

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÇAĞLAYAN, FIRTINA VE İKİZDERE DERELERİNDE NUTRIENT VE İZ
METALLERİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Balıkçılık Tek. Müh. Gökhan AKIN

**ŞUBAT 2016
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalında
Gökhan AKIN tarafından hazırlanan**

**ÇAĞLAYAN, FIRTINA VE İKİZDERE DERELERİNDE NUTRIENT VE İZ METALLERİN
MEVSİMSEL DEĞİŞİMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

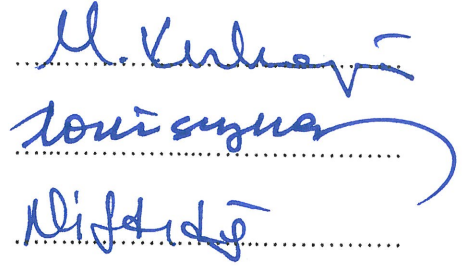
**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 26 / 01 / 2016 gün ve 1637 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Mine UZBİLEK KIRKAĞAÇ

Üye : Prof. Dr. Kadir SEYHAN

Üye : Doç. Dr. Nigar ALKAN


.....
.....
.....

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programında yürütülmüştür.

Araştırma kapsamında 40°-22' ve 41°-28' doğu meridyenleri ile 40°-20' ve 41°-20' kuzey paralelleri arasında yer alan Rize ilinde bulunan Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Derelerinde Nutrient ve İz Metallerin Mevsimsel Değişimleri Değerlendirilip sonuçlar Türkiye ve Dünya içme suyu yasal limitleri ile karşılaştırılmıştır.

Bu çalışma BSB Net-Eco TC11C1.01-02/339 nolu Avrupa Birliği Karadeniz Sınır Ötesi İşbirliği projesi ile desteklenmiştir.

Yüksek lisans tezi çalışmamı yöneten, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, akademik olarak gelişmemde desteği olan hocam, Sayın Doç. Dr. Nigar ALKAN 'a teşekkürü bir borç bilirim.

Proje kapsamında ağır metal analizleri süresince yardım ve katkılarından dolayı. Yrd. Doç. Dr. Ali ALKAN 'a teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarım sırasında yardımlarını aldığım Araştırma Görevlisi Sayın Yahya TERZİ' ye teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

Gökhan AKIN

Trabzon 2016

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum " Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Derelerinde Nutrient ve İz Metallerin Mevsimsel Değişimlerinin Değerlendirilmeleri " başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Nigar ALKAN'ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 17/02/2016

Gökhan AKIN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Hız ve Debi.....	3
1.3. Su Sıcaklığı.....	4
1.4. pH	5
1.5. Çözünmüş Oksijen	6
1.6. Elektriksel İletkenlik	7
1.7. Askıda Katı Madde (AKM).....	8
1.8. Kimyasal Su Kalite Parametreleri	8
1.8.1. Besin Elementleri	8
1.8.1.1. Nitrat Azotu (NO ₃ -N).....	10
1.8.1.2. Nitrit Azotu (NO ₂ -N).....	11
1.8.1.3. Amonyum Azotu (NH ₃ -N)	12
1.8.1.4. Toplam Fosfor (TP).....	13
1.8.1.5. Suların Sertliği.....	14
1.8.1.6. Permanganat İndeksi (Organik Madde)	15
1.8.1.7. Klorofil-a.....	15
1.8.1.8. Anyonik Deterjan (LAS)	16

1.8.2.	Metaller	17
1.8.2.1.	Mangan (Mn).....	19
1.8.2.2.	Nikel (Ni)	20
1.8.2.3.	Bakır (Cu).....	21
1.8.2.4.	Çinko (Zn)	22
1.8.2.5.	Arsenik (As)	24
1.8.2.6.	Kurşun (Pb)	25
1.9.	Önceki Çalışmalar	26
1.10.	Çalışmanın Amacı	29
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	30
2.1.	Araştırma Bölgesinin Genel Özellikleri	30
2.1.1.	Çağlayan Deresi	32
2.1.2.	Fırtına Deresi.....	32
2.1.3.	İkizdere Deresi	33
2.2.	Araştırma Planı.....	34
2.3.	Su Örneklerinin Alınması.....	35
2.4.	Kullanılan Araç ve Gereçler.....	35
2.4.1.	Coğrafik Yer Belirleme Sistemi (GPS).....	35
2.4.2.	Su Analiz Seti (Hach Lange HQ40D)	36
2.4.3.	Süzme Sistemi	36
2.4.4.	Spektrofotometre Cihazı (Hach Lange DR 3900).....	37
2.4.5.	Mikrodalga Çözündürme Ünitesi	37
2.4.6.	İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometrisi (ICP-MS)	38
2.5.	Örneklerin Muhafazası	39
2.6.	Yerinde (Arazi) Ölçümler ve Laboratuvar analizleri	40
2.7.	İstatistiksel Analizler	42
3.	BULGULAR	43

3.1.	Yerinde Ölçümler	43
3.2.	Kimyasal Su Kalitesi Parametreleri	46
3.2.1	Nitrat Azotu (NO ₃ -N)	46
3.2.2.	Nitrit Azotu (NO ₂ -N).....	46
3.2.3.	Amonyum Azotu (NH ₃ -N)	47
3.2.4.	Toplam Fosfor (TP).....	48
3.2.5.	Orto-fosfat (o-PO ₄).....	49
3.2.6.	Askıda Katı Madde.....	50
3.2.7.	Toplam Sertlik.....	51
3.2.8.	Permanganat İndeksi	52
3.2.9.	Klorofil-a	52
3.2.10.	Anyonik Deterjan (LAS)	53
3.3.	Metal Analizleri.....	54
3.3.1.	Mangan (Mn).....	54
3.3.2.	Nikel (Ni)	56
3.3.3.	Bakır (Cu).....	58
3.3.4.	Çinko (Zn)	60
3.3.5.	Arsenik (As)	62
3.3.6.	Kurşun (Pb)	64
4.	TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	67
5.	ÖNERİLER	81
6.	KAYNAKLAR.....	83
7.	EKLER	92

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

ÇAĞLAYAN, FIRTINA VE İKİZDERE DERELERİNDE NUTRIENT VE İZ METALLERİN MEVSİMSSEL DEĞİŞİMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Gökhan AKIN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Nigar ALKAN
2016, 91 Sayfa, 2 Sayfa Ek

Bu çalışmada, Rize ili sınırları içerisinde kalan Çağlayan, Fırtına ve İkizdere derelerinin ekolojik durumları, ve kirlilik yüklerinin tespiti hedeflenmiştir. Kasım 2013- Temmuz 2014 tarihleri arasında akarsularda belirlenen toplam 17 istasyonda mevsimsel sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen ve elektriksel iletkenlik parametreleri yerinde, besin elementleri; nitrat azotu (NO₃-N), nitrit azotu (NO₂-N), amonyum azotu (NH₃-N), toplam fosfor (TP), orto fosfat (o-PO₄), askıdaki katı madde (TSS), permanganat indeksi (organik madde), Anyonik deterjan (LAS), toplam sertlik, klorofil-a, çözünmüş ve askı yükteki metal düzeyleri (Mn, Ni, Cu, Zn, As ve Pb) ise laboratuvarında ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Avrupa Birliği Direktifi (EC, 1998), Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011), Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA, 2012) ve Türkiye Yerüstü Su Kalite Yönetmeliği (YSKY, 2015) kalite kriterlerine göre değerlendirilmiş ve yasal limitlerin altında olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dere, Tatlı Su, Besin Elementi, Metal

Master Thesis

SUMMARY

ASSESSMENT OF SEASONAL VARIATIONS OF TRACE METALS AND
NUTRIENTS IN ÇAĞLAYAN, FIRTINA AND İKİZDERE STREAMS

Gökhan AKIN

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Fisheries Technology Engineering
Supervisor: Assoc. Prof. Nigar ALKAN
2016, 91 Pages, 2 Pages Appendix

In this study, the assessment of ecological status and pollution loads of the Çağlayan, Firtına and İkizdere rivers in the region of Rize have been aimed. To assess the seasonal changes 17 stations in the rivers were selected and surveys were conducted between November 2013-July 2014. Seasonal temperature, pH, dissolved oxygen and conductivity were measured in places of the stations. Nutrients; Nitrate (NO₃-N), Nitrite (NO₂-N) Ammonia (NH₃-N), o-Phosphate (o-PO₄), Total Phosphorus (TP), Total Suspended Solid (TSS), permanganate index (Organic Matter), Detergent, Total Hardness, Chlorophyll-a and dissolved and particulate metals (Mn, Ni, Cu, Zn, As, Pb) were measured in the laboratory. The results obtained were classified regarding the criteria's of European Commission Directive (EC 1998), US EPA National Recommended Water Quality Criteria (EPA, 2009), World Health Organization Guidelines for Drinking-Water Quality (WHO, 2011) and Turkish Surface Water Quality Regulation (2015). Results obtained from three streams were found to be lower than legal limits proposed by EC L 330/05 1998, US EPA 2009, WHO 2011 and Turkish legal limit (2015).

Keywords: River, Fresh Water, Nutrients, Metal

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Çağlayan Deresi	32
Şekil 2. Fırtına Deresi.....	33
Şekil 3. İkizdere Deresi	33
Şekil 4. Çalışma alanı ve örnekleme istasyonları.....	34
Şekil 5. Garmin marka Etrex 20 model GPS	35
Şekil 6. Hach Lange HQ40D marka Su Analiz seti	36
Şekil 7. Süzme Sistemi.....	36
Şekil 8. Spektrofotometre Cihazı (Hach Lange DR 3900).....	37
Şekil 9. Milestone Ethos 1 model mikrodalga çözündürme sistemi	38
Şekil 10. Metal analizlerinde kullanılan indüktif eşleşmiş plazma kütle spektrofotometresi (ICP- MS) cihazı	39
Şekil 11. Sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen ve elektriksel iletkenliğin mevsimsel değişimleri.....	45
Şekil 12. Nitrat azotunun mevsimsel değişimi.....	46
Şekil 13. Nitrit azotunun mevsimsel değişimi	47
Şekil 14. Amonyum azotunun mevsimsel değişimi	48
Şekil 15. Toplam fosforun mevsimsel değişimi.....	49
Şekil 16. Orto-fosfatın mevsimsel değişimi	50
Şekil 17. Askıda katı maddenin mevsimsel değişimi.....	50
Şekil 18. Toplam sertliğin mevsimsel değişimi	51
Şekil 19. Permanganat indeksinin mevsimsel değişimi	52
Şekil 20. Klorofil-a'nın mevsimsel değişimi	53
Şekil 21. Anyonik deterjanın mevsimsel değişimi.....	54
Şekil 22. Toplam, çözülmüş ve askı yükteki Mn konsantrasyonunun mevsimsel değişimi .	55
Şekil 23. Çözülmüş ve askı yükteki Mn konsantrasyonunun yıllık değişimi	56
Şekil 24. Toplam, çözülmüş ve askı yükteki Ni konsantrasyonunun mevsimsel değişimi...	58
Şekil 25. Çözülmüş ve askı yükteki Ni konsantrasyonunun yıllık değişimi	58
Şekil 26. Toplam, çözülmüş ve askı yükteki Cu konsantrasyonunun mevsimsel değişimi ..	60
Şekil 27. Çözülmüş ve askı yükteki Cu konsantrasyonunun yıllık değişimi	60

Şekil 28. Toplam, çözünmüş ve askı yükteki Zn konsantrasyonunun mevsimsel değişimi ..	61
Şekil 29. Toplam, çözünmüş ve askı yükteki Zn konsantrasyonunun mevsimsel değişimi ..	61
Şekil 30. Toplam, çözünmüş ve askı yükteki As konsantrasyonunun mevsimsel değişimi ..	63
Şekil 31. Çözünmüş ve askı yükteki As konsantrasyonunun yıllık değişimi.....	63
Şekil 32. Toplam, çözünmüş ve askı yükteki Pb konsantrasyonunun mevsimsel değişimi...	65
Şekil 33. Çözünmüş ve askı yükteki Pb konsantrasyonunun yıllık değişimi.....	65

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Suların sertlik derecesine göre sınıflandırılması	14
Tablo 2. Örnekleme İstasyonlarının Koordinatları	35
Tablo 3. Çalışmada kullanılan ölçüm ve analiz metotları	41
Tablo 4. Sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik ve çözünmüş oksijenin yıllık ortalama değerleri	44
Tablo 5. Bazı besin elementlerinin yıllık ortalama değerleri.....	54
Tablo 6. Bazı metallerin yıllık ortalama değerleri.....	66
Tablo 7. Avrupa Birliği Direktifi (EC), Dünya Sağlık Örgütü (WHO), ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Yerüstü Su Kalite Yönetmeliği içme suyu standartlarına göre su kalite sınıfları	77

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Çevre ve insan birbirini tamamlayan, karşılıklı etkileşim içinde olan kavramlardır. Ancak son yıllarda insan-doğa ilişkilerinin olumsuz yönden çeşitli boyutlara ulaştığı ve dengenin bozulduğu görülmektedir. Çevre kirliliği, zarar derecesi bakımından bütün dünyada en önde gelen temel ekolojik sorunlardan biridir. Çeşitli üretim ve tüketim faaliyetleri sonucu ortaya çıkan kirleticiler toprağa, havaya ve suya bulaşarak kirlenmeye neden olmaktadır. Ancak havaya ve toprağa bulaşan kirleticiler de zamanla çeşitli su kaynaklarına ulaşmaktadır. Bütün canlıların yaşayıp gelişmesi için gerekli olan suyun içilebilecek miktarı, çeşitli nedenlerle gittikçe azalmaktadır (Çepel, 2003).

Değişik faaliyetler sonunda oluşan farklı özellikteki atıkların su kaynaklarına doğrudan ya da dolaylı olarak boşaltılması suların çeşitli amaçlar için kullanılması ve bu kaynaklar üzerinde yapılan aktiviteler suların kirlenmesine neden olmaktadır. Doğal dengeyi, insan ve hayvan sağlığını tehdit eden en önemli tehlikelerin başında çevre sorunları gelmekte ve bu sorunlar her geçen gün gittikçe büyüyen boyutlarda karşımıza çıkmaktadır. Özellikle de sucul habitatların gittikçe kirlenmesi ve tükenmesi ekonomik, ekolojik ve sosyolojik bakımdan ciddi sorunların çıkmasına neden olmaktadır. Bunlar genel olarak, besin maddesi üretiminin azalması, sucul ekosistemlerde ekolojik dengenin bozulması ve hastalıkların artması şeklinde sıralanabilmektedir.

Endüstriyel ve evsel atık suların çoğunlukla herhangi bir işleme tabi tutulmadan su kaynaklarına boşaltılması, Türkiye’de yoğun bir endüstrileşme olmamasına rağmen önemli sorunların doğmasına neden olmuştur. Buna ilaveten plansız şehirleşme ve yapılaşmalar, altyapı tesislerinin yetersiz oluşu su kaynaklarındaki kirlenmeyi artırmıştır. İç sularımızdaki kirlilik zaman zaman denizlerimize de yansiyarak ekolojik sorunlara neden olmuştur. Akarsular, tatlı sular içinde % 0,003 gibi çok küçük bir paya sahip olmasına karşın yeryüzündeki hidrolojik döngü içerisinde önemli bir konumdadır ve zengin bir canlı yaşamı barındırmaktadırlar (Doğan ve Soylak, 2000). Akarsular yeryüzünü en çok şekillendiren kuvvettir. Genellikle, buldukları iklim bölgesinin özelliklerini göstermektedirler. Dere ve nehir sistemleri yalnız yüzey sularını göllere, rezervuarlara

yada denizlere taşıyan yapılar olmayıp aynı zamanda içerisinde barındırdığı canlı çeşitliliği, fiziksel kimyasal ve hidrolojik özellikleri ile de karmaşık sistemlerdir (Hynes, 1970). Bu nedenle bu sistemler sadece içme, sulama ve elektrik üretimlerinin gerçekleştirildiği kaynaklar olarak değil biyolojik zenginliklerimiz içinde dikkate alınmalıdır. Ne yazık ki ülkemizde konunun çevresel boyutu ihmal edilmekte ve akarsularımız daha çok sulama ve elektrik üretimi amaçlı kullanılmaktadır. Oysa dünyanın gelişmiş ülkelerinde uygulanan sürdürülebilir yararlanma ülkemizde uygulanmamakta ve sektörler arası işbirliğine gidilmemektedir. Öte yandan bu tip sistemlerdeki su kalitesi parametrelerinin de iyi tespit edilmesi gerekmektedir. Çünkü derelere giren kirleticiler akıntı yolu ile boşaldığı göl, rezervuar gibi ortamlarda ciddi kirlilik problemlerine yol açarak burada yaşayan canlılar ve bu canlılar ile beslenen besin zincirinin daha üst seviyelerinde olan insana kadar uzanan bir boyutta tehlikeli sonuçlar yaratabilmektedir. (Allan ve Flecker, 1993; Bolstad ve Swank, 1997). Zehir etkisi gösteren bazı maddeler düşük yoğunluklarda bulunmaları durumunda bile çevre ve insan sağlığı açısından tehlike oluşturmaktadırlar. Bu gibi sebeplerden dolayı dere, akarsu, nehir gibi akış sistemlerin ekolojilerinin iyi bilinmesi gerekmektedir (Tarkan, 2007).

Su ile ilgili yapılacak tasarım ve planlama çalışmaları bu yönüyle; endüstriyel atıkların boşaltılması, ulaşım, balıkçılık, tarımsal amaçlı kullanım, temiz su temini, enerji elde etme ve rekreasyonel amaçlı aktiviteler gibi toplumun değişik gereksinimlerini ve ekolojik prensipleri uzlaştırabilecek nitelikte olmalıdır. Doğru ve uygulanabilir bir planlama yapmak için, sucul sistemde gerçekleşen tüm biyolojik, kimyasal ve fiziksel süreçleri dikkatli bir biçimde değerlendirmek, konuyla ilgili disiplinlerle de koordinasyon halinde çalışmak gerekmektedir. (Tarkan, 2007). Su kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması için fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir.

Doğu Karadeniz su havzası akarsuların akışları hızlı ve alüvyon bakımından oldukça zengindir. Yağışların mevsimlere eşit düzeyde dağılması nedeniyle akarsu rejimleri mevsimsel olarak değişim göstermektedir. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde çok sayıda akarsu bulunmaktadır. Yörede yoğun yerleşim, daha çok kıyı bölgelerinde ve akarsu vadilerinde görülmektedir. Yerleşimin bu şekilde olması akarsuların ve kıyı bölgelerinin kirletilmesine neden olmaktadır. Tarımsal üretimin artırılması için gübre ve zirai mücadele kimyasallarının kullanılması, artırılmadan akarsu yataklarına bırakılan evsel ve endüstriyel katı ve sıvı atıklar, hidroelektrik santrallerin gerek inşa sürecinde akarsu yataklarını bozması, daraltması ve atıklarla kirlenmesi ve gerekse işletme esnasında su yatağının

ihtiyacı olan can suyunun gerektiği kadar bırakılmaması, arazi kıtlığı nedeniyle dere yataklarının yerleşim, endüstriyel tesisler için üretim alanı ve ulaşım amaçlı yol yapımı için kullanılması gibi birçok faktör akarsu kaynaklarının su kalitesini tehdit etmektedir. Dolayısıyla akarsuların mevsimsel olarak su kalitelerinin izlenmesi oldukça önem arz etmektedir.

1.2. Hız ve Debi

Akarsuyun hızı basitçe suyun birim zamanda akış yönünde aldığı uzaklığın ölçüsüdür. Genellikle saniyede metre (m/sn) cinsinden belirtilir ve akarsuyun aktığı kanalın sadece uzunluğu boyunca değil genişliğinde de değişim göstermektedir.

Hızı etkileyen faktörler:

1. Eğim
2. Debi
3. Taşıdığı yük miktarı
4. Akarsu yatağının dar veya geniş olması
5. Bitki örtüsü

Su bir kanalın yatağı ve kenarları yakınında daha yavaş ve daha fazla burgaçlı olarak hareket etmektedir. Bunun nedeni sürtünmenin bu sınırların biraz uzağında olduğu değerden daha büyük olmasıdır. Akış hızını ayrıca kanalın şekli ve pürüzlülüğü de etkiler. Geniş, sığ kanallar ile dar, derin kanallarda, sular kanalın çevresiyle oransal olarak yarı dairesel kesite sahip kanallarda olduğundan daha fazla temas halindedir. Böylece diğer değişkenler aynı alınsa bile yarı dairesel kesitli kanallarda su, daha az sürtünme direnci ile karşılaşacağı için daha hızlı akmaktadır. Beklendiği gibi kenarlarında bloklar saçılı olanlar gibi pürüzlü kanallar, kum ya da çamurdan oluşmuş olan bir yatağa ve kenarlara sahip kanallardan daha çok sürtünme direnci sunmaktadırlar.

Herhangi bir kesitten birim zamanda geçen akışkan hacmine yada bir akarsudan belli bir noktada belli bir zaman aralığında geçen toplam su hacmine debi denir. Q ile gösterilir. Birimi m^3/sn veya L/sn 'dir. Nehirler ve ırmakların akış hızları kenarları ve yatakları ile sürtünme sonucunda değişmektedir. Maksimum akış hızı sürtünmenin en az olduğu ortaya yakın ve düz bir kanalın tepesinde olmaktadır.

Debiyi etkileyen faktörler:

1. Yağış miktarı
2. Havzanın genişliği
3. Sıcaklık
4. Büyük kaynaklar
5. Zeminin yapısı
6. Yağış biçimi (kar, yağmur, buz)
7. Bitki örtüsü

Doğu Karadeniz akarsuları kar ve buzla beslenen akarsular sınıfına girmektedir. Akış miktarı, ilkbahar sonları ve yaz başlarında artmaktadır. Kaynağı, yüksek dağlar olan akarsularda bu akarsuların kışın seviyeleri düşmektedir.

1.3. Su Sıcaklığı

Akarsuların anlık su sıcaklığı; akarsuyun debisi, hızı, iklim şartları, atmosferik şartlar, denizden yüksekliği gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Sularda su sıcaklığı çözünmüş oksijen, pH parametreleri gibi fiziko-kimyasal parametrelere tesir ederek sucul canlıların hayati faaliyetleri üzerine direkt etkileri olmaktadır (Göksu, 2003). Sıcaklık arttıkça canlıların biyolojik ve fizyolojik aktivitesi de artmaktadır. Canlıların büyüme hızı, üreme hızı, çevresel yaşamı suyun sıcaklığına bağlı olduğu bilinmektedir (Barlas ve Kiriş, 2004).

Oksijen gibi hayati önemi olan atmosferik gazların suda çözünmeleri, organik maddelerin parçalanma hızı vb. olayların temel nedeni yine sıcaklık farklılıklarından kaynaklandığı bilinmektedir (Güvensel, 2006). Yüzey sularının sıcaklığı, coğrafi konumu, yükseltisi, mevsimi, günün değişik saatleri, akarsu debisi, derinlik ve kirletici kaynaklardan karışan atık özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Su ortamındaki fiziksel, biyolojik ve kimyasal süreçler sıcaklığın etkisi altındadır. Örneğin, su sıcaklığının yükselmesi oksijenin suda çözünürlüğünü azaltırken balıkların oksijen gereksinimini yükseltmektedir (Özakkoyuncu, 2007).

Yüksek sıcaklık birçok kimyasal bileşiğin çözünürlüğünü artırarak, kirleticilerin sudaki canlı yaşamı üzerindeki etkilerini çoğaltmaktadır. Suların mikrobiyolojik karakteristikleri ve sıcaklık, mikroorganizmaların büyüme ve yaşama sürelerinde önemli bir etkidir. Sıcaklık artışı ile sulara uygulanan dezenfeksiyonun etkinliği de artmaktadır.

Sıcaklık artışı ile birlikte suyun korozyon etkisi de artmaktadır. Sıcaklık suyun endüstriyel kullanımını fazlasıyla etkilemektedir (Çoban, 2007).

Akarsu ortamlarındaki anlık su sıcaklığı; akarsuyun debisi, hızı, iklimsel ve atmosferik şartlar ve rakım gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Suyun anlık sıcaklığı, akuatik hayat için kritik öneme sahip çözünmüş oksijen, pH gibi fizikokimyasal parametrelere tesir ederek sucul canlıların hayati faaliyetleri üzerine direkt etki etmektedir (Göksu, 2003).

Suyun sıcaklığı, arazide numune alma esnasında ısı direnç sensörlü -5 °C-45 °C arasında sıcaklık ölçümü yapılabilen çeşitli marka ve özelliklerde problarla ölçülmektedir.

1.4. pH

pH sudaki hidrojen iyonları konsantrasyonu logaritmasının tersi [$\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$] olup 0-14 arasında rakamsal olarak ölçeklendirilebilmektedir. pH 7 nötr olarak kabul edilmiştir. Nötr durumda H^+ ve OH^- iyonları denge halindedir. Bu tür suların asit ve alkali reaksiyonları yoktur. H^+ iyonu konsantrasyonunun artması ile pH'nın değeri 7'nin altına düşer ve su asit karakter kazanmaktadır. OH^- iyonu konsantrasyonunun artması ile pH 7'nin üzerinde değer alır ve su bazik karakter taşımaktadır. $\text{pH} > 7$ değerli sular alkali, $\text{pH} < 7$ değerli sular asitli sular olarak isimlendirilmiştir.

Doğal suların pH dereceleri, normal koşullarda 4-9 arasındadır. Sudaki pH, genelde karbonat sistemi ile dengelenmektedir. Buna göre, suda karbondioksit (CO_2), karbonik asit (H_2CO_3^*), bikarbonat (HCO_3^-) ve karbonat (CO_3^{2-}) iyonları, bir denge halinde bulunmaktadır. Bu denge, suyun pH değerini belirlemekte ve etkilemektedir. Dengenin CO_2 ve HCO_3^- 'a doğru kayması durumunda pH düşmekte, CO_3^{2-} 'a doğru kayması halinde ise artmaktadır. Genellikle düşük pH bataklıklarda, yüksek pH ise akarsularda rastlanmaktadır (İzmirlioğulları 2004, Saadettin, 1999).

Bir suyun pH değeri, sıcaklık ve biyolojik olaylara bağlı olarak mevsimsel, aylık hatta günlük olarak değişim gösterebilmektedir (Cole, 1983). Suda çözülmüş halde bulunan karbondioksit (CO_2) ile pH arasında yakın bir ilişki vardır. Fotosentez reaksiyonları sonunda fitoplanktonlar, ortamda bulunan CO_2 'yi tüketerek pH'yı yükseltebilirler (Boyd, 1990).

Doğal sularda pH değeri, sucul ortamdaki kimyasal ve biyolojik sistemler hakkında önemli bilgiler sağlar. Tatlı su canlıları 5-9 arasındaki pH değerlerinde fazla etkilenmezler.

Ancak bazı kimyasal maddelerin toksisitesinde pH'nın tesiri çok önemlidir. Atık suların doğal sulara katılımı ile doğal pH değişimleri minimum ve maksimum değerler arasında dalgalanmalar gösterebilmektedir. Düşük pH derecesi sucul ortamda yaşayan canlılar içerisinde besin zincirinin ilk halkası olan makroskobik omurgasızları etkilemektedir. Bunlar için pH değerlerini 4'ün altına düşmesi hayati risk taşımaktadır. Organik maddenin parçalanmasının arttığı oranda pH düşer, doğal suların çoğu karbonat ve bikarbonat içermesi nedeniyle hafif alkali bir özellik göstermektedir (Yıldırım, 2006).

pH endüstriyel ve evsel atık su arıtımında gerek biyolojik yaşamı, gerekse kimyasal dengeyi sağlamak üzere çok iyi bilinmeli ve kontrol edilebilmelidir. Doğal suların pH değeri 4-9 arasında olup bu suların büyük bir kısmı karbonat ve bikarbonatlar nedeniyle hafifçe bazik nitelikte bulunmaktadır. pH değeri azaldıkça asit şartlar artmaktadır. pH değeri arttıkça alkali şartlar artmaktadır (Şengül ve Müezzinoğlu, 2008).

Suyun pH'sı, genellikle pH belirteçleri (kimyasal çözeltiler, fenol kırmızısı, bromkrezol yeşili, timol mavisi, Kongo kırmızısı vb., pH indikatör kağıtları) ve pH metreler yardımıyla belirlenirken arazi çalışmalarında numune alma esnasında kombine cam elektrod'a sahip pH problemleriyle ölçülür. pH metre cihazı kullanıldığında cihazın kalibrasyonu, ölçümden hemen önce standart kalibrasyon solüsyonları kullanılarak yapılmalıdır.

1.5. Çözünmüş Oksijen

Canlı organizmalar, yaşamlarını sürdürebilmek için oksijene gereksinim duymaktadırlar. Sularda bulunan mikroorganizmalar yaşama ve üreme için gerekli enerjiyi oksijenden yararlanarak üretirler ve bu nedenle uygun oksijen formlarına gerek duymaktadırlar. Çözünmüş oksijen (ÇO) su içinde çözünmüş halde bulunan oksijen konsantrasyonu anlamındadır ve genellikle mg/L olarak ifade edilmektedir. Tatlı sularda 1 atm basınçta havanın oksijeninin çözünürlüğü 0 °C de 14,6 mg/L ve 15 °C'de 7 mg/L'dir. Oksijen suda çok az çözünen bir gaz olduğundan çözünürlüğü verilen sıcaklıkla atmosfer basıncı ile doğrudan değişmektedir.

Sularda besin elementleri, bazı eser elementler ve sudaki karbondioksit iyonları güneş enerjisi ile birleşerek klorofil ihtiva eden canlılar (fitoplanktonlar) tarafından fotosentez reaksiyonları gerçekleştirilir. Fotosentez reaksiyonu sonucunda organik madde ile birlikte oksijen üretilir. Fotosentezin yoğun olduğu üst suların belli derinliklerine

reaksiyon sonucu fazla oksijen girebilmekte ve ortamın oksijen seviyesi doygunluk seviyesinin üstüne çıkarabilmektedir. Oksijen fotosentez olayı ile ortamdaki derişiminde artış gösterebileceği gibi atmosferden suyun üst tabakalarına geçiş yaparak da sudaki miktarını arttırabilmektedir (Güvensel, 2006).

Sudaki çözünmüş oksijen derişimini azaltan faktörlerin başında ise, bitki ve hayvanların solunumu, oksidasyon olaylarını içeren çeşitli kimyasal ve biyolojik olaylarla atmosferle ilişkide olan ve oksijence daha zengin yüzey sularından oksijen kaybı söylenebilir. Genellikle yaz aylarındaki sıcaklık artışı oksijen miktarının azalmasına neden olmaktadır (Geldiay ve Kocataş, 2006).

Sudaki çözünmüş oksijen, titrimetrik, elektrometrik ve optik metotlarla ölçülmektedir. Standart yöntem olarak Winkler titrasyon metodu, arazi ölçümlerinde ise membran elektrometrik ve optik yöntemler tercih edilmektedir.

1.6. Elektriksel İletkenlik

Elektriksel iletkenlik, suyun elektrik akımını iletme kapasitesi veya çözeltilinin elektrik akımını geçirmeye karşı gösterdiği dirençtir. Sularda bulunan iyon konsantrasyonlarının anlaşılabilmesi için geliştirilmiş parametredir. Sulardaki nitratlar, fosfatlar, karbonatlar, sülfatlar ve klorürler gibi çözünmüş katı maddelerden kaynaklanmaktadır (Göksu, 2003). Su analiz sonuçları verilirken mikrosiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) cinsinden 25 °C sıcaklıktaki değeri hesaplanarak belirtilmektedir. Suların elektriksel iletkenliği, iyonların sudaki toplam derişimine ve sıcaklığına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Sıcaklık artışı ile suların elektriksel iletkenlikleri de artmaktadır (Hem, 1985). Sudaki iyonların derişimi arttıkça elektriksel iletkenlik de artar, dolayısıyla elektriksel iletkenlik ölçümleri sudaki toplam iyon derişimi hakkında iyi bir göstergedir (Day ve Nightingale, 1984; Hem, 1985). Yer altı sularının elektriksel iletkenliği yüzey sularına oranla daha geniş aralıkta değişmektedir. Sanayideki kirliliğin yüksek olduğu dere ve akarsularda 4500-5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ civarlarında okunabilmekte buna bağlı olarak da tuzluluk ve diğer kimyasal parametrelerde artış göstermektedir.

Elektriksel iletkenlik kondüktometre cihazlarıyla elektrometrik olarak ölçülmektedir.

1.7. Askıda Katı Madde (AKM)

Alıcı su ortamlarına evsel ve endüstriyel atık sularla taşınan askıdaki katı maddelerin yanı sıra, erozyon nedeniyle toprak örtüsünün yok olması ile verimli toprak üst katmanları su ortamlarına taşınarak, bu ortamlarda askıdaki katı madde yükü olarak ortaya çıkmaktadır. Asılı halde bulunan maddeler suyun bulanıklığını arttırmaları ve ışık geçirgenliğini azaltırlar. Güneş ışınlarının su bitkilerine ulaşmasını engelleyerek, fotosentezi etkileyerek sudaki çözünmüş oksijenin azalmasına neden olmaktadır. Akarsulardaki aşırı AKM miktarı zamanla dibe çökerek tabanda yaşayan bentik canlıların ve fitobentosların yaşam ortamlarını olumsuz etkilemektedirler (Çoban, 2007).

Suda bulunan askıda katı madde miktarına etki eden faktörler fitoplankton yoğunluğu ve akarsulara ulaşan sel suları sebep olmaktadır. AKM miktarının aşırı artması balıklarda solungaç gibi hassas dokuların zarar görmesine, yavru ve yumurta ölümlerine yol açabilmektedir (Taş vd., 2010).

