit Çayı sedimentinin sediment su tutma kapasitesi %4.990 ile Haziran ayında 2 nolu istasyonda en düşük, %44.561 ile yine Haziran ayında 7 nolu istasyonda belirlenmiştir. Diğer bir değişken olan organik madde miktarı en düşük 1.049 ile Ağustos ayında 3 nolu istasyonda, en yüksek 14.243 ile Haziran ayında 7 nolu istasyonda tespit edilmiştir. Yine, Giresun sınırları içerisindeki Harşit Çayı sedimentinin pH'sı en düşük 6.56 ile Eylül ayında 1 nolu istasyonda, en yüksek 8.09 ile Haziran ayında 1 nolu istasyonda saptanmıştır. Bakan ve Şenel (2000), Samsun Mert Irmağı'nda sediment pH'sının 6.8-7.65, sedimentte yanabilir organik madde miktarını ise %5.61 olarak belirtmişlerdir. Kalaycı ve Kahya (1998) Bursa Susurluk Havzası'nda yaptıkları çalışmada sedimentteki organik madde miktarını %0.13- %5.97 aralığında rapor etmişlerdir. Kaushik (2009) Yamuna Nehri (Hindistan)'nde yapmış oldukları çalışmada; sedimentteki organik madde miktarını %0.05 ile %1.34 aralığında tespit etmişlerdir. Yine Hindistanda Cauvery Nehri'nde yapılan diğer bir çalışmada sediment örneklerinin pH değerleri; 6.1 ile 8.9, elektriksel iletkenlik: 37.4 ile 995 µmhos/cm ve organik madde miktarı: %15.8 ile 62.7 aralığında kayıt edilmiştir (Venkatesha Raju, 2012).

Çalışmamızda Harşit Çayı sedimentinden toplanan toplam 84 numunedeki metal konsantrasyonu değişim aralığı ppm düzeyinde; Al: 2078.7-24255, Cr: 2.147-30.688, Mn: 183.299-713.006, Fe: 3401.633-59564.205, Co: 2.771-18.107, Ni: 1.690-10.036, Cu: 10.627-44.922, Zn: 27.784-210.941, Cd: 0.086-1.480 ve Pb: 10.064-255.827 olarak belirlenmiştir. Sakarya Nehir Havzası'nda Kütahya civarındaki Felent Çayı sedimentinde tespit edilen iz elementler 2009 ve 2010 yıllarında sırasıyla; Cd: 1.02-1.66, Pb: 21.24-20.25, As: 14.34-18.09, Zn: 55.4-58.21, Cu: 46.41-45.09, Cr: 88.78-87.44, Fe: 7980-8120 ve B: 70.45-91.87 olarak belirlenmiştir (Tokatlı ve ark., 2012). Aşağı Gediz Havzasında yer alan bazı akarsuların sedimentindeki metal konsantrasyonları; Nif Çayı Pb: 14.5, Cd: 6.9, Ni: 47, Cr: 53, Cu: 72.1, Fe: 27.1 ve Zn: 94.9, Karaçay Pb: 18, Cd: 11, Ni: 69.4, Cr:

134.5, Cu: 96.5, Fe: 30.5 ve Zn: 357.3 µg/g olarak belirlenmiştir (Öner ve Çelik, 2011). Gürleyik Çayı kaynağı sedimentindeki bazı elementlerin konsantrasyonlarını belirlemeye yönelik yapılan bir başka çalışmada; metallerin birikimi mg/kg düzeyinde Zn: 49.60, Cr: 2.22, Cu: 1.18, Ni: 2.20, Pb: 7.83, Mn: 3.76, Se: 1.93, Al: 41.27, Fe: 86.07, Cr ve Ag limit düzeyinin altında olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, kalite kriterlerine göre ise bölge sedimentinin, incelenen tüm element seviyelerinin, “eşik etki değeri (TEL)”, “en düşük etki değeri (LEL)” ve “minimum etki eşik değeri (MET)” sınır değerlerinden oldukça düşük olduğu da rapor edilmiştir (Köse ark., 2013). Başka ülkelerde gerçekleştirilen çalışmalarda, Tiaozi Nehri (Çin)’nde ppb düzeyinde; Zn: 61.96, Cu: 29.91, Pb: 5.55, Cd: 0.09, Mn: 134.36 ve Ni: 23.70 (Dong ve ark., 2015), Vaigai Nehri (Hindistan)’nde ppm düzeyinde; Al: 25554.05, Fe: 18401.27, Mg: 10668.61, Cd: 1.01, Cr: 68.97, Cu: 44.73, Ni: 41.52, Pb: 69.34 ve Zn: 164.20 olarak kayıt edilmiştir (Paramasivam ve ark., 2015).

İlk defa Harşit Çayı dâhilinde uygulanan sediment kalite indeks modeli verilerine göre, antropojenik kökenli kirleticilerin Harşit Çayı sedimentine neredeyse yılın tamamında farklı metaller bakımından etki ettiğini söyleyebilmekteyiz. Özellikle Cd ve Pb bakımından neredeyse örnekleme zamanı boyunca tespit edilen metal konsantrasyonları sonucunda uygulanan indeks modelleri kirlenmenin insan kökenli atıklardan meydana geldiğini ortaya çıkarmıştır. Yine antropojenik etkinin görüldüğü metal kirlilikleri; Mn: örnekleme periyodu boyunca farklı mevsimlerde, Fe: 2 ve 3 nolu istasyonlarda yaz ve sonbahar mevsimlerinde, Co: 2 ve 3 nolu istasyonlarda yaz, 7 nolu istasyonda kış mevsiminde, Cu: kış ve ilkbahar ağırlıklı olmak üzere örnek toplama noktalarının çoğunda, Zn: kış ve ilkbahar mevsimlerinde istasyonların tamamında olmak üzere örnekleme zamanı boyunca analiz edilmiştir.

Ülkemizde su kaynaklarımızın sediment yapılarındaki metal düzeylerinin mevcut zenginleşme düzeylerinin tespiti amacıyla yapılmış çalışmalarda EF değerleri; Kavak Deltası (Saroz Körfezi)’nda; Ba: 0.08-0.95, Cd: 2.13-7.16, Cr: 0.21-1.61, Cu: 0.35-2.24, Li: 0.42-4.46, Ni: 0.48-2.98, Pb: 0.22-6.90, Se: 0.12-18.70, Sr: 0.19-3.32 ve Zn: 0.33-1.62 (Sungur ve Özcan, 2015), Geli Çayı’nda; As: 50.2, Cu: 44.7, Pb: 11.4, Zn: 10.5, Ni: 19.3, Co: 19.2 ve Cr: 348 olarak rapor edilmiştir (Kalender ve Uçar, 2013). Mamut Nehri (Malezya) sedimentinde yapılan bir çalışmada farklı istasyonlarda yapılan değerlendirmeler sonucunda en yüksek EF değerleri; Co için



4.39, Cu için 15.22, Ni için 26.64, Pb için 0.22 ve Zn için 0.33 olarak belirlenmiştir (Ali ve ark., 2015). Yine Malezya’da yapılan bir diğer çalışmada Bernam Nehri’nde ortalama EF değerleri; Cd: 3.30, Ni: 0.11, Cr: 0.24 ve Sn: 15.07 düzeyinde saptanmıştır (Kadhum ve ark., 2015). Harşit Çayı sedimentindeki EF değeri değişimi ise Cr: 0.35-1.63, Mn: 1.03-7.73, Co: 0.32-4.27, Ni: 0.28-1.04, Cu: 1.45-9.39, Zn: 2.26-13.81, Cd: 2.05-30.89 ve Pb: 3.89-43.04 aralığında tespit edilmiştir. Literatür çalışmaları ile mukayese edildiğinde Harşit Çayı sediment örneklerinin EF analizine göre değiştirilebilir düzeyde zenginleşme oranı; Mn: %50, Co: %10.7, Cu: %25, Zn: %35.7, Cd: %21.4 ve Pb: %14.3, değiştirilebilir ancak yüksek düzeyde zenginleşme oranı; Mn: %3.6, Cu: %21.4, Zn: %35.7, Cd: %28.6 ve Pb: %35.7, yüksek düzeyde zenginleşme oranı; Zn: %7.1, Cd: %32.1 ve Pb: %39.3, çok yüksek düzeyde zenginleşme oranı; Cd: %7.1 ve Pb: %10.7 olarak tespit edilmiştir.

Bir diğer sediment kalite indeks göstergesi olan PLI değeri üzerine Vaigai Nehri (Hindistan)’nde yapılmış çalışmada değerlerin 1.08 ile 8.46 arasında değişiklik gösterdiği ve ortalama 2.59 olduğu da tespit edilmiştir (Paramasivam ve ark., 2015). Sedimentteki diğer PLI çalışmalarında ortalama değerler; Dicle Nehri’nde 1.88 (Varol, 2011), Palaru Nehri’nde 2.81 (Chaparro ve ark., 2008), Vellar Nehri’nde 2.05 (Chaparro ve ark., 2011), Subarnarekha Nehri’nde 1.01 (Giri ve ark., 2013) ve Ponnaiyar Nehri’nde 3.91 (Suresh ve ark., 2011) olarak rapor edilmiştir. Yine çalışmamızda sediment örneklerimizdeki PLI değişimi 0.03 ile 5.95 aralığında seyretmekte olup, ortalama değer 0.44 olarak belirlenmiştir. Değerin 1’in üzerinde seyretmesi ortamda bir kirliliğin göstergesi olarak kabul edildiğinden ortalama değer yönünden kirlilik görünmese de zaman zaman istasyon bazında bir kirlenmenin olduğu ortaya çıkartılmıştır.

Jeoakümülyasyon indeks değerlerine yönelik yapılan çalışmalarda, Brahmani Nehri (Hindistan)’nde; Fe, Mn, Cu, Ni ve Zn için Sınıf 0, Pb için Sınıf 0 ile 1, Cd için Sınıf 3 ile 4, Co için Sınıf 1 ile 2, Cr için Sınıf 1 (Asa ve Rath, 2014), Mamut Nehri (Malezya)’nde; Co: Sınıf 5 ile 6, Cu: Sınıf 6, Ni: Sınıf 6, Pb: Sınıf 0 ile 6, Zn: Sınıf 6 (Ali ve ark., 2015), Day Nehri (Morocco)’nde; Cd: Sınıf 3, Cr: Sınıf 1, Cu: Sınıf 0, Pb: Sınıf 2, Zn ve Fe: Sınıf 0 (Barakat ve ark., 2012), Lich Nehri (Vietnam)’nde; Mn, Fe, Ni ve Cr bakımından Sınıf 0, Cu için Sınıf 1, Pb ve Zn için Sınıf 2, As için Sınıf 3 ve Cd için Sınıf 4 olarak (Thuong ve ark., 2013), Kor Nehri

(İran)'nde; Cd için Sınıf 0, Cr, Pb, Ni, Zn, Cu ve Mo için 1 ve 7 nolu istasyonlarda Sınıf 0, diğer istasyonlarda Sınıf 3, Cr, Pb ve Ni diğer istasyonlarda Sınıf 2 ve 3 olarak tespit edilmiştir. Aynı çalışmada Hg değeri için 4 ve 8 nolu istasyonların çok yüksek düzeyde kirli, 9 nolu istasyonun ise yüksek düzeyde kirli olduğu da belirtilmiştir (Sheykhi ve Moore, 2012). Bernam Nehri (Malezya)'nde; Cd: Sınıf 0 ile 2, Ni, Cr ve Fe: Sınıf 0, Sn: Sınıf 1 ile 4 (Kadhun ve ark., 2015), Cauvery Nehri (Hindistan)'nde; Fe, Ni, Mn ve Co: Sınıf 0, Pb, Zn, Cr ve Cu: Sınıf 0 ile 1, Cd: Sınıf 0 ile 3 (Venkatesha Raju ve ark., 2012), Ebro Nehri (İspanya)'nde; Cd, Ni: Sınıf 0, Cu: Sınıf 0 ile 4, Pb: Sınıf 0 ile 3, Zn: Sınıf 0 ile 6, Hg: Sınıf 0 ile 5, As: Sınıf 0 ile 3 ve Cr: Sınıf 0 ile 3 aralığında belirtilmiştir (Veses, 2014).

Harşit Çayı sediment örneklerine uygulanan jeoakümülyasyon indeksi sonuçlarına göre; Al: Sınıf 2 ile 4, Cr: Sınıf 2 ile 5, Mn: Sınıf 1 ile 2, Fe: Sınıf 0 ile 3, Co: Sınıf 1 ile 2, Ni: Sınıf 3 ile 5, Cu: Sınıf 0 ile 2, Zn: Sınıf 0 ile 1, Cd: Sınıf 0 ile 1 ve Pb: Sınıf 0 ile 1 arasında tespit edilmiştir. Literatür ile mukayese edildiğinde özellikle küçük çaplı endüstriyel faaliyetlerin aktif olduğu akarsu yatağındaki metal kirlenmenin antropojenik aktivitelerden kaynaklandığını söyleyebilmekteyiz.

