

**T.C.**  
**RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOĞU KARADENİZ HAVZASINDA BAZI AKARSULARIN ESER  
ELEMENT DÜZEYLERİ VE KARADENİZ'E GİRDİLERİNİN  
DURAYLI KARBON VE AZOT İZOTOP ORANLARIYLA  
BELİRLENMESİ**

**TANJU MUTLU**

**TEZ DANIŞMANI**

**PROF. DR. BÜLENT VEREP**

**TEZ JÜRİLERİ**

**PROF. DR. DAVUT TURAN**

**PROF. DR. ŞENOL AKIN**

**PROF. DR. TURAN YÜKSEK**

**DR. ÖĞR. ÜYESİ NEHİR KAYMAK**

**DOKTORA TEZİ**  
**SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

**RİZE-2019**

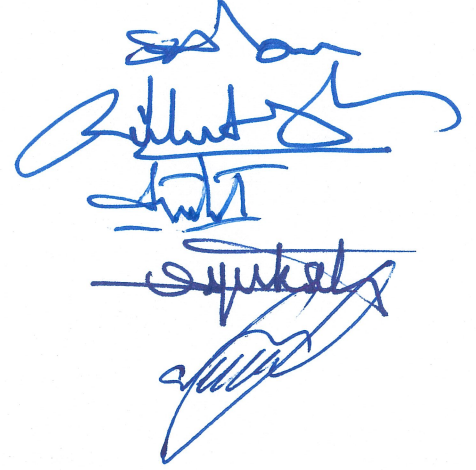
**Her Hakkı Saklıdır**

T.C.  
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOĞU KARADENİZ HAVZASINDA BAZI AKARSULARIN ESER ELEMENT  
DÜZEYLERİ VE KARADENİZ'E GİRDİLERİNİN DURAYLI KARBON VE  
AZOT İZOTOP ORANLARIYLA BELİRLENMESİ**

Prof. Dr. Bülent VEREP danışmanlığında, Tanju MUTLU tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 08/02/2019 tarihinde Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda **DOKTORA** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı Adı Soyadı	İmzası
Başkan	: Prof. Dr. Şenol AKIN	
Üye	: Prof. Dr. Bülent VEREP	
Üye	: Prof. Dr. Davut TURAN	
Üye	: Prof. Dr. Turan YÜKSEK	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Nehir KAYMAK	



  
Doç. Dr. Ferhat KALAYCI  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

## ÖNSÖZ

Bu çalışma Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı Doktora Programında gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında çok büyük emekleri olan ve bilgilerinden yararlandığım sevgili hocam Prof. Dr. Bülent VEREP'e, ayrıca çalışmalar sırasında yardımlarını hiç esirgemeyen ve önerileri ile beni yönlendiren Prof. Dr. Şenol AKIN'a, Doç. Dr. Cengiz MUTLU'ya, Doç. Dr. Tamer AKKAN'a ve Dr. Öğr. Üyesi Nehir KAYMAK'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

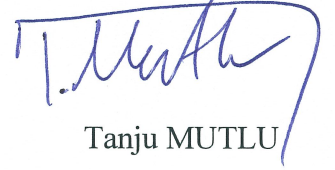
Doktora çalışmalarım boyunca sabır ile her zaman yanımda olan eşim Çiğdem MUTLU başta olmak üzere aileme ve ayrıca bu aşamalara gelmemde en büyük pay sahibi olan rahmetli dedeme minnetlerimi sunarım.

Hazırlanan bu Doktora tezi Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi tarafından FDK-2016-623 nolu proje ile desteklenmiştir.

**Tanju MUTLU**

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Doğu Karadeniz Havzasında Bazı Akarsuların Eser Element Düzeyleri ve Karadeniz’e Girdilerinin Duraylı Karbon ve Azot İzotop Oranlarıyla Belirlenmesi” başlıklı bu tezin, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesinde hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemleri kabul ettiğimi beyan ederim. 06/02/2019



Tanju MUTLU

*Uyarı: Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.*

## ÖZET

### DOĞU KARADENİZ HAVZASINDA BAZI AKARSULARIN ESER ELEMENT DÜZEYLERİ VE KARADENİZ'E GİRDİLERİNİN DURAYLI KARBON VE AZOT İZOTOP ORANLARIYLA BELİRLENMESİ

**Tanju MUTLU**

**Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Su Ürünleri Anabilim Dalı  
Doktora Tezi  
Danışmanı: Prof. Dr. Bülent VEREP**

Bu araştırmada Doğu Karadeniz Havzası akarsularının fiziko-kimyasal su kalitesi, suda, askıda katı maddede ve sedimentte eser element düzeyleri ile Fırtına Deresi'nin Karadeniz'e taşımış olduğu karasal girdilerinin duraylı karbon ve azot izotop yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. İncelenen 8 akarsuyun yıllık ortalama su sıcaklığı  $14,22 \pm 0,53$  °C, pH'sı  $7,62 \pm 0,06$ , elektriksel iletkenlik değeri  $158,63 \pm 8,84$   $\mu\text{S/cm}$ , çözünmüş oksijeni  $10,38 \pm 0,13$  mg/L ve askıda katı madde miktarı  $68,36$  mg/L olarak ölçülmüştür. Ayrıca  $\text{NO}_2\text{-N}$   $0,016 \pm 0,005$  mg/L,  $\text{NO}_3\text{-N}$   $0,340 \pm 0,026$  mg/L,  $\text{o-PO}_4\text{-P}$   $0,388 \pm 0,06$  mg/L ve  $\text{SO}_4$   $10,46 \pm 0,95$  mg/L olarak belirlenmiştir. Bunların yanında Doğu Karadeniz Havzasında örnekleme yapılan akarsuların suyunda, sedimentinde ve askıda katı maddesinde incelenen eser elementlerde mevsimsel değişimler olmasına rağmen önemli bir ağır metal kirliliğiyle karşılaşmamıştır. Fırtına Deresinin denizel ortama karasal girdilerinin hangi oranlarda olduğuna yönelik yapılan çalışmada, duraylı karbon ve azot izotopik işaretleri Nisan ayında karasal sedimentin denizel sedimente katkısı ortalama % 47 iken denizel POM'a karasal POM'un katkısı % 53 olarak belirlenmiştir. Ekim ayında ise denizel sedimente; karasal sediment % 32, karasal POM % 32 ve denizel POM ise % 36 oranında katkı sağladığı tespit edilmiştir.

**2019, 118 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Doğu Karadeniz, Su Kalitesi, Duraylı Karbon ve Azot İzotop Yöntemi, Ağır Metal, Fırtına Deresi

## ABSTRACT

### DETERMINATION OF THE TRACE ELEMENTS LEVELS OF SOME STREAMS AND TERRESTRIAL INPUT INTO BLACK SEA WITH STABLE CARBON AND NITROGEN ISOTOPE RATIOS IN THE EASTERN BLACK SEA CATCHMENT

Tanju MUTLU

Recep Tayyip Erdogan University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Fisheries  
Ph.D. Thesis  
Supervisor: Prof. Dr. Bülent VEREP

In this study, physico-chemical water quality parameters of the streams and trace element concentration in water, suspended solid matter and sediment of some streams in Eastern Black Sea Catchment were determined. Also, terrestrial input carried into Black Sea by Firtına Stream was identified using stable carbon and nitrogen isotope analysis. The annual means of parameters for all streams featured in this study were 14.22 °C, 7.62, 158.63 µS/cm, 10.38 mg/L for temperature, pH, electrical conductivity, and dissolved oxygen, respectively. On the other hand, the amount of suspended solid matter (SSM) was 68.36 mg/L, NO<sub>2</sub>- N was 0.016 mg/L, NO<sub>3</sub>-N was 0.340 mg/L, o-PO<sub>4</sub>-P levels were 0.388 mg/L, and the level of SO<sub>4</sub> concentration was 10.46 mg/L. In addition, there was no significant heavy metal pollution measured in the sampled streams of Black Sea Catchment despite the seasonal changes in water, sediment and SSM. The stable carbon and nitrogen isotopical signature showed that terrestrial contribution to the marine sediment was % 53 in April, 32 % in October.