AKM alıcı su ortamlarına evsel ve endüstriyel atık sularla da taşınabilmektedir. Bunun sonucunda suyun bulanıklığı artmakta, ışık geçirgenliği azalmakta, fotosentez olayı olumsuz yönde etkilenmektedir. Sedimantasyon sonucu tabanda yaşayan bentik canlıların substratları olumsuz etkilenebilmektedir. AKM değerinin, 25-80 mg/L arası normal olduğu, 80 mg/L'nin üstündeki değerlerin sudaki canlılar açısından sakıncalı olabileceği belirtilmektedir (URL, 1, 2015).

Askıdaki katı madde, su kalitesi tayininde kullanılan gravimetrik bir metot olup suda bulanıklığı oluşturan maddelerin miktarlarının belirlenmesinde kullanılan yöntemdir. AKM fotometrik ve gravimetrik yöntemlerle ölçülmektedir.

1.8. Kimyasal Su Kalite Parametreleri

1.8.1. Besin Elementleri

Besin elementleri, fitoplanktonların (birincil üreticilerin) büyüme, beslenme ve üremesi için gerekli elementlerdir. Fitoplanktonların yanı sıra bakterilerce de besin olarak kullanılmaktadırlar. Aynı zamanda organik maddenin bakterilerce ayrıştırılması sırasında tekrar ortama katılmaktadırlar. Azot sularında en çok bulunan gazlardan biridir. Sudaki derişimi atmosferdeki azot dengesiyle direkt olarak ilgilidir. Serbest azotun biyolojik

olaylarda pek önemi yoktur, ancak bakteriler gibi mikroorganizmalar veya fitoplanktonlar için önemlidir. Yani reaksiyona girmeyen gazdır. Sulardaki çözünürlüğü atmosfer basıncı ile artarken düşük sıcaklık ve tuzlulukta yine artmaktadır. Sulardaki azotun diğer formlarından azot minerali, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- tuzları halinde bulunur ve fitoplanktonların biyolojik işlevleri için gereklidir.

Yüzey ve yeraltı sularına karışan azot bileşikleri doğal veya insan kökenli olabilmektedir. Doğal azot yükleri su ortamlarında bulunan mikroorganizmalardan, yağışlardan ve yeraltı sularına karışan azot bileşiklerinden oluşmaktadır. İnsan kökenli azot yükleri evsel atık sular, evsel katı atık depo alanları, endüstriyel atık sular ve tarımsal çalışmalardan (tarım alanlarının drenajı ve gübre kullanımı) kaynaklanmaktadır. Nitratlar; suda yüksek çözünme özelliğine sahip inorganik kimyasallardır. Esas kaynakları gübre ve kanalizasyon olmakla birlikte doğal sulardaki azot içeren materyallerin çoğu nitrate dönüşüm göstermektedir. Nitratların diğer kaynakları; mineral depozitleri, toprak, deniz suyu, tatlı su sistemleri ve atmosfer olup bu kaynaklar aracılığıyla çevrede doğal olarak da bulunabilmektedir. Çevredeki nitrat kaynakları açısından yüzeysel kuyular derin olanlara kıyasla nitrat kontaminasyonu açısından daha yüksek risk altında bulunmaktadır. Bunun dışındaki yüksek riskli alanlar; yüksek gübre veya hayvan dışkısı içeren toprağa yakında bulunan kuyular ile uygun olmayan kanalizasyon sistemleri ve patlayıcı kullanan inşaat sahaları olarak bilinmektedir (Jackson ve Williams, 1985; Atabay, 2012). Canlı bünyesinde, besin maddelerinde ve ölü organizmalarda bulunan azot, doğada azot döngüsü içerisinde sürekli dinamik bir halde bulunmaktadır. Evsel atık sular ülkemizde su ortamına çoğunlukla doğrudan karışmaktadır. Endüstriyel tesislerden de endüstri türüne bağlı olarak önemli miktarda azot, su ortamına verilebilmektedir. Nitrat iyonları topraktan kolaylıkla yıkanarak suya geçmekte, böylece tarımsal drenaj suyu içerisinde bol miktarda nitrat iyonu bulunmaktadır. Tarım yapılan arazilerden her yıl önemli düzeylerde azot, doğal su kaynaklarına karışmaktadır. Gübrelerin çevre kirliliğine etkileri bazen önemli boyutlara ulaşabilmektedir. Azot bileşikleri su kirliliği açısından çeşitli etkilere sahiptir. Bunların başlıcaları; ötrofikasyon, oksijen bilançosunun etkilenmesi ve içme sularındaki toksik etkilerdir. Sulara karışan organik azot ve diğer azot kaynaklarının, biyolojik süreçler ile nitrate dönüşmeleri esnasında önemli düzeylerde oksijen tüketmektedir.

Sulara karışan besin elementleri, buldukları sularda birincil üretimi hızlandırmakta, böylece ötrofikasyona neden olmaktadır. Ötrofikasyon olayı, göl ve nehirlerde bitki, hayvan ve mikroorganizma gelişmesinin çoğalmasdır. Sürekli bir

ötrofikasyon olayı sonucu sulara oksijen noksanlığı ortaya çıkabilmektedir. Böylece ortamda anaerobik mikroorganizmaların miktarı ve dolayısıyla toksik bileşikler fazlalaşmaktadır. Buna karşılık yağmur suyunda dahi belli konsantrasyonlarda azot olduğu düşünüldüğünde, ötrofikasyona temelde fosfor fazlalığının yol açtığı söylenebilmektedir.

Sucul ortamda azot 3 mineral (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) halinde bulunmaktadır. Fitoplanktonların büyüme ve gelişmeleri için bunların ortamda yeteri kadar bulunması gerekmektedir. Fitoplanktonlar tarafından kullanılmayan amonyum hızlı bir şekilde yükseltgenerek nitrite ve daha sonrada nitrata dönüşmektedir. Bu oksidasyon olayı denizlerdeki nitrat bakterileriyle yapılmaktadır. Aynı olay karalarda görülen toprak bakterilerinin yaptığı aynı işlerdir. Bu olaya nitrifikasyon denir. Bu süreçte oksijen tüketimi nedeniyle suyun oksijen konsantrasyonunda azalma olmaktadır. 1 mg/L amonyum azotu nitrata dönüştüğünde 3,87 mg/L oksijen tüketmektedir. Denitrifikasyon olayı ise bakterilerin nitratları nitrite ve hatta çözünmüş azot moleküllerine dönüştürmesi olayıdır. Bu olay sucul ortamda oksijen konsantrasyonunun önemli ölçülerde düştüğü yerlerde görülmektedir. Azot dioksit (NO_2) ve azot monoksit (NO) gibi azot oksitleri suda çözündüklerinde az da olsa nitrit (NO_2^-) ve nitrat (NO_3^-) haline gelmektedirler. Sulardaki nitrit ve nitratın asıl kaynağı organik maddeler, azotlu gübreler ve tabiattaki bazı mineraller teşkil etmektedir. Yerleşim bölgelerinde bulunan sulardaki nitrat ve nitritin çoğunlukla artık organik maddelerden ileri geldiği söylenebilmektedir. Nitekim bu iyonların yüksek miktarda bulunması suların kirlenmiş olduğuna işaret etmektedir. Dünya sağlık teşkilatına göre 10 mg/L'ye kadar NO_3^- -N içeren sular içme suyu olarak tehlikeli sayılmamaktadır. Nitritin içme sularında müsaade edilebilir bir sınır değeri yoktur. Çünkü bu iyonun hiç bulunmaması en sağlıklı bir durumdur. Nitratın bulunduğu ortamlarda şartlara göre bir miktar nitrit de bulunabilmektedir.

1.8.1.1. Nitrat Azotu (NO_3^- -N)

Nitrat sulara bulunan bağlı azot bileşiklerinin en önemlisidir. Yüzeysel sularında en kararlı azot bileşiği olan nitrat iyonunun yüksek çözünürlüğü, azot bileşiklerinin tamamen oksitlenmiş olmasının sonucudur. Yüzeysel ve yeraltı sularındaki nitrat çoğunlukla organik veya insan kaynaklıdır. Nitratın başlıca kaynakları; Bozulan bitkisel ve hayvansal atıklar, katı atıkların yıkanması, evsel atıklar, endüstriyel atık sular (azotlu gübre, nitrit asit v.b. endüstriler), tarımda kullanılan gübreler, sulamadan dönen sular, atmosferik azotun

yağışlarla yıkanması, atık su arıtma tesislerinin çıkış suları yüzey ve yeraltı sularındaki nitrat olarak bilinmektedir.

Doğal sulardaki nitrat, inorganik bileşik azotun yaygın formudur ve kirlenmiş sularda bulunan nitrat nitrifikasyonun son ürünüdür (Tepe, 2009).

Nitratlar suya topraktan geçmiş olabilmektedir. Fakat amonyak ve nitritten kaynaklıysa tedbir alınmalıdır. Çünkü nitritlerin mevcudiyeti suda kirlenmeyi ifade etmektedir. Nitritler yüksek miktarda organik madde ile bulunursa daha büyük kirlenme söz konusudur. Amonyak da bazı bakteri türlerinin çoğalmalarına sebep olur ve sularda kötü kokulara sebep olmaktadır. Yüzey sularında 5 mg/L'den fazla nitrat içeriği kirlenme göstergesi olabilmektedir (WHO, 2004). Nitratın içme sularında olması gereken maksimum nitrat sınırı 45 mg/L'dir (Yılmaz, 2004).

Sularda nitrat'ın belirlenmesinde, Ultra Viyole (UV) spektrofotometrik yöntemler, kadmiyum veya hidrazin sülfat indirgenmesini takiben spektrofotometrik veya kolorometrik yöntemler, kadmiyum indirgenmeyi takiben sürekli akış analiz (CFA) veya akış enjeksiyon analiz (FIA) yöntemleriyle kolorometrik olarak, iyon kromatografik yöntemler, yüksek performanslı sıvı kromatografik (HPLC) yöntemler ve iyon seçici nitrat elektrot ile potansiyometrik olarak ölçülebilmektedir. (Serdar, 2015)

1.8.1.2. Nitrit Azotu (NO₂-N)

Nitrit, amonyumun oksidasyonunda bir ara üründür. Son derece kararsız bir azot formu olup ortamda nitrifikasyon reaksiyonlarının gerçekleşmekte olduğunu gösteren bir iyondur. Doğal sulardaki konsantrasyonları düşüktür. Bunun nedeni nitritin, yükseltgenme ve indirgenme reaksiyonlarında bir ara ürün olmasındandır. Yani nitrit ya oksitlenerek nitrate ya da indirgenerek amonyağa dönüşebilmektedir. Ancak organik kirlenmenin ve dolayısıyla çözülmüş oksijen miktarının düşük olduğu sularda yüksek konsantrasyonlara ulaşabilmektedir. Sularda nitritin kaynağı; organik maddeler, bozulan bitkisel ve hayvansal atıklar, tarımda kullanılan azotlu gübreler, evsel atık sular, atmosferdeki azotun yıkanması ve bazı mineraller olarak bilinmektedir. Yerleşim bölgelerinde bulunan sularda nitrit, çoğunlukla organik maddelerden kaynaklanmaktadır. Nitritin yüksek miktarda olması suların kirlenmiş olduğunu göstermektedir. Nitritin, içme sularında bulunmasına müsaade edilmemektedir (Barlas, 2002). Sudaki nitrit miktarının 1 mg/L'nin üzerine çıkması kirliliğin başladığını gösterir (Yılmaz vd., 1995).

Sularda nitrit düzeyinin 0,003 mg/L nin altında olması, nitrit bakımından sulara kirleticilerin karışmadığını göstermektedir (Wetzel, 2001).

Sularda nitritin belirlenmesinde, spektrofotometrik, kolorimetrik, sürekli akış analiziyle (CFA) kolorimetrik, iyon kromatografik, termometrik titrasyon, elektrokimyasal metotlar, yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ve biyolojik sensörler gibi cihaz ve metotlar kullanılarak ölçülebilmektedir. (Serdar, 2015)

1.8.1.3. Amonyum Azotu (NH₃-N)

Sudaki Amonyum birçok etken tarafından oluşabilmektedir. Amonyak, sucul ortamlarda iyonize olmuş amonyak (NH₄⁺) ve iyonize olmamış amonyak (NH₃) olmak üzere iki formda bulunur. Suda çok kolay çözünerek hemen amonyum iyonuna (NH₄⁺) dönüşür (Lawson, 1995). Organik maddenin bozulması, organik gübre veya inorganik amonyum kaynaklı kimyasal gübre kullanımı, evsel ve endüstriyel kirlenme sonucunda sudaki amonyum miktarı artırabilmektedir. Deoksidasyon olayı sonucunda nitrat, nitrite ve amonyuma dönüşebilmektedir. Bu sırada amonyum miktarı artmaktadır. Fitoplanktonların aşırı çoğalması ve ölümleri sonucunda da amonyum miktarında yükselme görülmektedir. Amonyum genellikle çözülmüş oksijenden sonra, ikinci önemli su kalitesi parametresi olarak bilinmektedir (Egemen ve Sunlu, 1996). Akvatik sistemlerde iyonlaşmamış amonyağın, iyonlaşmış amonyağa oranı, suyun pH ve sıcaklığına bağlıdır. Sıcaklık ve pH yükseldikçe toksik amonyak miktarı artar ve suyun tuzluluğu arttıkça düşer (Trussell, 1972; Uslu ve Türkman, 1987).

Amonyum doğal sularda, amonyak (NH₃) bileşiğinin bulunan halidir. Yeraltı sularında amonyumun (NH₄⁺) doğal kaynakları organik (metabolik prosesler) ve inorganik (kayaç ayrışması, hidrotermal aktivite gibi), antropojenik kaynağı ise gübreler ve endüstriyel faaliyetler olarak bilinmektedir. Amonyak, arıtılmış evsel atık suların yaygın bileşenlerinden birisidir. Sentetik gübreler amonyak ve amonyum tuzları içermektedirler (Kayabalı, 2003).

Sularda amonyum'un belirlenmesinde, doğrudan nessler ve fenat yöntemi, salisilat ile spektrofotometrik, destilasyon- titrimetrik, destilasyon-nessler, destilasyon- fenat, gaz kromatografik, iyon seçici elektrod, kolorimetrik, sürekli akış analiziyle fenat ve salisilat yöntemleri ve akış enjeksiyon analizi gibi yöntemlerle ölçülebilmektedir (Serdar, 2015).

1.8.1.4. Toplam Fosfor (TP)

Sulu sistemlerde fosfor, bu sistemlerde mevcut olan çok yönlü ve karmaşık kimyasal dengelerin anahtar elemanlarından biri olduğu bilinmektedir. Sularda fosfor çeşitli fosfat türleri şeklinde bulunur ve gerek doğal su ortamlarında gerekse su ve atık su arıtımında gerçekleşen çok sayıdaki reaksiyona girmektedir. Fosfor nedeniyle ortaya çıkan su kirlenmesinin temel kaynağının %83'lük bir payla endüstri ve kanalizasyon atık suları olduğu bildirilmektedir. Fosfor, magmatik kayalarda oldukça yaygın olarak bulunan bir elementtir. Sedimentler içinde de oldukça yaygın olarak bulunmasına rağmen, doğal sulardaki derişimi 1 mg/L'nin çok altındadır. Fosfatlar sentetik gübrelerde, temizliği kolaylaştırıcı madde olarak deterjanlarda, kabuklanma ve korozyonu önleyici olarak arıtılmış içme ve kullanma sularında kullanıldığı bilinmektedir. Yüzey ve yer altı sularındaki fosfat, kayalardan ve topraktan, bozunan bitkisel ve hayvansal atıklardan, evsel ve endüstriyel atıklardan, arıtma tesisi atık sularından, katı atık deponi alanlarından, tarımda kullanılan gübrelerden ve sulamadan dönen atık sulardan kaynaklanmaktadır. Aşırı miktardaki fosfor içeren arıtılmamış atık sular ve sulamadan dönen sular yüzeysel sulara verildiğinde ötrofikasyona neden olmakta, algler aşırı miktarda üreyerek "alg patlaması" oluşturmaktadır. Bu verilere göre, tarım alanlarındaki yoğun yağışlardan sonra oluşan yüzey akışlarla fosfor taşınmasının, oransal olarak diğer kirletici kaynaklara göre çok daha az olduğu söylenebilmektedir. Yüksek düzeydeki fosforun akarsu, göl ve denizlere ötrofikasyona yol açtığı bilinmektedir. Çeşitli kaynaklardan yüzey sularına ulaşan fosfatlar suyun oksijen bakımından zengin üst kısımlarında bulunan alg ve diğer yeşil bitkilerin aşırı miktarda ve suyun anaerobik karakterli üst kısmına çökelen alg ve diğer yeşil bitki artıklarında bir artış meydana gelmektedir. Fosfor bileşikleri önemli bitki besin maddeleridir. Su canlılarına olan etkileri, ancak suda fazla miktarda bulunup pH değerini veya suyun tampon sistemini değişikliğe uğrattığı zaman göze çarpmaktadır. Organik ve endüstriyel kirlenmeden kaynaklanan fosfatın alıcı sulara başlıca etkisi ötrofikasyona neden olmalarıdır. Böyle bir ortamda oksijenin azalması, renk değişimi, bulanıklık, dipte aşırı birikimler, canlı türü sayısında azalma, bozunma ve kokuşma gözlenmekte ve ortam giderek kullanılamaz hale gelmektedir (Minareci vd., 2009; Minareci vd., 2013; Odabaşı ve Büyükkateş, 2009).

Sularda toplam fosforun belirlenmesinde, ön işlemlerden sonra orto-fosfat ölçümü ile aynı yöntemler kullanılabilir. Bu ön işlem gerektiren yöntemler ise persülfat ile

parçalama, sülfürik asit+nitrik asit karışımı ile parçalama, perklorik asit ile parçalama işlemleri en yaygın kullanılan standart uygulamalardır (Serdar, 2015).

1.8.1.5. Suların Sertliği

Bir suyun sertliği, o suyun temas etmiş olduğu topraklardaki minerallerin suda çözünmesiyle yakından ilgilidir. Yer altı suları daha fazla oranda mineral madde ile temas ettiklerinden yüzey sularından daha serttir. İçme kullanma sularının sertliklerine göre sınıflandırılması birçok ülkede ayrı ayrı kabul edilen temel esaslara göre yapılmaktadır.

Sertlik, su içinde çözülmüş (+2) değerlikli iyonların (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Sr^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} vb), varlığının sonucudur. Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları doğal sulara diğer iyonlardan daha fazla bulduklarından, çoğunluklu sertlik, Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının konsantrasyonlarının toplamı olarak ifade edilmektedir.

Sularda, geçici ve kalıcı olmak üzere iki türlü sertlik vardır. Geçici sertliği (karbonat sertliği), su içerisindeki kalsiyum ve magnezyum bikarbonat tuzlarının miktarı belirler. Su ısıtıldığında geçici sertlik veren maddeler, karbondioksit vererek ayrışır ve kalsiyum karbonat ve magnezyum hidroksit çökerek sudan ayrılırlar. Bu şekilde ısıtılarak giderilen sertliğe “Geçici sertlik” denir. Magnezyum ve kalsiyum sülfat, nitrat ve klor tuzlarından oluşan sertliğe ise “Kalıcı Sertlik” (karbonat olmayan sertlik) denir. Kalıcı sertliği oluşturan tuzlar ısı ile ayrışmazlar. Kalıcı sertlik ile geçici sertliğin toplamı “Toplam Sertlik” olarak tarif edilmektedir.

Suların sertlik sınıfları ülkelere göre farklılık göstermektedir. Bu çalışmada Sawyer (1960) tarafından aşağıda tabloda belirtilen sınıflandırma kullanılmıştır.

Tablo 1. Suların sertlik derecesine göre sınıflandırılması (Sawyer, 1960).

Toplam Sertlik (mg CaCO_3/L)	Sertlik Sınıfı
0-75	Yumuşak
75-150	Orta Sert
150-300	Sert
>300	Çok Sert

Sularda sertlik tayini, sabun eriyiği, hesap yöntemi ve EDTA ile kompleksometrik titrasyon yöntemleriyle yapılabilmektedir. Yaygın olarak EDTA kompleksometrik titrasyon yöntemi standart yöntem olarak kullanılmaktadır (Serdar, 2015).

1.8.1.6. Permanganat İndeksi (Organik Madde)

Doğa ve insan faaliyetleri sonucu sulara karışan organik maddelerin miktarının belirli bir seviyede olması su organizmaları için gereklidir. Fakat bu miktarın fazla olması ortamda aşırı şekilde oksijen tüketimine sebebiyet vermekte ve ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Su ortamında bulunan azotlu organik bileşikler parçalanarak NH_3 , NO_2 ve NO_3 'a, fosforlu organik bileşikler ise PO_4 'a dönüşmektedir. Yerleşim alanlarında bulunan sularda nitrit, nitrat ve fosfat miktarının yüksek olması suların kirlenmiş olduğunu göstermektedir. Suların organik kirliliğe maruz kalmaması gerekmektedir. Organik kirleticilerin su ortamına girmesi durumunda, bunların parçalanması için, oksijen tüketilmekte ve sucul canlıların kullanabileceği oksijen miktarını azaltmaktadır. Algler, mineralize olmuş azotlu ve fosforlu maddeleri besin olarak kullanıp gelişmektedirler. Bu maddelerin su ortamındaki konsantrasyonlarının yüksek olması ötrifikasyona neden olmaktadır. Ötrifikasyon olayı, sularda aşırı şekilde oksijen tüketimi ile sonuçlandığından, hayvansal canlılar için tehlikeli olmaktadır (Boyd, 1979; Çelikkale, 1988; Karpuzcu, 1988; Muslu, 1985).

Sularda toplam organik madde kirliliğinin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden biri olan permanganat indeksi, asidik ortamda su içerisindeki tüm organik maddelerin permanganat (KMnO_4) ile yükseltgenmesi esasına dayanan bir yöntemdir. Organik madde ölçüsü, asidik ortamda 1 litre suda bulunan organik maddeleri yükseltgeyebilen mg KMnO_4 veya buna eşdeğer mg oksijen ile ifade edilmektedir (Serdar, 2015).

1.8.1.7. Klorofil-a

Klorofiller, fotosentez yapan organizmaların kloroplastlarında var olan yeşil pigmentlerdir. Klorofil-a'nın kimyasal yapısı dört pirol grubunun oluşturduğu porfirin halkasından meydana gelmektedir. Porfirin halkasının merkezinde Magnezyum atomu bulunmaktadır. Ayrıca tetra pirol halka sisteminin 4. halkasında C7'ye bağlanan bir dallanmamış hidrokarbon zinciri, vinil-9-keto-10-karbometofetoksiforbin fitil-7-propiyonatin magnezyum atomu ile yaptığı bir komplekstir.

Evsel, endüstriyel ve tarımsal aktivitelerden kaynaklanan kirleticiler ilk olarak akarsulara karışmakta ve yine akarsular yoluyla göllere ve denizlere ulaşmaktadır. Bu nedenle kıyısal alanlardaki su kalitesinin belirlenmesi ve gelecekte olabilecek değişimlerin

tahmininde akarsuların kirletici yükünün bilinmesi önem arz etmektedir (Boran ve Karaçam, 1996; Taş, 2006). Fosfor, azot ve silikat gibi besleyici elementler, ışık ile birlikte planktonik organizmaların büyümesi ve dağılımını etkileyen en önemli faktörlerin başında gelmektedir (Callow ve Petts, 1992; Horne ve Goldman, 1994).

Sucul ekosistemlerde fitoplankton yoğunluğunun en iyi göstergelerinden bir tanesi klorofil-a miktarıdır.

Klorofil içeren fitoplanktonların yaşayacağı yeri güneş ışığı ve besin elementlerinin konsantrasyonları belirlemektedir.

Sularda klorofil-a miktarının belirlenmesinde standart olarak spektrofotometrik, florometrik ve yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) yöntemleri kullanılmaktadır.

1.8.1.8. Anyonik Deterjan (LAS)

Deterjanların boşaltıldıkları alıcı sulara etkileri, köpük oluşturma, biyolojik ayrışma sonucu oksijen tüketimi, sudaki canlılar üzerine olumsuz etkileri, ötrofikasyon ve içme sularına etkileri şeklinde özetlenebilmektedir (Vural ve Kumbur, 1982; Patin, 1985). Deterjan kirliliği, sulardaki biyolojik aktiviteyi etkilemesi açısından önemlidir. Deterjan aktif maddeleri alıcı sularda su özelliklerine bağlı olarak 0,5 mg/L'den yüksek derişimlerde köpük oluşturmaktadırlar. Oluşan köpükler su yüzeyini kaplayarak havalandırmaya ve oksijen alışverişine engel olabilmektedir. Deterjan aktif maddesi boşaltıldıkları alıcı sularda biyokimyasal reaksiyonlarla ayrışır ve bu ayrışma sırasında ortamdaki çözülmüş oksijeni kullanırlar, bu da ani oksijen eksikliğine neden olabilmektedir (Minareci vd., 2009). Kentsel kökenli kanalizasyon sularındaki fosfatların ise %32-70'i deterjanlardan kaynaklanmaktadır.

Temizlik malzemesinde (deterjan ve benzeri) bulunan polifosfatlar veya fosfor bileşikleri, suyun yüzey gerilimini değiştirerek (köpük teşekkülü) biyolojik olayları olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

Su kirliliği oluşturan kirleticiler arasında deterjanlar da yer almaktadır. Deterjanların boşaltıldıkları alıcı sulara etkileri, köpük oluşturma, biyolojik ayrışma sonucu oksijen tüketimi, sudaki canlılar üzerine olumsuz etkileri, ötrofikasyon ve içme sularına etkileri şeklinde özetlenebilmektedir. Deterjan kirliliği, sulardaki biyolojik aktiviteyi etkilemesi açısından önemlidir. Deterjan aktif maddeleri alıcı sularda su özelliklerine bağlı olarak 0,5

mg/L'den yüksek derişimlerde köpük oluşturmaktadırlar. Oluşan köpükler su yüzeyini kaplayarak havalandırmaya ve oksijen alışverişine engel olabilmektedirler. Deterjan aktif maddesi boşaltıldıkları alıcı sularda biyokimyasal reaksiyonlarla ayrışırlar ve bu ayrışma sırasında ortamdaki çözülmüş oksijeni kullanırlar, bu da ani oksijen eksikliğine neden olabilmektedir (Minareci vd., 2013).

Yüzey aktif maddelerin, sentetik deterjanlar başta olmak üzere, temizlik madde formülasyonlarında dünyada yaygın bir şekilde kullanımları sonucu, gerek evsel gerekse endüstriyel atık sularla alıcı su ortamlarına ve çevreye önemli miktarda karbonlu atık madde katılmaktadır. Genelde parçalanabilir yüzey aktif maddeler arıtma tesislerinde uzaklaştırılabilmelerine rağmen, indirgenmiş konsantrasyonlarda atık sularla nehir ve çaylara (akarsulara) verilmektedir. Böylece sulama suyu olarak tarım alanlarında kullanılan sularla yüzey aktif maddelerin toprağı da kirlittiğı görülmüştür (Callow ve Petts, 1992; Horne ve Goldman, 1994; Atabay, 2012). Deterjanın çevrede biyolojik parçalanma ve adsorpsiyon olayı ile çevreden çabuk uzaklaştırıldığı öngörülmekle beraber bu olayın LAS homologlarına ve karbon zinciri uzunluğuna bağılı olduğu da gösterilmiştir (Tarkan, 2007; Taylan ve Özkoç, 2007; Minareci vd., 2009). Bu nedenle deterjanın çevrede izlenmesi dünyada halen yapılmaktadır (Doğan ve Soylak, 2000). Ülkemizde ise deterjanlarda dallanmış bir alkilbensülfonat olan tetrapropilen benzen sülfonat (TBS) kullanımına, diğer ülkelerde gözlenen çevre sorunlarına bizde de neden olduğu ve bu sorunların gittikçe artacağı yapılan araştırmalarla gösterilmesine rağmen, 1980'li yıllarda da devam edilmiştir (Boran ve Karaçam, 1996). Ancak 1987 yılında deterjanlarda en az % 80 parçalanabilirlik standardı getirilmiş ve TBS kullanımı tamamen yasaklanmıştır (Güler, 1997). Spektrofotometrik (Kristal Violet Metodu) olarak ölçülmektedir.

1.8.2. Metaller

Metaller ve bileşikleri yer kabuğunda değişik konsantrasyonlarda bulunmaktadır. İz metaller çevre kirlenmesi bakımından yüksek konsantrasyonlu metallerle oranla çok daha tehlikeli bir durum oluşturmaktadırlar. Doğada bulunan minerallerdeki metaller, normal olarak çözünmeyen bileşikler halinde olup canlı organizmalara zarar vermemektedirler. Buna karşılık bunların çözünen türevleri, genellikle organizmalar için toksiktirler. Genel olarak zehirli ve çevre kirliliğine neden olan tüm metaller ağır metal olarak

adlandırılmaktadır. Ağır metal tanımı, fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm^3 'den daha yüksek olan metaller için kullanılmaktadır.

Sayısız kullanım yeri olan metaller biyolojik anlamda üç gruba ayrılır (Clark, 1992):

Major: Canlıların yaşaması için mutlaka gerekli olan metallerdir. Sıvı ortamlarda hareketli katyonlar olarak taşınırlar. Kalsiyum, potasyum, sodyum, magnezyum gibi

Minor: Düşük derişimlerde esansiyel olan fakat yüksek konsantrasyonlarda toksik etki yapan elementlerdir. Demir, bakır, kobalt, mangan, çinko, molibden, krom gibi.

Eser elementler (Metaloitler): Metabolik aktivite için genelde gerekli olmayan ve oldukça düşük konsantrasyonlarda toksik etki yapan elementlerdir. Kadmiyum, arsenik, civa, kurşun, kalay, selenyum, berilyum gibi.

Denizler, göller ve akarsular insan aktiviteleri (endüstriyel ve evsel atıklar gibi) sonucu metallerle kirlenmekte ve bazı metaller çevrede lipofil özellikler kazanarak su, bitki ve hayvanlarda birikim yaparak besin zinciri ile insanlara kadar ulaşmaktadır.

Ağır metaller çevrede özellikle biyosferde geniş bir yayılım gösterirken, bu sebeple zararlı formdaki konsantrasyonları önemli boyutlara ulaşabilmektedir (Taş, 2006).

Metallerin biyolojik parçalanmaya dayanıklı olmaları, dağılım ve taşınma sonucu emisyonu uğradıkları yerlerden çok uzaklarda da birikerek çevredeki derişimlerinin artması çevresel etkileri bakımından oldukça önemlidir. Toksik etki her metalin özelliklerine değişim göstermektedir (Kartal vd., 2004).

Deniz ortamına giren kirletici maddelerin çoğu karasal kaynaklı olduğu bilinmektedir. Bunlar karadan denizlere; akarsular, yağmur ve kıyı bölgelerdeki atıklar ile taşınmaktadır. Tabii şartlar altında denizlerdeki metallerin en önemli kaynağı olarak nehirler görülmektedir. Genel olarak nehirlerle taşınan metallerin büyük bir kısmı çözünmüş halde taşınmaktadır. Partiküler formdaki metal formlarının ise sadece bir kısmı denizlere ulaşmaktadır. Çünkü akarsuyun hızı azaldıkça çökelme meydana gelmekte ve körfezlerde tuzlu su ile tatlı su karıştığı zaman çeşitli fiziko-kimyasal değişimler olmaktadır. Metaller, rüzgâr ve sularla bir yerden başka bir yere sürüklenmektedirler. Böylelikle hiç kirlenmemiş bölgelere kirlilik taşınabilmekte, sonuçta metal kirliliğinin çoğu sularda birikebilmektedir. Sulardaki birikim, çözünme şeklinde olabileceği gibi, çözünmeden suların dibinde çökelme şeklinde de olabilmektedir. Bu şekilde bir kirlenme endüstriyel ve zirai atıklardan meydana geldiği gibi herhangi bir yolla atmosfere verilen metal türü maddelerden de meydana gelebilmektedir. Atmosfere verilen metal türü maddeler sonunda yeryüzüne dönmekte ve akarsular yolu ile su yataklarına

sürüklenmektedirler. Metal kirlenmesi, organik kirlenmeler gibi kimyasal ve biyolojik yollarla parçalanamamakta, bir metal bileşiği başka bir metal bileşiğine dönüşmektedir. Dönüşme ne olursa olsun metal iyonu kayıp olmamaktadır (Taylan ve Özkoç, 2007).

Metaller, çevre kirliliğine neden olan kimyasal kirleticiler arasında biyolojik ve ekolojik açıdan büyük öneme sahiptir. Metal kirliliği günümüzün çözüm bekleyen acil çevre sorunları arasında yer almaktadır. Metaller ekosistemlerdeki etkileri ve davranışları oldukça karmaşıktır. Canlı dokularda birikim yapabilmeleri, toksik etkileri ve çevresel dayanıklılıkları gibi nedenlerle metaller canlılar için tehdit unsuru olabilmektedir. Metallerin toksik ve kanserojen etkileri de söz konusudur. Krom, Cıva, kurşun, kadmiyum, mangan, kobalt, nikel, bakır ve çinko gibi metaller doğada genellikle sülfür, oksit, karbonat, ve silikat, mineralleri şeklinde bulunmaktadır. Bunların suda çözünürlükleri oldukça düşüktür. Metaller, sulara hem doğal süreçler hem de insan aktiviteleri neticesinde karışabilmektedir. Bu metallerin doğal sulara karışmasına yol açan antropojenik aktivitelerin en önemlileri kömür ve madencilik faaliyetleri ile kentsel atıklardan oluşmaktadır (Doğru vd., 2007).