Mart 2009-Şubat 2010 tarihleri arasında yapılan bir diğer çalışmanın (Bayram, 2011) Doğan kent ve Tirebolu istasyonları, sırasıyla bizim çalışmamızın 1 ve 7 nolu istasyonlarına karşılık gelmekte olup bu çalışma sonuçlarına göre; Gümüşhane'den özellikle evsel atıkların Harşit Çayı'na yoğun deşarj olduğu, Tirebolu istasyonunun diğer istasyonlara göre nitrit, nitrat, TP, O-PO<sub>4</sub> ve toplam azotun artış gösterdiği rapor edilmiştir. Yine aynı çalışmada sıcaklık, ÇO, pH, iletkenlik ve toplam sertlik bakımından ise farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Özellikle sıcaklık, ÇO, pH, amonyum azotu, nitrat azotu, Mn ve Al bakımından SKKY (2004)'e göre Sınıf I kalite olarak tespit edilmişken, bulanıklık ve AKM'nin çok yüksek düzeyde olduğu da ayrıca ifade edilmiştir. Araştırmacı toplamda 20 fizikokimyasal değişken incelediğini fakat bunların yetersiz kalacağını özellikle vurgulayarak araştırmanın farklı değişkenler, bakteriyolojik analizler ve radyoaktivite ölçümleriyle de zenginleştirilerek derinleştirilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Yine, Harşit Çayı yüzey sularındaki deterjan kirliliğinin araştırıldığı bir diğer çalışmada araştırmacı aniyonik deterjan derişiminin 0.311 ile 0.757 mg/L aralığında değiştiğini tespit ederek, sucul ortamdaki deterjan kirliliğine dikkat

çekmiştir (Akkan, 2017). Bu bağlamda mevcut araştırma bulgularımız ile mukayese ettiğimizde 7 istasyon, farklı fizikokimyasal değişkenler, bakteriyolojik analizler ve sediment analizleri ile zenginleştirmiş olduğumuz çalışmamızın literatürdeki önemli bir eksikliği giderdiğini ve kirleticilerin büyük oranda ortaya çıkartıldığını söyleyebilmekteyiz.



## ÖNERİLER

Giresun il sınırları içerisinde Harşit Çayı üzerinde kurulu olan HES'lerin su tutup bırakmaları esnasında sudaki çözünmüş oksijen seviyesinin belli düzeyin üzerinde seyretmesine neden olduğunu söyleyebilmekteyiz. Yine HES'lerin suyu depolamak suretiyle tuttukları zaman, can suyu diye tabir edilen su kütlelerinin çok düşük seviyelerde seyrettiğini gözlemlemiş bulunmaktayız. Biyolojik çeşitlilik için son derece önemli olan bu tarz akarsulardaki su tutma ve su bırakma zamanlarının ayarlanması için bir an önce bazı tedbirlerin alınması gerektiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca depoladıkları suların, etki alanları içerisinde, yazın su sıcaklığında ani düşmelere, kışın ise ani yükselmelere neden olduğu tespit edilmiş olup suda yaşayan canlılar için mevcut durumun ciddi riskler taşıdığı çıkarımını yapabilmekteyiz.

Akarsu hattı boyunca çok fazla sayıda yerleşim gösteren kum ve çakıl tesislerinin neredeyse yılın her günü suyun bulanık kalmasına neden olduğu gözlemlenmiştir. Sudaki biyolojik yaşam için son derece önemli olan bulanıklığın referans değerlerde kalması amacıyla tesislere gerekli uyarıların yapılması ve çalışma saatlerine düzenleme getirilmesi zorunlu bir durum olarak görülmektedir.

Bakteriyolojik kirlenme yönünden yıl boyunca tehlike arz ettiği tespit edilen Harşit Çayı'na akıtılan kanalizasyon atıklarına mutlak suretle en kısa zamanda kısıtlama getirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Bazı zamanlarda Giresun il sınırlarına girişte mevcut kirliliğin tespit edilmesi, akarsuyun Gümüşhane il sınırları içerisinde de yoğun kanalizasyon atıklarına maruz kaldığını göstermektedir. Özellikle Doğankent ilçe merkezi sonrasındaki 2 nolu istasyon, Tirebolu ilçesindeki çöp atıklarının gelişigüzel bir şekilde akarsu kenarında konumlandırıldığı 6 nolu istasyon ve mansap noktasını kapsayan 7 nolu istasyonda yoğun kanalizasyon atıklarının akarsu ortamına verildiği tespit edilmiştir. Ayrıca, 7 nolu istasyonda gerekli hijyen ve sanitasyon kurallarına uyulmadan hayvan kesimlerinin yapıldığı ve akarsuya doğrudan atıkların bulaştığı gözlemlenmiştir. Tarımsal faaliyetlerde sulama amacıyla da kullanılan Harşit Çayı suyunun yörede geniş çaplı salgınlara yol açabilecek potansiyelde olduğu ön görülmektedir.

Metal kirliliği bakımından Harşıit ayı sedimentinin yüksek düzeyde kirleticilere maruz kaldığı hatta akarsu yatağındaki kirlenmenin antropojenik aktivitelerden kaynaklandığı ortaya çıkartılmıştır. Yine yzey sularında ağır metal tespit edilmiş olup, sonbahar mevsiminde bazı metallerin referans değerlerin üzerinde seyrettiği dikkat çekmiştir. Doğu Karadeniz Havzası'nın en önemli tatlı su kaynaklarından biri olan akarsu hattı boyunca gzlemlenen, su ve sedimentte metal zenginleşmesine sebep olabilecek faaliyetlerin (kum ve çakıl tesisleri, gaz depolama sahaları, sanayi atıkları, tarımsal gubre faaliyetleri vs.) bir an nce gerekli denetimleri yapılarak kontrol altına alınması sağlanmalıdır. Aksi takdirde artan metal kirliliğinin Giresun'un en bzyk hacimli tatlı su kaynağının kullanımını sınırlandıracadı, yre halkı için ciddi sağlık riski oluşturacadı, hem akarsu ekosistemindeki canlılar hem de deşarj olduğu Karadeniz ekosistemindeki canlılar için zararlara neden olabileceği n gnrulmektedir.

Bir btun olarak ele alındığında Giresun ve lkmiz için son derece önemli bir rekreasyonel alan potansiyeli taşıyan Harşıit ayı'nın özellikle sulak alan niteliğine çok yakın ozellik taşıyan 6 ve 7 nolu istasyonlarda, bilinçsiz bir şekilde yerleşim yeri ve sanayileşme çalışmaları ile tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği gzlemlenmiştir. lkmiz doğal kaynakları için son derece nsem arz eden tatlı su kaynaklarının bu derece plansız, programsız ve bilinçsiz şekilde kullanımının lke ekonomisine ciddi zarar verdiği dűřnvlmektedir. nkü kirlenmiş suların tekrar kullanılabilir hale getirilmesi için harcanacak olan maddi kaynak nceden tedbirlerin alınması için harcanacak olandan miktar olarak çok daha fazla olacaktır. Ozellikle tatlı su kaynaklarımızın etrafında gerçekleştirilecek her trlu faaliyet için bakanlık düzeyinde denetim ve izin verme mekanizmalarının oluşturulması gerektiği, aksi halde yerel ynetimlerdeki boşluklar nedeniyle son derece nsem arz eden ve önemli turizm potansiyeli taşıyan doğal kaynaklarımızın kullanımlarının kısıtlanacadı da dűřnvlmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akkan, T. 2013. Giresun Kıyı Şeridi Deniz Suyu Kalitesi Mevsimsel Değişiminin Belirlenmesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, pp. 157, Samsun.
- Akkan, T. 2017. An Assessment of Linear Alkylbenzene Sulfonate (Las) Pollution in Harsit Stream, Giresun, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* 26(5):3217-3221.
- Akyel, Ö. 2007. Su Havzası Yönetim Sistemi ve Kırıkkale Havzasının İncelenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 147, Ankara.
- Alam, MGM., Tanaka, A., Stagnitti, F., Allinson, G., Maekawa, T. 2001. Observations on the Effects of Caged Carp Culture on Water and Sediment Metal Concentrations in Lake Kasumigaura, Japan. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 48,107-115.
- Ali, BNM., Lin, CY., Cleophas, F., Abdullah, MH., Musta, B. 2015. Assessment of Heavy Metals Contamination in Mamut River Sediments Using Sediment Quality Guidelines and Geochemical Indices. *Environ Monit Assess* 187:4190-4200.
- Anonim, 1984. Determination of Total Cadmium, Zinc, Lead and Copper in Selected Marine Organisms by Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry United Nations Environment Programme. Reference Methods for Marine Pollution Studies No 11, Revision 1, Geneva.
- Anonim, 1995. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19th Ed. APHA, AWWA, WPCF, Washington.
- APHA, 1992. *Microbial Examination in Standards Methods for The Examination of Water and Wastewater*, 18th Ed. Greenberg Ae, Clesceri Ls, Eaton Ad, Editors. PP 9.1-9.147, American Public Health Association Washington DC.
- Asa, SC., Rath, P. 2014. Sediment Quality Assesment Through Geoaccumulation Index of Brahmani River–Estuarine System, Odisha, India. *International Journal of Energy, Sustainability and Environmental Engineering* 1(1):13-15.
- Atay, D. ve Pulatsü, S. 2000. *Su Kirlenmesi ve Kontrolü*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No:1513, Ankara .
- Bagarinao, T., Vetter, RD. 1989. Sulfide Tolerance and Detoxification in Shallow-Water Marine Fishes. *Marine Biology* 103, 291-302.

- Bakan, G. ve Şenel, B. 2000. Samsun Mert Irmağı-Karadeniz Deşarjında Yüzey Sediman (Dip Çamur) ve Su Kalitesi Araştırması. *Turk J Engi Environ Sci* 24,135-141.
- Bakış, R., Koyuncu, H., Özkan, A., Banar, M., Yılmaz, G., Yörükoğulları, E. 2011. Porsuk Havzası Yüzeysel ve Yeraltı Suyu Kirlilik Düzeyinin Araştırılması. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 12(2),75-89.
- Balcı, RS. 2007. Seyhan Baraj Gölünün Bakteriyolojik Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi ve *Enterobacteriaceae* Üyelerinde Antibiyotik Dirençliliği. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 79, Adana.
- Baltacı, F. 2000. *Su Analiz Metotları*. Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü İçme Suyu ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Barakat, A., Baghdadi, ME., Rais, J., Nadem, S. 2012. Assessment of Heavy Metal in Surface Sediments of Day River at Beni-Mellal Region, Morocco. *Research Journal of Environmental and Earth Scienses* 4(8):797-806.
- Bayram, A. 1995. Kızılırmak Deltası Yüzey Sularında Nitrat, Nitrit, Amonyak ve Toplam Koliform Parametrelerinin İncelenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 142, Samsun.
- Bayram, A. 2011. Harşit Çayı Su Kalitesinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi ve Askı Madde Konsantrasyonunun Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Tahmin Edilmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, pp. 163, Trabzon.
- Boran, M. ve Karaçam, H. 1996. The Seasonal Variation in Pollutants Load of Değirmendere and Karadere Rivers (Trabzon, Türkiye). *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi* 3-4:395-402.
- Bulut, C. ve Akçimen, U. 2015. Burdur Karamusa Deresi'nde Gökkuşığı Alabalığı İşletmesinin Dere Üzerine Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Etkisi. *Yunus Araştırma Bülteni* (1):45-58.
- Bulut, C., Akçimen, U., Uysal, K., Çınar, Ş., Küçükkara, R., Savaşer, S., Tokatlı, C., Öztürk, GN., Köse, E. 2012. Kestel Deresi (Burdur) Su Kalitesinin Belirlenmesi ve Alabalık Yetiştiriciliği Açısından Değerlendirilmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 28:1-10.

- Bulut, C., Akçimen, U., Uysal, K., Küçükkara, R., Savaşer, S. 2010. Karanfilliçay Deresi Suyunun Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Parametrelerinin Mevsimsel Değişimi ve Akuakültür Açısından Değerlendirilmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 21:1-7.
- Bulut, VN. ve Tüfekçi, M. 2005. Trabzon (Maçka) Kalyan Akarsuyunun Su Kalitesinin İncelenmesi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi* 3(4):377-384.
- Chaparro, MAE., Chaparro, MAE., Rajkumar, P., Ramasamy, V., Sinito, AM. 2011. Magnetic Parameters, Trace Elements, and Multivariate Statistical Studies of River Sediments from Southeastern India: A Case Study from the Vellar River. *Environmental Earth Science* 63(2):297-310.
- Chaparro, MAE., Sinito, AM., Ramasamy, V., Marinelli, C., Chaparro, MAE., Mullainathan, S., Murugesan, S. 2008. Magnetic Measurements and Pollutants of Sediments from Cauvery and Palaru River, India. *Environ Geol* 56:425-437.
- Chapman, D. ve Kimstach, V. 1996. *Selection of Water Quality Variables*. In: Chapman D (ed), *Water Quality Assessments-A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*, University Press, Cambridge.
- Çekim, M. ve Dere, T. 2014. Eğri Çayı'na Deşarj Edilen Endüstriyel Atıksularının Karakterizasyonu ve Kirlilik Yüklerinin Belirlenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 30(3):207-213.
- Çiçek, NL. ve Ertan, ÖO. 2012. Determination of the Water Quality of Koprucay River (Antalya) According to the Physico-Chemical Parameters. *Ekoloji* 21(84):54-65.
- Daşçı, O. 2002. Büyük Menderes Havzası'nda Tarımsal İlaç Kullanımı, Olası Çevresel Etkileri ve Alternatif Biyolojik Mücadele. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 72, Denizli.
- Dević, G., Sakan, S., Đorđević, D. 2016. Assessment of the Environmental Significance of Nutrients and Heavy Metal Pollution in the River Network of Serbia. *Environ Sci Pollut Res* 23:282-297.
- Dirican, S. ve Barlas, M. 2005. Dipsiz ve Çine (Muğla-Aydın) Çayı'nın Fizikokimyasal Özellikleri ve Balıkları. *Ekoloji* 14(54):25-30.