**2019, 118 pages**

**Keywords:** Eastern Black Sea, Water Quality, Stable C and N Isotope Analysis, Heavy Metal, Firtına Stream

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET.....	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	X
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Denizlere Taşınım ve Karasal Girdi.....	3
1.3. Akarsulardan Denizlere Karasal Kökenli Girdiler.....	5
1.3.1. Sediment.....	5
1.3.2. Kirleticiler.....	6
1.3.3. Besin Elementleri.....	7
1.3.4. Ağır Metaller (Eser Elementler).....	8
1.4. Organik Madde.....	11
1.5. Duraylı İzotop Analizi.....	13
1.6. Literatür Özeti.....	15
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	24
2.1. Materyal.....	24
2.1.1. Çalışma Alanı ve Örnekleme İstasyonları.....	24
2.1.2. Fizikokimyasal Parametreler İçin Örneklerin Toplanması.....	26
2.1.3. Sediment Örneklerinin Alınması.....	27
2.1.4. Askıda Katı Madde Örneklerinin Temini.....	28
2.1.5. Partikül Organik Madde (POM) örnekleme si.....	28
2.2. Yöntem.....	29
2.2.1. Su Örneklerinin Analizi.....	29
2.2.1.1. Nütrient ve Fizikokimyasal Parametrelerin Ölçüm ve Analizleri.....	29
2.2.1.2. Ağır Metal Analizleri.....	29
2.2.1.3. POM'da Duraylı İzotop Analizi.....	29

2.2.2.	Sediment Örneklerinin Analizi.....	30
2.2.2.1.	Sediment Örneklerinde Ağır Metal Analizi .....	30
2.2.2.2.	Sedimentte Duraylı İzotop Analizi .....	31
2.2.3.	Askıda Katı Madde Analizi.....	34
2.2.3.1.	Askıda Katı Madde (AKM) Miktarının Analizi.....	34
2.2.3.2.	Askıda Katı Maddede Ağır Metal Analizi .....	34
2.2.4.	İstatistiksel Analizler .....	34
3.	BULGULAR .....	35
3.1.	Su Analizleri (Fizikokimyasal Parametreler ve Nütrient) .....	35
3.1.1.	Su Sıcaklığı .....	37
3.1.2.	Suda Çözülmüş Oksijen .....	38
3.1.3.	pH .....	39
3.1.4.	Elektriksel İletkenlik.....	40
3.1.5.	Nitrit Azotu .....	41
3.1.6.	Nitrat Azotu.....	42
3.1.7.	Ortofosfat Fosforu .....	43
3.1.8.	Sülfat.....	44
3.1.9.	Askıda Katı Madde Miktarı .....	45
3.2.	Ağır Metal Analizleri.....	46
3.3.	Duraylı Karbon ve C/N Oranı İzotop Analizleri .....	69
4.	TARTIŞMA ve SONUÇLAR .....	73
4.1.	Fizikokimyasal Parametreler .....	73
4.2.	Ağır Metal.....	79
4.2.1.	Suda Ağır Metal .....	79
4.2.2.	Askıda Katı Maddede Ağır Metal .....	86
4.2.3.	Sedimentte Ağır Metal.....	88
4.3.	Duraylı İzotop Oranları.....	94
5.	ÖNERİLER.....	97
	KAYNAKLAR .....	99
	EKLER .....	113
	ÖZGEÇMİŞ .....	118



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Ağır metal ve fiziko-kimyasal parametrelerin örnekleme istasyonları. ....	25
Şekil 2.	Duraylı izotop örnekleme noktaları.....	25
Şekil 3.	Deniz ortamında Ekman Grab ile sediment örnekleme.....	27
Şekil 4.	Van Dorn su örnekleme şişesi.....	28
Şekil 5.	POM örneklerinin cam petriyelerle etüvde kurutulması. ....	30
Şekil 6.	Santrifüj sonunda organik maddenin üst kısımda birikimi. ....	33
Şekil 7.	Sediment ve POM örneklerinin kalay kapsüllere konulması.....	33
Şekil 8.	İstasyonlara ait sıcaklık değerlerinin mevsimsel olarak değişimi.....	37
Şekil 9.	İstasyonlara ait sıcaklık değerlerinin aylık olarak değişimi.....	37
Şekil 10.	Çözülmüş Oksijen (ÇO) değerlerinin mevsimsel olarak değişimi. ....	38
Şekil 11.	İstasyonlara ait Çözülmüş Oksijen değerlerinin aylık olarak değişimi. ....	38
Şekil 12.	İstasyonlara ait pH değerlerinin mevsimsel olarak değişimi. ....	39
Şekil 13.	İstasyonlara ait pH değerlerinin aylık olarak değişimi. ....	39
Şekil 14.	İstasyonlarda ait Elektriksel İletkenlik değerlerinin mevsimsel değişimi. ....	40
Şekil 15.	İstasyonlara ait Elektriksel İletkenliğin aylık olarak değişimi. ....	40
Şekil 16.	İstasyonlara ait Nitrit azotu değerlerinin mevsimsel olarak değişimi. ....	41
Şekil 17.	İstasyonlara ait Nitrit azotu değerlerinin aylık olarak değişimi. ....	41
Şekil 18.	İstasyonlara ait Nitrat azotu değerlerinin mevsimsel olarak değişimi.....	42
Şekil 19.	İstasyonlara ait Nitrat azotu değerlerinin aylık olarak değişimi. ....	42
Şekil 20.	Ortofosfat Fosforu değerlerinin mevsimsel olarak ortalama değişimi. ....	43
Şekil 21.	İstasyonlara ait Ortofosfat Fosforu değerlerinin aylık olarak değişimi.....	43
Şekil 22.	İstasyonlara ait Sülfat değerlerinin mevsimsel olarak değişimi.....	44
Şekil 23.	İstasyonlara ait Sülfat değerlerinin aylık olarak değişimi. ....	44
Şekil 24.	Askıda Katı Madde (AKM) değerlerinin mevsimsel olarak değişimi.....	45
Şekil 25.	Askıda Katı Madde (AKM) değerlerinin aylık olarak değişim. ....	45
Şekil 26.	Su örneklerinde yıllık ortalama Al değerleri. ....	47
Şekil 27.	Askıda katı madde örneklerinde yıllık ortalama Al değerleri.....	48
Şekil 28.	Sediment örneklerinde yıllık ortalama Al değerleri. ....	48
Şekil 29.	Su örneklerinde yıllık ortalama Cr değerleri. ....	49
Şekil 30.	Askıda katı madde örneklerinde yıllık ortalama Cr değerleri.....	50
Şekil 31.	Sediment örneklerinde yıllık ortalama Cr değerleri. ....	50

<b>Şekil 32.</b> Su örneklerinde yıllık ortalama Mn değerleri. ....	51
<b>Şekil 33.</b> Askıda katı madde örneklerinde yıllık ortalama Mn değerleri. ....	52
<b>Şekil 34.</b> Sediment örneklerinde yıllık ortalama Mn değerleri. ....	52
<b>Şekil 35.</b> Su örneklerinde yıllık ortalama Fe değerleri. ....	53
<b>Şekil 36.</b> Askıda katı madde örneklerinde yıllık ortalama Fe değerleri. ....	54
<b>Şekil 37.</b> Sediment örneklerinde yıllık ortalama Fe değerleri. ....	54
<b>Şekil 38.</b> Su örneklerinde yıllık ortalama Co değerleri. ....	55
<b>Şekil 39.</b> Askıda katı madde örneklerinde yıllık ortalama Co değerleri. ....	56
<b>Şekil 40.</b> Sediment örneklerinde yıllık ortalama Co değerleri. ....	56
<b>Şekil 41.</b> Su örneklerinde yıllık ortalama Ni değerleri. ....	57
<b>Şekil 42.</b> Askıda katı madde örneklerinde yıllık ortalama Ni değerleri. ....	58
<b>Şekil 43.</b> Sediment örneklerinde yıllık ortalama Ni değerleri. ....	58
<b>Şekil 44.</b> Su örneklerinde yıllık ortalama Cu değerleri. ....	59
<b>Şekil 45.</b> Askıda katı madde örneklerinde yıllık ortalama Cu değerleri. ....	60
<b>Şekil 46.</b> Sediment örneklerinde yıllık ortalama Cu değerleri. ....	60
<b>Şekil 47.</b> Su örneklerinde yıllık ortalama Zn değerleri. ....	61
<b>Şekil 48.</b> Askıda katı madde örneklerinde yıllık ortalama Zn değerleri. ....	62
<b>Şekil 49.</b> Sediment örneklerinde yıllık ortalama Zn değerleri. ....	62
<b>Şekil 50.</b> Su örneklerinde yıllık ortalama As değerleri. ....	63
<b>Şekil 51.</b> Askıda katı madde örneklerinde yıllık ortalama As değerleri. ....	64
<b>Şekil 52.</b> Sediment örneklerinde yıllık ortalama As değerleri. ....	64
<b>Şekil 53.</b> Su örneklerinde yıllık ortalama Cd değerleri. ....	65
<b>Şekil 54.</b> Askıda katı madde örneklerinde yıllık ortalama Cd değerleri. ....	66
<b>Şekil 55.</b> Sediment örneklerinde yıllık ortalama Cd değerleri. ....	66
<b>Şekil 56.</b> Su örneklerinde yıllık ortalama Pb değerleri. ....	67
<b>Şekil 57.</b> Askıda katı madde örneklerinde yıllık ortalama Pb değerleri. ....	68
<b>Şekil 58.</b> Sediment örneklerinde yıllık ortalama Pb değerleri. ....	68