Metal kökenli su kirliliği, elementlerin biyojeokimyasal döngüleri hem de çevre sağlığı açısından son derece önemli bir konudur. Küresel ölçekte neden olabileceği biyojeokimyasal prosesler nedeniyle sularda metal kirliliğinin ekolojik sonuçlarını değerlendirmek oldukça güçtür. Çeşitli amaçlarla kullanılan sularda metal derişimi için belirlenmiş birçok sınır değeri mevcuttur. İçme sularındaki sınır değeri yanında, ekolojik denge açısından çevresel ortama verilen deşarj suları sınır değeri de büyük öneme sahiptir. Metal kirliliğinin önemi, bu metallerin hava, su, toprak, bitki vb. çevresel örneklerde tayinini önemli hale getirmiştir. Bir metalin yaşamsal olup olmadığı canlı türlerine göre değişmektedir (Kahvecioğlu vd., 2003).

Sularda ve çevresel numunelerde metal tayinleri için çoğunlukla atomik absorpsiyon spektrometrisi (AAS), atomik emisyon spektrometrisi (AES), indüktif eşleşmiş atomik emisyon spektrometrisi (ICP-AES), indüktif eşleşmiş kütle spektrometrisi (ICP-MS) gibi teknikler kullanılmaktadır (Alkan, 2009).

1.8.2.1. Mangan (Mn)

Atom numarası 25, yoğunluğu $7,43 \text{ gcm}^{-3}$ olan manganız oda sıcaklığında katı halde bulunmaktadır. Periyodik tabloda 7A grubunda yer alan manganız kimyasal

davranışlarında demir ile benzerlik göstermektedir. Doğal olarak sıklıkla metamorfik, sedimenter ve volkanik kayalarda bulunan manganezin, litosferdeki ortalama konsantrasyonu 1000 ppm'dir.

Metalürji endüstrisinde ve çelik yapımında temel bir bileşen olarak kullanılan Mn, alüminyum ve bakır alaşımlarının üretiminde de kullanılmaktadır. Seramik, cam, boya endüstrisinde, kuru pillerde, elektrik bobinlerinde bir katalizör olarak rol oynamaktadır (Bradl, 2005). Demir-çelik fabrikaları, güç santralleri, yakma fırınları ve maden yataklarının tozlarından havaya karışabilmektedir. Suyu ve toprağa karışımı doğal kaynaklardan, atıkların deşarjıyla ve atmosferik taşınımıyla gerçekleşmektedir. Nehir, göl ve yer altı sularında doğal olarak bulunmakta ve sudaki bitkiler tarafından bir miktar alınarak birikebilmek. İnsan ve hayvanlarda ise karaciğer, böbrek ve pankreasta birikim göstermektedir (Çalışkan, 2005).

Mangan, insan ve hayvanlar için de temel elementlerden birisidir. Normal bir diyet sürdüren canlıda Mn eksikliği hemen hemen hiç gözlenmemektedir (Bradl, 2005). Mangan organizmalardaki enzimlerin yapısal bütünlüğü açısından gerekli bir elementtir. Bu elementin eksikliği insanlarda solunum, sinirsel bozukluklar ve kısırlığa neden olmaktadır (Tuncay, 2007).

1.8.2.2. Nikel (Ni)

Atom numarası 28, yoğunluğu $8,9 \text{ gcm}^{-3}$ olan nikel, 8A grubu elementidir. Nikel yer kabuğunda bulunma miktarına göre ortalama 80 ppm ile 23. sırada yer almaktadır. 5 kararlı izotopu olan nikel, 0, I, II ve III değerlikli formlarda bulunabilirken fakat sulu çözeltilerde kararlı halde bulunmamaktadır (Bradl, 2005).

Nikelin en yaygın bulunan formu iki değerlikli şeklindedir. Element halindeki nikel dövülebilir, gümüş beyazı renge güçlü alkali ortamlara dirençli bir ağır metaldir. Kimyasal aşınmaya direnç özelliğinden dolayı paslanmaz çelik imalatında kullanılan nikel otomobil sektörü, madeni paralar, kuyumculuk, cerrahi implantlar, mutfak eşyaları gibi çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Aşınmaya ve sıcaklığa karşı dirençli olması sebebiyle Ni-Fe, Ni-Cu, Ni-Cr, Ni-Ag gibi nikel alaşımlarının üretilmesinde rol oynamaktadır. Aynı zamanda miknatıslarda, eşyaların üzerlerinin elektrolitik kaplanmasında, Ni-Cd pillerinde, tekstil boyalarında, ayrıca katalizör olarak görev almaktadır (USEPA, 1985; Bradl, 2005). Nikel, bitki ve hayvanlar için temel elementlerden biridir ve üreaz, hidrojenaz, karbon

monoksit dehidrojenaz enzimlerinin bir parçasıdır (Bradl, 2005). Düşük konsantrasyonlarda temel bir element olmasına karşın, yüksek konsantrasyonlarda toksik etki gösterebilmektedir (Welch, 1981; Parida vd., 2003). Yüksek nikel miktarları düşük bitki gelişimine, ürün verimliliğinde azalmaya, bitki metabolizmasında düzensizliklere ve kloroza neden olabilmektedir (Yang vd., 1996). Nikelin insanda muhtemel kanserojen etkiye sahip olduğu düşünülmektedir. Üreme problemleri ve doğum kusurlarına neden olabilmektedir (Tien, 2002). Ayrıca cildi hassas olan bireylerde dermatit olarak bilinen ve derilerinin nikel ile temas etmesi sonucu ortaya çıkan bir alerji görülebilmektedir. Ni(CO)₄, Ni₃S₂, NiO, Ni₂O₃ gibi nikel bileşiklerinin solunması karaciğer dejenerasyonu, akciğerde su toplama, adrenokortikal yetersizliklerle pnömonite (akciğer enflamasyonu), solunum sistemi kanserine, astıma yol açabilmektedir (Bradl, 2005). Dünya Sağlık Örgütü nikelin hava ortamında izin verilen sınır konsantrasyon değerini 2,5 µg/m³ olarak belirlemiştir.

1.8.2.3. Bakır (Cu)

Bakır atom numarası 29, atom ağırlığı 63,546 g/mol, yoğunluğu 8,9 g/cm³, erime noktası 1083 °C, kaynama noktası 2595 °C olan bir metaldir (URL, 2, 2015). Biyolojik sistemlerde +2 ve +1 değerlikli olan Cu, organizmalarda bağışıklık sisteminin düzenlenmesinde, omuriliğin miyelinleşmesinde, kalp fonksiyonlarında ve doku pigmentasyonunda etkin rol oynamaktadır (Özden, 2008).

Bakır çevrede doğal olarak bulunan çok yaygın bir maddedir ve doğal yollarla da çevreye yayılmaktadır. İnsanların bakır endüstri ve tarımda artarak kullanmaları sonucu çevredeki bakır miktarı da artmış durumdadır. Bakır rüzgârla taşınan tanecikler, çürüyen bitkiler ve orman yangınları gibi doğal veya madencilik, metal üretimi, orman ürünleri ve ticari gübrelerin üretimi gibi insan faaliyetleri yoluyla çevreye karışabilmektedir (Çınar, 2008). Endüstriyel olarak en çok kullanılan alanlar; elektrik sanayi, kimyasal katalizör yapımı, boya sanayi ve cam endüstrisi ayrıca otomotiv, basınçlı sistemler, borular, vanalar gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bakır madenleri, bakır ve pirinç kaplama sanayi, kâğıt, petrol ve boya endüstrileri atık suları, soğutma suyu deşarjları, bakır içeren pestisitler, su dağıtım boruları, taşıtların fren balataları, metal endüstrisi, rafineriler, dam, çatı malzemeleri bakır kirliliğine neden olan ana etmenlerdir (Akgün, 2006; Türkoğlu, 2008).

Bakırın canlılar üzerindeki etkisi, kimyasal formuna ve canlının büyüklüğüne göre değişmektedir. Küçük ve basit yapıları canlılar için düşük konsantrasyonda bile zehir etkisi

gösterirken daha büyük canlılar için düşük konsantrasyonlarda esansiyeldir. Bu nedenle bakır ve bileşikleri insektisit, fungusit, mollusid, biosit, antibakteriyel madde olarak tarım zararlılarında kullanılmaktadırlar (Kahvecioğlu vd., 2004).

İnsanlar için vücut fonksiyonları açısından önemli olan bakır özellikle saç, derinin esnek kısımları, kemik ve bazı iç organların temel bileşeni konumundadır. Erişkin insanlarda ortalama 50-120 mg civarında bulunan bakır, aminoasitler, yağ asitleri ve vitaminlerin normal koşullarda metabolizmadaki reaksiyonlarının temel ögesidir. Bakır birçok enzim ve proteinin yapısında da bulunmaktadır. Bütün bunların yanında demirin fonksiyonlarını yerine getirmesinde aktivatör görevi de üstlenmektedir (Kahvecioğlu vd., 2004). Bakır eksikliğinde insanlarda ve hayvanlarda büyümede gecikme, solunum sistemi enfeksiyonları, kemik erimesi, anemi, saç ve deride renk kaybı gibi ciddi sağlık problemleri oluşmaktadır. Bunun yanında bakır bilezikler eklemlerin kireçlenmesi ve romatizmaya karşı kullanılmaktadırlar (Kahvecioğlu vd., 2004).

Çeşitli hücre ve dokularda düşük miktarlarda bulunan bakır canlılar için gerekli iz elementlerden bir tanesidir. Bitki gelişimi için 5-20 ppm arasında bulunması yeterli olduğu belirtilen bakırın fotosentez, solunum, hücre duvar metabolizması, tohum üretimi gibi çeşitli fizyolojik süreçlerde rol oynayan birçok enzimin yapısına katılmaktadır. Sucul sistemler için serbest Cu^{+2} iyonunun bakırın diğer kompleks formlarından ziyade en toksik formu olduğu belirtilmektedir (Bradl, 2005).

Sudaki çözünmüş oksijen, sertlik, ısı, pH ve şelat ajanlarındaki azalma bakır toksisitesinin artmasına neden olmaktadır. pH'nın bakır toksisitesi üzerine önemli bir etkisi vardır. Suyun pH sı yüksek ise suda bulunan bakır çökelmekte ve toksik etkisini kaybetmektedir, fakat pH düşük ise bakır suda çözünmekte ve toksisitesini artırmaktadır. Aşırı düzeydeki bakırın su canlıları üzerindeki etkilerinin bazıları şunlardır (Kruger, 2002).

1.8.2.4. Çinko (Zn)

Çinko atom numarası 30, atom ağırlığı 65,37 gr/mol, yoğunluğu 20 °C'de 7,11 gr/cm³, erime noktası 420 °C, kaynama noktası 970 °C olan ve 10 adet izotopu bulunan bir metaldir (URL, 3, 2015).

Çinko hava, su ve toprakta doğal olarak bulunan bir maddedir. Birçok yiyecek maddesi ve içecek su belirli konsantrasyonlarda çinko içermekte ve bu konsantrasyon insan faaliyetleri sonucu giderek artmaktadır (Çınar, 2008). Çevrede çinkonun ana

kaynağını çinkolu gübreler, lağım pisliği, madencilik oluşturmaktadır (Bradl, 2005). Temel iz elementlerden biri olan çinko yüksek konsantrasyonlarda sucul canlılar için toksik etki göstermektedir. Sucul sistemlere yüzey akışları ya da havadan birikim ile ulaşan çinkonun özellikle demir ve manganez oksitlere güçlü bir ilgisi olmakta ve bu maddelerle sedimentte birikme göstermektedir (Campbell ve Tessier, 1996).

Çinko yüklemesi daha çok madencilik, kömür ve atık madde yakılması, demir-çelik işleme sanayiden kaynaklanmaktadır (URL, 3, 2015). Çinkonun kullanım alanları; metalik çinkonun % 50'sinden fazlası demir veya çeliği galvanizlemede kullanılmaktadır. Çinko oksit boya maddesi olarak plastiklerde, kozmetiklerde, fotokopi ve duvar kâğıtlarında ve yazıcı mürekkeplerinde, seramikler, kauçuk sanayi, gübreler, tıbbi ilaçlarda deri ve kas yaşlanmasını önlemek amacıyla da kullanılmaktadır (Çınar, 2008).

Çinko ayrıca kadmiyum gibi diğer tehlikeli ağır metallerin toksik etkisi ve alımında koruyucu ve engelleyici özelliği açısından oldukça önemlidir. Çinkonun balık bünyesine eksik alınması deri lezyonlarına, yemek borusu epitelyum hücrelerinde bozukluklara, iskelet anomalilerine, büyüme gerilemesi ve iştah kaybına neden olmaktadır (Kruger, 2002).

Çinkonun toksisitesi suyun kimyasal yapısı, suda bulunan diğer metaller ve yer kabuğunun alkalinitesinden etkilenmektedir. Çinko ortamda çok fazla seviyelerde bulunduğu balıklarda solungaç dokusunu tahrip ederek balığı öldürebilmektedir. Genel olarak çinkonun su canlıları için zararları şöyle özetlenebilmektedir (Kruger, 2002).

Deri lezyonları, hemorajiler ve omur hasarlarına neden olmaktadır.

Balıkta yumurta zarında incelmeye neden olarak yumurtlama esnasında yumurtanın yırtılmasına neden olmaktadır.

Gonad faaliyetlerine engel olmaktadır.

Embriyonik gelişimine zarar vermektedir.

Yumurtadan çıkan larvalar çinkoya maruz kaldıklarında kulak kapsülleri ve gözlerde şekil bozukluklarına, ağız ve solungaç kemerlerinde sakatlıklara neden olmaktadır.

Çinko insanlar, bitkiler ve hayvanlar için önemli ve yaşamsal bir elementtir. Gelişme, deri bütünlüğü ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık gücü, yara iyileşmesi ve karbonhidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi gibi önemli metabolik prosesler için gerekli olduğu bilinmektedir (Türkoğlu, 2008).

1.8.2.5. Arsenik (As)

Atom numarası 33 yoğunluğu $5,73 \text{ gcm}^{-3}$ olan arsenik yerkabuğunda doğal olarak bulunan 20. elementtir (Mandal ve Suzuki, 2002). Doğada en bol bulunan elementlerden biri olan arseniğe doğal sular, toprakta ve kayalarda, atmosferde ve organizmalarda yaygın olarak rastlanmaktadır. Yer kabuğunda 20. sırada, deniz suyunda 14. sırada ve insan vücudunda 12. sırada yer alan arsenik, bazı türleri metale benzemekle birlikte metal ile ametal arasında bir özelliğe sahip metaloid olarak sınıflandırılmaktadır (Mutlu, 2010; Öztürk, 2009; Mandal ve Suzuki, 2002). İki yüz elliden fazla mineral yapısında bulunan arsenik jeolojik olarak doğaya karışır ve sedimenter kayalar (0,3-500 ppm) volkanik kayalara (1,5-3,0 ppm) göre daha fazla miktarda arsenik içermektedir (Bradl, 2005). Madencilik, fosil yakıtların yakılması, pestisid uygulamaları gibi insan aktiviteleri toprak, hava ve suda yayılarak arsenik kirlenmesine yol açmaktadır (Bissen ve Frimmel, 2003). Arsenik; +V (arsenat), +III (arsenit), 0 (arsenik), -III (arsin) olmak üzere dört oksidasyon durumunda bulunmaktadır (Bradl, 2005).

Arsenik fitotoksitesisi, arseniğin kimyasal formu, toprak özellikleri çevresel koşullara göre değişiklik göstermektedir. Genellikle inorganik arsenik türleri organik bileşiklerinden daha toksik özellik göstermektedir. As (III) değerlikli formunun As (V) de daha toksik etki gösterdiği belirtilmektedir (Bradl, 2005; Ng, 2005).

Arseniğe (As) genellikle dünyanın farklı bölgelerinde, yeraltı sularında doğal süreçlerin yanı sıra, antropojenik kaynaklı faaliyetler sonucu da rastlanmaktadır (Caporale vd., 2013; Mohan ve Pittman, 2007; Smedley ve Kinniburgh, 2002). Arsenik toksik, mutajenik ve kanserojenik olarak bilindiğinden bu bileşik ile kirlenmiş doğal sular önemli bir çevre sorunu oluşturmaktadır (Koby vd., 2014). As kirliliğinin en temel kaynağı alüvyonal ve volkanik sedimentler ve daha sonra sırası ile yüksek alkalinite, kapalı havza gölleri, termal kaynaklar, madencilik faaliyetleri, pestisitler ve çeşitli kayalar olduğu bilinmektedir (Güneş ve Güneş, 2012). Ayrıca iklim reaksiyonları, biyolojik aktivite ve volkanik emisyonlar gibi doğal koşulların yanı sıra, fosil yakıtların yanması, arsenikli herbisit ve bitki kurutucu maddeler ve hayvan yemi katkı maddesi olarak arsenik kullanımı arsenik kirliliğini arttırmaktadır (Terlecka, 2005; Mutlu, 2010).

Arsenik, hem bitki hem de hayvanlar için toksik etki göstermektedir ve arsenik içeren inorganik pestisitlerin insanda kanserojen etkilerinin olduğu kanıtlanmıştır (Ng, 2005). Yüksek arsenik maruziyetinin karaciğer, akciğer ve mesane gibi çeşitli organlarda

kansere neden olduğu gözlemlenmiştir (Agusa vd., 2013; Rahman ve Chowdhury, 2001). Hamile kadınlar için, kronik arsenik maruziyeti ani düşük, ölü doğum ve erken doğum oranlarına neden olmuştur (Arain vd., 2009; Agusa vd., 2013; Milton vd., 2005).

1.8.2.6. Kurşun (Pb)

Atom numarası 82 ve atom ağırlığı 207,2 gr/mol olan kurşun periyodik tabloda IV A grubu elementidir. Yoğunluğu 11,3 g/cm³, erime derecesi 327 °C 'dir. Mavimsi veya gümüş grisi renginde yumuşak bir metaldir. Havayla etkileşiminden, yüzeyi karbonatla kaplanarak kendiliğinden kararmaktadır. Yağmur suyunda bu karbonat eridiğinden dolayı, zehirli bir eriyik ortaya çıkmaktadır. Başlıca kurşun oksitleri: PbO, Pb₃O₄, PbO₃; başlıca kurşun tuzları ise: PbCl₂, PbS (galen), PbCO₃ (serüzit)'dir. Kurşun, doğada bulunan başlıca iki filizinin (galen ve serüzit) işlenmesi ile elde edilmektedir.

Kurşun, insan faaliyetleri ile ekolojik sisteme en önemli zarar veren ilk metal olma özelliğini taşımaktadır. Kurşun, atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her durumda toksik özellik taşıdığından (çalışma ortamında izin verilen sınır 0,1 mg/m³) çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metaldir. Kurşunun bitkilerdeki toksik miktarı kuru ağırlıkta 30-400 µg/g olarak belirlenmiştir (Kabata-Pendias vd., 1984). İnsan ve hayvanlarda bu miktar öldürücü etki yapmaktadır. Kurşun insan vücudunda metabolize edilememektedir. Kurşun iskelette biriken genel bir toksik metaldir. Vücudumuza deriden veya kirlenmiş yiyeceklerle ve suyla yutularak da girebilmektedir. Kurşunun vücutta absorpsiyonu çocuklarda daha yüksek olmakla beraber normalde % 5 gibi düşük bir oranda gerçekleşmektedir. Bu oran dahi, kalsiyum ve demir gibi birçok mineralin vücut tarafından emilimini azaltmaktadır. Bebekler yetişkinlere göre 4-5 kat daha fazla kurşun absorbe ederler ve biyolojik yarılanma ömürleri de yetişkinlerdekine göre daha uzundur. Bebekler, 6 yaşından küçük çocuklar ve hamileler en çok etkilenen gruptur. Bunun yanında kurşun hem karsinojenik hem de teratojeniktir. Merkezi sinir sisteminde ödeme neden olmakta ve bunun etkisi çoğu kez ters çevrilememektedir. Kandaki düşük kurşun seviyelerinde bile çocuklarda IQ ve öğrenme azalması, davranış bozukluğu saptanmaktadır. Meslek dolayısıyla kurşuna maruz kalma durumunun sinir sistemini etkilediği görülmektedir (WHO, 2006).

Çevre Koruma Ajansı (EPA)'na göre havadaki kurşun miktarı, ortalama üç ayda 1,5 µg/m³ 'ü aşmamalıdır. İçme suyundaki sınır ise 15 µg/L'dir.

1.9. Önceki Çalışmalar

Alemdağ (1993) tarafından yapılan yüksek lisans çalışmasında, Rize il sınırları içerisinde bulunan Fırtına deresinden, bir yıl boyunca her ay alınan su örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir.

Elde edilen bulgulara göre bulanıklığın bazı aylarda alabalık yetiştiriciliği için önerilen tolere değerinin üzerine çıktığı, diğer parametrelerin ise uygun olduğu belirlenmiştir. Bulanıklığın bazı tedbirler alınarak giderilmesi durumunda, Fırtına deresinin alabalık yetiştiriciliğinde kaynak olarak kullanılabilmesi saptanmıştır.

Verep vd. (2005) tarafından yapılan çalışmada, zengin bir akarsu kapasitesine sahip Doğu Karadeniz Bölgesinde Trabzon ve Rize illerine sınırı olan İyidere'nin fiziko kimyasal açıdan su kalitesinin belirlenmesi araştırılmıştır.

İyidere sularının fiziksel ve kimyasal tüm özellikleri, Su kirliliği mevzuatında bildirilen kıta içi su kalite standartlarına göre incelendiğinde (Sınıf 1) yüksek kaliteli su standardında olduğu görülmüştür. Dolayısıyla İyidere sularının; sadece dezenfeksiyon ile içme suyu temini, rekreasyonel amaçlar, hayvan üretimi, çiftlik ihtiyacı ve diğer amaçlar için kullanılabilir bir su kaynağı özelliğinde olduğu söylenebilir. Ancak, genelde iyi bir su kalitesine sahip olan ve herhangi bir kirlilik problemi olmayan İyidere'nin su analiz sonuçları balık yetiştiriciliği açısından değerlendirildiğinde bazı mineral tuzlar bakımından yetersiz olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Açıkgöz (2008) tarafından yapılan çalışmada, Sapanca Gölü gibi önemli bir su kaynağını besleyen derelerin su kalitesi ortaya konulmuş, göl drenaj alanı içerisindeki antropojenik kirletici unsurların derelerin su kalitesi üzerindeki etkileri ve seviyeleri tespit edilmiştir. Yüzey su kirliliği ülkemizdeki önemli çevresel problemlerden biri olduğu için derelerin su kalitesini Çevre ve Orman Bakanlığı Su Kirliliği kontrol yönetmeliğine göre değerlendirilmiştir. Sapanca gölünü besleyen dereler incelenen parametrelerin çoğunda I. sınıf su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Fakat Toplam P, çözünmüş oksijen, Cl, Fe, Al ve Ni elementleri açısından su kalitesinde bazı derelerde dönemsel olarak kirlenmeler görülmüştür ve suların II. ve III. sınıf su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Terzi vd. (2009) tarafından yaptıkları çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Rize ilinin Fındıklı ilçesi sınırlarında bulunan Çağlayan Deresi'nin su kalitesi fiziko-kimyasal açıdan araştırılmıştır. Çağlayan deresi suyunun fiziksel ve kimyasal tüm özellikleri, su

kirliliği mevzuatında bildirilen kıta içi su kalite standartlarına göre incelendiğinde (Sınıf 1) yüksek kaliteli su standardında olduğu tespit edilmiştir. Çağlayan Deresi suları bazı besleyici elementler bakımından fakir olmasına rağmen, dezenfekte edilerek içme suyu amaçlı kullanımının yanında rekreasyonel amaçlar ve su ürünleri yetiştiriciliği için de kullanılabilir olduğu kanısına varmıştır.

Gedik vd. (2010), tarafından yaptıkları çalışmada, Fırtına Deresi'nin fiziko-kimyasal açıdan su kalitesinin belirlenmesi ve yüzey suyu örneklerinde fiziksel ve kimyasal parametre analizleri yaparak dere suyunun hemen hemen tüm parametreler için yüksek kaliteli su olduğunu tespit etmişlerdir.

Üstün (2011) tarafından yapılan çalışmada, havzasında yoğun sanayileşme, kentleşme ve tarımsal faaliyetlerin yer aldığı Nilüfer çayında 8 metal kirleticinin (As (toplam), Cd, Cr (toplam), Cu, Mn, Ni, Pb, Zn) içeriği 2002 ve 2007 yılları arasında (2004 yılında çalışma yapılmamıştır) incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar ulusal ve uluslararası su kalite yönergeleriyle kıyaslanmıştır. Ölçüm dönemi boyunca kurulan atık su arıtma tesislerinin su kalitesine etkisi de dikkate alınmıştır. Nilüfer çayı su kalitesinin havza boyunca yıldan yıla kötüleştiği tespit edilmiştir. Yoğun atık su deşarjı çayda atık su ağırlıklı bir akış oluşturmuş ve su kalitesi zamanla kötüleşmiştir. Ulusal yüzeysel su kalite sınıflandırmasına göre Nilüfer Çayı havzası çıkış noktasında toplam krom (TCr) ve kurşun (Pb) seviyeleri açısından "çok kirlenmiş su" sınıfına girmektedir. Nilüfer çayı ortalama metal konsantrasyonları genellikle uluslararası standartlardan yüksektir. Sonuç olarak havzadaki insan aktiviteleri ile bağlantılı olarak Nilüfer Çayı'nda metal kirliliği tespit edilmiştir.

Serdar (2012) tarafından yapılan çalışmada, İyidere ve Çiftekavak Dereleri'nin su kalitesinin fiziko kimyasal parametreler ve saprobik sistem kullanılarak belirlenmesi araştırılmıştır. Fiziko-kimyasal veriler ile biyolojik bulguların değerlendirilmesi sonucunda fiziko-kimyasal ve biyolojik su kalite değerlerinin paralellik gösterdiği görülmüştür. İyidere deresinin biyolojik ve fiziko-kimyasal açıdan kirlenmemiş su kalitesinde olduğu halde Çiftekavak Deresi'nin gerek fiziko-kimyasal gerekse biyolojik verilerin analizine göre yoğun kirlilik tehdidi altında olduğu tespit edilmiştir.

Gültekin (2012) tarafından yapılan çalışmada, Trabzon ili akarsularının yağışlı dönem su kalitesi parametrelerinin belirlenmesi araştırılmıştır. İnceleme alanındaki tüm sular Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kriterleri'ne göre birçok parametre açısından yüksek kaliteli sular sınıfında iken, genellikle Cu, Pb, Mn,

NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , CN^- ve KOİ parametreleri açısından az kirlenmiş, kirlenmiş ve çok kirlenmiş su sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Sularda kirlilik oluşturan parametrelerin çoğunlukla tarımsal faaliyetlerden ve çevresel atıklardan kaynaklandığı belirlenmiştir.

Sönmez (2012) tarafından yapılan çalışmada, Karasu Irmağında ağır metal kirliliğinin tespiti ve su kalitesine göre sınıflandırılması amaçlanmıştır. Karasu Irmağından seçilen 5 istasyondan 12 ay boyunca alınan su örnekleri Bakır (Cu), Çinko (Zn), Mangan (Mn), Kurşun (Pb), Nikel (Ni), Kadmiyum (Cd) ve Demir (Fe) bakımından incelenmiştir. Elde edilen ağır metal verilerine göre istasyonlar arasında tüm ağır metallerin değişimlerinde önemli derecede farklılıklar gözlemlenmiştir ($p < 0,01$). Aylara göre ağır metallerin değişimleri incelendiğinde örnekleme noktalarından elde edilen verilerin istatistikî olarak önemli ölçüde değişmediği tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Ancak, aylar x istasyonlar interaksyonu istatistikî bakımdan çok önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur. Irmağın önemli ölçüde kirliliğe maruz kaldığı tespit edilmiştir.

Alkan (2013) tarafından yapılan çalışmada, Doğu Karadeniz'e dökülen, akarsulardan ortalama debileri yaklaşık $10 \text{ m}^3/\text{sn}$ ve üzerinde olan Kızılırmak, Yeşilirmak, Melet, Pazarsuyu, Aksu, Harşit, Değirmendere, Solaklı, İyidere, Büyükdere, Fırtına, Çağlayan ve Kapistre deresinin fizikokimyasal karakteristikleri ve besin elementi düzeylerinin belirlenmesi amacıyla aylık periyotlarla gerçekleştirilmiştir. Değirmendere deresinde, en yüksek silikat (Si) değerlerinin $305 \pm 47 \text{ } \mu\text{M}$ olarak ırmağında, en yüksek nitrat derişimlerinin $124 \pm 79 \text{ } \mu\text{M}$ olarak İyidere deresinde ve en yüksek klorofil-a değerleri ise $1,98 \pm 1,70 \text{ } \mu\text{g/L}$ olarak Yeşilirmak nehrinde belirlenmiştir. Bununla birlikte çalışmada elde edilen veriler su kalite kriterlerine göre değerlendirilmiş ve parametrelere göre akarsulardaki su kalite sınıfları belirlenmiştir.

Serdar (2015) tarafından yapılan çalışmada, Doğu Karadeniz havzası akarsularının mevsimsel fiziko-kimyasal su kalitesi üzerine yapılan çalışmalar sonucunda, havza akarsularının su sıcaklıkları $7,93-27,5 \text{ } ^\circ\text{C}$, pH değerleri $6,30-8,87$, elektriksel iletkenlik değerleri $0,041-0,577 \text{ } \mu\text{S/cm}$, çözünmüş oksijen $7,80-11,44 \text{ mg/L}$, askıda katı madde $0,40-299,60 \text{ mg/L}$, toplam sertlik $15-240 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$, permanganat indeksi $0,64-3,14 \text{ mg O/L}$, klorofil-a $0,26-8,11 \text{ } \mu\text{g/L}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ $0,094-2,396 \text{ mg/L}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ $0,0008-0,0241 \text{ mg/L}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ $<0,020-0,131 \text{ mg/L}$, $\text{o-PO}_4\text{-P}$ $<0,003-0,024 \text{ mg/L}$, TP $<0,003-0,056 \text{ mg/L}$ arasında değişim göstermiştir. Havza akarsularının su kalitesi açısından karakteristikleri ılıman, hafif alkali, yumuşak, amonyum ve nitrat açısından yüksek kaliteli, nitrit açısından ise az kirlenmiş, düşük fosfatlı bir su karakteri arz etmektedir.

Su kirlenmesi, değişime uğrayan özelliklerine göre organik kirlenme, anorganik kirlenme, bakteriyolojik kirlenme ve termal kirlenme şeklinde sınıflandırılabilir. Sularda anorganik kirlenmenin en önemli kaynağını metaller oluşturmaktadır. Sularda ağır metal miktarı, suyun kullanma alanının yaygın ve değişik olmasına bağlı olarak önem arz etmektedir. Alıcı su ortamında ki metaller su ürünleri, bitkiler, hayvanlar tarafından depo edilmektedirler. Besin zincirinin en önemli halkası olan insana kadar ulaşan bu metaller (Hg, Cd, Pb, As) birçok toplu akut ve kronik zehirlenme olaylarına rastlanılmaktadır. Diğer yandan alıcı sulardaki anorganik kirlilik arttığı zaman su ürünleri, bitkiler, balıklar için ve sulama suyu olarak kullanıldıklarında da çevre, bitki ve hayvanlar için zararlı olmaktadır (Egemen, 2005).

Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki birçok akarsu hem doğal, hem de antropojenik kökenli kirleticileri deniz kıyılarına taşımakta ve bu maddelerin kirletici özellikleri zamanla kıyılarda doğal dengeyi bozmaktadır (Boran ve Sivri, 2001). Doğu Karadeniz Bölgesinde Rize ili oldukça zengin bir akarsu kapasitesine sahiptir.

1.10. Çalışmanın Amacı

Karadeniz'e dökülen nehir havzalarının korunması, su kirliliği kontrolünde Karadeniz ülkeleri arasında, bilimsel, kültürel ve sosyal bağları güçlendirmek için altyapı dahil her türlü işbirliğinde bulunmak amacıyla Rize ili sınırları içerisinde bulunan Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Dereleri'nin ekolojik durumları ve kirlilik yükleri tespit edilerek sonuçların Dünya ve Türkiye içme ve kullanma su kalite kriterlerine göre değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Akarsularda belirlenen istasyonlarda sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen ve elektriksel iletkenlik parametreleri yerinde, besin elementleri; (nitrat azotu (NO₃-N), nitrit azotu (NO₂-N), amonyum azotu (NH₃-N), toplam fosfor (TP), orto fosfat (o-PO₄)), askıdaki katı madde (TSS), toplam sertlik, permanganat indeksi (organik madde), anyonik deterjan (LAS), klorofil-a, çözünmüş ve askı yükteki metal derşimleri (Mn, Ni, Cu, Zn, As ve Pb) ise laboratuvarında ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Avrupa Birliği Direktifi (EC, 1998), Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011), Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA, 2012) ve Türkiye Yerüstü Su Kalite Yönetmeliği (YSKY, 2015) kalite kriterlerine göre değerlendirilmiştir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Araştırma Bölgesinin Genel Özellikleri

Doğu Karadeniz bölgesinde yer alan Rize ilinin; batısında Trabzon doğusunda Artvin, Güneybatısında Bayburt, güneyinde Erzurum illeri bulunmaktadır ve Türkiye'nin en çok yağış alan ilidir. Rize'de yaz mevsimi ılık geçmektedir. Sonbahar ve kış mevsimleri ise yağışlı geçmektedir. Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alan Rize, bölgenin en karakteristik özelliklerini göstermektedir. Anadolu'nun diğer bölgelerinden coğrafi yapısıyla olduğu gibi kültürel yapısı ile de ayrılmaktadır. Dik yamaçlı vadileri, zirvelere ulaşılabilir dağları, buzul gölleri, zümrüt yeşili yaylaları, tarihi kemer köprüleri ve kaleleri, coşkun akan dereleri ile çok özel bir turizm beldesidir. Rize ili ve yöresinde çok sayıda akarsu bulunmaktadır.