- Dong, D., Liu, X., Guo, Z., Hua, X., Su, Y., Liang, D. 2015. Seasonal and Spatial Variations of Heavy Metal Pollution in Water and Sediments of China's Tiaozi River. *Polish Journal of Environmental Studies* 24(6):2371-2379.
- Dural, M. ve Göksu, MZL. 2006. Çamlık Lagünü (Karataş, Adana), Seston, Bentoz ve Sedimentinde Mevsimsel Ağır Metal Değişimi. *E. Ü. Su Ürünleri Dergisi* 23(1):65-69.
- EC: European Communities. 2007. Drinking Water No. 2 Regulations, S.I. No. 278/2007.
- Egemen, Ö. 2000. *Çevre ve Su Kirliliği*. E. Ü. Su Ürünleri Fak., Yayın No 42, 116, Bornova, İzmir.
- Egemen, Ö. 2006. *Su Kalitesi*. Ege Üniversitesi Yayınları, Yayın no:14, 6. baskı, 150 s, İzmir.
- EPA, 1993. Methods for the Chemical Analysis of Water and Wastes (MCAWW), EPA/600/4-79/020, Environmental Monitoring and Support Laboratory, Cincinnati OH.
- Erkan, ME. ve Vural, A. 2006. Dicle Nehrinin Hijyenik Kalitesi Üzerine Bir Araştırma. *Dicle Tıp Dergisi* 33(4):205-209.
- Gedik, K., Verep, B., Terzi, E., Fevzioğlu, S. 2010. Fırtına Deresi (Rize)'nin Fiziko-Kimyasal Açından Su Kalitesinin Belirlenmesi. *Ekoloji* 19(76):25-35.
- Geldiay, R. ve Kocataş, A. 1998. *Deniz Ekolojisine Giriş*. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitapları, Seri No:31, İzmir.
- Giri, S., Singh, AK., Tewary, BK. 2013. Source and Distribution of Metals in Bed Sediments of Subarnarekha River, India. *Environmental Earth Sciences* 70:3381-3392.
- Goldman, C. ve Horn, AJ. 1983. *Limnology*. Mc Graw Hill International Book Company, Tokyo, 404s.
- Göksu, MZL. 2003. *Su Kirliliği Ders Kitabı*. Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:17, Adana.
- Gültekin, F., Dilek, R., Fırat Ersoy, A., Ersoy, H. 2005. Aşağı Değirmendere (Trabzon) Havzasındaki Suların Kalitesi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 29(1):21-35.
- Gültekin, F., Ersoy, AF., Hatipoğlu, E., Celep, S. 2012. Trabzon İli Akarsularının Yağışlı Dönem Su Kalitesi Parametrelerinin Belirlenmesi. *Ekoloji* 21(82):77-88.

- Gündüz, T. 1994. *Çevre Sorunları*. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, Ankara.
- Havser, B. 1996. *Practical Manual of Wastewater Chemistry*. Lewis Publishers, pp.137.
- Hem, JD. 1985. *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water*. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2254, pp.263.
- Kacan, E. ve Ulku, G. 2013. Gümüşçay ve Çürüksu Çayları'nın Denizli Sınırları İçinde Büyük Menderes Nehri'ne Verdiği Kirlilik Yüklerinin Saptanması. *Ekoloji* 34:24-34.
- Kadhun, SA., Ishak, MY., Zulkifli, SZ., Hashim, RB. 2015. Evaluation of the Status and Distributions of Heavy Metal Pollution in Surface Sediments of the Langat River Basin in Selangor Malaysia. *Marine Pollution Bulletin* 101(1):391-396.
- Kalaycı, S. ve Kahya, E. 1998. Susurluk Havzası Nehirlerinde Su Kalitesi Trendlerinin Belirlenmesi. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences* 22:503-514.
- Kalender, L. ve Çiçek Uçar, S. 2013. Assessment of Metal Contamination in Sediments in the Tributaries of the Euphrates River, Using Pollution Indices and the Determination of the Pollution Source, Turkey. *Journal of Geochemical Exploration* 134:73-84.
- Kalyoncu, H. ve Zeybek, M. 2009. Ağlasun ve Isparta Derelerinin Bentik Faunası ve Su Kalitesinin Fizikokimyasal Parametrelere ve Belçika Biyotik İndeksine Göre Belirlenmesi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi* 2(1):41-48.
- Kalyoncu, H., Yorulmaz, B., Barlas, M., Yıldırım, MZ., Zeybek, M. 2008. Aksu Çayı'nın Su Kalitesi ve Fizikokimyasal Parametrelerinin Makroomurgasız Çeşitliliği Üzerine Etkisi. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* 20(1):23-33.
- Kasımoğlu, C., Yılmaz, F. 2014. Investigation of Some Physical and Chemical Properties of Tersakan Stream (Muğla, Turkey). *Balıkesir University Journal of Natural and Applied Sciences* 16(2):51-67.
- Kaushik, A., Kansal, A., Santosh, Meena., Kumari, S., Kaushik, CP. 2009. Heavy Metal Contamination of River Yamuna, Haryana, India: Assessment by Metal Enrichment Factor of the Sediments. *Journal of Hazardous Materials* 164(1):265-70.

- Kocataş, A. 2012. Genel Oseanoloji Deniz Bilimlerine Giriş, Dora Yayıncılık, 10. Baskı, ISBN:978-605-4485-40-6.
- Köse, E., Tokatlı, C., Çiçek, A. 2013. Antropojenik Baskıdan Uzak Gürleyik Çayı Kaynağında (Eskişehir) Bazı Makro ve Mikro Element Konsantrasyonları. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi* 6(1):40-43.
- Krishna, AK., Satyanarayanan, M., Govil, PK. 2009. Assessment of Heavy Metal Pollution in Water Using Multivariate Statistical Techniques in an Industrial Area: Accase Study from Patancheru, Medak District, Andhra Pradesh, India. *J Hazard Mater* 167:366–373.
- Leong, LS. ve Tanner, PA. 1999. Comparison of Methods for Determination of Organic Carbon in Marine Sediment. *Marine Pollution Bulletin* 38(10):875-879.
- Madden, RH. ve Gilmour, AA. 1995. Impedance as an Alternative to MPN Enumeration of Coliforms in Pasteurized Milks. *Lett App Microbio* 21:387-388.
- Marvin, C., Grapentine, L., Painter, S. 2004. Application of a Sediment Quality Index to the Lower Laurentian Great Lakes. *Environmental Monitoring and Assessment* 91:1-16.
- Mascher, F. 1987. Bacteriological Examinations of Drinking Water in the District of Melut (Upper Nile Province) South Sudan. *Journal of Hygiene, Epidemiology, Microbiology, and Immunology* 31:23-30.
- Mendiguchía, C., Moreno, C., García-Vargas, M. 2007. Evaluation of Natural and Anthropogenic Influences on the Guadalquivir River (Spain) by Dissolved Heavy Metals and Nutrients. *Chemosphere* 69:1509-1517.
- Minareci, O., Minareci, E., Öztürk, M. 2009. Karaçay'da (Manisa) Deterjan, Fosfat ve Bor Kirliliğinin Araştırılması. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi* 26:171-177.
- Mutlu, E. 2004. Yayladağı Sulama Göleti (Hatay) Suyunun Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Hatay.
- Mutlu, E. 2013. Sivas İli Kızılırmak Havzasında 5 Farklı İstasyonda Yaşayan Tatlı Su Kefali (Akbalık=*Leuciscus cephalus*)'un Biyokimyasal Özelliklerine Su Kalitesinin, Aylık ve Mevsimsel Değişimlerinin Etkisi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, pp. 728, Erzurum.

- Mutlu, E., Yanık, T., Demir, T. 2013. Horohon Deresi (Hafik-Sivas) Su Kalitesi Özelliklerinin Aylık Değişimleri. *Alınleri Zirai Bilimleri Dergisi* 25(B):45-57.
- Müller, G. 1979. Schwermetalle in den Sedimenten des RheinsVeränderungen Seit. *Umschau* 79:778-783.
- Öner, Ö. ve Çelik, A. 2011. Gediz Nehri Aşağı Gediz Havzası'ndan Alınan Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi. *Ekoloji* 20(78):48-52.
- Özpinar, Z. 2007. Göksu Deltası'nda Su Kalitesinin Fotometrik Yöntemlerle Belirlenmesi. Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 106, Mersin.
- Pandey, M., Pandey, AK, Mishra, A., Tripathi, BD. 2015. Assessment of Metal Species in River Ganga Sediment at Varanasi, India Using Sequential Extraction Procedure and SEM-EDS. *Chemosphere* 134:466-474.
- Paramasivam, K., Ramasamy, V., Suresh, G. 2015. Impact of Sediment Characteristics on the Heavy Metal Concentration and Their Ecological Risk Level of Surface Sediments of Vaigai River, Tamilnadu, India. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 25(137):397-407.
- Parsons, TR., Matia, Y., Lalli, CM. 1984. *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*, Pergamon Press, New York.
- Pizarro, J., Vergara, PM., Rodríguez, JA., Valenzuela, AM. 2010. Heavy Metals in Northern Chilean Rivers: Spatial Variation and Temporal Trends. *J Hazard Mater* 181:747-754.
- Reynolds, CS. 1984. *The Ecology of Freshwater Phytoplankton*, Cambridge University Press, Cambridge.
- SDWF: Safe Drinking Water Foundation-internet erişimi-. 2016. Comparison Chart of Drinking Water Standards from around the World.
- SDWQ: Standards for Drinking Water Quality. 2006. National Standard of the People's Republic of China GB 5749-2006.
- Sheykhi, V. ve Moore, F. 2012. Evaluation of Potentially Toxic Metals Pollution in the Sediments of the Kor River, Southwest Iran. *Environ Monit Assess* 185:3219-3232.
- SKKY, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete Sayı 25687.
- SKKY, 2009. Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği, Resmi Gazete Sayı 27372.

- Sofoniou, MK., Zachariadis, GA., Anthemidis, NA., Kouimtzis, TA. 2000. Spectrophotometric Determination of Phenols and Cyanides After Distillation from Natural Waters. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* 78(3-4):353-365.
- Soylak, M. ve Doğan, M. 2000. *Su Kimyası*. Erciyes Üniversitesi Yayınları, Kayseri.
- Stanier, RY., Adelberg, EA., Ingraham, JL. 1976. *The Microbial World* (4th Edition). XV, 871 s, Englewood Cliffs.
- Strickland, JDH. ve Parsons, TR. 1972. *A Practical Handbook of Sea Water Analysis*, Fisheries Research Board of Canada Bull, 167, Ottawa, 310.
- Sungur, A. ve Özcan, HJ. 2015. Chemometric and Geochemical Study of the Heavy Metal Accumulation in the Soils of a Salt Marsh Area (Kavak Delta, NW Turkey). *Soils Sediments* 15:323-331.
- Suresh, G., Ramasamy, V., Meenakshisundaram, V., Venkatachalapathy, R., Ponnusamy, V. 2011. Influence of Mineralogical and Heavy Metal Composition on Natural Radionuclide Concentrations in The River Sediments. *Applied Radiation and Isotopes* 69(10):1466-1474.
- Şengün, E. 2013. Aksu Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi. Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 66, Giresun.
- Tan, A. 2006. Atık Sularda Bazı Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 85, Edirne.
- Tanyolaç, J. 2011. *Tatlı Su Bilimi*. Hatiboğlu Yayınları, 6. Baskı, ISBN:975-7527-46-7, Ankara.
- Taş, B., Candan, AY., Can, Ö., Topkara, S. 2010. Ulugöl (Ordu)'ün Bazı Fiziko-Kimyasal Özellikleri. *Journal of FisheriesSciences.com* 4(3):254-263.
- Taşdemir, Y., Kaynak, AG. 2001. Nilüfer Çayı'nın Su Kalitesi ve Kirlilik Yükleri. In: Nerten R (ed), Mersin Üniversitesi IV. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 7 Kasım 2001, Mersin, 332-340.
- Thuong, NT., Yoneda, M., Ikegami, M., Takakura, M. 2013. Source Discrimination of Heavy Metals in Sediment and Water of to Lich River in Hanoi City Using Multivariate Statistical Approaches. *Environ Monit Assess* 185:8065-8075.
- Tokatlı, C., Köse, E., Çiçek, A., Arslan, N., Emiroğlu, Ö. 2012. Evaluation of Water Quality and the Determination of Trace Elements on Biotic and Abiotic