## TABLolar DİZİNİ

<b>Tablo 1.</b>	Ağır metal ve fizikokimyasal parametrelerin istasyonlara ait bilgileri.....	24
<b>Tablo 2.</b>	İzotop analizleri için seçilen istasyonlara ait bilgiler.....	26
<b>Tablo 3.</b>	Seçilen istasyonların fizikokimyasal su kalite değerleri. ....	36
<b>Tablo 4.</b>	İstasyonlardan alınan sediment örneklerinin izotop değerleri. ....	70
<b>Tablo 5.</b>	İstasyonlardan alınan POM örneklerinin izotop değerleri.....	71
<b>Tablo 6.</b>	SIAR karışım modeline göre karasal sediment, karasal POM ve denizel POM'un denizel sedimente yaptıkları ortalama katkı düzeyleri. ....	71
<b>Tablo 7.</b>	POM örnekleme Ekim ayı fizikokimyasal su kalitesi. ....	72
<b>Tablo 8.</b>	POM örnekleme Nisan ayı fizikokimyasal su kalitesi.....	72
<b>Tablo 9.</b>	İstasyonlara ait fizikokimyasal parametrelerin ulusal ve uluslararası su kalite kriterleri ile karşılaştırılması.....	73
<b>Tablo 10.</b>	Suda ağır metal miktarlarının önceki çalışmalar ve ulusal ve uluslararası standartlarla karşılaştırılması. ....	80
<b>Tablo 11.</b>	Askıda katı maddedeki ağır metal miktarlarının önceki çalışmalarla karşılaştırılması.....	86
<b>Tablo 12.</b>	Sediment örnekleri ortalama ağır metal konsantrasyonlarının önceki çalışmalar ve uluslararası standartlarla karşılaştırılması. ....	89

## SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

POM	Partikül Organik Madde
AKM	Askıda Katı Madde
$\delta$	Delta
$\mu\text{S/cm}$	MikroSiemens/santimetre
mg/L	Miligram/Litre
$\mu\text{g/L}$	Mikrogram/Litre
cm	Santimetre
m	Metre
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat Derece
%	Yüzde
‰	Binde
SIAR	Stable Isotope Analysis in R
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
YSKY	Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği
WHO	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
ANOVA	Analysis of Variance (Varyans analizi)
PCA	Principal Component Analysis (Temel Bileşenler Analizi)
USEPA	United State Environmental Protection Agency (Amerikan Çevre Koruma Ajansı)
HNO <sub>3</sub>	Nitrik Asit
ÇO	Çözülmüş Oksijen
Eİ	Elektriksel İletkenlik
AKM	Askıda Katı Madde
NO <sub>3</sub> -N	Nitrat Azotu
NO <sub>2</sub> -N	Nitrit Azotu
SO <sub>4</sub>	Sülfat
o-PO <sub>4</sub> -P	Orto-Fosfat Fosforu
C	Karbon
N	Azot
LDA	Limit Değerlerinin Altında

Al	Alüminyum
As	Arsenik
Cd	Kadmiyum
Cr	Krom
Co	Kobalt
Cu	Bakır
Fe	Demir
Mn	Mangan
Ni	Nikel
Pb	Kurşun
Zn	Çinko

# 1. GENEL BİLGİLER

## 1.1. Giriş

Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de küresel ısınma nedeniyle ortaya çıkan iklim değişikliğinin etkileri hissedilmektedir. Özellikle son on yılda ortaya çıkan kuraklık, kısa süreli şiddetli yağışlar, mevsim normalleri üzerindeki hava ve su sıcaklıklarının yıllık seyirlerinde meydana gelen değişimler önemli iklimsel değişikliklerin habercisi olabilir.

Dağları denize paralel bir topoğrafyaya sahip Doğu Karadeniz Bölgesi akarsularının da bu süreçten etkilenmemesi imkânsız gözükmektedir. Dolayısıyla beklenmeyen yağışların ortaya çıkması, ormansızlaşma, sel ve heyelanlar, dere yataklarının daraltılması ve hidroelektrik santraller nedeniyle ortaya çıkan yapılaşmalar ekosistemin tahrip olmasına ve gelecekte onarımı zor hasarlara sebep olabilmektedir. Bu istenmeyen sonuçlar su havzalarının etkisindeki denizel ortamların gerek su kütlesi ve gerekse sediment yapısı üzerinde etkili olmaktadır. Bu etkileşim akarsu havzalarından denizlere karasal taşınım ile oluşmaktadır.

Denizel ortamın ekolojik dengesi üzerinde etkili olan faktörler olan çözünmüş organik ve inorganik maddelerin yanında besin elementleri, askıda katı madde ve akarsular yoluyla taşınan sürüntü maddeleri karasal taşınımın ana elemanlarıdır. Karasal taşınım ile özellikle akarsu mansap bölgesi ve kıta sahanlığı en fazla etkilenen alanlardır. Aslında denizel ortamın ekolojik dengesinde büyük rol oynayan karasal taşınım veya girdiler önemli çevresel olaylar, uzun periyotlu süreçler ve iklim değişikliği olaylarının etkilerinin incelenmesinde yararlanılabilir. Diğer taraftan deniz ortamı su kalitesini etkileyerek deniz kirliliği oluşturabilecek kara kökenli kirlleticiler de bu yolla denizlere ulaşmaktadır. Kirleticilerin kıyı bölgelerindeki etkilerini tahmin etmek için, akarsu girdisinin miktarı ve biçimlerinin anlaşılması önem arz etmektedir (Takada vd., 1992).

25 farklı hidrolojik su havzasına sahip Türkiye'nin toplam 779452 km<sup>2</sup> yağış alanı içerisinde Fırat ve Dicle Havzalarından sonra 3. sırada önemi bulunan Doğu Karadeniz Havzası irili ufaklı birçok akarsuya sahip olmakla beraber denize paralel sıra dağlara sahip bölgenin eğimi ve yüksek topoğrafyası nedeniyle akış hızı yüksek akarsuları beraberinde birçok maddeyi akarsu ağızlarına ve denizel alana sürüklemektedir.

Topoğrafik koşulların yerleşim alanları bakımından yetersiz olmasıyla bölgede evsel ve endüstriyel alanlar dere yataklarında veya akarsu deltalarında yoğunlaşmaktadır. Diğer taraftan küçüklü büyüklü tüm yerleşim alanlarında nüfus artışı sebebiyle çevre ve su kirliliğini artıran katı ve sıvı atıklar bu bölgelerde etkili olmaktadır (Verrep vd., 2005). Böylece akarsuların taşımış olduğu evsel ve endüstriyel atıkların gerek akarsu ortamında ve gerekse denizel ortamda oluşturduğu girdiler kıyısız deniz alanlarında önemli olmaktadır. Deniz sularının kirliliği üzerinde etkili faktörler olarak deniz taşımacılığı nedeniyle sintine ve kullanım suları, petrol tankerleri sızıntıları ve deniz kazaları nedeniyle bulaşma, atmosferik girdiler ve nihayet karasal kökenli girdiler gelmektedir. Bunlar içerisinde en önemli faktör karasal kökenli girdiler olup organik içerikli evsel atık sular, inorganik kökenli kimyasal kirleticileri ve ağır metalleri içeren endüstriyel atık sular ve tarımsal kökenli etkenleri ihtiva eden gübre ve zirai mücadelede kullanılan pestisitler gibi maddeleri ihtiva etmektedir (Verrep ve Ödün, 2016).

Nüfus artışı nedeniyle orman arazilerinin tarım arazilerine dönüştürülmesi yüzünden erozyon ve yüzeysel akışla taşınan madde miktarı artarak özellikle sel ve heyelanlarda Karadeniz'in kıyısız bölgelerinde taşınan malzeme ve girdileri önemli boyutlara ulaştırmaktadır. Doğu Karadeniz Havzası akarsularının fiziko-kimyasal su kalitesi, eser element düzeyi ve denizel ortama girdilerinin incelendiği bu çalışmada bölgedeki önemli akarsuların su, sediment ve askıda katı maddedeki eser element düzeyi belirlenerek ağır metal kirliliği ve Karadeniz'e karasal kökenli taşınım tespit edilmiş olacaktır.