Rize ili kuzeydoğu Anadolu'da; Doğu Karadeniz kıyı şeridinin doğusunda, 40° 22' ve 41° 28' doğu meridyenleri ile 40° 20' ve 41° 20' kuzey paralelleri arasında yer almaktadır. Batıdan Trabzon'un Of, güneyden Erzurum'un İspir, Doğudan Artvin'in Yusufeli ve Arhavi ilçeleri ve kuzeyden Karadeniz ile çevrili olan Rize'nin göller hariç yüzölçümü 3920km²'dir. Rize, yağışlı iklimi ve çok sayıdaki yeraltı su kaynakları sayesinde çok zengin bir hidrografik yapıya sahip olmuştur. Rize sınırları içinde doğu-batı yönünde ortalama her 250-300 m'de büyük veya küçük akan bir suya mutlaka rastlanmaktadır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

Rize'nin akarsuları kısa boylu, yatay eğilimi fazla olan hızlı akışlı akarsulardır. Rize sınırları içinde uzunluğu 5 km'den fazla olan 23 akarsu vardır. Ancak bunlardan 16 tanesi direkt olarak Karadeniz'e ulaşmakta olup geri kalanı ise bu 16 akarsudan birinin kolu durumundadır. Direkt Karadeniz'e ulaşan akarsuların en uzun olanları Çağlayan deresi (34,7km), Arılı Deresi (31,5 km), Fırtına Deresi (68,0 km), Hemşin Deresi (38,5 km), Sabuncular Deresi (46,0 km), Taşlı Dere (34,0 km), İkizdere (78,4 km)'dir. Diğerlerinin boyları kısadır. Rize'nin büyük akarsuları olarak belirttiğimiz 7 akarsudan en uzun olanı İkizdere (78,4 km) ama beslenme sahası en geniş olanı Fırtına Deresi'dir (1149,3 km). Havza genişliği yönünden ikinci sırayı İkizdere (1047,4 km), uzunluk yönünden ikinci sırayı ise Fırtına Deresi (68 km) almaktadır. Akarsular hidrografik verimlilik açısından değerlendirilirken ölçü olarak havza genişliği alındığı için Rize akarsularının karakterinin

incelenmesinde Fırtına Deresi'ni örnek olarak almakta fayda vardır. Rize'de akarsuların karakteri yağmur, kar, gür kaynaklar tarafından belirlenmektedir. "Yağmurlu Karadeniz Rejimi" statüsünde incelenen bu akarsulardan, biri Eylül'den Kasım ortalarına kadar, diğeri Mart'tan Ağustos'a kadar iki kabarık ve Kasım ortalarından Mart'a kadar bir çekik devre vardır. Bu devrede akarsular sadece göl ve kaynak sularıyla beslenmektedirler. Çünkü bu devrede yöre yağışı kar şeklinde olduğu için akarsuyun yağmur sularından beslenme şansı yok gibidir.

Türkiye'nin diğerk akarsularıyla kıyaslandığında oldukça düzenli rejimli oldukları görülen Rize akarsularının asıl dikkat çeken özellikleri elektrik enerji potansiyelleri ve sediment miktarları olduğu bilinmektedir. Türkiye'nin diğerk akarsularına göre oldukça az sediment taşıyan Rize akarsuları yıllık elektrik enerji potansiyeli bakımından da elverişli şartlar arz etmektedirler. Rize akarsularının Doğu Karadeniz Havzası içinde yer aldıkları ve Doğu Karadeniz Havzası'nın da yıllık elektrik enerji potansiyeli bakımından Fırat ve Dicle Havzalarından sonra yaklaşık 12 milyar Kwh. İle üçüncü sırayı aldığı dikkate alınırsa, Rize akarsularının Türkiye elektrik enerji potansiyeli içindeki yeri daha iyi anlaşılmaktadır. (URL, 4, 2015).

Rize'nin topoğrafik yapısı çok engebeli olmakla beraber subtropikal iklim özelliklerine sahip olduğu bilinmektedir. Bu sebeple monokültür özellik arz eden çay hâkim bitkidir. Kentin toprakları çay ziraatından dolayı asidik karakterdedir. Ancak çay üretimine müsaittir. Rize nüfus yoğunluğu bakımından Türkiye'nin yoğun illeri arasında yer almasına rağmen, tarıma elverişli alanlar bölgenin coğrafi yapısı nedeniyle kısıtlı olup, bu miktar 54.293 hektardır. Mevcut arazinin %92'sinde çay tarımı yapılmaktadır. Çay bahçelerinin dağılımına bakıldığında üreticilerin %90'ına, kişi başına 3.000 m²'den az çay bahçesi düşmektedir.

Rize'nin tarım arazilerinin büyük bir kısmı (%85) çay ve fındık tarımı için ayrılmış durumdadır. Bu sebeple, çay ilin en önemli tarımsal ürünü olup ülke üretiminin %60'ı Rize'den karşılanmaktadır.

Rize' de yazları serin, kışları ılıman ve her mevsimi yağışlı bir iklim görülmektedir. Elli yıl boyunca yapılan rasat sonuçlarına göre Rize'nin yıllık sıcaklık ortalaması 14,1 °C'dir. Bu süre içerisinde kaydedilen en düşük sıcaklık -7 °C olup 23 Mart 1962'de, en yüksek sıcaklık ise 38,2 °C olup 21 Mayıs 1980'de kaydedilmiştir. En soğuk ay olan Ocak ayının sıcaklık ortalaması 6,7 °C; en sıcak ay olan temmuz ayının sıcaklık ortalaması ise 22,2 °C'dir. Ocak minimumun -5,6 °C, temmuz maksimumun 32,5 °C olduğu Rize'de

yıllık sıcaklık salınımı 25,8 °C'dir. Bu haliyle Rize, denizsel iklimlerin karakteristik özelliğini taşımaktadır.

Bol yağış alan Kaçkar Dağlarının eteklerinde kurulmuş il sıkı bir akarsu ağı ile örülmüştür. Yükseklerde yer alan buzul gölleri ve düzenli düşen yağış ile her mevsim Karadeniz'in yeşil bir hazinesiymiş gibi parıldadığı söylenmektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

2.1.1. Çağlayan Deresi

Çağlayan Deresi, Kaçkar Dağlarının zirvesinden doğup Rize ilinin Fındıklı ilçesinden geçer (Şekil 1). Derenin toplam uzunluğu 34,5 km, yağış alanı 174 km² ve yıllık ortalama debisi 9 m³/sn'dir. Çağlayan Deresi önemli bir içme suyu kaynağı olmakla birlikte sucul canlılar için de önemli bir habitattır. Farklı ekosistemlerden geçerek Karadeniz'e dökülen bu dere sanayileşme ve buna paralel olarak gelişen teknoloji ve hızla artan nüfus nedeni ile kirlenmeye maruz kalmıştır (Selim, 2011; DSİ, 2014).



Şekil 1. Çağlayan Deresi

2.1.2. Fırtına Deresi

Fırtına deresi 68 km uzunluğu, 1173 km² yağış alanı ve 798,7 km² drenaj alanı ile Rize ilinin en büyük deresidir (Şekil 2). Rize-Ardeşen sınırından Karadenize dökülür. Yıllık ortalama debisi 29,7 m³/sn'dir. Vadideki yıllık ortalama yağış miktarı 1497,6 mm/m²'dir. Fırtına deresi, Kaçkar Dağları'nın eteklerinden başlayan Durak, Hemşin, Hala,

Polovit, Elevit, Tunca gibi kollardan oluşur. Son yıllarda bölge turistler için bir ilgi odağı haline gelmiş ve birçok tesis inşa edilmiştir (Alemdağ, 1993; Gedik vd., 2010; Karaçam vd., 1994).



Şekil 2. Fırtına Deresi

2.1.3. İkizdere Deresi

Rize ilinin batı kısmından Karadeniz'e dökülen İkizdere 77,7 km uzunluğu ile ilde bulunan en uzun deredir (Şekil 3). Yıllık ortalama debisi $27,2 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. Genişlik olarak 1074 km^2 'lik yağış alanı ile Fırtına deresinden sonra ikinci en büyük deredir. Özellikle son yıllarda bu dere üzerinde birçok hidroelektrik santrali inşa edilmiştir (DSİ, 2014).



Şekil 3. İkizdere Deresi

Tablo 2. Örnekleme İstasyonlarının Koordinatları

Çağlayan Deresi			İyidere			Fırtına Deresi		
İst. No.	K	D	İst. No.	K	D	İst. No.	K	D
1	41° 14' 33,4"	41° 15' 56,5"	1	41° 47' 03,0"	40° 36' 23,9"	1	41° 57' 17,2"	41° 07' 09,7"
2	41° 15' 02,3"	41° 14' 57,3"	2	40° 47' 02,8"	40° 36' 23,3"	2	40° 57' 59,3"	41° 04' 46,3"
3	41° 15' 21,8"	41° 13' 54,9"	3	40° 46' 33,0"	40° 34' 43,1"	3	40° 59' 10,5"	41° 03' 34,6"
4	41° 15' 22,4"	41° 13' 52,9"	4	40° 47' 13,1"	40° 33' 17,6"	4	41° 00' 46,8"	40° 59' 38,9"
5	41° 16' 47,0"	41° 08' 57,6"	5	40° 53' 26,6"	40° 26' 14,2"	5	41° 04' 21,8"	41° 00' 49,3"
			6	40° 59' 13,0"	40° 19' 54,9"	6	41° 11' 13,8"	40° 57' 49,8"

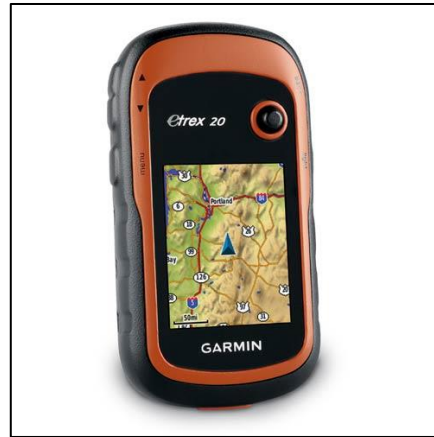
2.3. Su Örneklerinin Alınması

Örneklerin alınması, analize hazırlanması ve saklanması APHA (1998) göre gerçekleştirilmiştir.

2.4. Kullanılan Araç ve Gereçler

2.4.1. Coğrafi Yer Belirleme Sistemi (GPS)

Koordinatları belirlenmiş istasyonların pozisyon tespitleri Garmin marka Etrex 20 model GPS coğrafi konum belirleme cihazı kullanılarak yapılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Garmin Etrex 20 model GPS

2.4.2. Su Analiz Seti (Hach Lange HQ40D)

Çağlayan, Fırtına, İkizdere Derelerinde belirlenen istasyonlarda yerinde ölçümler (Sıcaklık, pH, , Çözülmüş Oksijen, Elektriksel İletkenlik) Hach Lange HQ40D marka Su Analiz Seti ile gerçekleştirilmiştir. (Şekil 6).



Şekil 6. Hach Lange HQ40D marka Su Analiz seti

2.4.3. Süzme Sistemi

Besin elementleri, Askıda Katı Madde, Organik Madde ve Metal Analizlerinde 0.45 μm (selüloz ester) ve Klorofil-a için 0.45 μm 'lik (selüloz nitrat) gözenek genişliğinde membran filitreler kullanılarak vakum pompası yardımıyla sular süzölmüştür (Şekil 7). Filtreler 103 °C'de 2 saat kurutulduktan sonra sabit tartıma alınıp 2 litrelik örnekler filtre edilmiştir (APHA, 1998).



Şekil 7. Süzme Sistemi

2.4.4. Spektrofotometre Cihazı (Hach Lange DR 3900)

DR 3900 Spektrofotometre cihazında Fırtına deresi, Çağlayan Deresi ve İkizdere'nin su kalitesinin belirlenmesi amacıyla aylık periyotlarla, belirlenen istasyonlardan alınan su numunelerinde, nitrit azotu ($\text{NO}_2\text{-N}$), nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$), amonyum azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$), toplam fosfor (TP), orto-fosfat (o-PO_4), askıda katı madde, toplam sertlik, klorofil- a ve anyonik deterjan (LAS) gibi bazı nütrientlerin ölçümleri yapılmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Spektrofotometre (Hach Lange DR 3900)

2.4.5. Mikrodalga Çözündürme Ünitesi

Mikro dalga çözündürme ünitesi ile kapalı kaplar kullanılarak zararlı buharların yayılmasını ve örnek kirlenmesini engellerken, kolay uçucu minerallerin de örnekten uzaklaşmasını önlemektedir. Bu sistemde basınç ve sıcaklık programı yardımıyla çözünürleştirme yapılmaktadır. Bu nedenle mikrodalga ile çözünürleştirmede basınç, sıcaklık, süre ve çözünürleştirme için kullanılan reaktif seçimi önemlidir. Çözünürleştirme için genellikle nitrik asit, hidroklorik asit, hidroflorik asit, sülfürik asit, perklorik asit kullanılmaktadır. Hidrojen peroksit ve bunların değişik kombinasyonları da kullanılabilir. Ayrıca katı örneklerin çözülmesi için 10 ml gibi diğer yöntemlere göre oldukça az miktarda çözücüler kullanılmaktadır. Ayrıca geleneksel ısıtma metodlarında ısı, gıda maddesine kondüksiyon, konveksiyon ve/veya radyasyon ile transfer olurken mikrodalga ısıtmada tersine ısı direkt olarak gıda maddesinin içine girmektedir. Bu yüzden mikrodalga ısıtma geleneksel ısıtmaya göre daha hızlı olduğu bilinmektedir. Bunun yanında mineral asitler, mikrodalga enerjisini aniden ısıya dönüştürdüklerinden örneğin ısınması hızlı olup ve reaksiyon kısa sürede tamamlanmaktadır.

Modern analiz laboratuvarlarında mikrodalga çözünürleştirme yöntemleri eser ve ultra eser elementlerin analizinde örneğin çözünürleştirilmesinde gittikçe yaygınlaşarak kullanılmaktadır. Özellikle referans maddelerde eser element analizlerinde farklı çözünürleştirme yöntemleri kullanılmış ve en iyi sonucun mikrodalga çözünürleştirmenin verdiği görülmüştür. (Valiente vd., 2002; Yılmaz vd., 1997).

Askı yükteki metal derişimleri için kullanılan filtreler Milestone Ethos 1 model mikrodalga sisteminde çözünürleştirilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Milestone Ethos 1 model mikrodalga çözündürme sistemi

2.4.6. İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometrisi (ICP-MS)

Kütle spektrometresi iyonların kütle/yük oranına bağlı olarak ayrılmasını sağlayan en temel metottur. ICP-MS tekniği düşük gözlenebilme sınırları, yüksek seçiciliği, yüksek doğruluk ve kesinliği nedeni ile son yıllarda tercih edilen bir teknik olduğu bilinmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. İndüktif eşleşmiş plazma kütle spektrofotometresi (ICP-MS)

ICP kütle spektrometresinde (ICP-MS), termal enerji, bir kütle spektrometresinde analiz edilebilecek, tercihen elektrik yüklü partiküller üretmek için, daha yüksek sıcaklıklarda, indüktif olarak çiftleşmiş bir plazma tarafından analit elementlerine iletilmektedir. Bu iyonlar, bir elementin her bir izotopu için bilgi elde etmeyi sağlayan, elektrik yüklerine ve kütlelerine göre ayrılmaktadırlar. Bu nedenle bu teknik bazı durumlarda, sadece elemente özgü yöntemlerden daha kesin ve numunelerin izotop seyreltme analizinin prensibine göre incelenmesini sağlamaktadırlar. Bazı metal olmayan numunelerin yanı sıra, tüm metaller ve geçiş metalleri, ICP-MS ile aynı anda tayin edilebilmektedirler. Burada tayin kapasitesi çok iyidir, yani bu teknik, elementlerin ultra eser analizleri için standart yöntem haline gelmiştir (URL, 5, 2015).

Ağır metal analizleri için, Trabzon Merkez Su Ürünleri Araştırma Enstitüsüne ait (BRUKER) 820 model indüktif eşleşmiş plazma ve kütle spektrometresi (ICP-MS) cihazı kullanılmıştır.

2.5. Örneklerin Muhafazası

Çalışmada mevsimsel olarak Sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik ve çözülmüş oksijen parametreleri yerinde ölçülmüştür. Askıdaki katı madde miktarının belirlenmesinde su numunelerine herhangi bir işlem yapılmadan laboratuvar ortamına getirilmiştir. Titrimetrik olarak gerçekleştirilen Toplam sertlik, kalsiyum ve magnezyum sertliliği (mg/L CaCO₃) ve permanganat indeksi (Organik madde mg/L) analizleri için alınan su numuneleri üzerinde

süzme ve herhangi bir koruyucu katmadan laboratuvar koşullarında ilgili metotlarla analizleri yapılmıştır (Tablo 3).

Besin elementleri; nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$ mg/L), nitrit azotu ($\text{NO}_2\text{-N}$ mg/L), amonyum azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$ mg/L), toplam fosfor (TP mg/L), orto-fosfat (o-PO_4 mg/L), askıda katı madde (mg/L) için önceden temizlenmiş ve plastik kaplara alınan su numuneleri laboratuvarda $0,45 \mu\text{m}$ gözenekli karışık selüloz ester filtreden (Whatman, ME 25) süzildükten sonra bekletilmeden analizleri gerçekleştirilmiştir. Askıda katı madde (mg/L), askı yükteki metal analizlerinde $0,45 \mu\text{m}$ (karışık selüloz ester) ve klorofil-a için $0,45 \mu\text{m}$ (selüloz nitrat) gözenek genişliğinde membran filtreler kullanılarak vakum pompası yardımıyla sular laboratuvarda süzülmüştür. Su da çözünmüş metal analizleri için alınan su örnekleri $0,45 \mu\text{m}$ gözenekli karışık selüloz ester filtreden (Whatman, ME 25) süzildükten sonra, analiz edilinceye kadar nitrik asit (HNO_3) ile pH 1-2 olacak şekilde asitlendirilerek muhafaza edilmiştir.

2.6. Yerinde (Arazi) Ölçümler ve Laboratuvar analizleri

Bu çalışma; Rize ili sınırları içerisinde bulunan Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Derelerinin fiziko-kimyasal su kalitesinin mevsimsel değişimlerinin belirlenmesinde toplam 17 istasyondan elde edilen su örneklerinde yerinde ölçümler ve laboratuvar analizleri, ölçümlerle ilgili metotlar, kullanılan cihazlar ve aletler Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Çalışmada kullanılan ölçüm ve analiz metotları

Parametre	Ölçüm/Analiz Yöntemi/Metot	Kullanılan Alet Cihaz	Ölçüm Periyodu Yeri
Sıcaklık(°C)	Eloktrometrik	Hach Lange HQ40D	Mevsimsel yerinde
Çözülmüş Oksijen (mg/L)	Eloktrometrik	Hach Lange HQ40D	
Elektriksel İletkenlik (µS/cm)	Eloktrometrik	Hach Lange HQ40D	
pH	Eloktrometrik	Hach Lange HQ40D	
Askıda Katı Madde(mg/L)	Gravimetrik (SM 2540 D) (APHA, 1998)	Genel Laboratuvar Aletleri	Mevsimsel Laboratuvarında
Amonyum azotu (NH ₃ - N mg/L)	Nessler Metodu (Metot 8038)	Hach Lange DR 3900	
Nitrit azotu (NO ₂ -N mg/L)	Diazotasyon Metodu (Metot 8507)	Hach Lange DR 3900	
Nitrat azotu (NO ₃ -N mg/L)	Kadmiyum İndirgeme M. (Metot 8039)	Hach Lange DR 3900	
Orto- fosfat (o- PO ₄ mg/L),	Askorbik Asit Metodu (Metot 8048)	Hach Lange DR 3900	
Toplam fosfor (TP mg/L)	Asit Persülfat Parçalama Metodu (Metot 8190)	Hach Lange DR 3900	
Toplam Sertliği (mg/L CaCO ₃),	EDTA ile titrimetrik (SM 2340 C)	Genel Laboratuvar Aletleri	
Anyonik deterjan (LAS mg/L),	Kristal Violet Metodu (Metot 8028)	Hach Lange DR 3900	
Permanganat indeksi (Organik madde mg/L)	Permanganat ile Titrimetrik (SM 4500- OD)	Genel Laboratuvar Aletleri	
Klorofil-a (µg/L)	Aseton Eks. Sonra Spektrofotometrik (SM 10200 H)	Hach Lange DR 3900	
Çöz. ve Askı yükteki metaller (Mn, Ni, Cu, Zn, As, Pb µg/L)	Askı yükteki metaller için mikrodalga çözündürme sistemi kullanıldıktan sonra metal derişimleri ICP- MS ile tespit etme	Milestone Ethos 1 model mikrodalga çözündürme sistemi, BRUKER 820 model İndüktif Eşleşmiş Plazma- Kütle Spektrometrisi (ICP-MS)	

2.7. İstatistiksel Analizler

Elde edilen verilerin istatistiki değerlendirmeleri için Statistica Version 12 (Statsoft) paket programı kullanılmıştır. Değişkenlerin istasyonlar arasındaki karşılaştırılmaları için tek yönlü varyans analizi (one-way Anova) testi uygulanmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Yerinde Ölçümler

Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Derelerinde ölçülen sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen ve elektriksel iletkenlik değerlerinin mevsimsel değişimleri Şekil 11’de verilmiştir.

Çağlayan Deresi sularında mevsimsel çalışma süresince incelenen ortalama su sıcaklığı 7,12-17,20 °C arasında değişmekte olup en düşük değere kış mevsiminde (7,12 °C), en yüksek değere ise yaz mevsiminde (17,20 °C) rastlandığı görülmektedir. Çağlayan Deresi suyunun yıllık sıcaklık ortalaması değeri ise $12,11 \pm 4,03$ °C’dir (Tablo 4). Su sıcaklığında meydana gelen değişimler mevsimsel sıcaklık değişimleriyle paralellik göstermektedir.

Fırtına Deresi sularında çalışma süresince incelenen ortalama su sıcaklığı 5,10-16,77 °C arasında değişmekte olup en düşük değere kış mevsiminde (5,10 °C), en yüksek değere ise yaz mevsiminde (16,77 °C) rastlandığı görülmektedir. Fırtına Deresi suyunun yıllık sıcaklık ortalaması değeri ise $10,28 \pm 4,80$ °C’dir (Tablo 4).

İkizdere Deresi sularında çalışma süresince incelenen ortalama su sıcaklığı 4,65-14,60 °C arasında değişmekte olup en düşük değere ise kış mevsiminde (4,65 °C), en yüksek değere yaz mevsiminde (14,60 °C) rastlandığı görülmektedir. İkizdere Deresi suyunun yıllık sıcaklık ortalaması değeri ise $9,50 \pm 4,23$ °C’dir (Tablo 4).

Çağlayan Deresi sularında mevsimsel çalışma süresinde belirlenen ortalama pH değeri 7,34-8,01 arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (7,34), en yüksek değere ilkbahar mevsiminde (8,01), rastlandığı görülmektedir. Yıllık ortalama değer ise $7,63 \pm 0,38$ ’dir (Tablo 4). Çağlayan Deresi pH değerlerine Dünya Sağlık Örgütü içme suyu kriterleri açısından genel olarak bakıldığında pH sınır değerleri 6,5-8,0 arasında olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik ve çözünmüş oksijenin yıllık ortalama değerleri

Nehirler	Sıcaklık (°C)	pH	İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Ç.O (mg/L)
Çağlayan	12,11±4,03	7,63±0,38	31,68±8,57	10,78±0,80
Fırtına	10,28±4,80	7,60±0,35	36,94±11,65	10,94±0,72
İkizdere	9,50±4,23	7,77±0,27	38,82±16,66	10,90±0,88

Fırtına Deresinde belirlenen ortalama pH değeri 7,32-8,07 arasında değişmekte olup en düşük değere sonbahar mevsiminde (7,32), en yüksek değere ise kış mevsiminde (8,07) rastlandığı görülmektedir. Yıllık ortalama değer ise 7,60±0,35'dir (Tablo 4).

İkizdere Deresi sularında mevsimsel çalışma süresinde belirlenen pH değeri 7,52-8,04 arasında değişmekte olup en düşük değere sonbahar mevsiminde (7,52), en yüksek değere ise ilkbahar mevsiminde (8,04), rastlandığı görülmektedir. Yıllık ortalama değer ise 7,77±0,27'dir (Tablo 4).

Çağlayan Deresi, Fırtına Deresi ve İkizdere yerüstü suyu elektriksel iletkenlik değerlerinin mevsimlere göre değişimi Şekil 11'de verilmiştir.

Çağlayan Deresi sularında ortalama elektriksel iletkenlik değeri 23,81-36,94 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar ayında (23,81 $\mu\text{S}/\text{cm}$), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (36,94 $\mu\text{S}/\text{cm}$) rastlandığı görülmektedir. Yıllık ortalama değer ise 31,68±8,57 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir (Tablo 4).

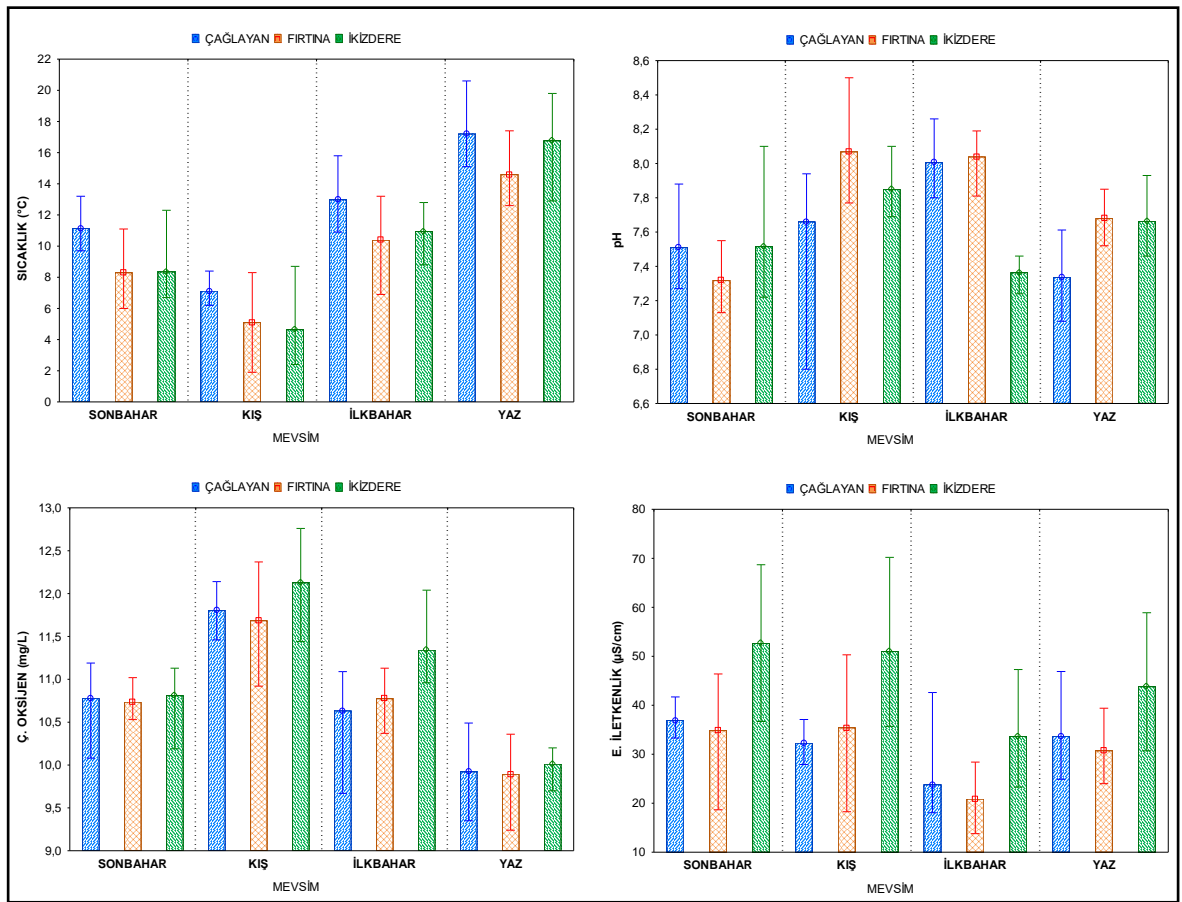
Fırtına Deresinin ortalama elektriksel iletkenliği 33,67-43,83 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar mevsiminde (33,67 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en yüksek değere yaz mevsiminde (43,83 $\mu\text{S}/\text{cm}$), rastlandığı görülmektedir. Yıllık ortalama değer ise 36,94±11,65 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir (Tablo 4).

İkizdere sularında mevsimsel çalışma süresinde belirlenen ortalama elektriksel iletkenliği 20,85-52,67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar mevsiminde (20,85 $\mu\text{S}/\text{cm}$), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (52,67 $\mu\text{S}/\text{cm}$) rastlandığı görülmektedir. Yıllık ortalama değer ise 38,82±16,66 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir (Tablo 4).

Çağlayan Deresi sularında belirlenen ortalama sudaki çözünmüş oksijen değeri 9,92-11,80 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (9,92 mg/L), en yüksek değere kış mevsiminde (11,80 mg/L) rastlandığı görülmektedir. Yıllık ortalama değer ise 10,78±0,80 mg/L'dir (Tablo 4).

Fırtına Deresinde belirlenen sudaki ortalama çözülmüş oksijen değeri 10,01-11,69 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (10,01 mg/L), en yüksek değere ise kış mevsiminde (11,69 mg/L), rastlandığı görülmektedir. Yıllık ortalama değer ise $10,94 \pm 0,72$ mg/l'dir (Tablo 4).

İkizdere sularında bir yıllık çalışma süresinde belirlenen sudaki çözülmüş oksijen değeri 9,89-12,13 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (9,89 mg/L), en yüksek değere ise kış mevsiminde (12,13 mg/L) rastlandığı görülmektedir. Yıllık ortalama değer ise $10,90 \pm 0,88$ mg/L'dir (Tablo 4).



Şekil 11. Sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen ve elektriksel iletkenliğin mevsimsel değişimleri

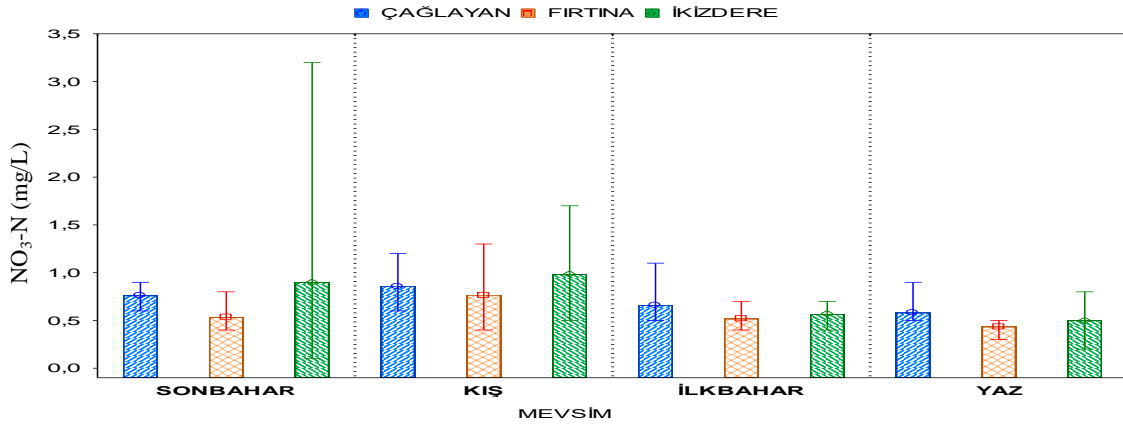
3.2. Kimyasal Su Kalitesi Parametreleri

3.2.1 Nitrat Azotu (NO₃-N)

Çağlayan Deresi sularında bir yıllık çalışma süresinde belirlenen mevsimsel ortalama nitrat azotu 0,58-0,86 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (0,58 mg/L), en yüksek değere ise kış mevsiminde (0,86 mg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 12). Yıllık ortalama değer ise $0,72 \pm 0,22$ mg/L'dir (Tablo 5).

Fırtına Deresi sularında belirlenen mevsimsel ortalama nitrat azotu 0,50-0,77 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değer yaz mevsiminde (0,50 mg/L), en yüksek değere ise kış mevsiminde (0,77 mg/L) ölçülmüştür (Şekil 12). Yıllık ortalama değer ise $0,59 \pm 0,24$ mg/L'dir (Tablo 5).

İkizdere sularında ise belirlenen mevsimsel ortalama nitrat azotu 0,43-1,06 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (0,43 mg/L), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (1,06 mg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 12). Yıllık ortalama değer ise $0,73 \pm 0,63$ mg/L'dir (Tablo 5).

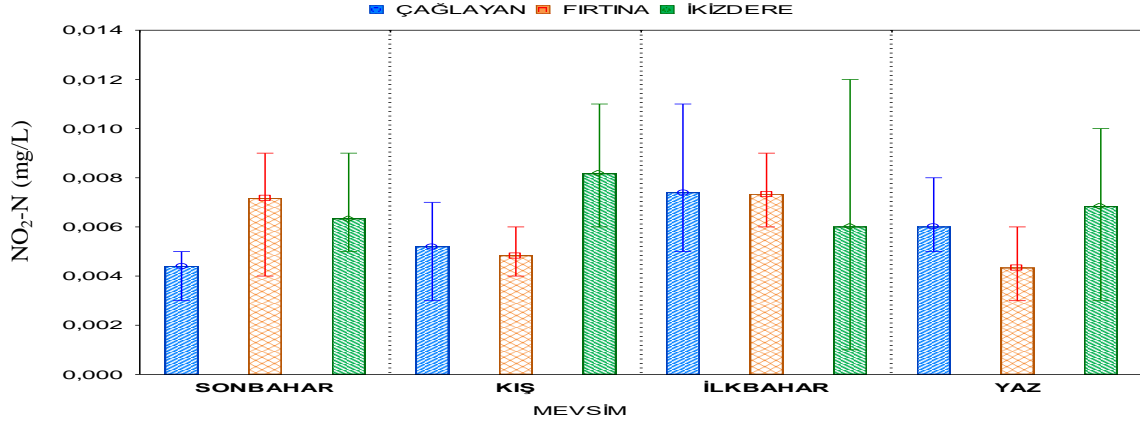


Şekil 12. Nitrat azotunun mevsimsel değişimi

3.2.2 Nitrit Azotu (NO₂-N)

Çağlayan Deresi sularında belirlenen ortalama mevsimsel nitrit azotu 0,004-0,007 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere sonbahar mevsiminde (0,004 mg/L), en yüksek değere ise ilkbahar mevsiminde (0,007 mg/L), rastlandığı görülmektedir (Şekil 13). Yıllık ortalama değer ise $0,006 \pm 0,002$ mg/L'dir (Tablo 5).