- Components of Felent Stream (Sakarya River Basin/Turkey). *Biological Diversity and Conservation* 5:73-80.
- Tomanbay, M. 2008. *Dünyada Su ve Küresel Isınma Sorunu*. Phonix Yayın, Ankara, 14.
- Tomlinson, DL., Wilson, JG., Harris, CR., Jeffney, DW. 1980. Problems in the Assessment of Heavy Metal Levels in Estuaries and the Formation of a Pollution Index. *Helgoland Marine Research* 33(1-4):566-72.
- Topal, M., Topal Arslan, EI. 2015. Caro Deresi (Elazığ)'nin Fizikokimyasal Parametreler Açısından Su Kalitesinin Belirlenmesi. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi* 4(1):43-53.
- Toroğlu, E., Toroğlu, S., Alaeddinoğlu, F. 2006. Aksu Çayı'nda (Kahraman Maraş) Akarsu Kirliliği. *Coğrafi Bilimler Dergisi* 4(1):93-103.
- Türkyılmaz, A. (2010). *Dünyada ve Ülkemizde Su*. Su Yönetimi ve Mevzuatı. Sarıyıldız Ofset, ISBN: 978-975-6311-15-8. pp. 283, Ankara.
- Uçar, Ş. 2011. Konya Havzası Yüzeysel Su Kaynaklarının Ağır Metal Kirliliği Yönünden İncelenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 118, Konya.
- USEPA. 1979. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastewater, EPA-600/4-79-020, US. Environmental Protection Agency.
- Uzun, H. 2006. Trabzon İli Akarsularının Su Kalite Düzeylerinin Araştırılması. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 151, Trabzon.
- Üstün, GE. 2011. The Assessment of Heavy Metal Contamination in the Waters of the Nilufer Stream in Bursa. *Ekoloji* 20(81):61-66.
- Varol, M. 2011. Assessment of Heavy Metal Contamination in Sediments of the Tigris River (Turkey) Using Pollution Indices and Multivariate Statistical Techniques. *Journal of Hazardous Materials* 195:355-364.
- Varol, M., Gökot, B., Bekleyen, A. 2010. Assesment of Water Pollution in the Tigris River in Diyarbakır, Turkey. *Water Practice and Technology* 5(1)1-13.
- Venkatesha Raju, K., Somashekar, RK., Prakash, KL. 2012. Heavy Metal Status of Sediment in River Cauvery, Karnataka. *Environmental Monitoring and Assessment* 184:361-373.

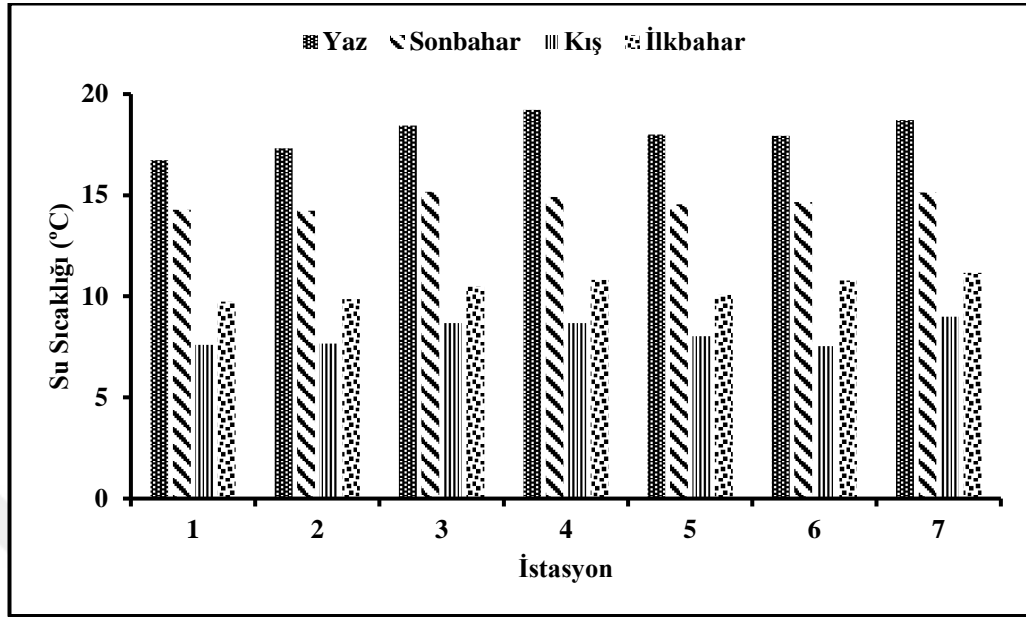
- Verep, B., Serdar, O., Turan, D., Sahin, C. 2005. Determination of Water Quality in terms of Physico-Chemical Structure of the River Iyidere (Trabzon). *Ekoloji* 14(57):26-35.
- Vertacnik, A., Prohic, E., Kozar, S., Juracic, M. 1995. Behavior of Some Trace Elements in Alluvial Sediments, Zagreb Water-Well Field Area, Croatia. *Water Research* 29:237-46.
- Veses, O., Mosteo, R., Ormad, MP., Ovelleiro, JL. 2014. Sediment Quality Evolution (2001-2011) in the Ebro River Basin (Spain). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 92(3):334-340.
- Wardas, M., Budek, L., Rybicka, EH. 1996. Variability of Heavy Metals Content in Bottom Sediments of the Wilga River, A Tributary of the Vistula River (Krakow area, Poland). *Applied Geochemistry* 11:197-202.
- WHO: World Health Organization, 1996. *Guidelines for Drinking-Water Quality*, 2nd Ed., Health criteria and other supporting information, Geneva.
- Yang, JE., Kim, JJ., Skogley, EO., Schaff, BE. 1998. A Simple Spectrophotometric Determination of Nitrate in Water, Resin, and Soil Extracts. *Soil Science Society of American Journal* 62(4):1108-1115.
- Yanık, T. ve Atamanalp, A. 2001. *Balık Yetiştiriciliğinde Su Kirliliğine Giriş*, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları, No 226, Erzurum.
- Yıldız, D. 2007. *Su Raporu, Ulusal Su Politikası İhtiyacımız*. USİAD Yayını, Ulusal Sanayici ve İşadamları Derneği, Ankara.
- Yıldız, İ. 2013. Gelevera Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi. Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 92, Giresun.
- YSKYY. 2015. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği.15.04.2015 Tarih ve 29327 Sayılı Resmi Gazete.

## ÖZGEÇMİŞ

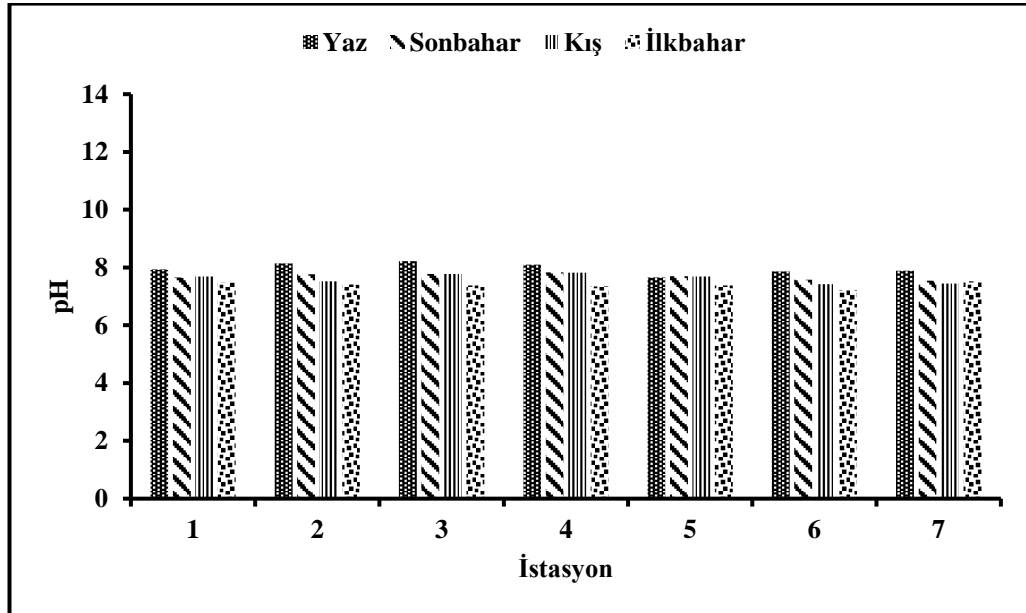
1984 yılında KKTC (Güzelyurt)'de doğdu. İlkokulu Şehit Mustafa Kemal İlkokulu (KKTC)'nda, ortaokulu Canbulat Ortaokulu (KKTC)'nda ve liseyi Namık Kemal Lisesi (KKTC)'nde tamamladı. 2002 yılında başladığı Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi İlköğretim Bölümü Fen Bilgisi Öğretmenliği Anabilim Dalı'ndan 2006 yılında mezun oldu. Yine 2006 yılında Çukurova Üniversitesi'nde başladığı Yüksek Lisans Eğitimini "Sınıf Öğretmenliği Öğrencilerinin, Sık Görülen Bulaşıcı Hastalıklar İle İlgili Bilgi Düzeylerinin ve Sağlığı Koruma Davranışlarının Değerlendirilmesi" başlıklı tez çalışması ile 2009 yılında tamamlamıştır. 2013 yılında girdiği Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Doktora Programı'nda öğrenim görmeye devam etmektedir. Ayrıca, 2010 yılında MEB'de Fen Bilimleri Öğretmeni ünvanı ile kadrolu olarak atandığı görevine devam etmekte olup, evli ve 1 çocuk annesidir.



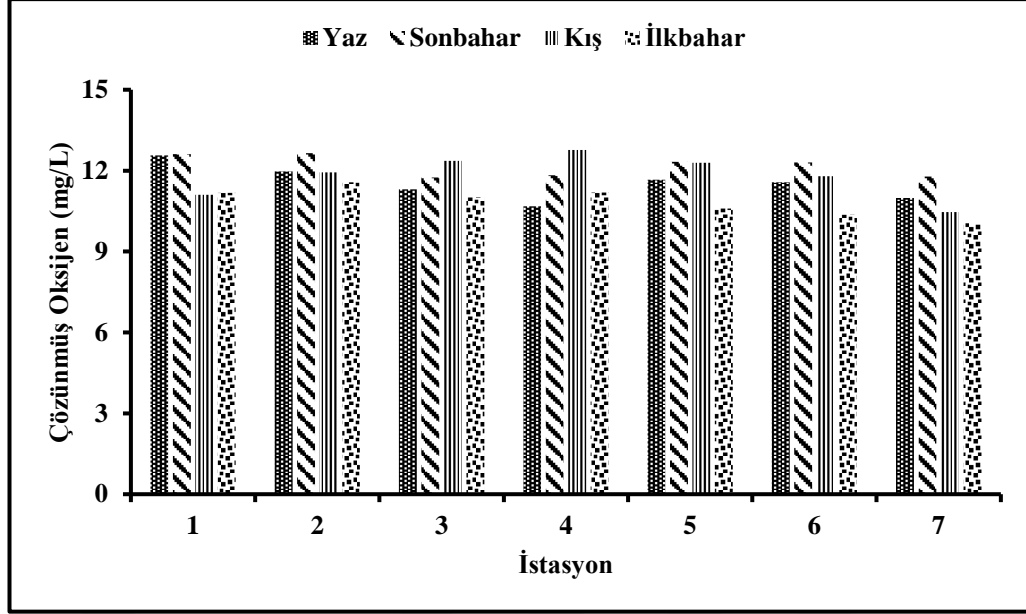
## EK-I



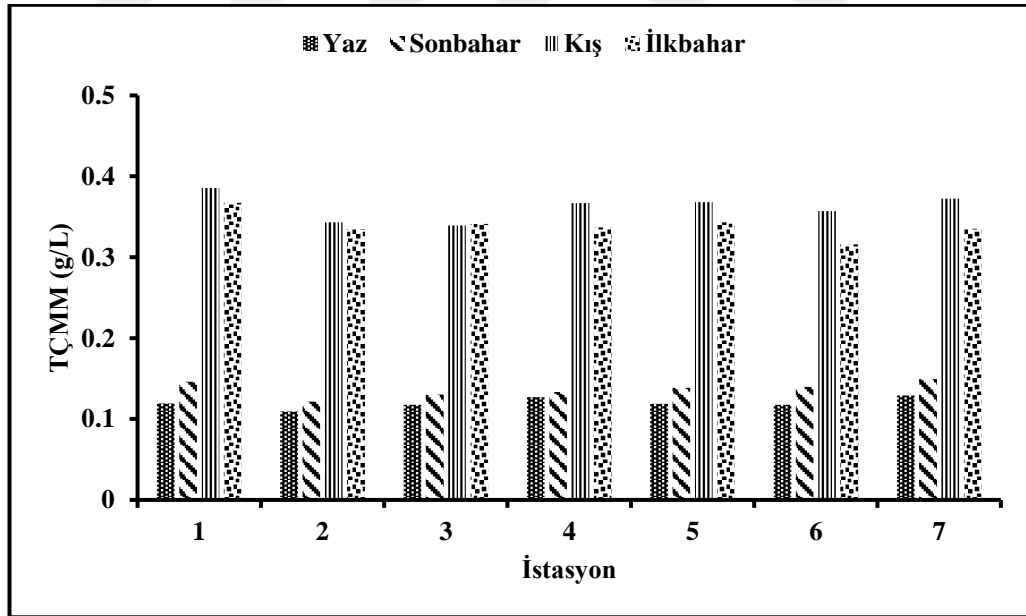
Şekil 3. 1. İstasyonların mevsimsel su sıcaklığı değişimi