Diğer taraftan Karadeniz'in güneydoğu kıyısız bölgesinde akarsu girdilerinin önemli olduğu bilinmekle beraber niceliksel bir bilgi sağlayan bir araştırma literatürde henüz söz konusu değildir. Karasal organik madde girdisi akarsuların mansap ve deltaik

bölgelerde ve kıyusal denizel alanlardaki su ve yüzeysel sediment içindeki partikül organik maddenin karbon ve azot izotop oranlarıyla karşılaştırılmasıyla belirlenmiştir.

## **1.2. Denizlere Taşınım ve Karasal Girdi**

Karasal ekosistemle deniz ekosistemini birleştiren en önemli bağlantı akarsulardır. Akarsular hem tatlı suyu hem de besin elementlerini karadan denizlere ulaştıran önemli taşıyıcılardır. Akarsular oldukça yüksek miktarda karasal organik maddeyi deniz ortamına taşırlar. Bu esnada denizlere çeşitli kaynaklardan gelen kirlenici etmenler de akarsular vasıtasıyla taşınmaktadır. Bu yüzden akarsu ağzlarındaki deşarj biyolojik verimliliğin yüksek olduğu kıyusal alanları etkilemektedir (Hoshiya ve Yamanaka, 2016).

Akarsu girdileri, denizlerin kıyusal bölgelerinde yüksek verimliliğe sıklıkla katkıda bulunan nütrientlerin ve eser elementlerin başlıca kaynaklarıdır (Matsunaga vd., 1998). Karasal girdiler denizlerdeki sedimentlerin, besin elementlerinin ve antropojenik kirliliğin ana kaynakları olarak sayılmasının yanında kıyı bölgelerinde deniz dibi morfolojisini, su kalitesini, birincil üretimi ve balıkçılığını da önemli ölçüde etkileyebilmektedirler (Osadchiov ve Korshenko, 2017).

Karasal taşınım her şeyden önce denizlerin kıta sahanlığında sediment yığılmasında başlıca faktörü oluşturmaktadır. Bunlar akarsu, buzul ve rüzgârla taşınan kum ve kilden oluşmakta olup kıta sahanlığının kıyı bölgelerinde en geniş yayımlı sediment kaynaklarını oluşturur. Bu maddeler askıda ve sürüntü madde olarak denizlere akarsu, rüzgâr ve diğer yollarla taşınırken yine atmosferle ve akarsu yollarıyla çözülmüş olarak birçok organik ve inorganik madde karasal girdi olarak denizlere taşınmaktadır.

Karasal girdiyi içeren askıda ve sürüntü maddelerin miktarı sediment yükü olarak ifade edilmektedir. Denizlere akarsular aracılığıyla taşınan sediment yükü akarsu yağış havzasının alanına, havzanın eğimine, bitki örtüsünün niteliğine, arazi kullanım şekline, yağış miktarına, yüzey örtüsünün etkili olduğu erozyon olayına, iklim, su sıcaklığı ve akarsu debisi gibi faktörlere doğru orantılı olduğu bilinmektedir (Kucukali, 2008).



Akarsular tarafından beslenen kıtasal uzantı sediment tabakalarının yapısı, deniz ortamına taşınan karasal sedimenti, sediment taşınmasını ve sediment birikimi üzerinde etkili olan tektonik, iklimsel ve bazı hidrodinamik koşullar hakkında bilgi verir. Ayrıca kıta sahanlığındaki sediment tabakası tarihi zamanlar boyunca karasal taşınımında iklim ve arazi kullanım değişiklikleriyle ilgili bilgileri içerir (Sommerfield vd., 2007).

Karasal girdi ilgili akarsu havzası üzerindeki erozyon hakkında genel bilgi verebilir. Erozyon tüm dünyada toprak kayıplarına neden olduğu için önemli bir çevre sorunudur. Toprak erozyonu ağırlıklı olarak rüzgâr ve su kuvvetlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkar. İnsan etkisiyle arazi yapısının değişmesi, bitki örtüsünün azalması, meraların aşırı otlatılması ve şehirleşme bu süreci hızlandırır. Erozyon nedeniyle ilgili havzanın akarsularına daha fazla sediment karışır. Taşınan sediment nedeniyle akarsu yataklarının şekli değişebilmekte ve böylece akarsuların taşıdığı sediment nedeniyle denizlere taşınan organik karbon küresel açıdan önemli bir konu haline gelmektedir (Hirshfield ve Sui, 2011).

Deniz ortamının kirlenmesinde iklim değişikliği, atmosferik karbon artışı, karasal kökenli birçok formdaki kirlilik kaynakları ve aşırı nütrient girdileri sebebiyle hem yerel hem de küresel ölçekte aynı zamanda jeolojik ölçekte etkili olduğu rapor edilmektedir. Dolayısıyla ağırlıklı olarak karasal kökenli kirleticilerin rol aldığı bu süreçte deniz suyunun asitleşmesi, kıyı ve açık deniz ortamında yüzey suyu oksijen miktarında azalma, kıyasal denizel alanlarda azot konsantrasyonu artışı, civa ve kalıcı organik kirleticilerin yaygınlaşması gibi istenmeyen durumların olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından ifade edilmektedir. Eğer bu süreç boyunca fosil yakıtların ve tarımda aşırı gübre kullanımı ve sanayi faaliyetleri nedeniyle karasal kökenli kirleticilerin artışı devam ederse gelecek on yıllar içerisinde okyanus ve deniz canlı kaynakları olumsuz şekilde etkileri oluşacağı öngörülmektedir (Doney, 2010).

### 1.3. Akarsulardan Denizlere Karasal Kökenli Girdiler

#### 1.3.1. Sediment

Sedimentler ana kayadan kopan parçacıkların hidrodinamik koşullarla taşınan, sürüklenen ve akarsuların yavaşladığı yerlerde, göl ve denizlerde ise kıyısal alanlarda daha çok biriken organik ve inorganik kökenli yığılımlardır (Pekmezci ve Buttanrı, 2011). Sediment su ile taşınan organik madde ve minerallerin katı parçacıklarından oluşur. Akarsularda sedimentin etkin yönetimi ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan giderek önem kazanmaktadır (UNESCO, 2011). Sedimentler çeşitli mineraller, besinler ve organik maddeler getirdiği için sucul ekosistemlerin gelişimi bakımından önemlidir. Bu nedenle akıdaki sediment miktarındaki bir azalma ekosistemin bozulmasına neden olabilmektedir. Bununla birlikte, sediment girdisi sucul ortamın gelişmesi için önem taşıırken çökeltme oranı yüksek olursa çevresel sorunları da beraberinde getirebilir (Shahzad vd., 2018). Sucul ekosistemlerde temel bileşen olan sediment; beslenme, yetiştirme alanı ve yumurta bırakma için sucul organizmaların habitatıdır. Ayrıca sucul sistemlerde insan kaynaklı kimyasallar, atık maddeler, organik ve inorganik bileşikler sedimentte birikme özelliğindedir (Kalyoncu vd., 2016).

Akarsu ağzı sedimentleri hem antropojenik hem de doğal kökenli eser elementlerin önemli bir depolama alanları oluştururlar (Thomas ve Bendell-Young, 1999). Akarsulardan sediment taşınımı; asılı yük olarak akış ve yatak boyunca yatak yükü olarak iki ana yolla meydana geldiği düşünülmektedir (IAEA, 2005). Akarsular tarafından taşınan inorganik ve organik sedimentler, akarsu kıyıların ve drenaj havzalarında toprak erozyonundan kaynaklanmaktadır. Böylece sedimentlerin çökeltmesi akarsuyun değişik bölümlerinde özellikle taşkın alanlarında, düşük akım hızıyla durgun sularda ve zonlarda gerçekleşir. Asılı maddenin parçacıkları boyutuna ve yoğunluğuna göre çekilir. Bir akarsuyun taşıdığı parçacıkların boyutu, akımın hızına ve nehrin morfolojik özelliklerine bağlıdır. Olağanüstü doğal olaylar (şiddetli yağışlar veya düşük akım hızı ile kuraklık gibi), tortu taşınmasında ve çökeltmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Buna ek olarak insan faaliyetlerinin etkisi asılı maddelerin taşınım akışını değiştirebilir (Tundisi ve Tundisi, 2011). Sediment taşınımında genel olarak, temel fiziksel parametreler; suyun sürtünme etkisi, su derinliği, akışkanın fiziksel

özellikleri (yoğunluk ve viskozite) ve yatak malzemesinin fiziksel özellikleri (yoğunluk, şekil ve boyutlar) başlıca rol oynamaktadır (Quevauviller, 2006)

Akarsu sedimentleri denizle buluştuğu alanlarda genellikle düzensiz dağılım hareketinde bulunmaktadır. Özellikle kıta sahanlığında sedimentin dağılımı ve oluşumu sediment miktarı, akarsu deşarjı, kıyı erozyonu, biyogenik maddelerin birikimi, gelgit olayları, akıntı, dalganın özellikleri gibi birçok etmene bağlı olduğu bilinmektedir (Dias vd., 2002). Kaba sediment parçaları dalgalar tarafından denizlerin derin kısımlarına taşınabilmektedir. Esas olarak ince sedimentler denizlerin açık kısımlarında derin ve sakin sularda birikirken, kaba parçacıklar hızlı akan alanların tabanlarında bulunurlar (Morni vd., 2017).