Fırtına Deresi sularında belirlenen ortalama mevsimsel nitrit azotu 0,005-0,007 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere kış mevsiminde (0,005 mg/L), en yüksek değere ise yaz ve sonbahar mevsiminde (0,007 mg/L), rastlandığı görülmektedir (Şekil 13). Yıllık ortalama değer ise $0,006 \pm 0,002$ mg/L'dir (Tablo 5).



Şekil 13. Nitrit azotunun mevsimsel değişimi

İkizdere sularında belirlenen ortalama mevsimsel nitrit azotu 0,004-0,008 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (0,004 mg/L), en yüksek değere kış mevsiminde (0,008 mg/L), rastlandığı görülmektedir (Şekil 13). Yıllık ortalama değer ise $0,007 \pm 0,002$ mg/L'dir (Tablo 5).

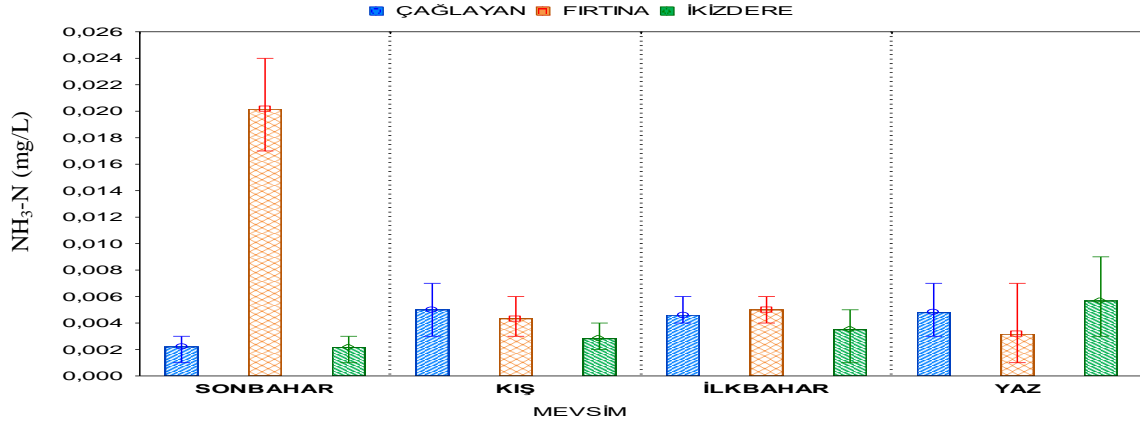
3.2.3. Amonyum Azotu (NH₃-N)

Çağlayan Deresi sularında belirlenen mevsimsel ortalama amonyum azotu 0,002-0,005 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere sonbahar mevsiminde (0,002 mg/L), en yüksek değere ise kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde (0,005 mg/L), rastlandığı görülmektedir (Şekil 14). Yıllık ortalama değer ise $0,004 \pm 0,002$ mg/L'dir (Tablo 5).

Fırtına Deresi sularında belirlenen ortalama mevsimsel amonyum azotu 0,003-0,020 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (0,003 mg/L), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (0,020 mg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 14). Yıllık ortalama değer ise $0,008 \pm 0,007$ mg/L'dir (Tablo 5).

İkizdere sularında belirlenen ortalama mevsimsel amonyum azotu 0,002-0,005 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere sonbahar mevsiminde (0,002 mg/L), en yüksek

değere ise ilkbahar mevsiminde (0,005 mg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 14). Yıllık ortalama değer ise $0,003 \pm 0,002$ mg/L'dir (Tablo 5).



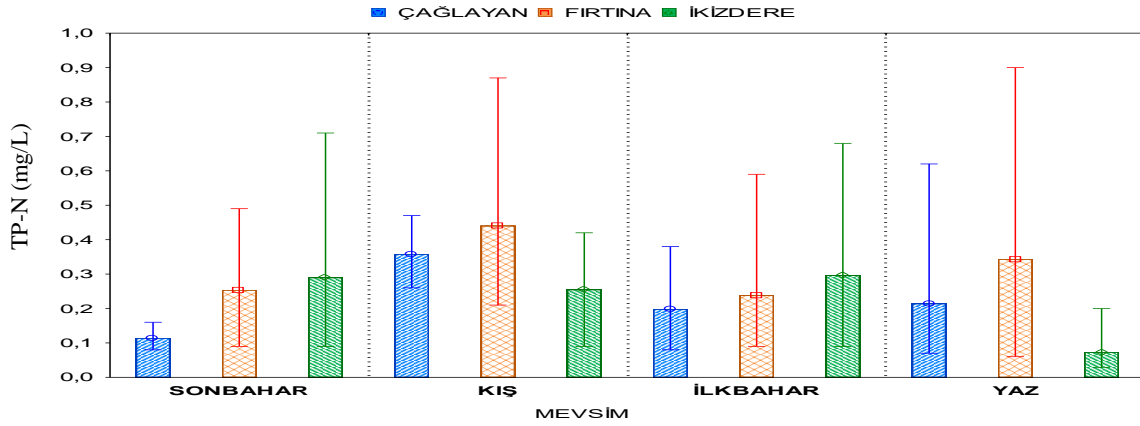
Şekil 14. . Amonyum azotunun mevsimsel değişimi

3.2.4. Toplam Fosfor (TP)

Çağlayan Deresi sularında belirlenen ortalama mevsimsel toplam fosfor 0,11-0,36 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere sonbahar mevsiminde (0,11 mg/L), en yüksek değere kış mevsiminde (0,36 mg/L), rastlandığı görülmektedir (Şekil 15). Yıllık ortalama değer ise $0,22 \pm 0,16$ mg/L'dir (Tablo 5).

Fırtına Deresi sularında belirlenen ortalama mevsimsel toplam fosfor 0,24-0,44 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar mevsiminde (0,07 mg/L), en yüksek değere kış mevsiminde (0,44 mg/l) rastlandığı görülmektedir (Şekil 15). Yıllık ortalama değer ise $0,27 \pm 0,22$ mg/L'dir (Tablo 5).

İkizdere deresi sularında belirlenen ortalama mevsimsel toplam fosfor 0,07-0,30 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (0,06 mg/L), en yüksek değere ise kış ve ilkbahar mevsimlerinde (0,30 mg/L), rastlandığı görülmektedir (Şekil 15). Yıllık ortalama değer ise $0,20 \pm 0,22$ mg/L'dir (Tablo 5).



Şekil 15. Toplam fosforun mevsimsel değişimi

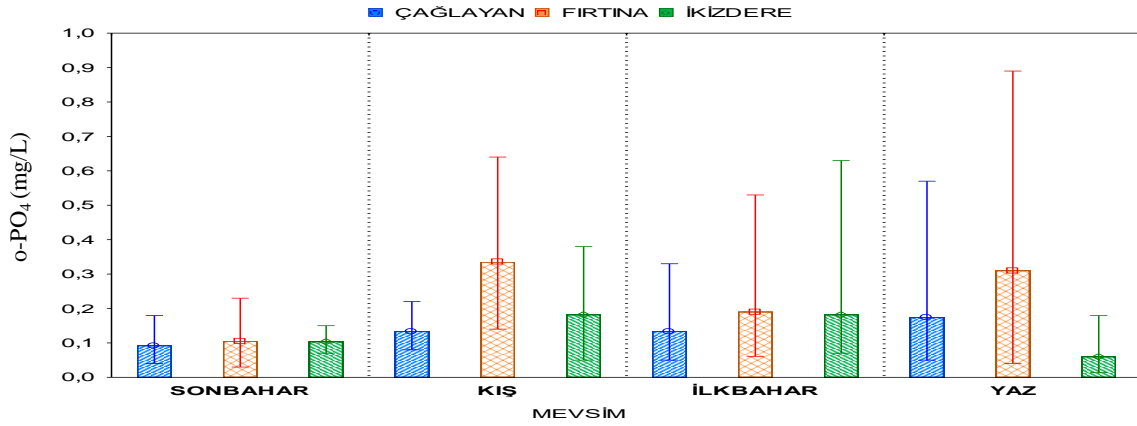
3.2.5. Orto-fosfat (o-PO₄)

Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Derelerinin sularının ortalama mevsimsel orto-fosfat değerleri Şekil 16 'da verilmiştir.

Çağlayan Deresi sularında belirlenen ortalama mevsimsel orto-fosfat 0,09-0,17 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere sonbahar mevsiminde (0,09 mg/L), en yüksek değere yaz mevsiminde (0,17 mg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 16). Yıllık ortalama değer ise 0,13±0,12 mg/L'dir (Tablo 5).

Fırtına Deresi yerüstü sularında belirlenen ortalama mevsimsel orto-fosfat 0,11-0,34 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere sonbahar mevsiminde (0,11 mg/L), en yüksek değere ise kış mevsiminde (0,34 mg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 16). Yıllık ortalama değer ise 0,24±0,23 mg/L'dir (Tablo 5).

İkizdere Deresi sularında belirlenen ortalama mevsimsel orto-fosfat 0,06-0,18 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (0,06 mg/L), en yüksek değere ise kış ve ilkbahar mevsimlerinde (0,18 mg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 16). Yıllık ortalama değer ise 0,13±0,12 mg/L'dir (Tablo 5).



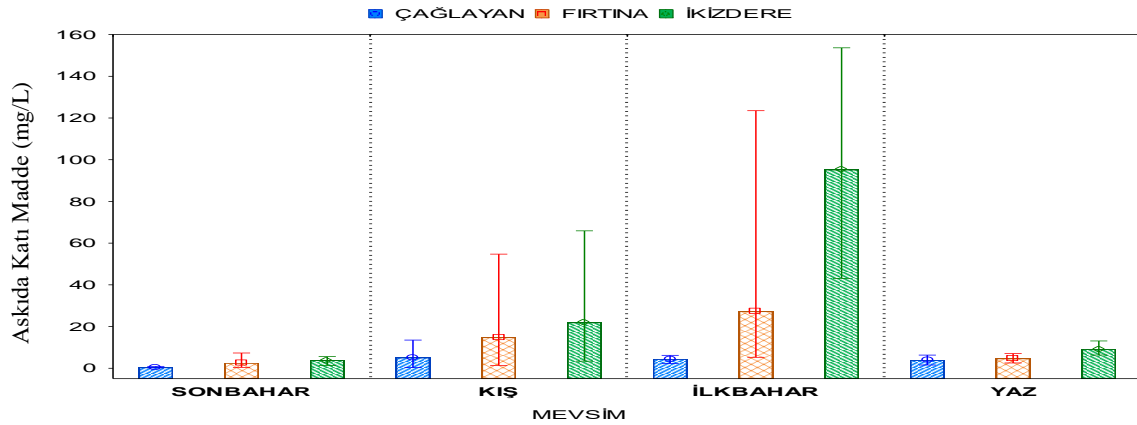
Şekil 16. Orto-fosfatın mevsimsel değişimi

3.2.6. Askıda Katı Madde

Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Derelerinin sularının mevsimsel ortalama askıda katı madde değerleri Şekil 17’de verilmiştir.

Çağlayan Deresi sularında belirlenen mevsimsel ortalama Askıda katı madde 0,42-5,08 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere sonbahar mevsiminde (0,42 mg/L), en yüksek değere ise kış mevsiminde (5,08 mg/L) rastlandığı görülmektedir. Yıllık ortalama değer ise $3,43 \pm 3,55$ mg/L’dir (Tablo 5).

Fırtına Deresi sularında belirlenen mevsimsel ortalama Askıda katı madde 2,52-95,22 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere sonbahar mevsiminde (2,52 mg/L), en yüksek değere ise ilkbahar mevsiminde (95,22 mg/l), rastlandığı görülmektedir. Yıllık ortalama değer ise $30,43 \pm 44,21$ mg/L’dir (Tablo 5).



Şekil 17. Askıda katı maddenin mevsimsel değişimi

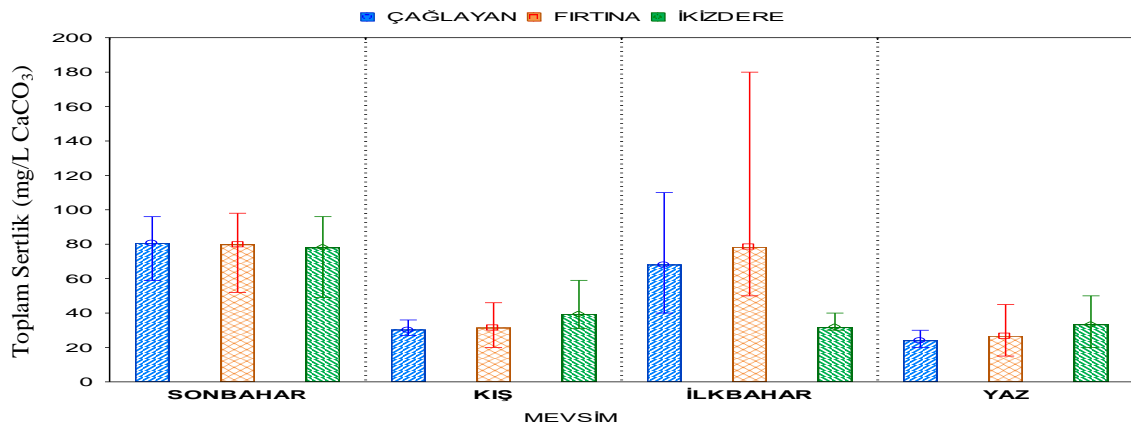
İkizdere sularında belirlenen ortalama mevsimsel Askıda katı madde 3,82-27,31 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere sonbahar mevsiminde (3,82 mg/L), en yüksek değere ilkbahar mevsiminde (27,31 mg/L), rastlandığı görülmektedir. Yıllık ortalama değer ise $14,44 \pm 27,03$ mg/L'dir (Tablo 5).

3.2.7. Toplam Sertlik

Çağlayan Deresi sularında belirlenen mevsimsel ortalama toplam sertlik 24,00-80,60 mg/L CaCO_3 arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (24,00 mg/L CaCO_3), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (80,60 mg/L CaCO_3), rastlandığı görülmektedir (Şekil 18). Yıllık ortalama değer ise $50,70 \pm 30,56$ mg/L CaCO_3 'tır (Tablo 5).

Fırtına Deresi sularında belirlenen mevsimsel ortalama toplam sertlik 26,67-79,83 mg/L CaCO_3 arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (26,67 mg/L CaCO_3), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (79,83 mg/L CaCO_3), rastlandığı görülmektedir (Şekil 18). Yıllık ortalama değer ise $54,04 \pm 36,87$ mg/L CaCO_3 'tır (Tablo 5).

İkizdere sularında belirlenen mevsimsel ortalama toplam sertlik 31,67-79,83 mg/L CaCO_3 arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar mevsiminde (31,67 mg/L CaCO_3), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (79,83 mg/L), rastlandığı görülmektedir (Şekil 18). Yıllık ortalama değer ise $45,58 \pm 22,43$ mg/L CaCO_3 'tır (Tablo 5).



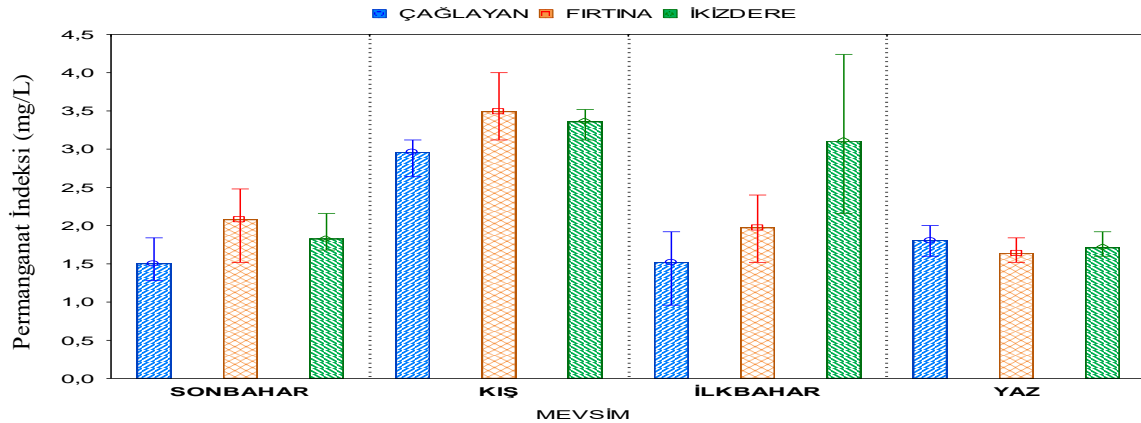
Şekil 18. Toplam sertliğin mevsimsel değişimi

3.2.8. Permanganat İndeksi

Çağlayan Deresi sularında belirlenen mevsimsel ortalama permanganat indeksi 1,50-2,96 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere sonbahar mevsiminde (1,50 mg/L), en yüksek değere ise kış mevsiminde (2,96 mg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 19). Yıllık ortalama değer ise $1,95 \pm 0,65$ mg/L'dir (Tablo 5).

Fırtına Deresi sularında belirlenen mevsimsel ortalama permanganat indeksi 1,64-3,49 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (1,69 mg/L), en yüksek değere ise kış mevsiminde (3,49 mg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 19). Yıllık ortalama değer ise $2,30 \pm 0,79$ mg/L'dir (Tablo 5).

İkizdere Deresi sularında belirlenen mevsimsel ortalama permanganat indeksi 1,69-3,36 mg/L arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (1,64 mg/L), en yüksek değere kış mevsiminde (3,36 mg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 19). Yıllık ortalama değer ise $2,50 \pm 0,84$ mg/L'dir (Tablo 5).



Şekil 19. Permanganat indeksinin mevsimsel değişimi

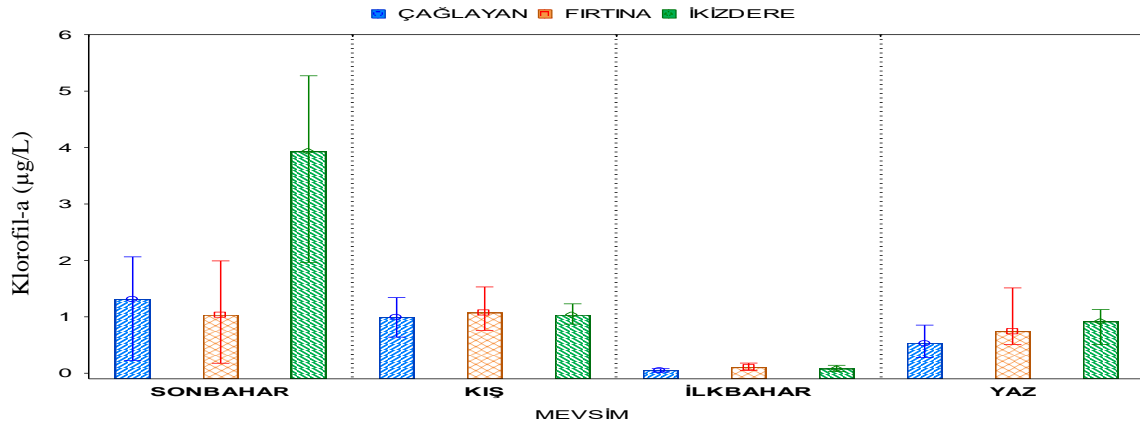
3.2.9. Klorofil-a

Çağlayan Deresi sularında belirlenen mevsimsel ortalama klorofil-a 0,05-1,31 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar mevsiminde (0,05 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (1,31 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 20). Yıllık ortalama değer ise $0,72 \pm 0,61$ $\mu\text{g/L}$ 'dir (Tablo 5).

Fırtına Deresi sularında belirlenen mevsimsel ortalama klorofil-a 0,08-1,07 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar mevsiminde (0,08 $\mu\text{g/L}$), en yüksek

değere ise kış mevsiminde (1,07 $\mu\text{g}/\text{L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 20). Yıllık ortalama değer ise $0,77\pm 0,24 \mu\text{g}/\text{L}$ 'dir (Tablo 5).

İkizdere sularında belirlenen mevsimsel ortalama klorofil-a $0,11-3,93 \mu\text{g}/\text{L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar mevsiminde (0,11 $\mu\text{g}/\text{L}$), en yüksek değere sonbahar mevsiminde (3,93 $\mu\text{g}/\text{L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 20). Yıllık ortalama değer ise $1,45\pm 1,64 \mu\text{g}/\text{L}$ 'dir (Tablo 5).



Şekil 20. Klorofil-a'nın mevsimsel değişimi

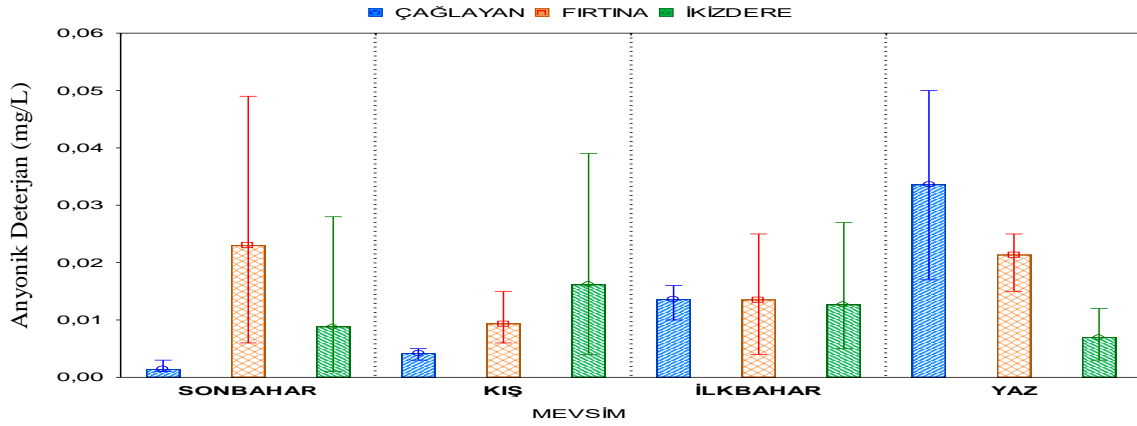
3.2.10. Anyonik Deterjan (LAS)

Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Dereleri sularının mevsimsel ortalama anyonik deterjan değerleri Şekil 21'de verilmiştir.

Çağlayan deresi sularında belirlenen ortalama anyonik deterjan (LAS) $<0,01-0,03 \text{ mg}/\text{L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere sonbahar ve kış mevsiminde ($<0,01 \text{ mg}/\text{L}$), en yüksek değere ise yaz mevsiminde (0,03 mg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 21). Yıllık ortalama değer ise $0,01\pm 0,01 \text{ mg}/\text{L}$ 'dir (Tablo 5).

Fırtına Deresi sularında belirlenen ortalama anyonik deterjan (LAS) $0,01-0,02 \text{ mg}/\text{L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde (0,01 mg/L), en yüksek değere sonbahar mevsiminde (0,02 mg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 21). Yıllık ortalama değer ise $0,01\pm 0,1 \text{ mg}/\text{L}$ 'dir (Tablo 5).

İkizdere Deresi sularında belirlenen ortalama anyonik deterjan (LAS) $0,01-0,02 \text{ mg}/\text{L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde (0,01 mg/L), en yüksek değere kış ve yaz mevsimlerinde (0,02 mg/L), rastlandığı görülmektedir (Şekil 21). Yıllık ortalama değer ise $0,01\pm 0,01 \text{ mg}/\text{L}$ 'dir (Tablo 5).



Şekil 21. Anyonik deterjanın mevsimsel değişimi

Tablo 5. Bazı besin elementlerinin yıllık ortalama değerleri

Besin elementleri	Dereler		
	Çağlayan	Fırtına	İkizdere
NO ₃ -N (mg/L)	0,72±0,22	0,59±0,24	0,73±0,63
NO ₂ -N (mg/L)	0,006±0,002	0,006±0,002	0,007±0,002
NH ₃ -N (mg/L)	0,004±0,002	0,008±0,007	0,003±0,002
T PO ₄ (mg/L)	0,22±0,16	0,27±0,22	0,20±0,22
Orto-PO ₄ (mg/L)	0,13±0,12	0,24±0,23	0,13±0,12
AKM (mg/L)	3,43±3,55	30,43±44,21	14,44±27,03
Toplam sertlik (mg/L CaCO ₃)	50,70±30,56	54,04±36,87	45,58±22,43
Permanganat indeksi (mg/L)	1,95±0,65	2,30±0,79	2,50±0,84
Klorofil-a (µg/L)	0,72±0,61	0,77±0,24	1,45±1,64
Anyonik deterjan (mg/L)	0,01±0,01	0,01±0,1	0,01±0,01

3.3. Metal Analizleri

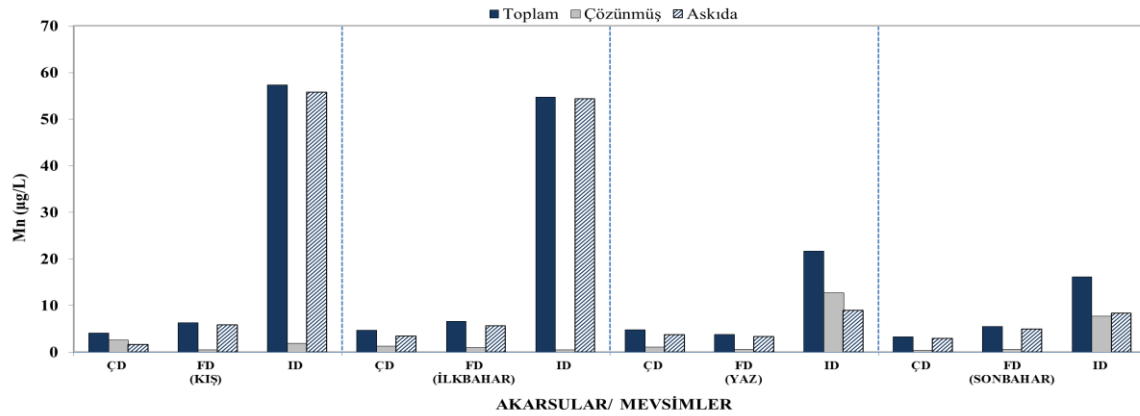
Mangan (Mn), Nikel (Ni), Bakır (Cu), Çinko (Zn), Arsenik (As) ve Kurşun (Pb) derişimlerinin mevsimsel ortalama değerleri, askı yükte ve çözünmüş metal derişimlerinin yıllık ortalama değerleri aşağıdaki şekillerde verilmiştir.

3.3.1. Mangan (Mn)

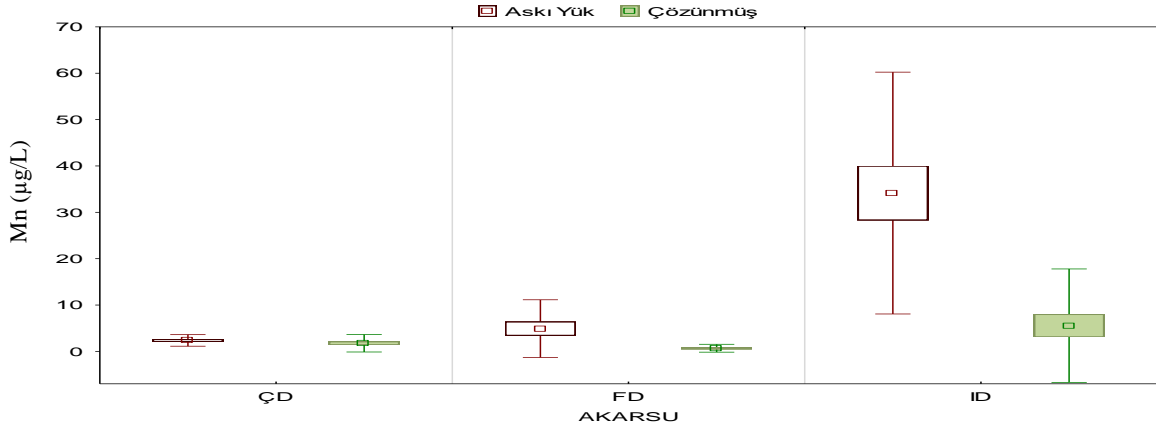
Çağlayan Deresi mevsimsel ortalama toplam mangan (Mn) derişimi 3,30-4,82 µg/L arasında olup en düşük değere sonbahar mevsiminde (3,30 µg/L), en yüksek değere ise yaz mevsiminde (4,82 µg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 22). Yıllık ortalama toplam mangan değeri ise 4,25±2,00 µg/L'dir (Tablo 6). Sudaki çözünmüş ortalama mangan (Mn)

değeri 0,37-2,57 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere sonbahar mevsiminde (0,37 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise kış mevsiminde (2,57 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 22). Yıllık ortalama sudaki çözülmüş mangan değeri ise $1,35 \pm 1,60 \mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 23). Askı yükteki ortalama mangan (Mn) derişimi ise 1,58-3,69 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere kış mevsiminde (1,58 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise yaz mevsiminde (3,69 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 22). Yıllık ortalama askı yükteki mangan değeri ise $2,90 \pm 1,16 \mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 23).

Fırtına Deresi sularında mevsimsel ortalama toplam mangan (Mn) derişimi 3,85-6,61 $\mu\text{g/L}$ arasında olup en düşük değere yaz mevsiminde (3,85 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise ilkbahar mevsiminde (6,61 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 22). Yıllık ortalama toplam mangan değeri ise $5,58 \pm 7,13 \mu\text{g/L}$ 'dir (Tablo 6). Sudaki çözülmüş ortalama mangan (Mn) değeri 0,52-1,00 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere kış mevsiminde (0,52 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise ilkbahar mevsiminde (1,00 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 22). Yıllık ortalama sudaki çözülmüş mangan değeri ise $0,68 \pm 0,85 \mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 23). Askı yükteki ortalama mangan (Mn) miktarı ise 3,28-5,80 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (3,28 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise kış mevsiminde (5,80 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 22). Yıllık ortalama askı yükteki mangan değeri ise $4,90 \pm 6,82 \mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 23).



Şekil 22. Toplam, çözülmüş ve askı yükteki Mn konsantrasyonunun mevsimsel değişimi



Şekil 23. Çözünmüş ve askı yükteki Mn konsantrasyonun yıllık değişimi

İkizdere sularında mevsimsel ortalama toplam mangan (Mn) derişimi 16,1-57,32 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere sonbahar mevsimde (16,13 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise kış mevsiminde (57,32 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 22). Yıllık ortalama toplam mangan değeri ise $37,46 \pm 26,59$ $\mu\text{g/L}$ 'dir (Tablo 6). Sudaki çözünmüş ortalama mangan (Mn) değeri 0,45-12,72 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar mevsiminde (0,45 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise yaz mevsiminde (12,72 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 22). Yıllık sudaki çözünmüş ortalama mangan değeri ise $5,87 \pm 12,73$ $\mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 23). Askı yükteki ortalama mangan (Mn) miktarı ise 8,36-55,76 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere sonbahar mevsiminde (8,36 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise kış mevsiminde (55,76 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 22). Yıllık ortalama askı yükteki mangan değeri ise $31,84 \pm 27,31$ $\mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 23).