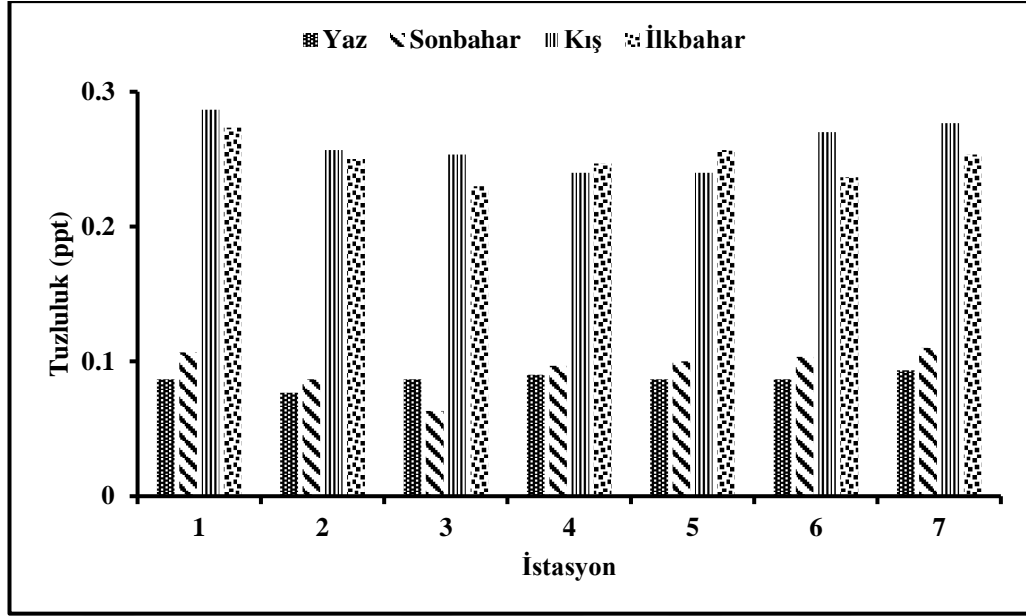
Şekil 3. 2. İstasyonların mevsimsel pH değişimi



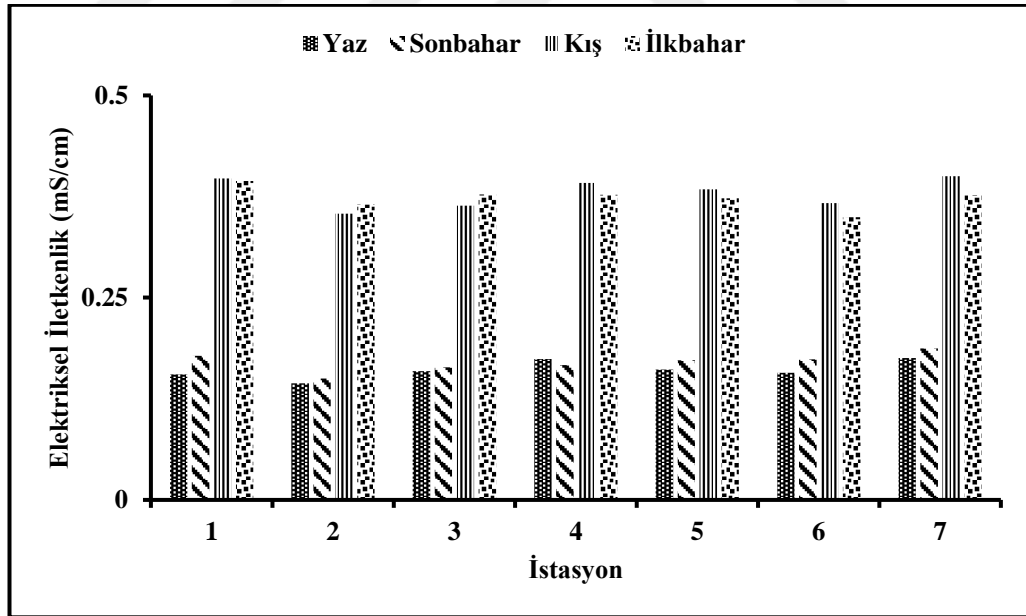
Şekil 3.3. İstasyonların mevsimsel ÇO değişimi



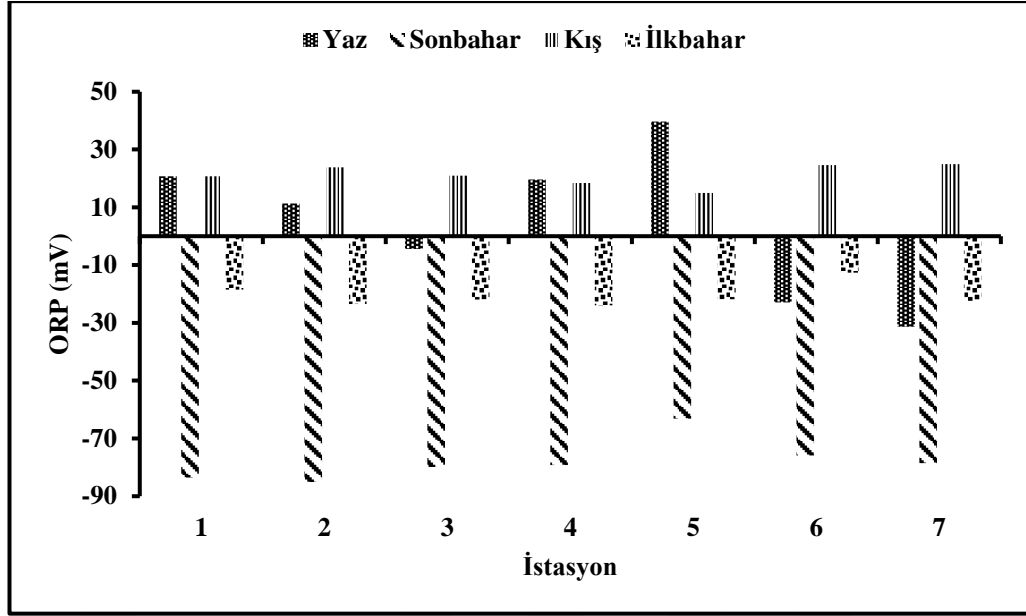
Şekil 3.4. İstasyonların mevsimsel TÇMM değişimi



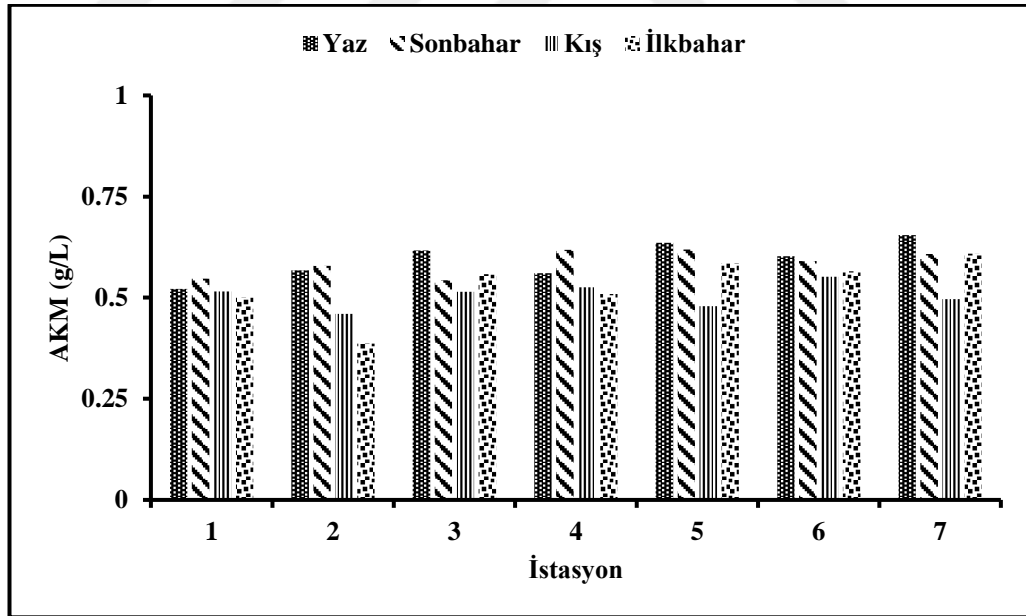
Şekil 3. 5. İstasyonların mevsimsel tuzluluk değişimi



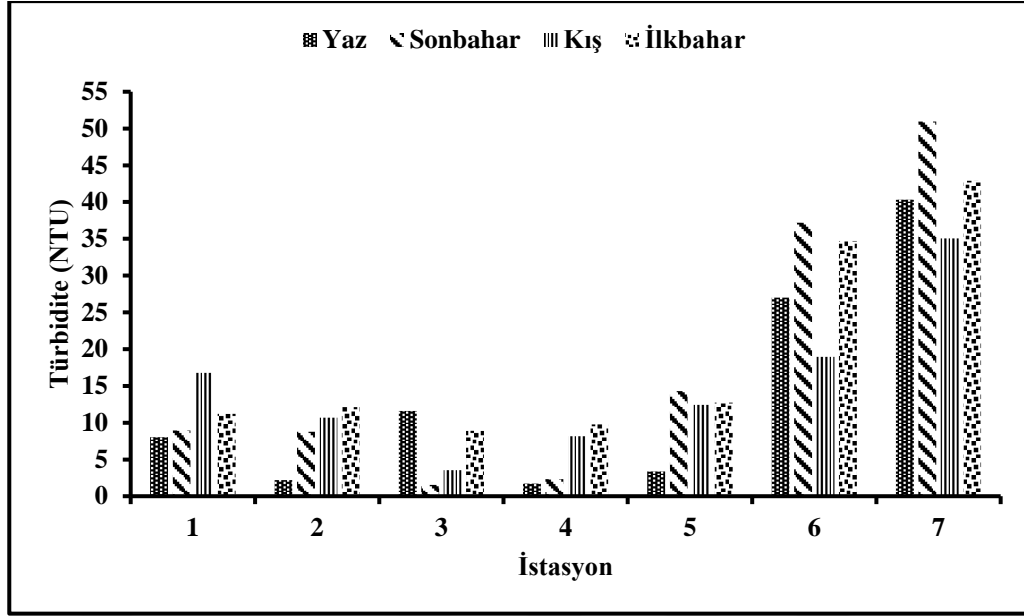
Şekil 3. 6. İstasyonların mevsimsel elektriksel iletkenlik değişimi



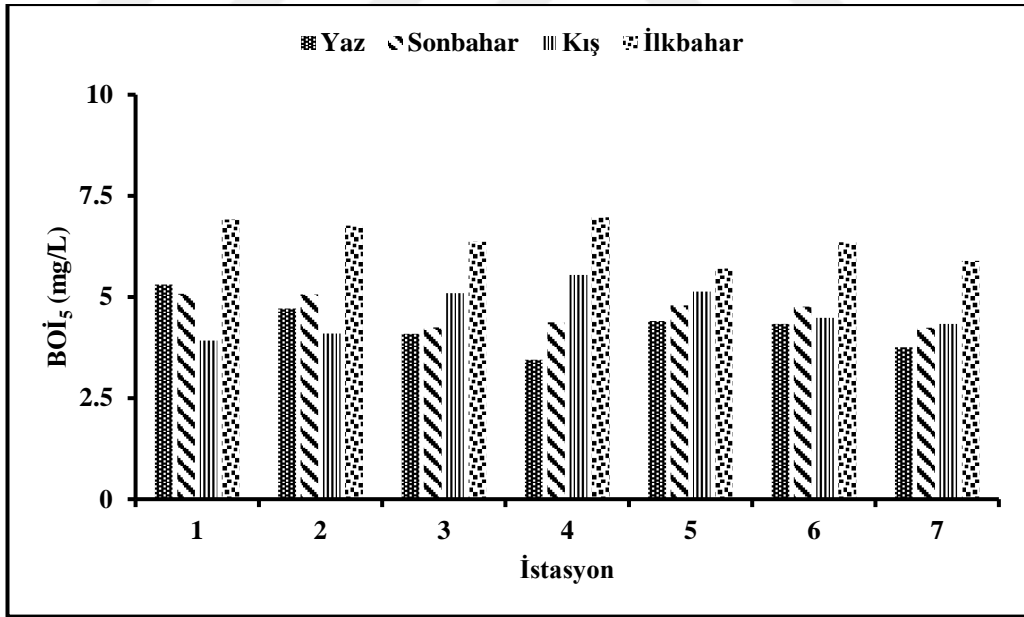
Şekil 3. 7. İstasyonların mevsimsel ORP değişimi