### **1.3.2. Kirleticiler**

Su kirliliği en yakın ifadeyle suyun kalitesini düşüren yabancı maddelerin suya bulaşması olarak ifade edilmektedir (Verma ve Dwivedi, 2013). Akarsuyun su kalitesi, atmosfer kimyası, temel jeolojisi, iklim değişikliği ve antropojenik faaliyetler gibi birçok faktörlerden etkilenmekte olup, endüstriyel ve evsel atıkların deşarjı, tarımsal kimyasalların kullanımı, arazi kullanımı ve bitki örtüsü değişiklikleri gibi insan faaliyetleri yüzey suyu kalitesini etkileyen başlıca faktörlerdir (Zhang vd., 2010). Yüzey suyu kalitesi hem noktasal hem de noktasal olmayan kirlilik kaynakları tarafından baskı altına alınmıştır. Noktasal kaynak kirliliği; sanayi ve atık su arıtma tesislerinden çıkan atık sular gibi tek bir tanımlanabilir kaynaktan meydana gelirken, noktasal olmayan kaynaklar; kentsel (yağış ve sel suları, kanalizasyon taşmaları, vb.), tarımsal (gübreler, böcek ilaçları, hayvan gübresi, vb.) veya ormanlık arazi kullanımları gibi belirli bir arazi kullanım modeliyle ilişkili akımı içermektedir (Moss, 2008).

Su kirliliğinin başlıca sebepleri endüstriyel, evsel, tarımsal ve ısıl kirlenme olarak ele alınabilir. Endüstriyel kirlenme; sentetik ve organik kirleticiler yanında ağır metal içeren fabrika atıkları, petrol ve yağ atıklarının arıtılmadan suya bırakılmasını kapsamaktadır. Evsel kanalizasyon, çöp ve deterjan atıklarının suya salınımı büyük sorunları beraberinde getirdiği ve kirlenmeye sebebiyet verdiği bilinmektedir. Kimyasal gübreler ve pestisitler tarımsal kirliliğin ana kaynaklarıdır. Bu maddeler toprak altından sızıntılarla yeraltı sularına ve buradan da akarsulara ulaşabilmektedir. Diğer kirletici etmen olarak nükleer reaktiflerde kullanılan makinelerin soğumasında kullanılan suyun ısınarak ortama bırakılması ısıl kirlenmeyi oluşturmaktadır (Güler ve Çobanoğlu, 1994). Denizleri kirleten karasal kaynaklı kirleticiler içerisinde önemli yer tutan ağır metaller ve nütrientler hakkında ayrı başlık halinde aşağıda bahsedilmektedir.

### **1.3.3. Besin Elementleri**

Besin elementleri (Nütrientler) canlılar tarafından besin olarak kullanılan elementlerdir ve aynı zamanda suların kirlenmesinde ötrofikasyona sebep olmaları sebebiyle önemli kirleticilerdendir (Aslantürk ve Çetinkaya, 2017). Alglerin ve diğer sucul bitkilerin aşırı büyümesi olarak ifade edilen ötrofikasyon, akarsularda azot (N) ve fosfor (P) zenginleşmesinin ortak bir sonucudur (Deng vd., 2018).

Arazi kullanımının yoğunlaşması, tarım faaliyetlerinin büyümesi ve şehirleşmenin artması ile nütrient kirliliği kıyasal bölgelerde önemli bir tehdit haline gelmiştir. Aşırı nütrient birikimi ötrofikasyonu meydana getirirken bununla birlikte fitoplankton üretiminin artmasına, zararlı alg patlamalarına, yüksek organik madde üretimine, çözülmüş oksijen açısından hipoksi veya anoksik durumların oluşmasına, deniz organizmalarının kitlesel ölümüne ve topluluk yapısında değişikliklere sebep olmaktadır (Price vd., 2017). Nütrient artışı su ekosistemini ciddi şekilde tahrip eder ve içme, endüstri, tarım, rekreasyon ve diğer amaçlar için suyun kullanımını bozar (Carpenter vd., 1998). Nütrient kirliliğinin başlıca kaynakları kimyasal gübre ve hayvan gübresi, kanalizasyon arıtma tesisi deşarjı, deterjanlar, araba ve enerji üretim tesisleri, sel suyu akışları ve foseptik tanklar olarak düşünebilir (EPA, 2015).

#### 1.3.4. Ağır Metaller (Eser Elementler)

Ağır metaller; yoğunlukları 5 g/cm<sup>3</sup>'den daha fazla olan elementlerdir (Sabljić, 2009). Doğal suların kirlenmesi yalnızca çevresel zararlı etkileri değil, aynı zamanda insan sağlığına ilişkin risklerin yanı sıra ürettiği ekonomik zararlar nedeniyle dikkat edilmesi gereken oldukça büyük bir sorundur. Su kaynaklarını etkileyen kirleticilerin yaygın çeşitliliği arasında ağır metaller, düşük konsantrasyonlarda bile güçlü toksisiteleri göz önüne alındığında özellikle dikkat edilmesi gerekmektedir (Nollet, 2007).

Sularda bulunan ağır metallerin oluşumu doğal (tortulardaki erozyona uğramış mineraller, cevher yatağının sızıntısı ve volkanik ürünler) ya da antropojenik kaynaklı (katı atıkların yok edilmesi, endüstriyel veya evsel atıklar, liman kanal taramaları) olabilmektedir (Nollet, 2007). Metaller her ne kadar kirleten bir grup olarak gittikçe önem kazanmış olsalar da, yalnızca son otuz yılda potansiyel tehlikeli çevresel toksinler olarak kabul görmüşlerdir. Yüzeysel su kirliliğinin ana kaynaklarını belediyeler, tarım, inşaat ve sanayi içerir. Daha özel kaynaklar ise atık su ve dağlık alanlardan akış ve erozyondur (Adriano, 2001).

Metaller sulardaki anorganik kirlenmenin en önemli kaynaklarındanıdır. Alıcı ortamdaki metaller su ürünleri, hayvanlar ve bitkiler aracılığıyla biriktirilirlir. Besin zinciriyle insana kadar ulaşabilen Hg, Cd, Pb ve As gibi metaller birçok toplu akut ve kronik zehirlenme olaylarıyla karşılaşılabilir (Egemen, 2011).

Ağır metaller akarsulardan deniz kıyı alanlarına en sık boşaltılan kirleticilerden biridir. Doğal kökenleri dışında sıklıkla sanayi ve madencilik faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Çözünmüş metaller akarsulardaki sedimentler tarafından adsorblandığından dolayı ağır metallerin taşınması ve sedimentte çökelerek birikmesi söz konusudur (Helali vd., 2016).

Sucul ortamlarda ağır metal kirliliği üzerine durulan en temel metaller çinko, demir, nikel, mangan, arsenik, kurşun, kobalt, civa, kadmiyum, bakır olmakla birlikte, aşağıda bazı metaller hakkında bilgiler verilmiştir.

Bakır (Cu); kaya, toprak, su, sediment ve düşük seviyelerde havada doğal olarak oluşan kızılımsı bir metaldir. Ayrıca bütün bitki ve hayvanlarda da doğal olarak bulunmaktadır. Düşük konsantrasyonlardaki Cu, birçok hücresel sürece dâhil olması nedeniyle yaşam için vazgeçilmez bir element olmasına rağmen, yüksek konsantrasyonlarda, hücreler için çok toksik olabilir. Bakır metali veya bakır bileşiklerini üreten veya kullanan fabrikalardan ve madencilik faaliyetlerinden çevreye girebilir. Buna ek olarak katı atıklar, evsel atık sular, çöp ve fosil yakıtların yanması, fosfat gübre üretimi ve doğal kaynaklar (volkanlardan, orman yangınlarından, çürüyen bitkilerden vb.) yoluyla da çevreye girebilmektedir (HHS, 2004; Panfili vd., 2017).