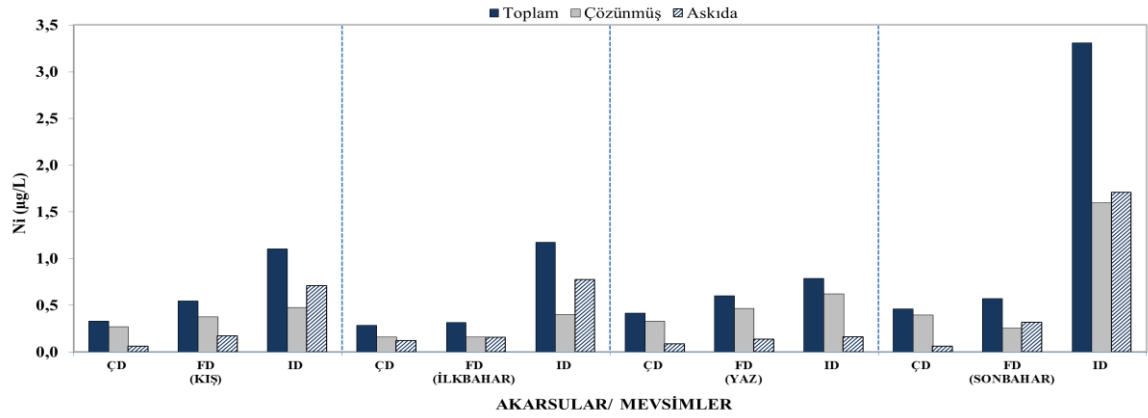
3.3.2. Nikel (Ni)

Çağlayan Deresi sularında mevsimsel ortalama toplam nikel (Ni) konsantrasyon değeri 0,28-0,46 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar mevsiminde (0,28 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (0,46 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 24). Yıllık ortalama toplam nikel değeri ise $0,37 \pm 0,14$ $\mu\text{g/L}$ 'dir (Tablo 6). Sudaki çözünmüş ortalama nikel (Ni) değeri 0,16-0,40 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar mevsiminde (0,16 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (0,40 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 24). Yıllık ortalama sudaki çözünmüş nikel değeri ise $0,29 \pm 0,14$ $\mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 25). Askı yükteki ortalama nikel (Ni) miktarı ise 0,06-0,12 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere sonbahar

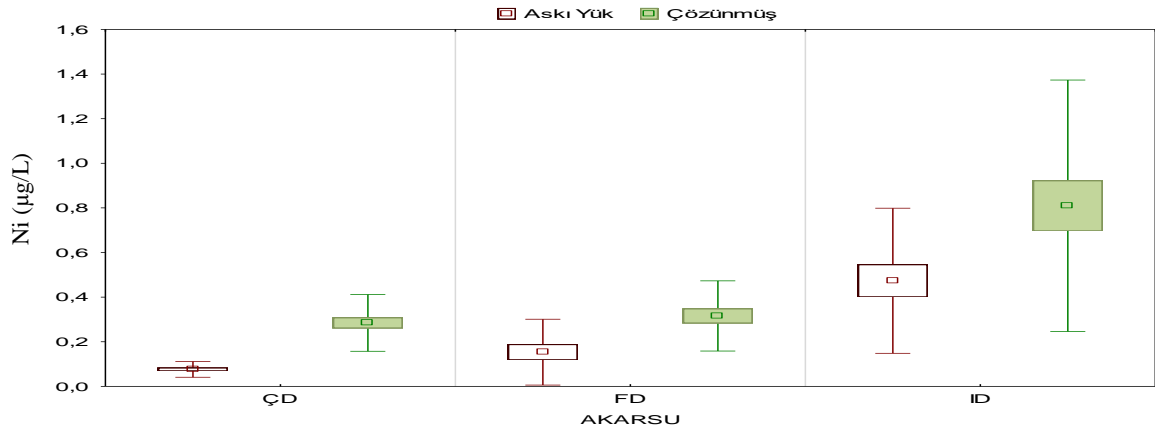
ve kış mevsimlerinde (0,06 µg/L), en yüksek değere ise ilkbahar mevsiminde (0,12 µg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 24). Yıllık ortalama askı yükteki nikel değeri ise $0,08 \pm 0,03$ µg/L'dir (Şekil 25).

Fırtına Deresi sularında mevsimsel ortalama toplam nikel (Ni) derişimi 0,32-0,60 µg/L arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar mevsiminde (0,32 µg/L), en yüksek değere ise yaz mevsiminde (0,60 µg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 24). Yıllık ortalama toplam nikel değeri ise $0,51 \pm 0,32$ µg/L'dir (Tablo 6). Sudaki çözünmüş ortalama nikel (Ni) değeri 0,16-0,47 µg/L arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar mevsiminde (0,16 µg/L), en yüksek değere ise yaz mevsiminde (0,47 µg/L), rastlandığı görülmektedir. (Şekil 24). Yıllık ortalama sudaki çözünmüş nikel değeri ise $0,32 \pm 0,16$ µg/L'dir (Şekil 25). Askı yükteki ortalama nikel (Ni) miktarı ise 0,14-0,32 µg/L arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (0,14 µg/L), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (0,32 µg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 24). Yıllık ortalama askı yükteki nikel değeri ise $0,19 \pm 0,24$ µg/L'dir (Şekil 25).

İkizdere sularında mevsimsel ortalama toplam nikel (Ni) konsantrasyon değeri 0,79-3,31 µg/L arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (0,79 µg/L), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (3,31 µg/L), rastlandığı görülmektedir (Şekil 24). Yıllık ortalama toplam nikel değeri ise $1,59 \pm 1,13$ µg/L'dir (Tablo 6). Sudaki çözünmüş ortalama nikel (Ni) değeri 0,40-1,60 µg/L arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar mevsiminde (0,40 µg/L), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (1,60 µg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 24). Yıllık sudaki çözünmüş ortalama nikel değeri ise $0,79 \pm 0,58$ µg/L'dir (Şekil 25). Askı yükteki ortalama nikel (Ni) değeri ise 0,16-1,71 µg/L arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (0,16 µg/L), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (1,71 µg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 24). Yıllık ortalama askı yükteki nikel değeri ise $0,84 \pm 0,62$ µg/L'dir (Şekil 25).



Şekil 24. Toplam, çözülmüş ve askı yükteki Ni konsantrasyonunun mevsimsel değişimi



Şekil 25. Çözülmüş ve askı yükteki Ni konsantrasyonunun yıllık değişimi

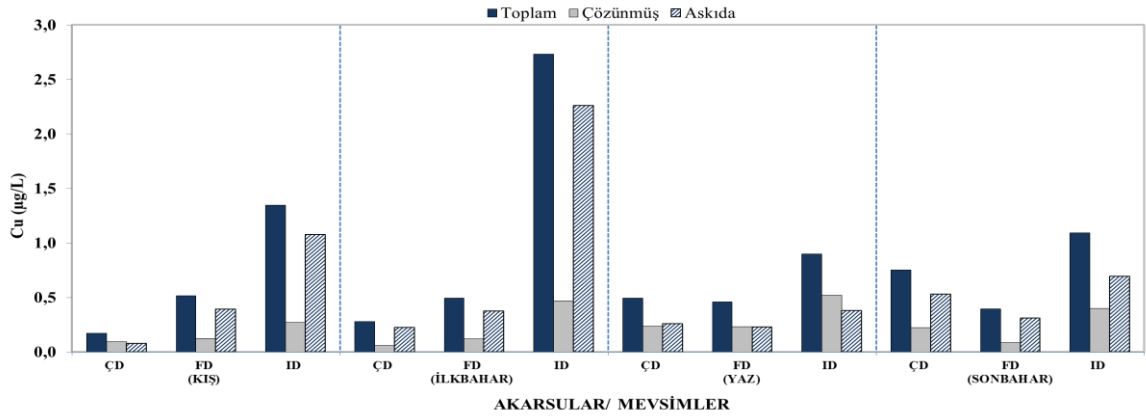
3.3.3. Bakır (Cu)

Çağlayan deresi sularında mevsimsel ortalama toplam bakır (Cu) derişimi 0,17-0,75 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere kış mevsiminde (0,17 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (0,75 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 26). Yıllık ortalama toplam bakır değeri ise $1,43 \pm 0,37 \mu\text{g/L}$ 'dir (Tablo 6). Sudaki çözülmüş ortalama bakır (Cu) değeri 0,06-0,24 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar mevsiminde (0,06 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise yaz mevsiminde (0,24 $\mu\text{g/L}$), rastlandığı görülmektedir (Şekil 26). Yıllık ortalama sudaki çözülmüş bakır değeri ise $0,15 \pm 0,17 \mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 27). Askı yükteki ortalama bakır (Cu) miktarı ise 0,08-0,53 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere kış mevsiminde (0,08 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise

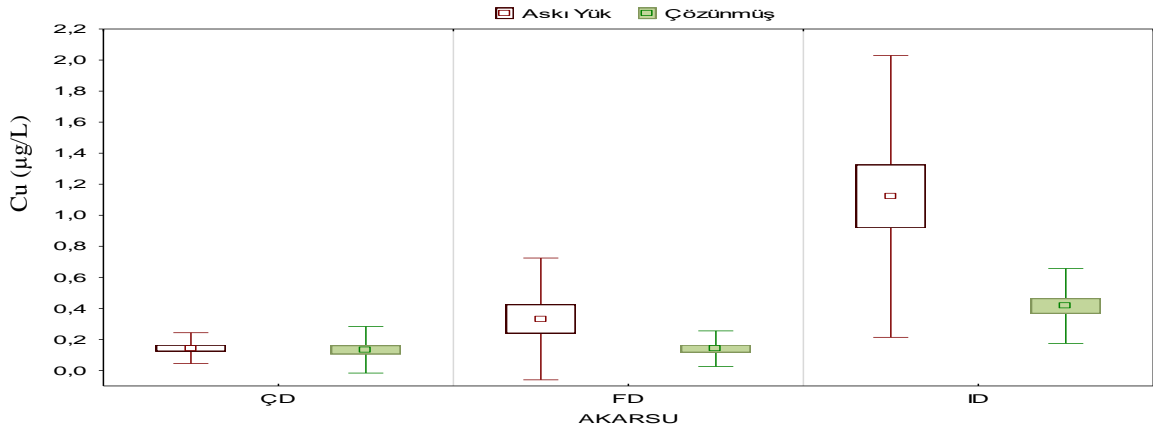
sonbahar mevsiminde (0,53 µg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 26). Yıllık ortalama askı yükteki bakır değeri ise $0,27 \pm 0,24$ µg/L'dir (Şekil 27).

Fırtına Deresi sularında mevsimsel ortalama toplam bakır (Cu) derişimi 0,40-0,51 µg/L arasında değişmekte olup en düşük değere sonbahar mevsiminde (0,40 µg/L), en yüksek değere ise kış mevsiminde (0,51 µg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 26). Yıllık ortalama toplam bakır değeri ise $0,47 \pm 0,44$ µg/L'dir (Tablo 6). Sudaki çözünmüş ortalama bakır (Cu) değeri 0,09-0,23 µg/L arasında değişmekte olup en düşük değere sonbahar mevsiminde (0,09 µg/L), en yüksek değere ise yaz mevsiminde (0,23 µg/L), rastlandığı görülmektedir (Şekil 26). Yıllık ortalama sudaki çözünmüş bakır değeri ise $0,14 \pm 0,11$ µg/L'dir (Şekil 27). Askı yükteki ortalama bakır (Cu) miktarı ise 0,23-0,39 µg/L arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (0,23 µg/L), en yüksek değere ise kış mevsiminde (0,39 µg/L), rastlandığı görülmektedir (Şekil 26). Yıllık ortalama askı yükteki bakır değeri ise $0,33 \pm 0,37$ µg/L'dir (Şekil 27).

İkizdere sularında mevsimsel ortalama toplam bakır (Cu) derişimi 0,90-2,73 µg/L arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsimde (0,90 µg/L), en yüksek değere ise ilkbahar mevsiminde (2,73 µg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 26). Yıllık ortalama toplam bakır değeri ise $1,51 \pm 0,95$ µg/L'dir (Tablo 6). Sudaki çözünmüş ortalama bakır (Cu) değeri 0,27-0,52 µg/L arasında değişmekte olup en düşük değere kış mevsiminde (0,27 µg/L), en yüksek ise değere yaz mevsiminde (0,52 µg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 26). Yıllık sudaki çözünmüş ortalama bakır değeri ise $0,42 \pm 0,26$ µg/L'dir (Şekil 27). Askı yükteki ortalama bakır (Cu) miktarı ise 0,38-2,26 µg/L arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (0,38 µg/L), en yüksek değere ise ilkbahar mevsiminde (2,26 µg/L) rastlandığı görülmektedir (Şekil 26). Yıllık ortalama askı yükteki bakır değeri ise $1,10 \pm 0,84$ µg/L'dir (Şekil 27).



Şekil 26. Toplam, çözünmüş ve askı yükteki Cu konsantrasyonunun mevsimsel değişimi

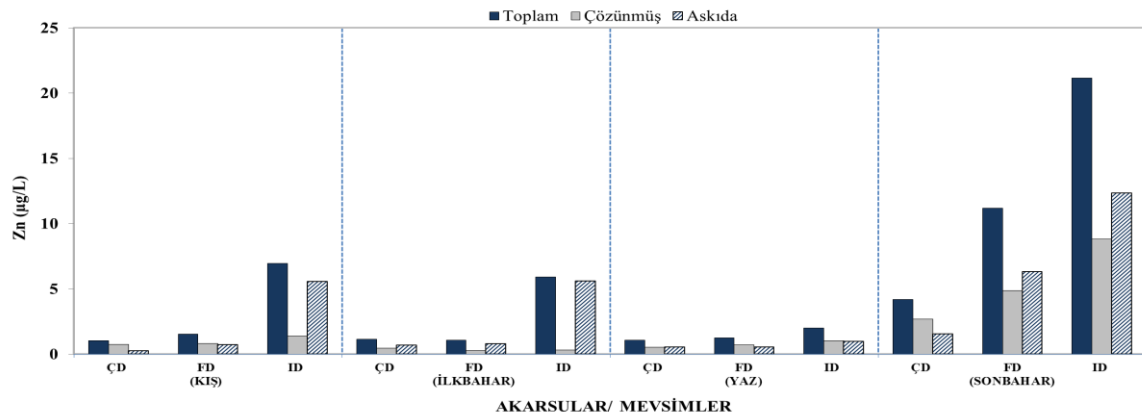


Şekil 27. Çözünmüş ve askı yükteki Cu konsantrasyonunun yıllık değişimi

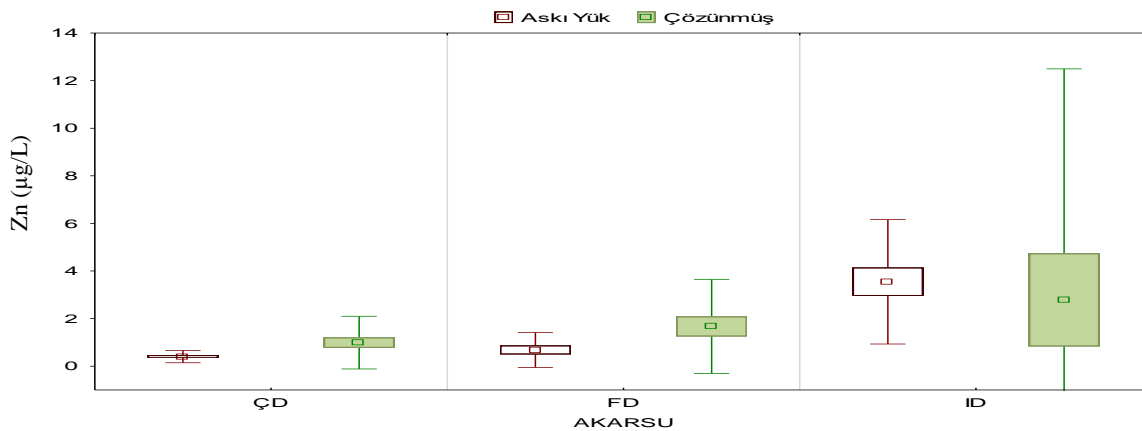
3.3.4. Çinko (Zn)

Çağlayan Deresi sularında mevsimsel ortalama toplam çinko (Zn) derişimi 1,02-4,21 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere kış mevsiminde (1,02 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (4,21 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 28). Yıllık ortalama toplam çinko değeri ise $1,86 \pm 2,04$ $\mu\text{g/L}$ 'dir (Tablo 6). Sudaki çözünmüş ortalama çinko (Zn) değeri 0,46-2,67 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar mevsiminde (0,46 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (2,67 $\mu\text{g/L}$), rastlandığı görülmektedir (Şekil 28). Yıllık ortalama sudaki çözünmüş çinko değeri ise $1,10 \pm 1,34$ $\mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 29). Askı yükteki ortalama çinko (Zn) miktarı ise 0,26-1,53 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere kış mevsiminde (0,26 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere sonbahar mevsiminde (1,53 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 28). Yıllık ortalama askı yükteki çinko değeri ise $0,76 \pm 0,75$ $\mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 29).

Fırtına Deresi sularında mevsimsel ortalama toplam çinko (Zn) derişimi 1,06-11,20 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar mevsiminde (1,06 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (11,20 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 28). Yıllık ortalama toplam çinko değeri ise $3,76\pm 4,54$ $\mu\text{g/L}$ 'dir (Tablo 6). Sudaki çözünmüş ortalama çinko (Zn) değeri 0,27-4,89 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar mevsiminde (0,27 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (4,89 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 28). Yıllık ortalama sudaki çözünmüş çinko değeri ise $1,67\pm 1,98$ $\mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 29). Askı yükteki ortalama çinko (Zn) miktarı ise 0,54-6,31 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (0,54 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (6,31 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 28). Yıllık ortalama askı yükteki çinko değeri ise $2,09\pm 2,65$ $\mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 29).



Şekil 28. Toplam, çözünmüş ve askı yükteki Zn konsantrasyonunun mevsimsel değişimi



Şekil 29. Toplam, çözünmüş ve askı yükteki Zn konsantrasyonunun mevsimsel değişimi

İkizdere sularında mevsimsel ortalama toplam çinko (Zn) derişimi 2,00-21,16 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (2,00 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (21,16 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 28). Yıllık ortalama toplam çinko değeri ise $8,95\pm 19,66 \mu\text{g/L}$ 'dir (Tablo 6). Sudaki çözünmüş ortalama çinko (Zn) değeri 0,32-8,83 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar mevsiminde (0,32 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (8,83 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 28). Yıllık sudaki çözünmüş ortalama çinko değeri ise $2,96\pm 10,12 \mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 29). Askı yükteki ortalama çinko (Zn) miktarı ise 0,96-12,34 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (0,96 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (12,34 $\mu\text{g/L}$), rastlandığı görülmektedir (Şekil 28). Yıllık ortalama askı yükteki çinko değeri ise $6,12\pm 9,90 \mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 29).

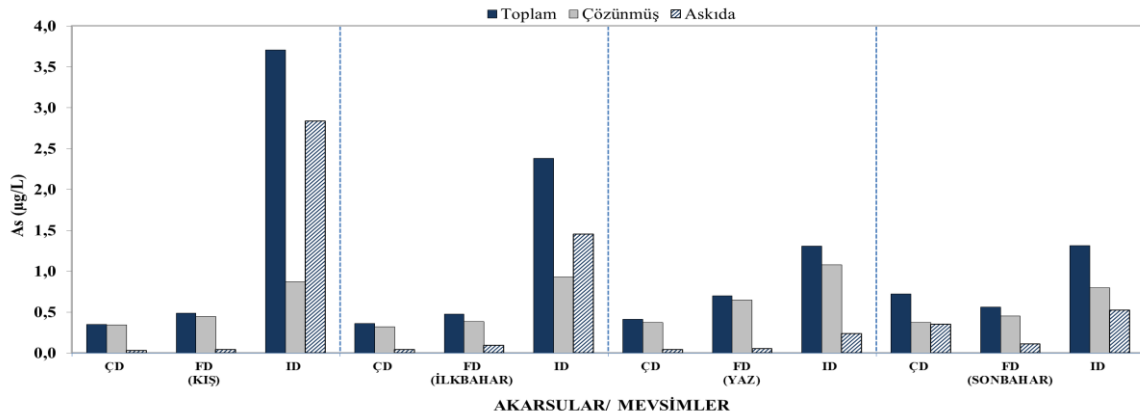
3.3.5. Arsenik (As)

Çağlayan Deresi sularında mevsimsel ortalama toplam arsenik (As) derişimi 0,35-0,72 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere kış mevsiminde (0,35 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (0,72 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 30). Yıllık ortalama toplam arsenik değeri ise $0,46\pm 0,18 \mu\text{g/L}$ 'dir (Tablo 6). Sudaki çözünmüş ortalama arsenik (As) değeri 0,32-0,37 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar mevsiminde (0,32 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise sonbahar ve yaz mevsimlerinde (0,37 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 30). Yıllık ortalama sudaki çözünmüş arsenik değeri ise $0,35\pm 0,07 \mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 31). Askı yükteki ortalama arsenik (As) miktarı ise $<0,01-0,35 \mu\text{g/l}$ arasında değişmekte olup en düşük değere kış mevsiminde ($<0,01 \mu\text{g/l}$), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (0,35 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 30). Yıllık ortalama askı yükteki arsenik değeri ise $0,11\pm 0,16 \mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 31).

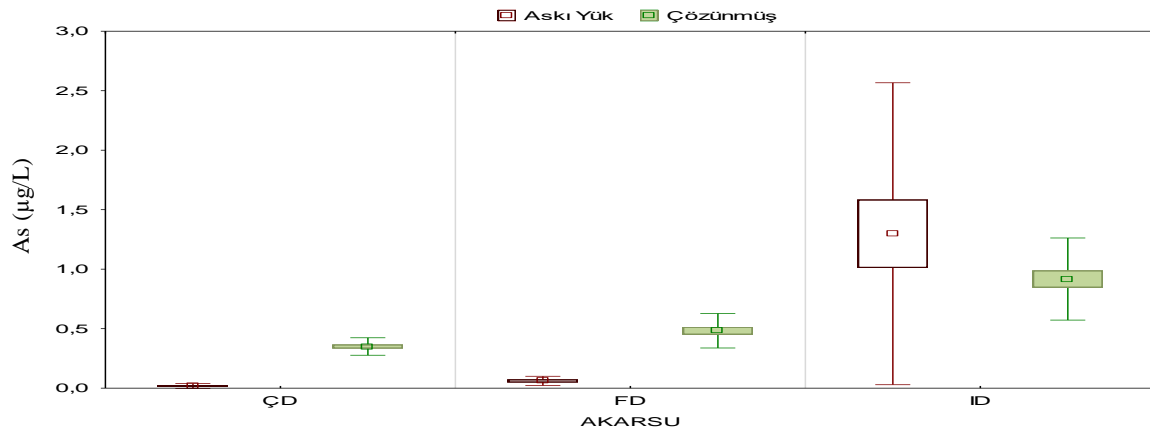
Fırtına Deresi sularında mevsimsel ortalama toplam arsenik (As) konsantrasyon değeri 0,48-0,70 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar mevsiminde (0,48 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise yaz mevsiminde (0,70 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 30). Yıllık ortalama toplam arsenik değeri ise $0,56\pm 0,16 \mu\text{g/L}$ 'dir (Tablo 6). Sudaki çözünmüş ortalama arsenik (As) değeri 0,39-0,65 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar mevsiminde (0,39 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise yaz mevsiminde (0,65 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 30). Yıllık ortalama sudaki çözünmüş arsenik değeri ise $0,48\pm 0,14 \mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 31). Askı yükteki ortalama arsenik (As) miktarı ise 0,04-0,11

$\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere kış mevsiminde ($0,04 \mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde ($0,11 \mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 30). Yıllık ortalama askı yükteki arsenik değeri ise $0,07 \pm 0,07 \mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 31).

İkizdere sularında mevsimsel ortalama toplam arsenik (As) derişimi $1,31-3,56 \mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde ($1,31 \mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise kış mevsiminde ($3,56 \mu\text{g/L}$), rastlandığı görülmektedir (Şekil 30). Yıllık ortalama toplam arsenik değeri ise $2,14 \pm 1,27 \mu\text{g/L}$ 'dir (Tablo 6). Sudaki çözünmüş ortalama Arsenik (As) değeri $0,80-1,08 \mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere sonbahar mevsiminde ($0,80 \mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise yaz mevsiminde ($1,08 \mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 30). Yıllık sudaki çözünmüş ortalama arsenik değeri ise $0,92 \pm 0,35 \mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 31). Askı yükteki ortalama Arsenik (As) miktarı ise $0,23-2,84 \mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde ($0,23 \mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise kış mevsiminde ($2,84 \mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 30). Yıllık ortalama askı yükteki arsenik değeri ise $1,26 \pm 1,17 \mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 31).



Şekil 30. Toplam, çözünmüş ve askı yükteki As konsantrasyonunun mevsimsel değişimi



Şekil 31. Çözünmüş ve askı yükteki As konsantrasyonunun yıllık değişimi

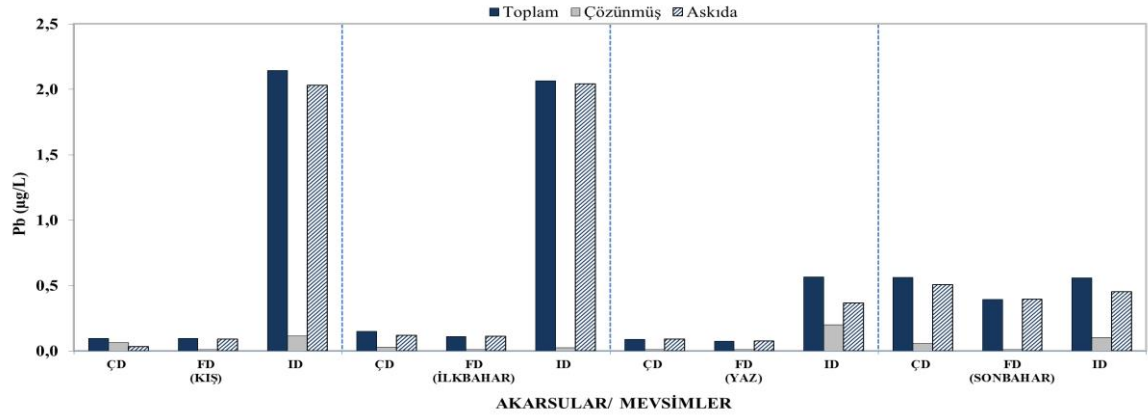
3.3.6. Kurşun (Pb)

Çağlayan deresi sularında mevsimsel ortalama toplam kurşun (Pb) derişimi 0,09-0,46 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (0,09 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (0,57 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 32). Yıllık ortalama toplam kurşun değeri ise $0,20\pm 0,25$ $\mu\text{g/L}$ 'dir (Tablo 6). Sudaki çözünmüş ortalama kurşun (Pb) değeri $<0,01-0,06$ $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde ($<0,01$ $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise sonbahar ve kış mevsimlerinde (0,06 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 32). Yıllık ortalama sudaki çözünmüş kurşun değeri ise $0,04\pm 0,06$ $\mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 33). Askı yükteki ortalama kurşun (Pb) miktarı ise 0,03-0,51 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere kış mevsiminde (0,03 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (0,51 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 32). Yıllık ortalama askı yükteki kurşun değeri ise $0,17\pm 0,24$ $\mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 33).

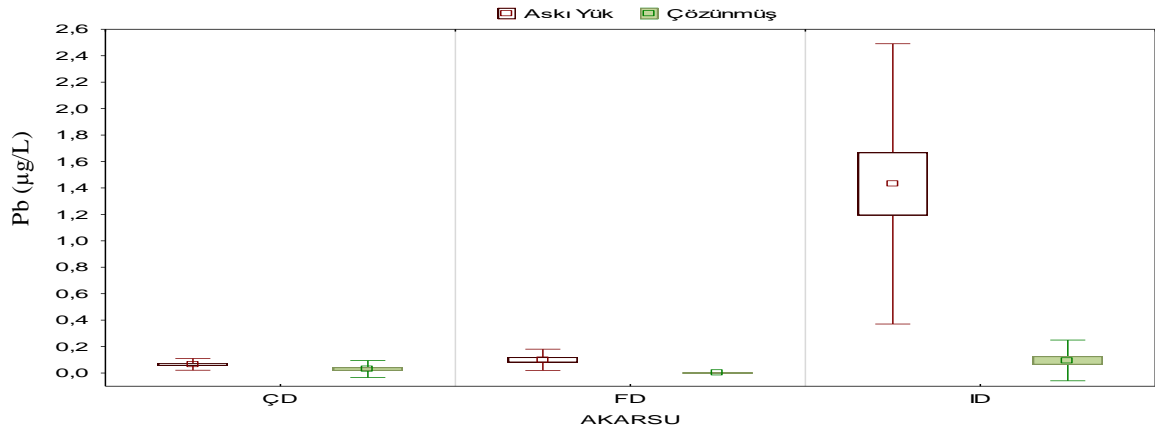
Fırtına Deresi sularında mevsimsel ortalama toplam kurşun (Pb) derişimi 0,08-0,40 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (0,08 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (0,40 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 32). Yıllık ortalama toplam kurşun değeri ise $0,17\pm 0,19$ $\mu\text{g/L}$ 'dir (Tablo 6). Sudaki çözünmüş ortalama kurşun (Pb) değeri $<0,01-0,02$ $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar yaz ve sonbahar mevsimlerinde ($<0,01$ $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise kış mevsiminde (0,02 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 32). Yıllık ortalama sudaki çözünmüş kurşun değeri ise $0,002\pm 0,01$ $\mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 33). Askı yükteki ortalama kurşun (Pb) miktarı ise 0,08-0,40 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde (0,08 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise sonbahar mevsiminde (0,40 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 32). Yıllık ortalama askı yükteki kurşun değeri ise $0,17\pm 0,19$ $\mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 33).

İkizdere sularında mevsimsel ortalama toplam arsenik (As) derişimi 0,56-2,13 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere sonbahar mevsimde (0,56 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise kış mevsiminde (2,13 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 32). Yıllık ortalama toplam arsenik değeri ise $1,33\pm 0,91$ $\mu\text{g/L}$ 'dir (Tablo 6). Sudaki çözünmüş ortalama Arsenik (As) değeri 0,03-0,20 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere ilkbahar mevsiminde (0,03 $\mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise yaz mevsiminde (0,20 $\mu\text{g/L}$) rastlandığı görülmektedir (Şekil 32). Yıllık sudaki çözünmüş ortalama kurşun değeri ise $0,11\pm 0,15$ $\mu\text{g/L}$ 'dir. (Şekil 33). Askı yükteki ortalama Arsenik (As) miktarı ise 0,37-2,04

$\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup en düşük değere yaz mevsiminde ($0,37 \mu\text{g/L}$), en yüksek değere ise ilkbahar mevsiminde ($2,04 \mu\text{g/L}$), rastlandığı görülmektedir (Şekil 32). Yıllık ortalama askı yükteki arsenik değeri ise $1,22 \pm 0,94 \mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 33).



Şekil 32. Toplam, çözünmüş ve askı yükteki Pb konsantrasyonunun mevsimsel değişimi



Şekil 33. Çözünmüş ve askı yükteki Pb konsantrasyonunun yıllık değişimi

Tablo 6. Bazı metallerin yıllık ortalama değerleri

Metaller		Dereler		
		Çağlayan	Fırtına	İkizdere
Mangan ($\mu\text{g/L}$)	Askıda	2,90 \pm 1,16	4,90 \pm 6,82	31,84 \pm 27,31
	Çözünmüş	1,35 \pm 1,60	0,68 \pm 0,85	5,87 \pm 12,73
	Toplam	4,25 \pm 2,00	5,58 \pm 7,13	37,46 \pm 26,59
Nikel ($\mu\text{g/L}$)	Askıda	0,08 \pm 0,03	0,19 \pm 0,24	0,84 \pm 0,62
	Çözünmüş	0,29 \pm 0,14	0,32 \pm 0,16	0,79 \pm 0,58
	Toplam	0,37 \pm 0,14	0,51 \pm 0,32	1,59 \pm 1,13
Bakır ($\mu\text{g/L}$)	Askıda	0,27 \pm 0,24	0,33 \pm 0,37	1,10 \pm 0,84
	Çözünmüş	0,15 \pm 0,17	0,14 \pm 0,11	0,42 \pm 0,26
	Toplam	1,43 \pm 0,37	0,47 \pm 0,44	1,51 \pm 0,95
Çinko ($\mu\text{g/L}$)	Askıda	0,76 \pm 0,75	2,09 \pm 2,65	6,12 \pm 9,90
	Çözünmüş	1,10 \pm 1,34	1,67 \pm 1,98	2,96 \pm 10,12
	Toplam	1,86 \pm 2,04	3,76 \pm 4,54	8,95 \pm 19,66
Arsenik ($\mu\text{g/L}$)	Askıda	0,11 \pm 0,16	0,07 \pm 0,07	1,26 \pm 1,17
	Çözünmüş	0,35 \pm 0,07	0,48 \pm 0,14	0,92 \pm 0,35
	Toplam	0,46 \pm 0,18	0,56 \pm 0,16	2,14 \pm 1,27
Kurşun ($\mu\text{g/L}$)	Askıda	0,17 \pm 0,24	0,17 \pm 0,19	1,22 \pm 0,94
	Çözünmüş	0,04 \pm 0,06	0,002 \pm 0,01	0,11 \pm 0,15
	Toplam	0,20 \pm 0,25	0,17 \pm 0,19	1,33 \pm 0,91

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, Avrupa birliği projesi kapsamında Karadeniz'e dökülen nehir havzalarının korunması, su kirliliği kontrolünde Karadeniz ülkeleri arasında, bilimsel, kültürel ve sosyal bağları güçlendirmek için altyapı dahil her türlü işbirliğinde bulunmak amacıyla Rize ili sınırları içerisinde bulunan Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Derelerinin ekolojik durumları ve kirlilik yüklerinin tespiti hedeflenmiştir. Elde edilen sonuçlar Avrupa Birliği Direktifi (EC, 1998), Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011), Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA, 2012) ve Türkiye Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY, 2015) kalite kriterlerine göre değerlendirilmiştir.

Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Derelerinin yıllık sıcaklık ortalaması $10,54 \pm 4,45$ °C olarak belirlenmiş, en düşük sıcaklık değeri $9,50$ °C İkizdere deresinde, en yüksek sıcaklık değeri ise $12,11$ °C olarak Çağlayan Deresinde tespit edilmiştir.

Fırtına Deresinde kışın sıcaklığın düşük değerlerde ölçülmesi rakımın yüksek olması, iklimin karlı olması ve karın bu bölgede daha uzun süre kalmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Sıcaklık parametresi açısından Fırtına Deresi ve İkizdere'nin benzer karakteristik özellikte olduğu fakat Çağlayan Deresi sıcaklığının ise daha yüksek seviyelerde olduğu görülmektedir. Bu durumun nedeni Çağlayan Deresinde rakımın diğer derelere oranla daha düşük olması ve denize yakın olması sebebiyle sıcak ve ılıman iklimin görülmesidir söylenebilir.

Alemdağ (1993) Fırtına Deresinde yapmış olduğu çalışmada en düşük su sıcaklığı şubat ayında $4,16$ °C, en yüksek su sıcaklığı ağustos ayında $18,5$ °C olarak ölçmüştür. Gedik vd. (2010), tarafından aynı derede yapılan çalışmada ise en düşük su sıcaklığı $4,00$ °C, en yüksek su sıcaklığı ise $18,96$ °C olarak ölçülmüştür. Verep vd. (2005) tarafından yapılan çalışmada, İyidere'nin ortalama su sıcaklığı $7,20$ °C olarak tespit edilmiştir. Doğu Karadeniz havzasında Alkan vd., (2013), Serdar (2015)'nin yaptıkları çalışmalarda ortalama su sıcaklığını sırasıyla $12,90$ - $15,32$ °C olarak tespit etmişlerdir.