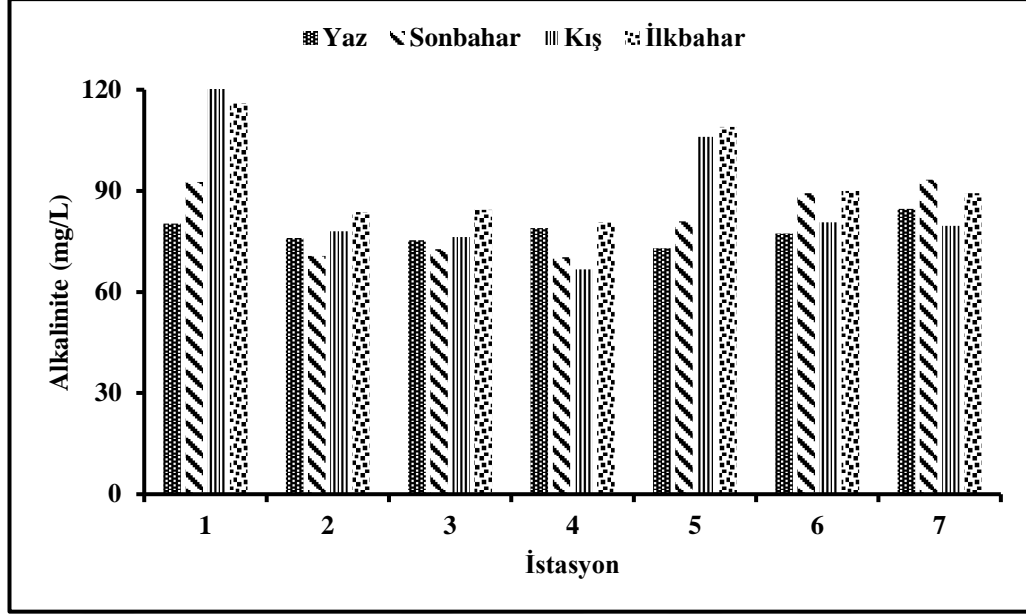
Şekil 3. 8. İstasyonların mevsimsel AKM değişimi



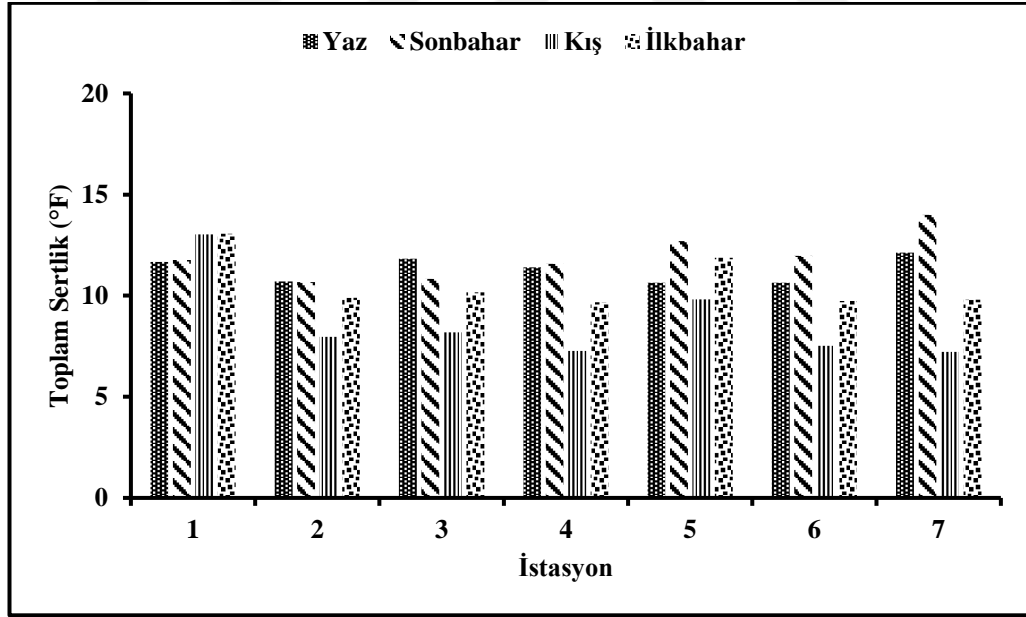
Şekil 3.9. İstasyonların mevsimsel türbidite değişimi



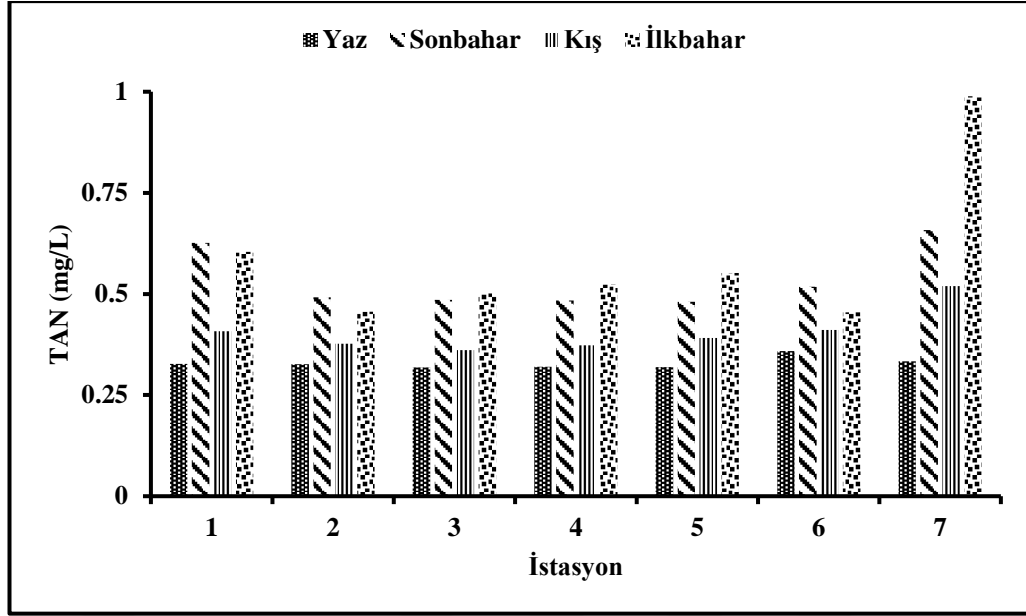
Şekil 3.10. İstasyonların mevsimsel BOI<sub>5</sub> değişimi



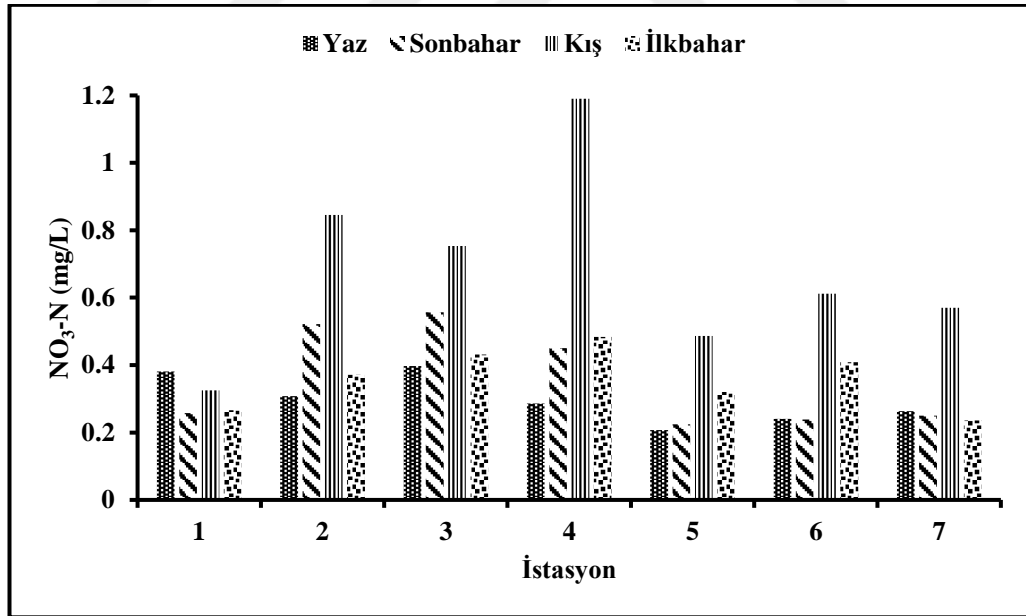
Şekil 3. 11. İstasyonların mevsimsel alkalinite değişimi



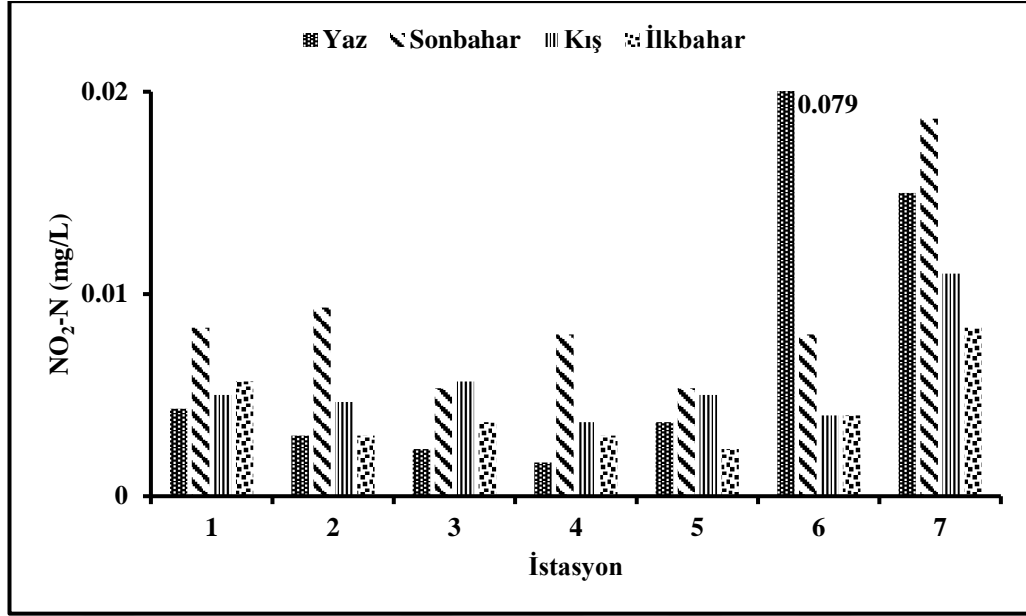
Şekil 3. 12. İstasyonların mevsimsel toplam sertlik değişimi



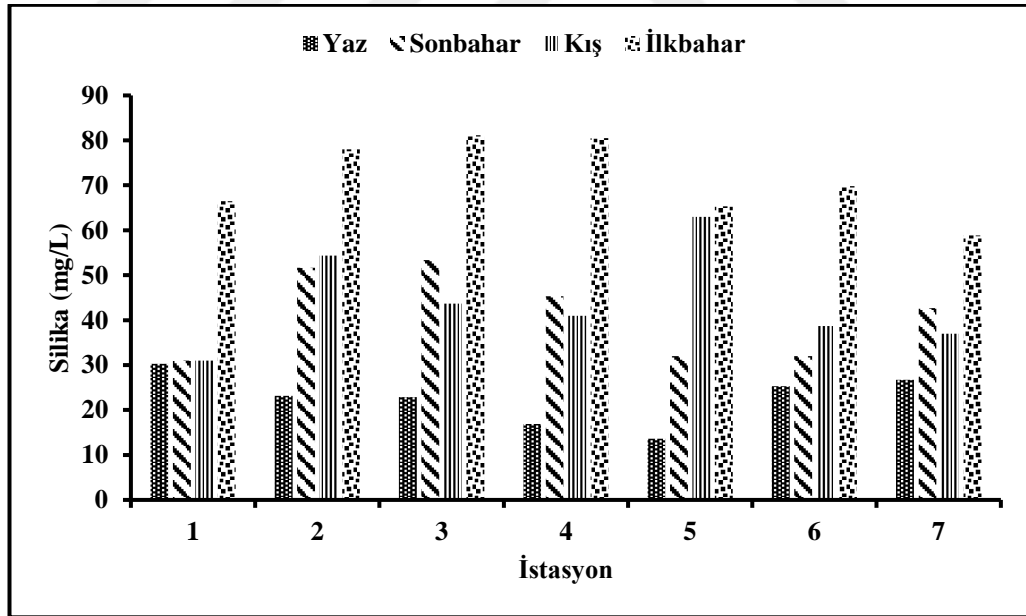
Şekil 3.13. İstasyonların mevsimsel TAN değişimi