Kadmiyum (Cd); çevremizde her yerde bulunan ve doğal olarak oluşan metalik bir elementtir. Bazı formlarda ve yüksek konsantrasyonlarda insan sağlığına ve çevresel etkilere neden olabilmektedir. Ortamdaki kadmiyum emisyonları hem doğal kaynaklı hem de antropojenik veya yapay kaynaklardan ortaya çıkabilir (Cook ve Morrow, 1995).

Cıva (Hg); volkanik patlamalar gibi doğal olaylarla, fosil yakıt yakımı, atık yakımı ve endüstriyel işlemler gibi insan aktiviteleriyle havaya salınır. Toz, yağmur ve kar yoluyla atmosferden yüzey sularına bırakılır. Çevrede cıva, canlılar tarafından kolayca alınabilen form olan metilcıva'ya dönüştürülür. Akarsu ve kıyasal sedimentler toksik metilcıva üretimi için ideal yerlerdir (Amirbahman vd., 2004). Esas antropojenik Hg kirlilik kaynakları Klor-alkali üretimi, atık su arıtma tesisleri, atık yakımı, fosil yakıt yakma, kömür madenciliği dahil olmak üzere çeşitli endüstriyel süreçlerin yan ürünüdür (Remy vd., 2001).

Nikel (Ni); hava, su, toprak ve biyolojik maddelerde bulunan nikel, hem doğal kaynaklardan hem de antropojenik faaliyetlerden salınan, sabit ve hareketli kaynaklardan gelen girdiyle çevrede yaygın olarak bulunan bir metaldir. Atmosferik kaynakları; volkanik emisyonlar, rüzgarla esen toz, orman yangınları ve bitki örtüsü

sayılabilir. Nikel ve bileşikleri birçok endüstriyel ve ticari kullanım alanları vardır. Nikel metali ve alaşımları metalürji, kimya ve gıda işleme endüstrisinde, özellikle katalizör ve pigmentlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Cempel vd., 2006).

Kobalt (Co); kobalt ve inorganik kobalt bileşiklerine maruz kalma kaynakları hem doğal hem de antropojeniktir. Doğal kaynaklar; rüzgarla esen toz, deniz suyu spreylere, volkanlar, orman yangınları, kıtasal ve deniz biyolojik emisyonlarını içerir. Antropojenik kaynaklar ise fosil yakıtlarının yakılması, kanalizasyon çamuru, fosfat gübrelere, kobalt cevher madenciliği ve eritilmesi, kobalt alaşımlarının işlenmesi ve kobalt bileşiklerini kullanan veya işleyen endüstrileri kapsar (WHO, 2006). Kobalt kirliliğinin kaynağı (endüstriyel atıklar haricinde) kobaltın yakılmasıdır (Baralkiewicz ve Siepak, 1999).

Arsenik (As); sarı, siyah ve gri renkli üç allotropik formda ve 33 numaralı atomu olan kristalli bir metaloitir. Toprakta, suda, yeraltı suyunda ve diğer ortamlarda saptanabilir konsantrasyonlarda bulunabilmekte olup başlıca kaynakları bakır ve kurşun cevherleridir. Arsenik bileşiklere esas olarak pestisitler, herbisitler ve silvinitler gibi toksisite için kullanılır. Arseniğin antropojenik kaynağı pestisit üretimi ve kullanımı, madencilik ve eritilmesi, kömür ve yan ürünlerinin yanmasıdır (Bradl, 2005).

Mangan (Mn); dünya üzerinde en bol bulunan 12. elementtir. Yer kabuğundaki konsantrasyonu % 0,098'e kadar ulaşır ve okyanus kabuğundaki Mn konsantrasyonu karasaldan yaklaşık % 60 daha fazladır. Toprak, sediment, su ve biyolojik maddelerde yaygın olarak bulunur. Çevresel manganın büyük antropojenik kaynakları; atık su deşarjları, kanalizasyon çamuru, madencilik ve maden işleme, fosil yakıtların yanması, demir ve çelik üretiminden kaynaklanan emisyonlar oluşturmaktadır (Nadaska vd., 2012).

Kurşun (Pb): 5000 yılı aşkın bir süredir insanlar tarafından kullanılmaktadır. Yaygın olarak yeniden şarj edilebilir piller, pigmentler, kablo kılıfı, alaşımlar, mühimmatlar ve benzin katkı maddelerinde kullanılmaktadır. Pb ayrıca PVC'de radyasyon kaplama ve ısı dengeleyici olarak kullanılır (Bradl, 2005).

Çinko (Zn); Dünyada yaygın olarak bulunan elementlerden biri olan çinko karasal ve su ortamında önemli bir endüstriyel kirletici olarak kabul edilir (Cambrolle vd., 2012). Hem doğal hem de antropojenik kaynaklardan çevreye salınmaktadır. Fakat antropojenik kaynaklardan çevreye salınanlar doğal kaynaklardan daha fazladır. Çevrede bulunan çinkonun başlıca antropojenik kaynakları çinko içeren ticari ürünlerin kullanımı ve madenciliktir. Çinko suda buharlaşmamasına rağmen öncelikli olarak adsorpsiyon ve çökeltme yoluyla sedimentte birikmektedir (ATSDR, 2005).

#### **1.4. Organik Madde**

Yüzey sularındaki organik madde; kökenine (allokton veya otokton), fiziksel durumuna (partikül veya çözünmüş) ve nütrient içeriğine (Karbon/Fosfor oranı) göre sınıflandırılabilir (Meili, 1992).

Partikül organik madde (POM), detrital karasal ve sucul organik maddelerden oluşur ve hem yerel hem de kıyusal deniz ekosistemleri için önemli bir besin elementi kaynağı olabilmektedir (Kendall vd., 2001). Buna ek olarak, POM hem canlı organizmalardan hem de cansız maddelerden oluşabilir ve 0,5-1,0 µm'dan daha büyük çaptaki parçacıkları ifade eder. POM atmosferik girdilerle ve kara aşınmalarından nehirlerle denizlere taşınır. Ancak büyük bölümü canlı organizmaların yerinde üretiminden kaynaklandığı belirtilmektedir (Duursma ve Dawson, 1981). Denizel ortamlarda POM heterojen taşınmış (allokton) ve yerinde oluşan kaynaklardan (otokton) oluşmaktadır. Taşınmış organik madde; atmosferik taşıma, akarsu ortamında planktonik üretim, karasal organik detritus, evsel ve endüstriyel atık kaynaklı olup akarsu deşarjıyla denizel üretime dağıtılmaktadır. Yerinde oluşan organik madde kaynakları ise kıyusal zonda primer produktiviteyle üretilir (Banaru vd., 2007).

Akarsularda partikül organik madde boyutlarına göre: kaba partikül organik madde (KPOM) ve ince partikül organik madde (İPOM) olarak iki kısım olarak kabul görmektedir. KPOM 1 mm'den daha büyük boyutlardaki iri odunsu döküntüler, ibreler, karasal ve sucul bitki yaprakları ve hayvan parçalarından oluşur. İPOM ise 0,5 µm-1 mm boyutlarındaki KPOM'un parçalanmış kısımlarından, karasal ve sulak alanlardan organik madde taşınımından ve çözünmüş organik madde kümelerinden meydana



gelmektedir. Birçok akarsuda partikül organik madde girdisinin en büyük kaynağını alloktan KPOM oluşturmaktadır. Deşarj düşük ve taban seviyesine yakın olduğunda KPOM sediment yüzeyine çökme eğilimindedir. Düşük eğime sahip birçok akarsuda aşağı doğru taşınan POM'un büyük kısmı İPOM şeklindedir. Çözünmüş organik madde ise su örneklerindeki 0,5 µm'den daha küçük organik maddeler olarak tanımlanmaktadır (Wetzel, 2001).

Denizdeki organik maddelerin çoğu fitoplanktonlar tarafından yerinde üretilmektedir. Nehir, atmosfer, hidrotermal emisyon ve meteor gibi dünya dışından gelen girdilerin etkisi ise nispeten daha düşüktür. Organik madde bakteri, protozoonlar ve hayvanları kapsayan heterotrofların beslenme faaliyetleri tarafından deniz besin ağına taşınırlar. Bu organik maddenin bazıları POM formunda, fitoplanktonik herbivor zooplanktonlar tarafından tüketilir ve sonrasında besin zinciri aracılığıyla üst trofik seviyelere taşınır. Bu organizmalar öldüklerinde ilk olarak hücre membranlarının kırılmasıyla dokuları parçalanır ve çözünmüş organik maddenin deniz suyuna bırakılmasına neden olur (Libes, 2009). Fitoplankton gibi birincil üreticilerin deniz yüzey sularındaki POM'un organik bileşimine egemen oldukları bilinmektedir (Dong vd., 2010).