Su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, yoğunluk vb. birçok fiziksel su özelliklerini doğrudan değiştirirken sucul canlıların optimal yaşam koşullarını ve birçok biyo-kimyasal süreci etkileyen bir parametredir (Serdar, 2015).Yapılan bu çalışmada ortalama sıcaklık açısından değerlendirildiğinde Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğine göre 1.

Sınıf yüksek kaliteli su olduğu görülmektedir (Tablo 7). Belirtilen kalite sınıfına karşılık gelen suların içme suyu temini, rekreasyonel amaçlar (yüzme gibi vücut teması gerektirenler dâhil) için kullanımının uygun olduğu kabul edilmektedir.

Çağlayan Deresi kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde ortalama amonyum azotu değeri yaklaşık olarak aynı seviyede iken, sonbahar mevsiminde ise diğer mevsimlere oranla azalma göstermektedir.

Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Derelerinde ölçülen yıllık ortalama pH değeri $7,67 \pm 0,34$ olarak ölçülmüştür.

Genel olarak kış ayında ölçülen ortalama pH değerleri sonbahar ayında ölçülen değerlere göre artış gösterirken, ilkbahar da ölçülen değerler kış ayına oranla çağlayan deresi hariç azalma göstermektedir. Yaz aylarında ölçülen ortalama pH değerleri ise ilkbahar ayında ölçülen değerlere oranla İkizdere hariç azalma göstermektedir. Çağlayan Deresinde kış ayında yapılan ölçümlerde en düşük pH değeri 6,80 ile 1. İstasyonda ölçülürken, kış ayında en yüksek pH değeri 2. İstasyonda 7,94 olarak ölçülmüştür.

Çağlayan deresinde ilkbahar ayında 1. İstasyonda 8,26 olarak ölçülen pH değeri WHO'nun sınır değerini aştığı fakat canlı yaşamını tehlikeye sokmayacak seviyede olduğu gözlenmiştir.

Alemdağ (1993) tarafından Fırtına deresinde ölçülen pH değeri aylar itibarıyla 6,00-8,00 arasında değişmektedir. Aksungur vd., (2007) ise Çağlayan, Fırtına ve İyidere Derelerinde sırasıyla 7,31; 7,46; 7,24, olarak ölçmüştür. Gedik vd. (2010), Fırtına Deresinde pH'yı 6,88- 7,61 olarak ölçmüştür. Serdar (2012) İyidere deresinin ortalama pH değerini 7,96, Alkan vd., (2013) ve Serdar (2015) tarafından ölçülen Doğu Karadeniz havzası akarsularında ölçülen yıllık ortalama pH değeri sırasıyla 8,00-7,78 olduğu rapor edilmiştir.

Çalışmada üç dereninin pH verileri karşılaştırıldığında her üç derede de (WHO, 2011), (EPA, 2012) ve (EC, 1998) kriterlerine göre sınır değerlerini geçmediği izlenmiştir (Tablo 7).

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (Kıta İçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri) bakımından ise 1. sınıf (yüksek kaliteli su) olarak tespit edilmiştir (Tablo 7).

Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Derelerinde ölçülen yıllık ortalama elektriksel iletkenlik değeri $36,06 \pm 13,10$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak ölçülmüştür. En düşük yıllık ortalama

elektriksel iletkenlik değeri ağlayan Deresinde 31,68 ve en yksek 38,82 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak İkidere de llmŖtir.

İkidere Deresine ait ortalama iletkenlik değerleri ağlayan ve Fırtına Derelerine oranla yksek ıkmıŖtır. Ayrıca sonbahar ve kış ayları iletkenlik değerleri, ilkbahar ve yaz aylarındaki değerlere oranla daha yksek olduğu grlmektedir.

ağlayan, Fırtına ve İkidere Derelerinin elektriksel iletkenlik parametresi (YSKY, 2015) kalite kriterlerine gre değerlendirildiğinde 1. Sınıf su kalitesinde olduğu grlmektedir (Tablo 7).

ağlayan Fırtına ve İkidere Derelerinin yıllık znmŖ oksijen değeri ortalaması $10,88\pm 0,80$ mg/L olarak belirlenmiŖ, en dŖk znmŖ oksijen değeri 10,78 olarak ağlayan Deresinde, en yksek değer ise 10,94 mg/L olarak Fırtına Deresinde tespit edilmiŖtir.

Rize il sınırları içerisinde bulunan bu derelerde daha nce yapılan alıŖmalarda tespit edilen ortalama znmŖ oksijen değerleri; Verep vd. (2005), İyidere de yaptıkları alıŖmada nehir ağzı blgesindeki istasyonda ortalama znmŖ oksijen değerini 8,58 mg/L, Aksungur vd. (2007) ise ağlayan, Fırtına ve İyidere Derelerinde sırasıyla 10,53; 10,63; 10,62 mg/L, Gedik vd. (2010) ise Fırtına Deresinin nehir ağzında ortalama znmŖ oksijen değerini 10,40 mg/L olarak lmŖlerdir. Alkan vd. (2013) 10,07 mg/L, Serdar (2015) havza akarsularda llen yıllık ortalama znmŖ oksijen değerini 9,17 mg/L olduğu rapor etmiŖtir.

znmŖ oksijen açısından her  derenin değerleri kıyaslandığında nem arz edecek bir farklılık tespit edilmemiŖ, kış ayında znmŖ oksijen miktarında artma gzlenmekte iken, yaz ayında sıcaklık etkisiyle derelerin znmŖ oksijen değerleri dŖk ıkmıŖtır. (YSKY, 2015) bakımından znmŖ oksijen değerleri 1. sınıf yksek kaliteli su karakterinde olduğu grlmektedir (Tablo 7).

Bu alıŖmada, ağlayan fırtına ve İkidere derelerinin yıllık nitrat azotu değeri ortalaması $0,68\pm 0,41$ mg/L olarak belirlenmiŖ, en dŖk değer 0,59 olarak Fırtına deresinde, en yksek değer ise 0,75 mg/L olarak İkidere deresinde tespit edilmiŖtir.

Aksungur vd. (2007) yapmıŖ olduğu alıŖmada ağlayan, Fırtına ve İyidere derelerinde ortalama nitrat azotu değerlerini sırasıyla 1,26; 1,06; 1,69 mg/L olarak, Gedik vd., (2010) ise Fırtına deresinin nehir ağzında ortalama nitrat azotu 1,80 mg/L olarak lmŖlerdir, Doğu Karadeniz havza akarsularında llen yıllık ortalama nitrat azotu değerini Alkan vd., (2013) 1,04, Serdar (2015) ise 0,685 mg/L olarak lmŖlerdir.

Sonbahar ve kış mevsiminde ortalama nitrat değeri, ilkbahar ve yaz mevsimine göre artış göstermektedir. Genel olarak Fırtına deresi diğer derelere oranla ortalama nitrat değeri açısından daha düşük seviyededir.

Çağlayan deresi ortalama nitrat değeri açısından minimum değerini ilkbahar ve yaz mevsiminde gösterirken, sonbahar ve kış mevsiminde bu değerde yaklaşık 0,1 mg/L'lik bir artış ölçülmektedir.

Benzer bir durum Fırtına deresi ve İyidere de ortalama nitrat değeri sonbahar, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde yaklaşık aynı değerde iken, kış mevsiminde ortalama değerde 0,2'lik bir artış görülmektedir.

İkizdere de ortalama nitrat değeri sonbahar mevsiminden başlayarak yaz mevsimine doğru azalış göstermektedir. Sonbahar mevsimindeki artışının 6. İstasyonda olduğu görülmüştür. Bunun nedenin ise yağmur sularının tarım arazilerini yıkaması sonucunda suda kolayca çözünen organik ve azotlu gübreler olduğu düşünülmektedir.

Çağlayan, Fırtına ve İkizdere dereleri yerüstü suları ortalama nitrat azotu parametresi (WHO, 2011), (EPA, 2012) ve (EC, 1998) kalite kriterlerinin içme suyu standartlarına göre değerlendirildiğinde “kabul sınırı içinde” olduğu görülmektedir. (YSKY, 2015) kalite kriterleri göre ise 1. Sınıf yüksek kaliteli su değerinde olduğu görülmektedir (Tablo 7).

Bu çalışmada, Çağlayan Fırtına ve İkizdere Derelerinin yıllık nitrit azotu değeri ortalaması $0,01 \pm 0,00$ mg/L olarak belirlenmiştir.

Ortalama nitrit azotu değerleri; Verap vd. (2005) tarafından İyidere de yapılan çalışmada nehir ağzı bölgesindeki istasyonda 0,0026 , Aksungur vd. (2007) ise Çağlayan, Fırtına ve İyidere Derelerinde sırasıyla 0,010; 0,005; 0,005 , Gedik vd. (2010) ise Fırtına Deresinin nehir ağzında 0,0024 mg/L olarak ölçmüşlerdir, Serdar (2012) İyidere deresinin ortalama nitrit azotu değerini 0,0255, Alkan vd. (2013) 0,0044 mg/L, Serdar (2015) havza akarsularda ölçülen yıllık ortalama nitrit azotu değerini 0,0040 mg/L olduğu rapor etmiştir.

Çağlayan Deresinde sonbahardan ilkbahar mevsimine kadar ortalama nitrit değerinde bir artış gözlemlenirken, yaz mevsiminde ortalama nitrit değerinde azalma gözlemlenmiştir.

Fırtına Deresinde sonbahar ile ilkbahar mevsimleri ve kış ile yaz mevsimlerinde benzerlik söz konusudur. Ancak kış ve yaz mevsimindeki ortalama nitrit değeri sonbahar ve ilkbahardaki ortalama nitrit değerine oranla azalma gözlenmektedir.

İkizdere de kış ve yaz, ilkbahar ve sonbahar ortalama nitrit değerleri benzerlik göstermektedir. Ancak sonbahar ve ilkbahar mevsimindeki ortalama nitrit değeri kış ve yaz ortalama nitrit değerine oranla azalma göstermektedir. Bununla birlikte ilkbahar mevsiminde minimum ve maksimum nitrit değeri arasındaki fark diğer mevsimlere oranla artış göstermektedir. İkinci istasyonda gözlemlenen bu durumun organik yük, azotlu gübreler, evsel atıklar ve bazı minerallerin artışı ile kaynaklı olduğu düşünülebilir.

Mevsimsel ortalama nitrit azotu değeri (WHO, 2011) içme suyu standartlarına göre değerlendirildiğinde 3 mg/L'yi geçmediği izlenmiştir (Tablo 7).

Aynı zamanda ortalama nitrit azotu değerleri (EPA, 2012) ve (EC, 1998) kriterlerinin içme suyu standartlarına göre değerlendirildiğinde sınır değerlerini geçmediği izlenmiştir (Tablo 7).

Mevsimsel ortalama nitrit azotu değeri (YSKY, 2015) ile ilişkili olarak incelendiğinde tüm derelerde 1. Sınıf yüksek kaliteli su değeri olan <0,01 mg/l değerini geçmediği, bununla birlikte 1. Sınıf yüksek kaliteli su kalitesinde olduğu görülmektedir (Tablo 7).

Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Derelerinin ortalama yıllık amonyum azotu değeri $0,01 \pm 0,00$ mg/L olarak belirlenmiş, en düşük amonyum azotu değeri <0,01 mg/L olarak çağlayan ve İkizdere derelerinde, en yüksek değer ise 0,01 mg/L olarak Fırtına Deresinde tespit edilmiştir.

Ortalama amonyum azotu değerleri; Verap vd. (2005) tarafından İyidere de yapılan çalışmada nehir ağızı bölgesindeki istasyonda ortalama 0,0095 mg/L, Gedik vd. (2010) ise Fırtına Deresinin nehir ağzında ortalama amonyum azotu 0,0051 mg/L olarak ölçmüşlerdir, Doğu Karadeniz havza akarsularında ölçülen yıllık ortalama amonyum azotu değerini Alkan vd. (2013) ve Serdar (2015) ise 0,028 mg/L olarak ölçmüşlerdir.

Çağlayan Deresi kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde ortalama amonyum azotu değeri yaklaşık olarak aynı seviyede iken, sonbahar mevsiminde ise bu değerlere oranla azalma göstermektedir.

Fırtına Deresi kış ve ilkbahar mevsimlerinde ortalama amonyum azotu değeri birbirine yakın iken, yaz mevsiminde 0,002 mg/L'lik bir azalma gösterip, sonbahar mevsiminde 0,016 mg/L'lik bir artış göstermektedir. Bu artış hemen hemen bütün istasyonlarda, diğer mevsimlerde ölçülen değerlere oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda Fırtına Deresi boyunca yoğun şekilde zirai çalışmalar

sürdürüldüğü bilinmektedir. Amonyum azotundaki bu artışın sebebi tarımsal alanlardan gübre taşınımı ile sulara karıştığı düşünülmektedir.

İkizdere de sonbahar mevsiminden, yaz mevsimine kadar ortalama amonyum azotu değerinde azda olsa bir artış gözlenmektedir.

Mevsimsel ortalama amonyum azotu değerleri (WHO, 2011) ve (EC, 1998) içme suyu standartlarına göre değerlendirildiğinde sırasıyla $<0,2$ mg/L ve $0,5$ mg/L sınır değerlerini geçmediği izlenmiştir (Tablo 7).

Mevsimsel ortalama amonyum azotu değeri (YSKY, 2015) ile ilişkili olarak incelendiğinde tüm derelerde 1. Sınıf yüksek kaliteli su değeri olan $<0,2$ mg/l değerini geçmediği, bununla birlikte 1. Sınıf yüksek kaliteli su kalitesinde olduğu görülmektedir (Tablo 7).

Çağlayan Fırtına ve İkizdere Derelerinin yıllık ortalama toplam fosfor değeri $0,26\pm 0,21$ mg/L olarak belirlenmiş, en düşük değer $0,22$ mg/L olarak Çağlayan Deresinde, en yüksek değer ise $0,28$ mg/L olarak İkizdere Deresinde tespit edilmiştir.

Serdar (2015) Doğu Karadeniz havza akarsularında ölçülen yıllık ortalama toplam fosfor değerini $0,018$ mg/L olarak ölçmüştür.

Çağlayan Deresinde ortalama toplam fosfor değeri en yüksek kış mevsiminde, en düşük sonbahar mevsiminde görülmektedir. İlkbahar ve yaz mevsimlerindeki değerler birbirine yakın olup, yaz mevsiminde istasyonlar arası toplam fosfor değeri farklılıklar göstermektedir.

Fırtına Deresinde tüm mevsimlerde toplam fosfor maksimum ve minimum değerleri arasındaki fark büyük olup, ortalama toplam fosfor değeri en yüksek kış, en düşük ise ilkbahar mevsiminde olduğu görülmektedir.

İkizdere de sonbahar, kış, ilkbahar mevsimlerinde ortalama toplam fosfor değerleri birbirine benzer iken, yaz mevsiminde ise bu değerde azalma olduğu görülmüştür.

Mevsimsel ortalama toplam fosfor değeri (YSKY, 2015) ile ilişkili olarak incelendiğinde tüm derelerde 1. Sınıf yüksek kaliteli su değerini ($<0,03$ mg/L) geçmediği, bununla birlikte 1. Sınıf yüksek kaliteli su kalitesinde olduğu görülmektedir (Tablo 7).

Çağlayan Fırtına ve İkizdere Derelerinin yıllık ortalama orto-fosfat değeri $0,17\pm 0,18$ mg/L olarak belirlenmiş, en düşük değer $0,13$ mg/L olarak çağlayan deresinde, en yüksek değer ise $0,20$ mg/L olarak İkizdere deresinde tespit edilmiştir.

Ortalama orto-fosfat değerleri; Verep vd. (2005) tarafından İyidere de yapılan çalışmada nehir ağızı bölgesindeki istasyonda ortalama $0,007$ mg/L , Aksungur vd. (2007)

ise Çağlayan, Fırtına ve İyidere Derelerinde sırasıyla 0,303; 0,457; 0,339 mg/L, Gedik vd., (2010) ise Fırtına deresinin nehir ağzında ortalama orto-fosfat 0,12 mg/L olarak ölçmüşlerdir, Serdar (2012) İyidere deresinin ortalama orto fosfat değerini 1,83 mg/L, Doğu Karadeniz havza akarsularında ölçülen yıllık ortalama orto fosfat değerini Alkan vd. (2013) ve Serdar (2015) sırasıyla 0,011, 0,006 mg/L olarak ölçmüşlerdir.

Çağlayan Deresi sonbahardan yaz mevsimine kadar ortalama orto-fosfat değerinde bir artış olduğu gözlenmektedir. Ancak yaz mevsimindeki maksimum orto-fosfat değerinde özellikle 3. İstasyonda bir artış söz konusudur. İlkbahar ve yaz mevsimlerinde minimum orto-fosfat değerinin benzer olduğu gözlenmektedir.

Fırtına Deresinde kış ve yaz mevsimlerinde ortalama orto-fosfat değeri birbirine benzer iken, sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde bir azalma görülmektedir. Yaz mevsimindeki minimum ve maksimum orto-fosfat değeri arasındaki fark 4. istasyondaki Zilkale tarafında gözlenmiştir. Bu bölgede nüfus yoğunluğu, tarımsal alanlar ve hayvancılığın diğer bölgelere göre daha fazla olduğu söylenebilir.

İkizdere de kış ve ilkbahar mevsimlerinde ortalama orto-fosfat değeri birbirine benzer iken, sonbahar ve yaz mevsimlerinde bir azalma görülmektedir.

Belli bir miktardan sonra genellikle suyun fiziksel olarak kirlenmesine sebep olan, dolayısıyla suyun bulanıklaşmasını, yoğunlaşmasını, ışık geçirgenliğini ve oksijen miktarını azaltarak su kalitesini olumsuz yönde etkileyen askıda katı madde değeri kullanım amacına göre önem arz etmektedir

Çağlayan Fırtına ve İkizdere Derelerinin yıllık askıda katı madde değeri ortalaması $16,85 \pm 32,36$ mg/L olarak belirlenmiş, en düşük ortalama askıda katı madde değeri 3,43 mg/L olarak çağlayan deresinde, en yüksek değer ise 30,43 mg/L olarak Fırtına deresinde tespit edilmiştir.

Ortalama askıda katı madde değerleri; Verep vd. (2005) tarafından İyidere de yapılan çalışmada nehir ağzı bölgesindeki istasyonda ortalama 25,56 mg/L , Gedik vd. (2010) ise Fırtına Deresinin nehir ağzında ortalama askıda katı madde 19,28 mg/L olarak ölçmüşlerdir, Serdar (2012) İyidere deresinin ortalama askıda katı madde değerini 32,13 mg/L, Doğu Karadeniz havza akarsularında ölçülen yıllık ortalama askıda katı madde değerini Alkan vd. (2013) 57,70 ve Serdar (2015) 40,36 mg/L olarak ölçmüşlerdir.

İkizdere ve Fırtına Derelerinin debi rejimlerinin farklı olması askıda katı madde miktarlarını etkilemiş ve yıl boyunca mevsimsel farklılıklar tespit edilmiştir. Yağış etkisinin az olduğu sonbahar ve yaz mevsimlerinde benzerlikler tespit edilmiştir. İlkbahar

mevsiminde kar sularının erimesiyle İkizdere ve Fırtına Derelerinde askıda katı madde miktarında önemli bir artış gözlemlenmektedir. İkizdere de ilkbaharda askıda katı miktarı Fırtına Deresindeki askıda katı miktarından daha fazla olduğu tespit edilmiştir. İkizdere deresinin 4. İstasyonda askıda katı madde miktarının İlkbaharda diğer istasyonlara göre artış göstermesi yağışların yanında dere ıslahı çalışmalarından kaynaklandığı söylenebilir. Ayrıca kış mevsiminde İkizdere de 1. istasyonda askıda katı madde miktarındaki artışında yol çalışmalarından meydana geldiği düşünülmektedir. İkizdere deresinin genel olarak diğer derelere oranla daha bulanık olmasının sebebi bu gibi aktivitelere bağlanabilir. Çağlayan deresi askıda katı madde miktarı bakımından incelendiğinde daha düzenli rejime sahip dere özelliğinde olduğu görülmektedir.

Çağlayan Fırtına ve İkizdere Derelerinin yıllık toplam sertlik değeri ortalaması $50,07 \pm 30,29$ mg/L olarak belirlenmiş, en düşük ortalama toplam sertlik değeri 44,04 mg/L olarak Fırtına Deresinde, en yüksek değer ise 50,70 mg/L olarak İkizdere Deresinde tespit edilmiştir.

Ortalama toplam sertlik değerleri; Verep vd. (2005) tarafından İyidere de yapılan çalışmada nehir ağızı bölgesindeki istasyonda ortalama 40,36 mg/L CaCO_3 , Aksungur vd. (2007) ise Çağlayan, Fırtına ve İyidere Derelerinde sırasıyla 29,4; 37,2; 33,1 mg/L CaCO_3 , Gedik vd. (2010) ise Fırtına Deresinin nehir ağızında ortalama toplam sertlik 34,83 mg/L CaCO_3 olarak ölçmüşlerdir, Serdar (2012) İyidere deresinin ortalama toplam sertlik değerini 1,83 mg/L CaCO_3 , Doğu Karadeniz havza akarsularında ölçülen yıllık ortalama toplam sertlik değerini Alkan vd., (2013) 70,34 ve Serdar (2015) ise 90,45 mg/L CaCO_3 olarak ölçmüşlerdir.

Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Derelerinin ortalama toplam sertlik değerleri genel olarak sonbahar, kış ve yaz mevsimlerinde benzer değerlerde olduğu görülmekte, yaz mevsiminde ise kış mevsimine oranla daha az seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ortalama toplam sertlik değerleri, yaz ve kış mevsimlerine oranla yaklaşık 50 mg/L'lik bir artış göstermektedir. İlkbahar mevsiminde Çağlayan Deresi ve Fırtına Deresinin maksimum toplam sertlik değer verileri, her iki dereninde 1. İstasyonlarında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışma kapsamındaki derelerimizin ortalama toplam sertlik değerleri mevsimsel olarak karşılaştırıldığında çağlayan deresi, Fırtına Deresine benzer özellik göstermekte, buna karşın İkizdere de sonbahar mevsiminden sonra toplam sertlik değerleri azalış göstermektedir.

Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Derelerinin yıllık permanganat İndeksi değeri ortalaması $2,26 \pm 0,79$ mg/L olarak belirlenmiş, en düşük ortalama permanganat indeksi değeri 1,95 mg/L olarak Çağlayan Deresinde, en yüksek değer ise 2,59 mg/L olarak Fırtına Deresinde tespit edilmiştir.

Doğu Karadeniz havza akarsularında ölçülen yıllık ortalama permanganat indeksi değerini Alkan vd. (2013) 2,14 ve Serdar (2015) 1,71 mg/L olarak ölçmüşlerdir.

Çağlayan Deresinde yaz mevsimindeki ortalama permanganat indeks değeri sonbahar mevsimine göre artış gösterirken, Fırtına Deresinde ise bu değer azalma göstermektedir. İkizdere ortalama permanganat indeks değeri yaz ve sonbahar mevsimlerinde yaklaşık olarak benzer değerde olduğu görülmektedir. Kış mevsiminde tüm derelerde ortalama permanganat indeks değerleri diğer mevsimlere oranla artış göstermiştir.

İkizdere de ilkbahar ve kış mevsimlerinde ortalama permanganat indeksi benzer değeri gösterirken, Çağlayan ve Fırtına derelerin de azalma olduğu görülmektedir.

İkizdere de ilkbahar mevsimindeki maksimum permanganat indeksi değeri diğer mevsimlere oranla yüksek değerde olduğu bilinmektedir. Bu değer 4. İstasyondan kaynaklandığı bilinmektedir. Bu durumun nedeni ise organik maddenin önemli bir bölümünün bitki artıkları, doğal ve yapay gübreler, evsel ve endüstriyel atık suların kaynaklandığı bilinmektedir. Bununla birlikte çevredeki yüksek nüfus yoğunluğuna bağlı olduğu da düşünülmektedir.

Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Derelerinin yıllık klorofil-a değeri ortalaması $1,00 \pm 1,12$ µg/L olarak belirlenmiş, en düşük ortalama klorofil-a değeri 0,72 µg/L olarak Çağlayan Deresinde, en yüksek değer ise 1,45 µg/L olarak İkizdere deresinde tespit edilmiştir.

Doğu Karadeniz havza akarsularında ölçülen yıllık ortalama klorofil-a değerini Alkan vd., (2013) 0,90 ve Serdar (2015) ise 1,71 µg/L olarak ölçmüşlerdir.

İlkbahar mevsiminde Çağlayan, Fırtına ve İkizdere de ortalama klorofil-a değeri düşük seviyede olduğu görülmektedir.

Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Derelerinin yıllık anyonik deterjan (LAS) ortalaması $0,01 \pm 0,01$ mg/L olarak belirlenmiştir.

Çağlayan deresindeki ortalama anyonik deterjan değeri sonbahar>kış>ilkbahar ve yaz olarak arttığı gözlenmektedir.

Fırtına Deresinde ki artış ise kış>ilkbahar>yaz ve sonbahar sırasını izlemektedir. Bu derenin sonbahar mevsimindeki ortalama anyonik deterjan değerlerinin istasyonlar

arasındaki farklılığı diğer derelere oranla daha belirgin olduğu gözlenmiştir. Ayrıca sonbahar mevsiminde anyonik deterjan, akarsu kaynağından başlayarak mansap yönünde artış gösterdiği belirlenmiştir.

Tüm akarsularda, ilkbahar ve sonbahar dönemlerindeki su sıcaklık değerleri yakın olmakla birlikte en yüksek sıcaklıkların ölçüldüğü yaz dönemi diğer mevsimlerden önemli derecede yüksektir.

Akarsularda en yüksek oksijen derişimleri kış döneminde, en düşük derişimler ise yaz dönemlerinde ölçülmüş olup yaz kış dönemleri arasındaki oksijen derişimleri farklılıkları istatistiksel olarak önemli düzeydedir ($p < 0,05$).

Çağlayan ve İkizdere Derelerindeki pH mevsimsel farklılığı ilkbahar ve yaz mevsimleri için önemli iken, fırtına deresinde ise kış dönemindeki pH değerleri tüm mevsimlerden istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$).

Çağlayan Deresinde; elektriksel iletkenlik, askıda katı madde, nitrat azotu, orto fosfat, toplam fosfat, İkizdere Deresinde; askıda katı madde, nitrat azotu, orto fosfat, toplam fosfat, yüzey aktif madde ve Fırtına Deresinde ise elektriksel iletkenlik, nitrat azotu, nitrit azotu mevsimsel değişimleri istatistiksel açıdan önemli düzeyde değildir ($p > 0,05$).

Çağlayan Deresinde kış döneminde ölçülen organik madde derişimi diğer mevsimlerden, yaz dönemindeki yüzey aktif madde derişiminin de diğer mevsimlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bahar dönemlerindeki toplam sertlik değerlerinin yaz ve kış mevsimlerindeki değerlere göre istatistiksel olarak daha yüksek olduğu görülmüştür ($p < 0,05$).

İkizdere Deresinde sonbahar ve kış döneminde ölçülen elektriksel iletkenlik değerlere ilkbahar ve yaz mevsimlerinde ölçülen değerlerden istatistiksel olarak daha yüksektir. İkizdere deresinde kış mevsimindeki organik madde diğer mevsimlerden daha yüksektir ($p < 0,05$).

Fırtına Deresinde ilkbahar dönemindeki askıda katı madde derişimi (95,22 mg/L), kış mevsimindeki toplam sertlik (79,83 mg/L CaCO_3) ve sonbahar dönemindeki amonyum azotu derişimleri diğer mevsimlerdekenden $p < 0,05$ düzeyinde önemli derecede yüksektir.

Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Derelerinin yıllık askı yükteki mangan değeri ortalaması $13,82 \pm 21,28$ $\mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiş, en düşük ortalama mangan derişimi değeri 2,90 $\mu\text{g/L}$ olarak Çağlayan Deresinde, en yüksek değer ise 31,84 $\mu\text{g/L}$ olarak İkizdere Deresinde tespit edilmiştir. Yıllık çözünmüş mangan derişimi ortalaması

2,66±7,78 µg/L olarak belirlenmiş, en düşük ortalama mangan derişimi değeri 0,68 µg/L olarak Fırtına Deresinde, en yüksek değeri ise 5,70 µg/L olarak İkizdere Deresinde tespit edilmiştir. Yıllık toplam mangan derişimi ortalaması 16,44±22,50 µg/L olarak belirlenmiş, en düşük ortalama mangan derişimi değeri 4,25 µg/L olarak Çağlayan Deresinde, en yüksek değeri ise 37,46 µg/L olarak İkizdere Deresinde tespit edilmiştir.

Tablo 7. Avrupa Birliği Direktifi (EC), Dünya Sağlık Örgütü (WHO), ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Yerüstü Su Kalite Yönetmeliği içme suyu standartlarına göre su kalite sınıfları

	EC (1998)	WHO (2011)	EPA (2012)	YSKY (2015)
Sıcaklık (°C)	-	-	-	I
pH	-	-	-	I
Elektriksel iletkenlik (µS/cm)	-	-	-	I
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	-	-	-	I
Nitrat Azotu (mg/L)	<50	<50	<10	I
Nitrit Azotu (mg/L)	<0,5	<3	<1	I
Amonyum Azotu (mg/L)	<0,5	<0,2	-	I
Askıda Katı Madde (mg/L)	-	-	-	I
Orto Fosfat (mg/L)	-	-	-	I
Toplam Fosfor (mg/L)	-	-	-	I
Permanganat İndeksi (mg/L)	-	-	-	I
Klorofil-a (µg/L)	-	-	-	I
Anyonik Deterjan (LAS) (mg/L)	-	-	-	I

Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Derelerinin yıllık askı yükteki nikel değeri ortalaması 0,39±0,52 µg/L olarak belirlenmiş, en düşük ortalama nikel derişimi değeri 0,08 µg/L olarak Çağlayan Deresinde, en yüksek değeri ise 0,84 µg/L olarak İkizdere Deresinde tespit edilmiştir. Yıllık çözünmüş nikel derişimi ortalaması 0,47±0,42 µg/L olarak belirlenmiş, en düşük ortalama nikel derişimi değeri 0,29 µg/L olarak Çağlayan Deresinde, en yüksek değeri ise 0,78 µg/L olarak İkizdere Deresinde tespit edilmiştir. Yıllık toplam nikel derişimi ortalaması 0,85±0,89 µg/L olarak belirlenmiş, en düşük ortalama nikel derişimi değeri 0,37

$\mu\text{g/L}$ olarak Çağlayan Deresinde, en yüksek değer ise $1,59 \mu\text{g/L}$ olarak İkizdere Deresinde tespit edilmiştir.

Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Derelerinin yıllık askı yükteki bakır değeri ortalaması $0,58 \pm 0,68 \mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiş, en düşük ortalama bakır derişimi değeri $0,27 \mu\text{g/L}$ olarak Çağlayan Deresinde, en yüksek değer ise $1,10 \mu\text{g/L}$ olarak İkizdere Deresinde tespit edilmiştir. Yıllık çözünmüş bakır derişimi ortalaması $0,24 \pm 0,23 \mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiş, en düşük ortalama bakır derişimi değeri $0,14 \mu\text{g/L}$ olarak Fırtına Deresinde, en yüksek değer ise $0,42 \mu\text{g/L}$ olarak İkizdere Deresinde tespit edilmiştir. Yıllık toplam bakır derişimi ortalaması $0,82 \pm 0,82 \mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiş, en düşük ortalama bakır derişimi değeri $0,43 \mu\text{g/L}$ olarak Çağlayan Deresinde, en yüksek değer ise $1,51 \mu\text{g/L}$ olarak İkizdere Deresinde tespit edilmiştir.

Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Derelerinin yıllık askı yükteki çinko değeri ortalaması $3,12 \pm 6,44 \mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiş, en düşük ortalama çinko derişimi değeri $0,76 \mu\text{g/L}$ olarak Çağlayan Deresinde, en yüksek değer ise $6,12 \mu\text{g/L}$ olarak İkizdere Deresinde tespit edilmiştir. Yıllık çözünmüş çinko derişimi ortalaması $1,94 \pm 6,05 \mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiş, en düşük ortalama çinko derişimi değeri $1,10 \mu\text{g/L}$ olarak Çağlayan Deresinde, en yüksek değer ise $2,89 \mu\text{g/L}$ olarak İkizdere Deresinde tespit edilmiştir. Yıllık toplam çinko derişimi ortalaması $5,03 \pm 12,25 \mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiş, en düşük ortalama çinko derişimi değeri $1,86 \mu\text{g/L}$ olarak Çağlayan Deresinde, en yüksek değer ise $8,95 \mu\text{g/L}$ olarak İkizdere Deresinde tespit edilmiştir.

Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Derelerinin yıllık askı yükteki arsenik değeri ortalaması $0,50 \pm 0,89 \mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiş, en düşük ortalama arsenik derişimi değeri $0,07 \mu\text{g/L}$ olarak Fırtına Deresinde, en yüksek değer ise $1,26 \mu\text{g/L}$ olarak İkizdere Deresinde tespit edilmiştir. Yıllık çözünmüş arsenik derişimi ortalaması $0,59 \pm 0,33 \mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiş, en düşük ortalama arsenik derişimi değeri $0,35 \mu\text{g/L}$ olarak Çağlayan Deresinde, en yüksek değer ise $0,92 \mu\text{g/L}$ olarak İkizdere Deresinde tespit edilmiştir. Yıllık toplam arsenik derişimi ortalaması $1,09 \pm 1,09 \mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiş, en düşük ortalama arsenik derişimi değeri $0,46 \mu\text{g/L}$ olarak Çağlayan Deresinde, en yüksek değer ise $2,14 \mu\text{g/L}$ olarak İkizdere Deresinde tespit edilmiştir.