Şekil 3.14. İstasyonların mevsimsel nitrat azotu değişimi

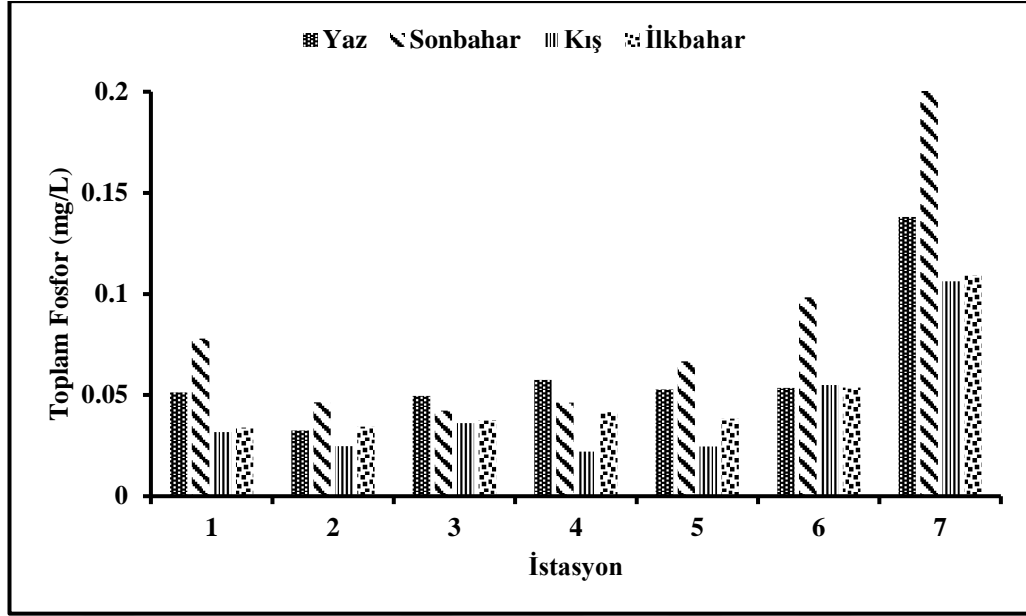


Şekil 3. 15. İstasyonların mevsimsel nitrit azotu değışimi

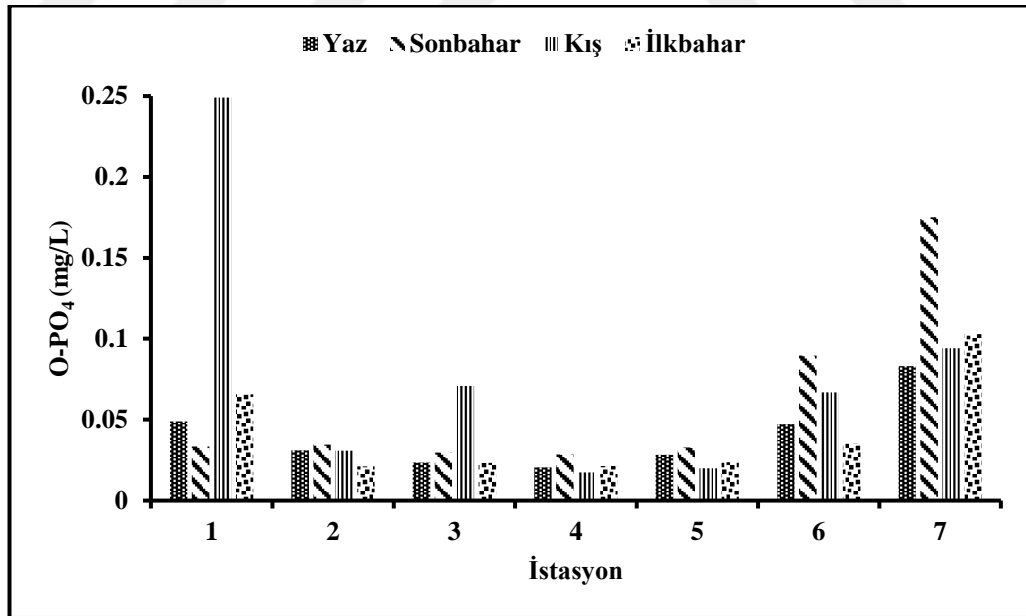


Şekil 3. 16. İstasyonların mevsimsel silika değışimi

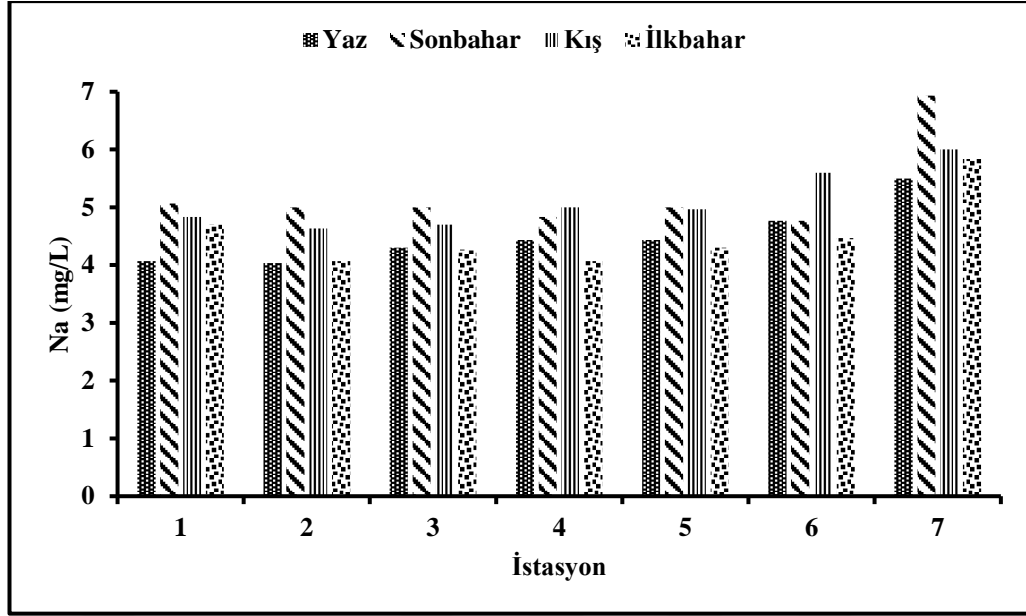




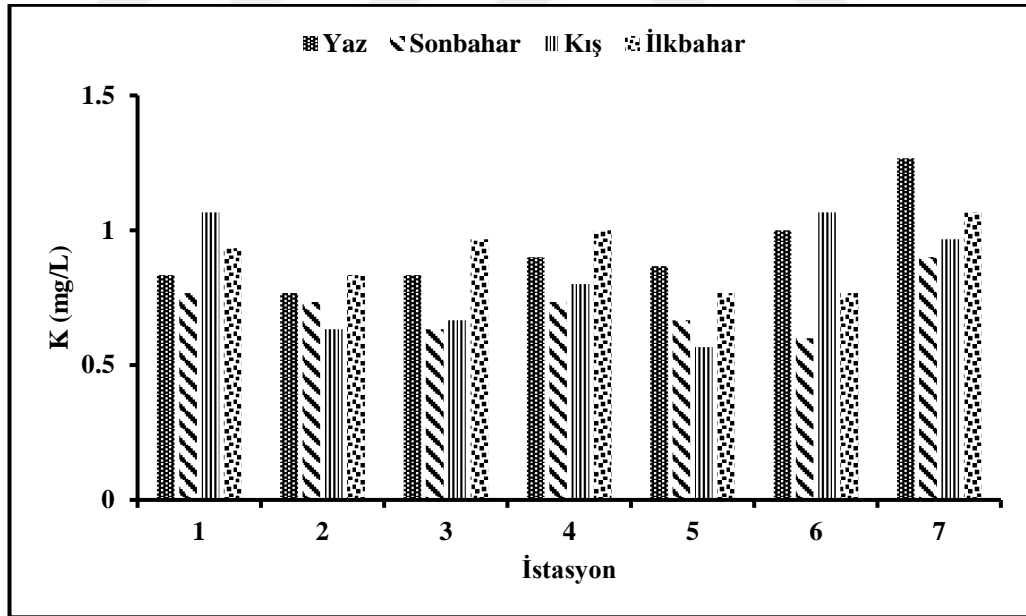
Şekil 3. 17. İstasyonların mevsimsel toplam fosfor değişimi



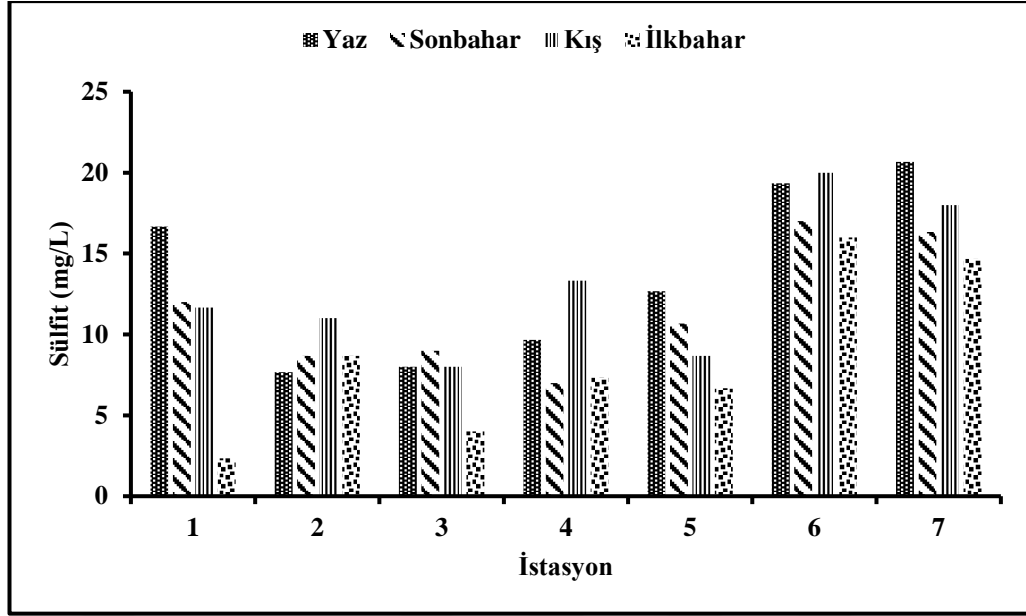
Şekil 3. 18. İstasyonların mevsimsel ortofosfat fosforu değişimi



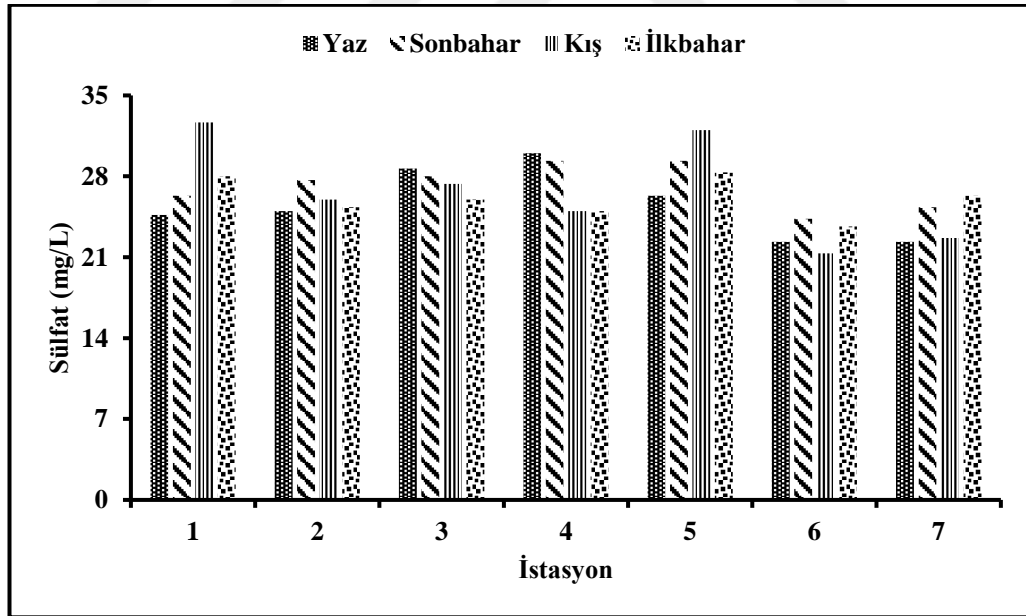
Şekil 3. 19. İstasyonların mevsimsel sodyum değışimi



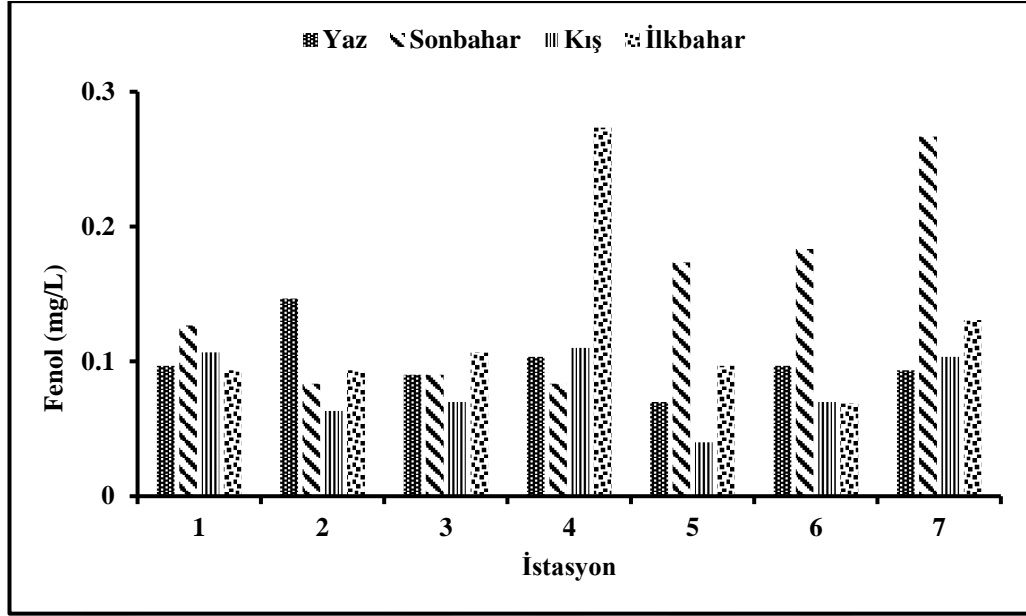
Şekil 3. 20. İstasyonların mevsimsel potasyum değışimi