Partikül organik madde iz metalleri ve hidrofobik organik kirleticileri taşıma kapasitesi nedeniyle nehir ağzı sistemlerde oldukça önem taşımaktadır (Liu vd., 2007). Akarsularda organik maddenin özellikle formlarının, kaynaklarının ve dinamiklerinin bilinmesi çok önemlidir, çünkü bunlar su kalitesini, balıkçılık üretimini ve küresel karbon stokunu etkilemektedir (Balakrishna ve Probst, 2005).

## 1.5. Duraylı İzotop Analizi

Bir elementin atom numarası aynı fakat farklı kütle numarasına sahip atomlarına izotop denir. Karbon ve azot izotopları sucul ortamlardaki farklı organik madde kaynaklarının göstergesi olarak uzun süredir kullanılmaktadır (Liu vd., 2007). Akuatik sistemde  $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$  ve  $^{34}\text{S}$  en yaygın olarak kullanılan duraylı izotoplardır (Bianchi ve Canuel, 2011).

Duraylı izotop oranları sucul ortamlarda canlılar arasındaki beslenme ilişkilerini ve enerji akışını ortaya çıkarılmasında son yıllarda kullanılan etkin bir yöntemdir. Ekolojik araştırmalarda genellikle C ve N izotopları canlılar arasındaki beslenme ilişkileri (Deniro ve Epstein, 1978; Fry ve Sherr, 1984), sedimenti oluşturan malzemelerin kökenleri ile sucul ekosistemlerde enerji akışını belirlemede oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Duraylı izotop yöntemi, besinlerin sindirilmesi sırasında canlıların hafif izotopu metabolizma etmeleri ve dışkıyla metabolik atıkların atılmasıyla canlılar izotopik olarak yemiş oldukları besin kaynaklarına oranla  $^{13}\text{C}$  ve  $^{15}\text{N}$  (ağır) izotopça daha zenginleşmekte olduklarının gözlenmesine dayanır (Deniro ve Epstein, 1978; Fry ve Sherr, 1984). Karbon  $^{12}\text{C}$  (% 98,93) ve  $^{13}\text{C}$  (% 1,07) olarak, azot ise  $^{14}\text{N}$  (% 99,63) ve  $^{15}\text{N}$  (% 0,37) olarak iki duraylı izotopa sahiptir (Hoef, 1997).

İzotopik çalışmalarda  $\delta^{13}\text{C}$  oranı, organik madde (OM) kaynaklarının kökenini belirlemek için kullanılırken,  $\delta^{15}\text{N}$  oranı bir besin zincirindeki bir organizmanın trofik seviyesinin tahmin edilmesi için bir izleyici olarak kullanılmaktadır (Letourneur vd., 2017).

Duraylı karbon izotopu organik karbonun alloktan ve otokton kaynaklar arasında ayrımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Karbon izotopu  $\text{C}_3$  (Buğday, pamuk, pirinç, vb.) ve  $\text{C}_4$  (Mısır, Sorgum, vb.) bitkilerinin katkılarını ayırt etmede etkin olarak kullanılmaktadır. Çünkü her ikisi son derece farklı karbon izotop oranlarına sahiptir. Ayrıca izotoplar besin ağı dinamiğindeki trofik etkileşimleri anlamak için de kullanabilmektedir. Organik karbon, farklı biyosentetik yollarından dolayı farklı  $^{13}\text{C}$  değerlerine sahip organik bileşiklerin heterojen karışımlarından oluşur (Bianchi ve Canuel, 2011). Karasal bitkiler arasında fotosentezi üç tür kullanım yolu vardır;  $\text{C}_3$ ,  $\text{C}_4$

ve CAM fotosentezi (Mooney ve Canadell, 2002). Bitki türlerinin fotosentezi farklı yollardan kullanımlarından dolayı C3 ve C4 bitkileri arasında farklı izotopik işaretler oluşmuş ve bu farklar yardımıyla bitkinin sınıfı hakkında bilgiler alınabilmektedir. Birçok araştırmacı tarafından C3 bitkilerinin  $\delta^{13}\text{C}$  ortalama değeri yaklaşık ‰ -27, C4 bitkileri için ise yaklaşık ‰ -13 olarak hesaplanmıştır (Basu vd., 2015).

Göl ve nehir ağzı sedimentleri su ekosistemindeki değişiklikler hakkında önemli tarihsel bilgiler verebilir. N ve C'nin duraylı izotoplarının yanı sıra sedimentlerdeki C:N oranları genellikle sucül sistemlerde organik madde akışı veya çevrimindeki zamansal değişimlerin göstergesi olarak sıklıkla kullanılır (Herczeg vd., 2001).

$\delta^{15}\text{N}$  ( $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$ ) tatlı su ve nehir ağzı sistemlerinde indikatör olarak uzun yıllardır kullanılmaktadır.  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  oranlarındaki farklılıklar, azot kaynaklarının doğal izleyicisi olmasının yanında besin ağlarını belirlemek için de kullanılmaktadır (Marci vd., 2004). Farklı azot kaynaklarının farklı  $\delta^{15}\text{N}$  değerlerine sahip olmasına (Sherwood vd., 2010), örnek olarak; kanalizasyon atıklarının  $\delta^{15}\text{N}$  değeri ‰ 1,8 - ‰ 3,8 aralığında değişim gösterirken, denizel organik maddenin  $\delta^{15}\text{N}$  değeri ise ‰ 4 - ‰ 9 aralığında değiştiği gözlenmiştir (Sampaio vd., 2010)

Toplam organik karbonun toplam organik nitrojen oranı (C/N oranı), genellikle kıyısal sedimentte bulunan organik maddenin kökenini (denizel ya da karasal) ayırt etmede kullanılan iyi bir yöntem olduğu kabul edilmektedir. Karasal bitkiler genellikle 15'in üzerinde C/N oranlarına sahiptirler. Kirlenmiş kıyısal alanlarda, antropojenik kökenli organik maddenin kökenini; kanalizasyon ve çöp atıklarının yanında sedimentin özgün ve doğal kimyasal imzasını değiştiren tarımsal ve endüstriyel faaliyetler oluşturur (Rumolo vd., 2011).

## 1.6. Literatür Özeti

Langat Nehri'nde su, sediment ve askıda maddede ağır metal seviyesinin belirlendiği bir çalışma, arsenik, kadmiyum, seryum, kobalt, skandiyum, antimon ve çinko konsantrasyonu askıdaki maddede en yüksek, sedimentlerde ise krom, rubidyum ve toryum konsantrasyonları en yüksek seviyede tespit edilmiştir. Askıda katı maddede yüksek çıkan arseniğin, akarsu boyunca tarlalarda herbisit kullanımından kaynaklanabileceği öne sürülmüştür. Sonuç olarak Langat Nehri'ne antropojenik kaynaklı girdilerin olduğu ve WHO tarafından bildirilen içme suyu standartlarına göre uygun olmadığı rapor edilmiştir (Sarmani, 1989).

Martinelli vd. (1999), Piracicaba Nehir Havzasında (Brezilya) arazi örtüsü değişimleri ve nehir partikül organik maddesinin  $\delta^{13}\text{C}$  bileşimini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmanın bulgularında havza bitki örtüsünün POM'daki karbonun kaynağı olduğunu ve bitki örtüsünün bu tarz nehirlerde POM'un bileşiminde önemli rol oynadıklarını belirtmişlerdir. Buna ek olarak düşük su dönemlerinde birincil üretim gibi yerinde süreçler, nehir POM'u için önemli bir karbon kaynağı olabileceğini ifade etmişlerdir.

Karadede ve Ünlü (1999), Atatürk Baraj Gölü'nde su, sediment ve balık örneklerinde bazı ağır metal konsantrasyonlarını inceledikleri çalışmalarında, incelenen elementlerden Cd, Co, Mg ve Pb'i su, sediment ve balık örneklerinde tespit edememişlerdir. Atatürk Baraj Gölünde örneklemesini yaptıkları su, sediment ve balık türlerinin dokularındaki ağır metal konsantrasyonlarını, Keban Baraj Gölü ve Dicle Nehrinden elde edilen örneklerden daha düşük bulduklarını belirtmişlerdir. Buna ek olarak baraj gölünde ciddi bir kirlilik bulamadıklarını ancak tarımsal ve endüstriyel gelişmelere bağlı olarak gelecekte tehlike yaratacak potansiyelin oluşabileceğini bildirmişlerdir.