Çağlayan Fırtına ve İkizdere Derelerinin yıllık askı yükteki kurşun değeri ortalaması $0,55 \pm 0,77 \mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiş, en düşük ortalama kurşun derişimi değeri $0,17 \mu\text{g/L}$ olarak Fırtına Deresinde, en yüksek değer ise $1,22 \mu\text{g/L}$ olarak İkizdere Deresinde tespit edilmiştir. Yıllık çözünmüş kurşun derişimi ortalaması $0,05 \pm 0,10 \mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiş,

en düşük ortalama kurşun derişimi değeri $<0,01$ $\mu\text{g/L}$ olarak Fırtına Deresinde, en yüksek değeri ise $0,11$ $\mu\text{g/L}$ olarak İkizdere Deresinde tespit edilmiştir. Yıllık toplam kurşun derişimi ortalaması $0,59\pm 0,79$ $\mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiş, en düşük ortalama kurşun derişimi değeri $0,17$ $\mu\text{g/L}$ olarak Fırtına Deresinde, en yüksek değeri ise $1,35$ $\mu\text{g/L}$ olarak İkizdere Deresinde tespit edilmiştir.

Metal derişimleri istatistiksel olarak incelendiğinde; istasyonlar arasındaki farklılığın sadece İkizdere Deresinde arsenik yönünden önemli düzeyde olduğu ($p<0,05$) tespit edilmiştir. İkizdere Deresindeki istasyonlar arasında farklılık arsenik haricindeki metaller için istatistiksel olarak önemli düzeyde değildir ($p>0,05$). Çalışmada ortalama arsenik (As) derişimi 2. İstasyonda $1,32$ $\mu\text{g/L}$ ve $1,28$ $\mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiş ve bu değerlerin İkizdere deresindeki diğer istasyonlarda ölçülen As derişimlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). İstasyonlarda metal derişimleri farklılığının sadece arsenik yönünden mevcut oluşu arseniğin termal (yeraltı suları) sularda yüksek düzeyde olması ve İkizdere deki 2.istasyonun yakınındaki termal su kaynağının varlığı ile ilişkilendirilebilir. 3. İstasyondan sonraki arsenik derişimlerinin düşüklüğü ise 3. İstasyondan sonra akarsuya karışan diğer yan kolların seyreltme etkisi olarak yorumlanmıştır.

Toplam ve askı yükteki ortalama mangan derişimleri, İkizdere de kış ve ilkbahar mevsimlerinde (EC, 1998) direktifinin sınır değeri 50 $\mu\text{g/L}$ yi geçtiği tespit edilmiştir. (EPA, 2012) ve (WHO, 2011) sınır değerlerini geçmediği izlenmiş, (YSKY, 2015) kriterine göre ise 1. Sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir (Ek Tablo 1).

Fırtına Deresinde belirlenmiş istasyonlarda metal derişimleri incelendiğinde FD6 istasyonun, Mn $17,68$ $\mu\text{g/L}$ yönünden diğer istasyonlardan, bakır $1,05$ $\mu\text{g/L}$ yönünden ise FD1, FD2 ve FD3 istasyonlarından farklılığı istatistiksel olarak önemlidir. FD6 istasyonundaki nispeten yüksek mangan derişiminin askı yük kökenli oluşu, bu istasyon civarında dere ıslahı amacıyla yürütülen faaliyetlerle ilişkilendirilmiştir.

Çağlayan Deresindeki istasyonlarda metal derişimleri farklılıkları yalnızca mangan yönünden ÇD4 $6,93$ $\mu\text{g/L}$ ve ÇD5 $5,80$ $\mu\text{g/L}$ istasyonlarında tespit edilmiştir. Mangan derişimlerinin akarsu kaynağından başlayarak mansap yönünde artış gösterdiği belirlenmiştir. ÇD3 ve ÇD4 nolu istasyonların arasındaki mesafenin çok fazla olmamasına rağmen 4. İstasyonda mangan derişiminin artışı, istasyonun hemen öncesinde alabalık işletmesinin bulunması ile ilişkilendirilebilir. Literatürlerde hayvansal kökenli yemlerde düşük düzeyde mangan içerdiği bildirilmiştir (Yazgan, 2006).

Metal derişimleri yönünden akarsular arasında karşılaştırmalar yapıldığında çinko (Zn) haricindeki metaller için akarsular arasındaki farklılıkların önemli olduğu tespit edilmiştir. Toplam kurşun ve toplam arsenik derişimleri yönünden İyidere ve Fırtına Derelerinde ölçülen derişimler Çağlayan Deresine göre daha yüksektir. Toplam bakır derişimi açısından çağlayan deresi Fırtına Deresinden önemli derecede daha düşüktür. İkizdere Deresindeki toplam nikel derişiminin Çağlayan ve Fırtına Derelerindeki toplam nikel derişimlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p<0,05$) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. İkizdere deresinde ölçülen mangan derişimi 23,14 $\mu\text{g/L}$, Çağlayan deresindeki mangan derişiminden 4,24 $\mu\text{g/L}$ önemli derecede yüksektir ($p<0,05$).

İkizdere Deresindeki istasyonlarda çözünmüş mangan, bakır, çinko, arsenik, kurşun derişimlerinin mevsimsel farklılığı önemli düzeyde değilken sonbaharda ölçülen çözünmüş nikel derişimleri 1,60 $\mu\text{g/L}$ diğer mevsimlere göre $p<0,05$ düzeyinde önemli derecede yüksektir.

Fırtına Deresinde mangan, bakır (toplam, çözünmüş, askıda) derişimlerinin mevsimsel farklılıkları istatistiksel açıdan önemli düzeyde olmamasına rağmen, sonbahar dönemindeki çinko (toplam, çözünmüş, askıda) ve kurşun (toplam ve askıda) derişimleri diğer mevsimlere göre $p<0,05$ düzeyinde önemli derecede yüksektir.

Çağlayan Deresinde toplam mangan, nikel, çinko derişimleri mevsimsel farklılığı önemli düzeyde olmamasına rağmen, sonbahar dönemindeki toplam kurşun ve arsenik derişimleri diğer mevsimlere göre $p<0,05$ düzeyinde önemli derecede yüksektir.

5. ÖNERİLER

Bu çalışma; Kasım 2013-Temmuz 2014 tarihleri arasında Rize ili sınırları içerisinde bulunan Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Derelerinde belirlenen toplam 17 istasyonda gerçekleştirilmiştir. Akarsulardan alınan örnekler bu üç derenin genel yapısının sonuçlar üzerinde etkili olduğu göstermektedir. Yerleşim yerlerinin ve küçük ölçekteki endüstriyel tesislerin (Fırtına Vadisi) suyun kalitesini etkilediği yapılan çalışmada gözlemlenmiştir.

Havza akarsularının su kalitesinin korunması için alabalık tesislerinin akarsu yatağından biraz daha uzak kurulması ve kontrol altında tutulması gerekmektedir. Ayrıca bu bölgede yasa dışı olarak balık avlamada kullanılan dinamit doğal balıkların miktarlarının tükenmesinde etkili olmaktadır.

Derelerin su kalitesini etkileyecek problemlerden bazıları; hidroelektrik santralleri (HES), dere ıslah çalışmaları (özellikle doğal alabalıkların göç yollarının engellenmesi ve dolayısıyla nesillerinin tükenmesi) ve yol-köprü, bent inşaatları faaliyetlerdir. HES inşaatları sırasında dere yataklarının daraltılması (İkizdere Deresi), atık suların bırakılması, inşaat çalışmaları esnasında beton dökme faaliyetleri ile oluşan sızıntı sularının dere sularına karışması, derelerin su kalitelerini bozarak dere ve dere yataklarının flora ve faunasını etkilemektedir.

Bölgede çay üretiminden kaynaklanan gübre kullanımı akarsuların taşıdığı besin elementi miktarını etkilemektedir.

Bu bölgede alt yapının katı atık ve kanalizasyon sisteminin olmaması zaman içerisinde problemler oluşmasına sebebiyet verme potansiyeline sahiptir.

Akarsu yataklarında gerçekleştirilen iyileştirme, yol vb. çalışmalar bazı dönemlerde ölçülen parametreleri (bulanıklık, askıdaki katı madde, pH) etkilemektedir. Değerlendirme yaparken bunlarında göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Avrupa birliği projesi kapsamında Karadeniz'e dökülen nehir havzalarının korunması, su kirliliği kontrolünde Karadeniz ülkeleri arasında, bilimsel, kültürel ve sosyal bağları güçlendirmek için altyapı dâhil her türlü işbirliğinde bulunmak amacıyla yapılan bu çalışmanın sonuçları Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011), Avrupa Birliği Direktifi (EC, 1998), Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA, 2012) ve Türkiye Yerüstü Su Kalite Yönetmeliği (YSKY, 2015) kalite kriterlerine göre değerlendirildiğinde su

kalitesinin 1. Sınıf (yüksek kaliteli) olduğu söylenebilir. Fakat giderek artan arz talepten dolayı havza bazında kontrolün ele alınması gerekmektedir.

Bunun için; En kısa zamanda devletin denetimi hızlandırarak, belediyeler ve özel kuruluşlar iş birliği çerçevesinde bölgenin kanalizasyon ve alt yapının hızla oluşturulması, organik çay üretiminin artırılması, yatırımların özellikle turizm adı altında sıkça oluşturulan otel, bina inşaatı ve hidroelektrik santrallerinin kontrol altına alınması gerekmektedir. Ayrıca bu derelerin fiziko-kimyasal su kalitesi çalışmalarının, kamu kuruluşları tarafından süreklilik sağlayacak şekilde düzenli olarak yapıp ilgili birimlerle paylaşılması gerekmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Açıköz, S., 2008. Sapanca Gölü'nü besleyen derelerin hidrojeokimyasal incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Agusa, T., Trang, P.T.K., Lan, V.M., Anh, D.H., Tanabe, S., Viet, P.H. ve Berg, M., 2013. Human exposure to arsenic from drinking water in Vietnam, Science of the Total Environment, 488-489, 562-569.
- Akgün, M., 2006. Sakarya Nehri Çeltikçi Çayı'ndaki Tatlı Su Kefallerinin (*Leuciscus cephalus* L.,1758) Dokularında Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Aksungur, M., Alkan, A., Zengin, B., Tabak, İ. ve Yılmaz, C., 2007. Karadeniz Alabalığının Tatlısu Ortamındaki Göçü Üzerine Bazı Çevresel Parametrelerin Etkisi, Ekoloji, 65, 28-35.
- Alemdağ, N., 1993. Rize Fırtına Deresi'nin Alabalık Yetiştiriciliği Yönünden İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Allan, J.D. ve Flecker.A.S., 1993. Biodiversity conservation in running waters, BioScience, 43, 32-43.
- Alkan A., 2009. Polistiren-divinilbenzen kopolimeri reçinelerin modifikasyonu ve eser elementlerin ön deriştirilmesinde kullanılabilirliği, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Alkan A., Serdar S., Fidan D., Akbaş U., Zengin B., ve Kılıç M.B., 2013 Physico-Chemical Characteristics and Nutrient Levels of the Eastern Black Sea Rivers, Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 13, 847-859.
- Alpaz, A. 1983. Alabalıkların Su İstekleri, E.Ü. Su Ürünleri Yüksek Okulu, Yayın No 2, İzmir.
- American Public Health Association (APHA), 1998. Standard methods for the Examination of water and waste water (20th edition). American Public Health Association, Washington.
- APHA, A., WEF. 2011. Standard methods for the examination of water and wastewater. In: E.W., Rice, A. D., Eaton, R. B., Baird, L. S., Clesceri (Eds) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Washington, D.C., New York.

- Arain, M.B., Kazi, T.G., Baig, J.A., Jamali, M. K., Afridi, H.I., Jalbani, N., Sarfraz, R.A., Shah, A.Q. ve Kandhro, G.A., 2009. Respiratory effects in people exposed to arsenic via the drinking water and tobacco smoking in southern part of Pakistan, Science of the Total Environment, 407, 5524–5530.
- Atabay, H., 2012. İzmit Körfezi Besin Elementlerinin Zaman/Mekân Ölçeğindeki Değişimlerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Kimyasal Oşinografi Anabilim Dalı, İstanbul.
- Barlas, M., 2002. Su Kalitesi Tayin Yöntemleri. Yüksek Lisans Ders Notları, Muğla.
- Barlas, M. ve Kiriş, E., 2004. Akçay (Muğla-Denizli)'ın Fiziko-Kimyasal ve Bentik Makroinvertebrata Yönünden İncelenmesi. Muğla Üniversitesi Yayınları.
- Bissen, M. ve Frimmel, F.H., 2003. Arsenic-a review. Part II: oxidation of arsenic and its removal in water treatment. Acta Hydrochim Hydrobiol, 31, 97–107.
- Bolstad P.V. ve Swank W.T.. 1997. Cumulative Impacts of Landuse on Water Quality in a Southern Appalachian Watershed, Journal of the American Water Resources Association, 33, 519-533.
- Boran, M, ve Karaçam H, 1996. Değirmendere ve Karadere'de (Trabzon, Türkiye) Kirletici Atıklarının Mevsimsel Değişimi, Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Dergisi, 13, 395-402.
- Boran M, ve Sivri N, 2001. Trabzon (Türkiye) İl Sınırları İçerisinde Bulunan Solaklı ve Sürmene Derelerinde Nütrient ve Askıda Katı Madde Yüklerinin Belirlenmesi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi 18, 343-348.
- Boyd, C.E., 1979. Water Quality in Warmwater Fish Ponds, First Printing, Auburn University Agricultural experiment Station, U.S.A.
- Boyd, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Auburn, AL: Auburn University. Alabama Agricultural Experiment Stations,
- Bradl, H. B., 2005. Heavy Metals in the Environment, Elsevier Academic Press First Edition, Netherlands.
- Çalışkan, E., 2005. Asi Nehri'nde Su, Sediment ve Karabalık (*Clarias gariepinu*, BURCHELL, 1822)'ta Ağır Metal Birikiminin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Callow P. ve Petts G., 1992. The Rivers Hand Book Hydrological and Ecological Principles 1. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Campbell, P.G.C. ve Tessier. A., 1996. Ecotoxicology of metals in aquatic environments: Geochemical aspects. In: Ecotoxicology: A hierarchical treatment, M.C. Newman and C.H. Jagoe, eds. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

- Caporale, A.G., Pigna, M., Sommella, A., Dynes, J.J., Cozzolino, V. ve Violante, A., 2013. Influence of compost on the mobility of arsenic in soil and its uptake by bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigated with arsenite contaminated water, Journal of Environmental Management, 128, 837-843.
- Çelikkale, M.S., 1988. İç Su Balıkları Yetiştiriciliği, Birinci Baskı, K.T.Ü. Sürmene Den. Bil. ve Tek. Y.O., Yayın No 124, Trabzon.
- Çepel, N., 2003. Ekolojik Sorunlar ve Çözümleri, Tübitak Yayınları, Ankara,
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012. Yılı Rize Çevre İl Durum Raporu.
- Çınar, Ö., 2008. Çevre kirliliği ve kontrolü. Nobel yayın dağıtımı. 1. basım, Ankara.
- Clark, R.B., 1992. Marine Pollution, Third edition, Clarendon Press, Oxford,
- Çoban, F., 2007. Hazar Gölü Su Kalitesinin Araştırılması, Yüksek lisans tezi, Elazığ.
- Cole, G.A., 1983. Textbook Of Limnology. Third Edition. The C. V. Mosby Comp., St. Louis.
- Day, B.A. ve Nightingale, H. I., 1984. Relationships between ground- water silica, total dissolved solids, and specific electrical conductivity: Ground Water, 22, 80-85.
- Devlet Su İşleri, 2014. DSİ 22. Bölge Müdürlüğü, Havza Yönetimi, İzleme ve Tahsisler Şube Müdürlüğü, Trabzon.
- Doğan, M., 1991. Karadeniz Bölgesinde Su Kirliliğine Sebep Olan Faktörlerin Belirlenmesi ve Su Ürünlerine Etkilerinin Araştırılması, T.O.K.B. Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Trabzon,
- Doğan M. ve Soylak M. 2000. Su Kimyası. Erciyes Üniversitesi Yayınları, Kayseri.
- Doğru, M., Gül-Güven, R. ve Erdoğan, S., 2007. The use of *Bacillus Subtilis* immobilized on Amberlite XAD-4 as a new biosorbent in trace metal determination, Journal of Hazardous Material, 149, 166-173.
- Egemen, Ö. ve Sunlu, U. 1996. Su Kalitesi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Egemen, Ö., 2005. Su Kalitesi, Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yayın No:14, İzmir.
- Gedik K., Verep B., Terzi E. ve Fevzioğlu S., 2005. Fırtına Deresi (Rize)'nin Fiziko-Kimyasal Açından Su Kalitesinin Belirlenmesi, Ekoloji, 19, 25-35.
- Geldiay R. ve Kocataş A.. 2006. Deniz Biyolojisine Giriş, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.

- Göksu Z.L., 2003. Su Kirliliği, Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, Adana.
- Güler Ç., 1997. Su Kalitesi, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, N: 43, Ankara.
- Gültekin F., Ersoy A.F., Hatipoğlu E., ve Celep S., 2012 Trabzon İli Akarsularının Yağışlı Dönem Su Kalitesi Parametrelerinin Belirlenmesi, Ekoloji, 21, 77-88.
- Güneş, S.T., ve Güneş, C., 2012. Jeotermal Kaynaklı Arseniğin Yeraltısuyu ve Yüzeysel sulardaki Jeokimyasal Davranışı: Birlikte Çökelme, Adsorbsiyon, pH-Eh, DEÜ Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14, 43-64.
- Güvensel, T., 2006. Ömerli Baraj Gölü Su Kalitesinin Araştırılması, Yüksek lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hem, J.D., 1985. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water: U.S. Geological Survey Water- Supply Paper 2254, U.S. Geological Survey, Alexandria, VA 22304, USA.
- Horne A.J. ve Goldman C.R., 1994. Limnology. Second Edition, McGraw-Hill, Inc., USA.
- Hynes, H.B.N., 1970. The ecology of running waters, Univ. Toronto Press.
- İzmirlioğulları, P., 2004. Ömerli Baraj Gölü'nde Mikrobiyolojik (E.coli) ve Kimyasal (Alüminyum, Demir, Kurşun ve Kadmiyum) Kirlilik Parametrelerinin Saptanması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Jackson G.A. ve Williams P.M., 1985. Importance of dissolved organic nitrogen and phosphorus to biological nutrient cycling, Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers, 32, 223-235.
- Kabata-Pendias A. ve Pendias, H., 1984. Trace Elements in Soils and Plants, CRC Press Inc, Florida.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., ve Timur, S., 2003. Metallerin çevresel etkileri-I. Metalurji Dergisi, 136, 47-53.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., ve Timur, S., 2004. Metallerin çevresel etkileri-II. Metalurji Dergisi, 137, 46-51.
- Karaçam, H., Alemdağ, N., ve Boran, M. 2004. Fırtına Deresi'nin fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine bir araştırma, Su Ürünleri Dergisi, 11, 63-69.
- Karpuzcu, M., 1988. Çevre Mühendisliğine Giriş, ikinci Basım, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, Yayın No: 1356, İstanbul.
- Kartal, G., Güven, A., Kahvecioğlu, Ö. Ve Timur, S., 2004. Metallerin Çevresel Etkileri-II, Metalurji, 137, 1-10.

- Kayabalı K., 2003. Yeraltı Suyu, Gazi Kitabevi, Ankara, Türkiye 381-383,
- Kobyay, M., Akyol, A., Demirbas, E. ve Oncel, M.S., 2014. Removal of Arsenic from Drinking Water by Batch and Continuous Electrocoagulation Processes Using Hybrid Al-Fe Plate Electrodes, Environmental Progress & Sustainable Energy, 33, 131-140.
- Kruger, T., 2002. Effects of Zinc, Copper and Cadmium on Oreochromis Mossambicus Freeembryos and Randomly Selected Mosquito Larvae as Biological Indicators During Acute Toxicity Testing (MSc thesis, not published) Rand Afrikaans University, Faculty of Science, Johannesburg S.A.
- Lawson, T.B., 1995. Fundamentals of Aquacultural Engineering, Chapman-Hall, USA.
- Mandal, B.K. ve Suzuki, K.T., (2002) Arsenic around the world: a review, Talanta, 58, 201-235.
- Milton, A.H., Smith, W., Rahman, B., Hasan, Z., Kulsum, U., Dear, K., Rakibuddin M. ve Ali A., 2005. Chronic arsenic exposure and adverse pregnancy outcomes in Bangladesh, Epidemiology, 16 82-86.
- Minareci O., Minareci E., ve Öztürk M., 2009. Karaçay'da (Manisa) Deterjan, Fosfat ve Bor Kirliliğinin Araştırılması, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 26 171-177.
- Minareci O., Bilgin N., ve Çakır M., 2013. İstanbul Büyükçekmece Gölü'nde Anyonik Deterjan, Fosfat ve Bor Kirliliğinin Araştırılması, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 45140, Manisa, C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi 8, 52-60.
- Mohan, D. ve Pittman, Jr., C.U., 2007. Arsenic Removal from Water/Wastewater Using Adsorbents-A Critical Review, Journal of Hazardous Materials, 142, 1-53.
- Muslu, M., 1985. Su Temini ve Çevre Sağlığı, Cilt 3, K.T.Ü. İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- Mutlu, M., 2010. Arsenic Pollution and Health Risk Assessment in the Groundwater of Simav Plain, Kütahya, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Ng, J.C., 2005. Environmental contamination of arsenic and its toxicological impact on humans, Environmental Chemistry, 2, 146-160.
- Odabaşı S, ve Büyükkateş Y., 2009. Klorofil- a, Çevresel Parametreler ve Besin Elementlerinin Günlük Değişimleri: Sarıçay Akarsuyu Örneği (Çanakkale, Türkiye), Ekoloji, 19, 76-85.
- Özakkoyunlu, S., 2007. Gölünyazı Gölü'nün (Çorum) Su Kalitesinin Fiziksel ve Kimyasal Yöntemlerle Tespit Edilmesi ve Göl civarında yaşayan bazı hayvanların belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Özden, Y., 2008. Enne ve Porsuk Barajı Sedimentine Bağlı Ağır Metallerin *Cyprinus Carpio* nun Değişik Dokularına Biyoakümülyasyonunun Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Öztürk, R., 2009. Manisa ve Bazı İlçelerin Yeraltı ve İçme Sularında Arsenik Miktarının Tayini, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Parida, B.K., Cggibba, I.M., ve Nayyar, V.K., 2003. Influence of nickel contaminated soils on fenugreek (*Trigonella corniculata* L.) growth and mineral composition, *Scientia Horticulturae*, 98, 113-119.
- Patin S.A., 1985. Ecological and Toxicological Aspects of Aquaculture Biological Basis of Aquaculture in the Seas of the European Part of the USSR, Moscow: Nauka Publihers, (Rusça).
- Rahman, M.M., Chowdhury, U.K., Mukherjee, S.C., Mondal, B.K., Paul, K., Lodh, D., Biswas B.K., Chanda C.R., Basu G.K., Saha K.C., Roy S., Das R., Palit S.K., Quamruzzaman Q. ve Chakraborti D., 2001. Chronic arsenic toxicity in Bangladesh and West Bengal, India - a review and commentary, Journal of Toxicology: Clinical Toxicology, 39, 683-700.
- Saadettin G., Barbaros D., Alemdağ, N., Çolak A., ve Tüfekçi M. 1999. Proximate composition and selected mineral content of commercially important fish species from the Black Sea, Journal of the Science of Food and Agriculture, 78, 337-342.
- Sawyer, C.H., 1960. Chemistry for Sanitary Engineers, New York: McGraw Hill Book Co., New York.
- Selim, S., 2011. Akarsu Vadisindeki İnsan Kaynaklı Faaliyetlerin Ekosistem Bütünlüğüne Olası Etkileri, Çağlayan Vadisi Örneği, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15, 94-101.
- Serdar O., 2012. İyidere ve Çiftekavak derelerinin su kalitesinin fiziko kimyasal parametreler ve saprobik sistem kullanılarak belirlenmesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- Serdar, S., 2012. Doğu Karadeniz Havzası Akarsularının Fizikokimyasal Su Kalitesi Mevsimsel Değişimlerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- Smedley, P.L. ve Kinniburgh, D.G., 2002. A Review of the Sources, Behavior and Distribution of Arsenic in Natural Waters, Applied Geochemistry 17, 517-568.
- Sönmez A.Y., Hisar O., ve Yanık T., 2012. Karasu Irmağında Ağır Metal Kirliliğinin Tespiti ve Su Kalitesine Göre Sınıflandırılması, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 43, 69-77.

- Şengül, F., ve Müezzinoğlu, A., 2008. Çevre Kimyası, D.E.Ü Çevre Mühendisliği Bölümü Basım Ünitesi, İzmir.
- Tarkan A.S., 2007. Ömerli Baraj Gölüne Akan Derelerin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Taş B., 2006. Derbent Baraj Gölü (Samsun) Su Kalitesinin İncelenmesi Ekoloji, 15, 6-15.
- Taş, B., Candan, A.Y., Can, Ö. ve Topkara, S., 2010. Ulugöl (Ordu)'ün bazı fizikokimyasal özellikleri, Journal of Fisheries Sciences.com, 4, 254-263.
- Taylan Z.S., Böke Özkoç H., 2010. Potansiyel Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Akuatik Organizmaların Biokullanılabilirliği, BAÜ FBE Dergisi, 9, 17-33.
- T.C. Resmi Gazete, 2015. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, Başbakanlık Basımevi 29327.
- Tepe, Y., 2009. Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) Su Kalitesinin Belirlenmesi, Ekoloji, 70, 38-46.
- Terlecka E., 2005. Arsenic Speciation Analysis in Water Samples: A review of the Hyphenated Techniques, Environmental Monitoring and Assessment, 107, 259-284.
- Terzi, E., Verep, B., Gedik, K., ve Fevzioglu, S., 2009. Çağlayan (Fındıklı) Deresinin Fiziko-Kimyasal Açından Su Kalitesinin Belirlenmesi, XV. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, Temmuz, 408, Rize.
- Tien, C.J., 2002. Biosorption of metal ions by freshwater algae with different surface characteristics, Process Biochemistry, 38, 605-615.
- Tuncay, Y., 2007. Kovada Gölü'nde Yaşayan Istakozlarda (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Türkoğlu, M., 2007. Van Gölünden Alınan Su, Sediment ve İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas, 1811) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Van.
- Trussel, R.P., 1972. The Percent Un-ionized Ammonia in Aqueous Ammonia Solutions at Different pH Level and Temperatures, Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 29, 1739-1774.
- URL 1. www.izsu.gov.tr. T.C.. İzmir Büyükşehir Belediyesi. İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü 12 Ağustos 2015.
- URL 2. Copper (Cu) – Chemical properties, health and environmental effects. www.lenntech.com/periodic-chart-elements/Cu-en.htm 30 Ağustos 2015.

- URL 3. Zinc Chemical properties, health and environmental effects. www.lenntech.com/periodic-chart-elements/Zn-en.htm 1 Eylül 2015.
- URL 4. http://erdogan.edu.tr/fakulte/ziraat/?page_id=65 Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi 15 Ağustos 2015.
- URL 5. Application note HPR-FO-41. http://www.Milestonesci.com/index.php/product-menu/digestion/ethos-ez/digestion-resources/digestion_apps/finish/158/931.html 19 Ağustos 2015.
- USEPA, United States Environmental Protection Agency, Health Assessment Document for Nickel. EPA/600/8-83/012F, 1985.
- Uslu, O. ve Türkman, A., 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müd. Yayınları, Eğitim Dizisi 1.
- Üstün G.E., 1987. The Assessment of Heavy Metal Contamination in the Waters of the Nilufer Stream in Bursa, Ekoloji, 20, 61-66.
- Welch, R., 1981. The biological significance of nickel, Journal of Plant Nutrition, 3, 345-356.
- Wetzel, R.G., 2001. Limnology: Lake and River Ecosystems, Academic Press, 3rd Edition, San Diego, California.
- WHO, 2001. Guidelines for Drinking-Water Quality, Nitrates and nitrites in drinking water (Rolling revision of the draft for review and comments, Report, World Health Organization (WHO), WHO/SDE/WSH/04.08/56, Geneva, Switzerland.
- World Health Organization, 2006. Guidelines for Drinking-water Quality, First Addendum To Third Edition.
- Valiente, L., Piccinna, M., Ale, E.R., Grillo, A. and Smichowski, P., 2002. Determination of Selenium in Dietary Supplements by ETAAS and HG-AAS: A Comparative Study, Atomic Spectroscopy, 23, 129-134.
- Verep B., Serdar O., Turan D., ve Şahin C., 2005. İyidere (Trabzon)'nin fiziko-kimyasal açıdan su kalitesinin belirlenmesi, Ekoloji, 14, 26-35.
- Vural, N., ve Kumbur, H. 1982. Ankara Çayında Mevcut Deterjanlar, Deterjanların Parçalanma Durumları ve Metallerin Kantitatif Analizi, Doğa Bilim Dergisi Müh./Çevre, 6, 61-67.
- Yang, X., Baligar, V.C., Martens, D.C., Clarks, R.B., 1996. Plant tolerance to Nitotoxicity. 1. Influx transport and accumulation of Ni in four species, Journal of Plant Nutrition, 19, 73-85.
- Yazgan, O., 2006. Yemler Bilgisi ve Hayvan Besleme. S.Ü. Ziraat fakültesi Ders Notu. Basılmamış. Konya.

- Yıldırım N., 2006. Fırnız Çayı (Kahramanmaraş)'nın Fiziko-Kimyasal ve Bazı Biyolojik (Bentik makroinvertebrat) Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Yılmaz, A., Genç, Ö. ve Bektaş, A., 1997. Enstrümental Analiz Yöntemleri, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- Yılmaz, M., Gül, A. ve Solak, K., 1995. Kapulukaya Baraj Gölü (Kırıkkale)'nün Fiziksel, Kimyasal Özellikleri ve Balıkçılık açısından Değerlendirilmesi, Gazi Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8, 136-152.
- Yılmaz, F., 2004. Mumcular barajı (Muğla-Bodrum)'nın Fiziko-Kimyasal Özellikleri. Ekoloji, 50, 10-17.

7. EKLER

Ek 1. Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011), Avrupa Birliği Direktifi (EC, 1998), Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA, 2012) ve Yerüstü Su Kalite Yönetmeliği (YSKY, 2015) kalite kriterlerine göre sınır değerler

Su Kalite Parametreleri	Sınır Değerleri			
	EC 1998	WHO 2011	EPA 2012	YSKY 2015
Arsenik ($\mu\text{g As/L}$)	10	10	10	≤ 20
Bakır ($\mu\text{g Cu/L}$)	2000	2000	1300	≤ 20
Çinko ($\mu\text{g Zn/L}$)	-	-	-	≤ 200
Kurşun ($\mu\text{g Pb/L}$)	10	10	-	≤ 10
Mangan ($\mu\text{g Mn/L}$)	50	100	-	≤ 100
Nikel ($\mu\text{g Ni/L}$)	20	70	-	≤ 20
Nitrat (mg/L)	50	50	10	< 5
Nitrit (mg/L)	0,5	3	1	$< 0,01$
Amonyak (mg/L)	0,5	$< 0,2$	-	$< 0,2$

Ek 2. Kıta içi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (15.04.2015)

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları ^(a)			
	I	II	III	IV
Genel Şartlar				
Sıcaklık (°C)	≤ 25	≤ 25	≤ 30	> 30
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	< 6,0 veya > 9,0
İletkenlik (µS/cm)	< 400	1000	3000	> 3000
(A) Oksijenlendirme Parametreleri				
Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L) ^(b)	> 8	6	3	< 3
(B) Nutrient (Besin Elementleri) Parametreleri				
Toplam fosfor (mg P/L)	< 0,03	0,16	0,65	> 0,65

(a) Kalite sınıflarına göre suların kullanım maksatları:

I. Sınıf - Yüksek kaliteli su (Tüm parametrelerin I. sınıf su kalitesi değerinde olması “Çok İyi” su durumunu ifade etmektedir.);

- 1) İçme suyu olma potansiyeli yüksek olan yerüstü suları,
- 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,

II. Sınıf - Az kirlenmiş su (I. ve II. sınıf su kalitesi arasındaki değerler “İyi” su durumunu ifade etmektedir.);

- 1) İçme suyu olma potansiyeli olan yerüstü suları,
- 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,

III. Sınıf - Kirlenmiş su (II. ve III. sınıf su kalitesi arasındaki değerler “Orta” su durumunu ifade etmektedir.);

Gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere, uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilir nitelikte su ve sanayi suyu,

IV. Sınıf - Çok kirlenmiş su (III. ve IV. sınıf su kalitesi arasındaki değerler “Zayıf” su durumunu ve tüm parametrelerin IV. Sınıf su kalitesi değerinde olması “Kötü” su durumunu ifade etmektedir.);

III. sınıf için verilen kalite parametrelerinden daha düşük kalitede olan ve üst kalite sınıfına ancak iyileştirilerek ulaşabilecek yerüstü suları.

(b) Konsantrasyon veya doyumluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.

(c) pH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0,02 mg NH₃-N/L değerini geçmemelidir.

(d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında İstanbul' da doğdu. İlköğretim ve lise eğitimini Trabzon'un şirin kıyı kasabası Akçaabat'ta tamamladı. 2007 yılında K.T.Ü. Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2007-2008 Eğitim Öğretim yılında K.T.Ü. Yabancı Diller Yüksek Okulunda bir yıl İngilizce hazırlık okudu. 2012 yılında K.T.Ü. Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2013 yılında aynı fakültede yüksek lisans eğitimine başladı. Halen bu fakültede öğrenimine devam etmekte ve İngilizce bilmektedir.