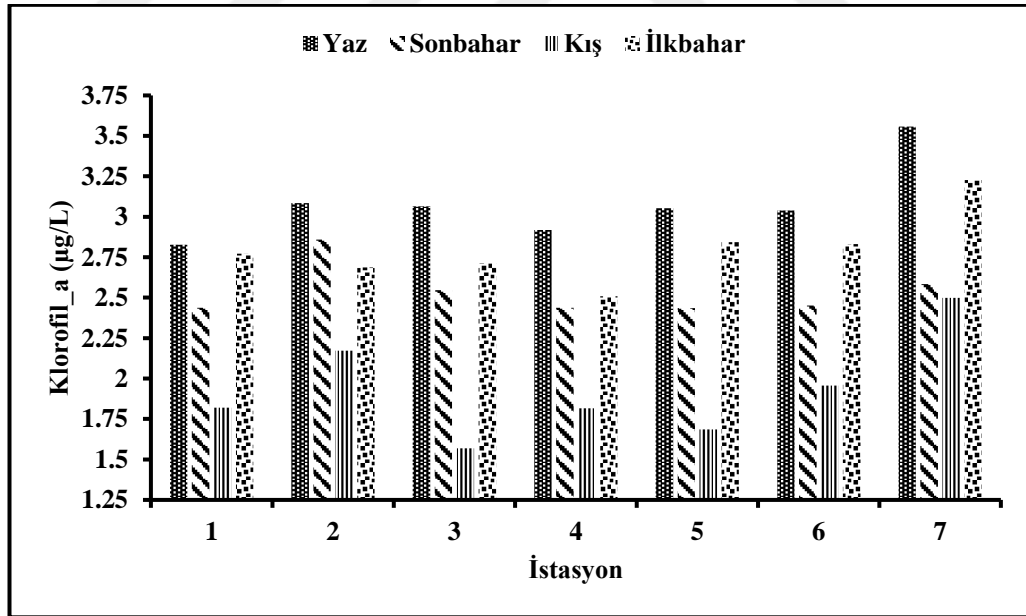
Şekil 3. 21. İstasyonların mevsimsel sülfit değişimi



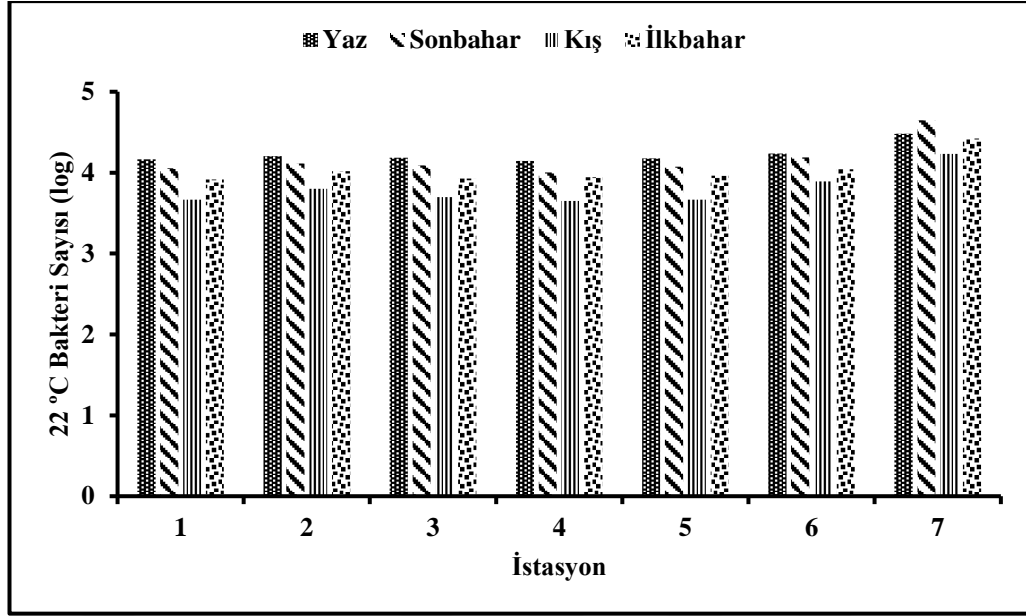
Şekil 3. 22. İstasyonların mevsimsel sülfat değişimi



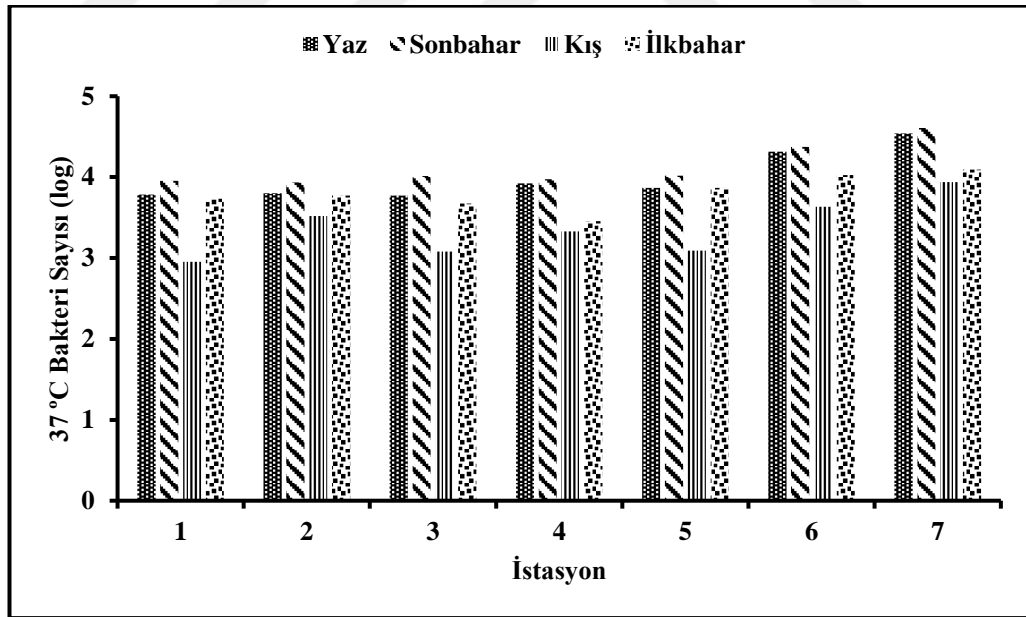
Şekil 3.23. İstasyonların mevsimsel fenol değişimi



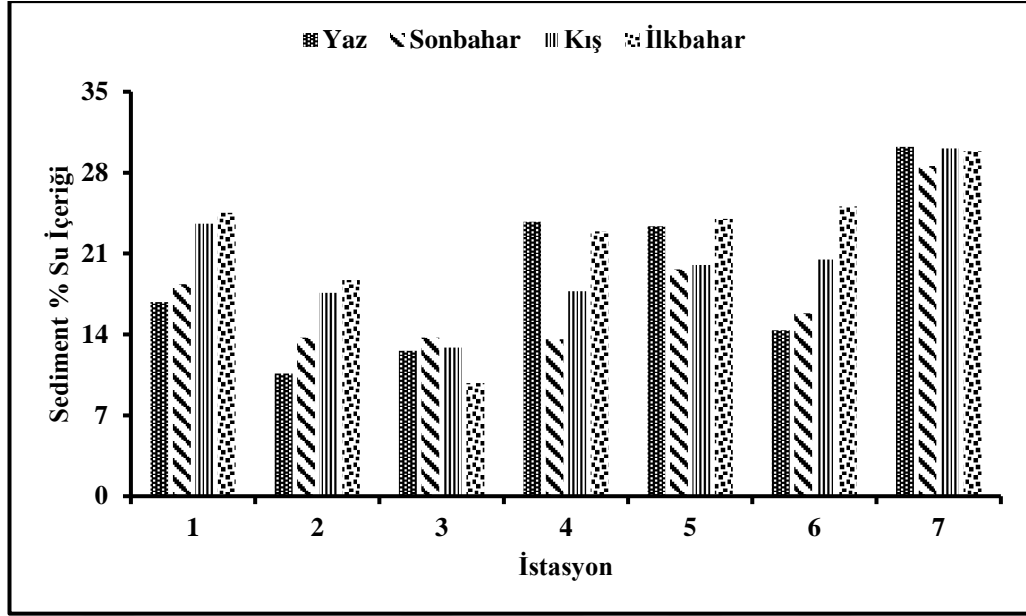
Şekil 3.24. İstasyonların mevsimsel klorofil\_a değişimi



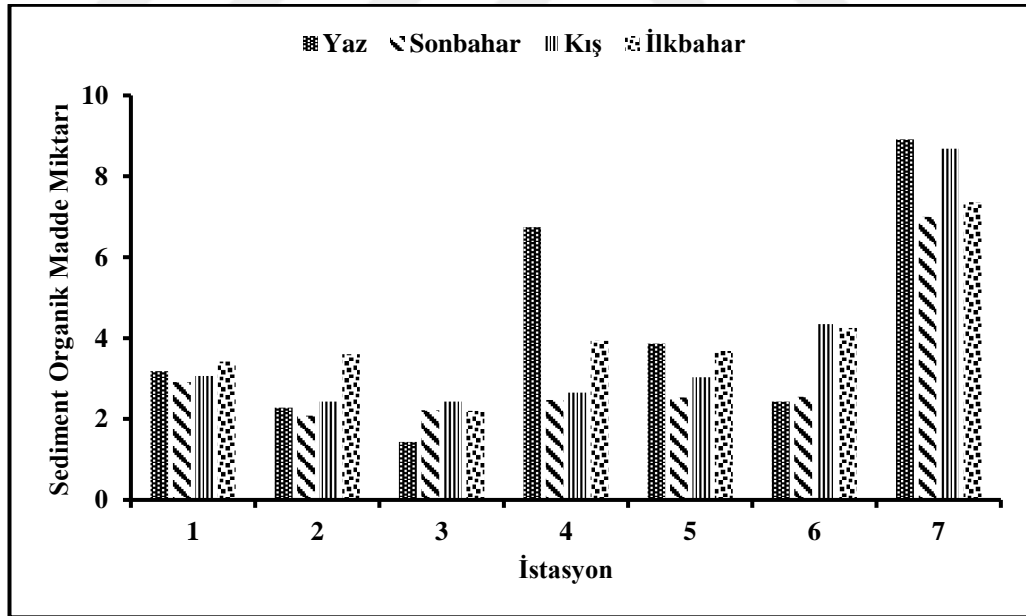
Şekil 3. 25. 22 °C'deki bakteri sayısı



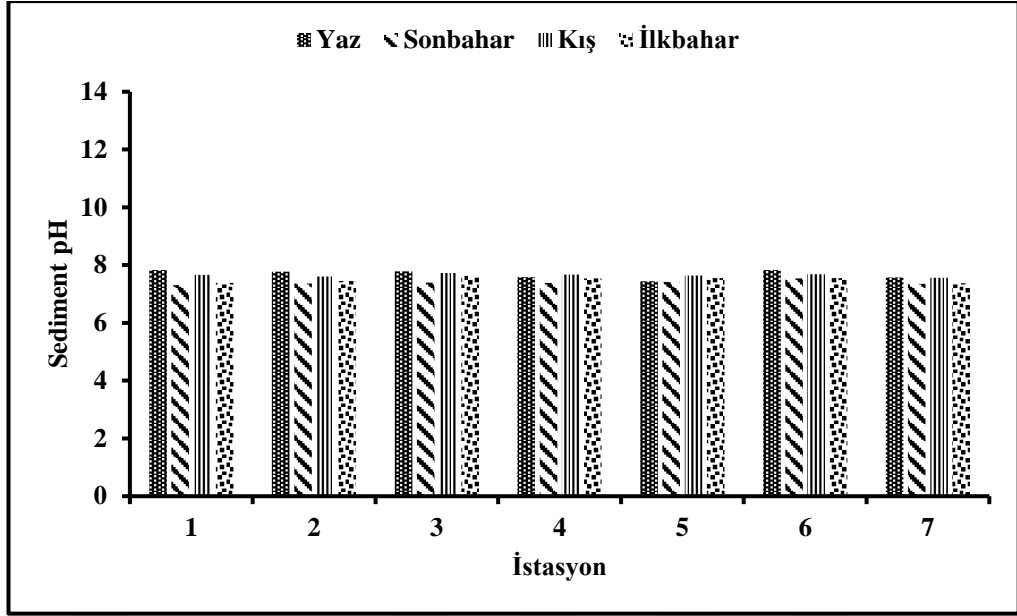
Şekil 3. 26. 37 °C'deki bakteri sayısı



Şekil 3. 27. İstasyonların mevsimsel sediment % su içeriği değişimi



Şekil 3. 28. İstasyonların mevsimsel sediment organik madde miktarı değişimi



Şekil 3. 29. İstasyonların mevsimsel sediment pH değeri değişimi