Tayland'ın kuzeybatı kıyılarından bir Mangrov ekosisteminde organik maddenin duraylı C ve N izotop özelliklerinin belirlendiği bir çalışmada; sediment, POM ve mangrov bitkilerindeki izotopik kompozisyon örnekleme alanlarında önemli ölçüde farklı bulunmuştur. Ko Talibong bölgesinde örnekleme yapılan POM, mangrov ve

sedimentteki  $^{15}\text{N}$  değerlerinin zenginleşmiş olarak tespit edilmesi, Trang Nehrinden gelen azotun antropojenik kaynaklardan gelmesine bağlanmıştır. Ayrıca deniz çayırının sedimente katkısının Ko Muk bölgesinde %  $42\pm 5$ , Ko Talibong bölgesinde %  $36\pm 5$  oranında katkıda bulunduğu ve sedimentler organik maddenin esas kaynağı olduğu belirtilmiştir. Buna ek olarak kıyısız POM'un sedimentlere katkısının Ko Muk'da % 13, Ko Talibong'da ise % 19 olduğu tespit edilmiştir (Kuramoto ve Minagawa, 2001).

Herczeg vd. (2001), Alexandrina Gölü'nde (Güney Avustralya) sedimentte  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  ve C:N değerlerini inceledikleri çalışmalarında, izotopik işaretlerin organik materyalin büyük ölçüde sucul bitki materyalinden oluştuğunu ve karasal bitki maddesinin doğrudan girdilerinin çok küçük olduğunu tespit etmişlerdir. Son 30-50 yıldaki  $\delta^{15}\text{N}$  artışını bölgede meydana gelen tarımsal gelişmeye ve genişlemeye bağlamıştır.

Ikem vd. (2003), Güneydoğu Amerika'da bulunan Tuskegee Gölü'nde su, sediment ve balıkta eser elementleri incelemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre göl suyunun kalitesini EPA ve EU içme suyu standartlarına göre Al, Fe, Mn ve Tl dışında oldukça düşük, su örnekleri analizlerinde Cr, As, Mn, Zn ve Cl'un ortalama değeri tatlısular için referans değerlerinden daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca Tuskegee Gölü'nden avlanan balıklardaki ağır metallerin insan sağlığına etkisini düşük olarak gözlemlemişlerdir.

Büyük Menderes ve Gediz Nehri sedimentlerinde yapılan ağır metal kirliliği çalışmasında, Gediz nehrinde Pb, Cr, Mn ve Zn metalleri, Büyük Menderes Nehrinde ise Co, Mn ve Zn metalleri kirlilik açısından önemli olarak tespit edilmiştir. Zn, Mn ve Cr'nin yüksek olmasının sebebinin tarımda kullanılan pestisitlerden ve sanayiden geldiği düşünülmüştür. Büyükenderes ve Gediz nehirlerindeki Fe konsantrasyonlarının Fe bakımından zengin metamorfik kayalardan oluşan Menderes masifinin jeokimyasal yapısına bağlı olduğu rapor edilmiştir (Akçay vd., 2003).

Yangtze Haliç'i'nde (Çin) gelgit bölgesindeki sedimentlerde duraylı karbon ve azot izotopları taşkın ve kurak dönemlerde incelenmiştir. C ve N izotoplarını taşkın döneminde (Temmuz) sırasıyla ‰ -29,8 ile ‰ -26,0 ve ‰ 1,65 ile ‰ 5 aralığında tespit

edilirken kurak sezonda (Şubat) ise sırasıyla (‰ -27,3 - ‰ -25,6) ve (‰ 1,7 - ‰ 7,8) olarak belirlenmiştir.  $\delta^{13}\text{C}$  bulguları Temmuz ayında Şubat ayına göre daha yüksek bulunmuş, tatlı sulardan acı sulara gittikçe kademeli olarak arttığı gözlemlenmiştir.  $\delta^{15}\text{N}$  değeri ise mevsimsel ve mekânsal olarak nispeten karışık bulunmuştur (Liu vd., 2006).

Ayas vd. (2007), Nallıhan Kuş Cennetinde su, sediment ve balıkta ağır metal birikimini araştırdıkları çalışmalarında, sedimentte ve balıkta Pb, Cd, Cu ve Ni kirliliği belirlemişlerdir. Sonuçlara göre balık dokularında ve sedimentlerde kirlilik olduğunu tespit etmişlerdir. Sediment örneklerindeki metal konsantrasyonlarının yedi istasyon içinde en yüksek değeri Usakbuku (Pb: 0,49 ppm), Sakarya Nehri (Cu: 1,12 ppm) ve Sariyar (Ni: 0,77 ppm) olarak belirlemişlerdir. Ayrıca çalışma alanındaki metal kirliliğinin ana kaynağını Sakarya Nehri ve Kirmir Deresi olarak göstermişlerdir. Sonuç olarak ise Nallıhan Kuş Cennetinde ve rezervuardaki metal kirliliğinin insan sağlığını etkileyecek seviyede olmadığını ancak su yaşamını olumsuz bir şekilde etkileyebileceğini rapor etmişlerdir.

Bănaru vd. (2007), Romanya kıyıları su ve sedimentlerinin duraylı C ve N izotop oranları üzerinde Tuna nehri girdilerinin etkilerini inceledikleri çalışmalarında; Tuna nehri POM'u deniz suyu POM'una kıyasla  $\delta^{13}\text{C}$  ve  $\delta^{15}\text{N}$  ortalama değerlerini önemli ölçüde daha düşük bulurken, yüzey sedimentini deniz suyu POM'una benzer ortalama değerlerde bulmuşlardır. Sonuç olarak ise duraylı izotop değerlerinin Tuna nehrinin deniz ekosistemleri üzerinde etkisi Romanya kıyılarının kuzeyinden güneyine azalış gösterdiğini ortaya çıkarmışlardır.

Kovada Gölü'nün su ve sedimentindeki bazı ağır metallerin ICP-OES cihazı kullanılarak mevsimsel değişimleri incelenmiş, suda en fazla bulunan metalin Fe olduğu ve suda tespit edilen metallerin ilkbahar ve yaz aylarında artış gösterdiği rapor edilmiştir. Sedimentte ise Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn, Al ve Ni tüm mevsimlerde bulunurken Cd Yaz ve Sonbahar mevsimlerinde ICP-OES cihazının analiz limitinin altında olduğu bildirilmiştir. Buna ek olarak sedimentte en fazla birikim Al metalinde olduğu ve metal birikiminin yaz aylarında en yüksek düzeye eriştiği tespit edilmiştir (Kır vd., 2007).

Harmelin-Vivien vd. (2008), Kuzeybatı Akdeniz Lions Körfezinde yaptıkları bir çalışmada yüzey suyu partikül organik maddesi ve mikrofitoplankton arasındaki C ve N duraylı izotop oranlarını karşılaştırmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre POM  $\delta^{13}\text{C}$  (4,2 ‰) değerleri mikrofitoplankton değerlerine göre daha düşük ve  $\delta^{15}\text{N}$  (2,8 ‰) ise daha yüksek bulmuşlardır. Buna ek olarak fitoplanktonun C ve N izotopik işaretlerinde mevsimsel olarak bir değişim gözlenmemesine karşın POM  $\delta^{15}\text{N}$  değerini Kasım ayında Mayıs ayına göre daha yüksek tespit etmişlerdir. Bunun sebebini ise körfezin yüzey suyunu etkileyen Rhone nehrinin POM'unun  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  oranındaki artışına bağlamışlardır.

Öztürk vd. (2009), Avşar Baraj Gölü'nde sediment, su ve balıkta Cd, Cr, Cu, Fe, Ni and Pb metallerini incelemişlerdir. Çalışmada su örneklerinde Fe'nin ortalama değerinin tatlı sularla ilgili referans değerinden daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Suda tespit edilen metal seviyelerini ulusal ve uluslararası standartlarla (WHO, EPA, EC, WPCL, CIW ve Ts-266) karşılaştırmışlar ve Fe hariç tespit edilen metal seviyelerinin standartları aşmadıklarını bildirmişlerdir. Sedimentlerde ise en fazla birikiminin Fe elementinde olduğu ve bunu sırasıyla Ni, Cu, Cr, Pb ve Cd elementlerinin takip ettiğini bildirmiştir.

Narin vd. (2009)'in Karasu, Sarmısaklı Çayı Kızılırmak Nehrindeki Pb, Cu, Ni, Co ve Cd kirliliğinin araştırılması isimli çalışmalarında, Sarmısaklı Çayı bölgesinden örnekleme yapılan dip çamurunda ve suda eser metal kirliliğinin henüz önemli boyutlara ulaşmadığını, fakat daha önce yapılan çalışmalarla kıyaslandığında eser metal derişimlerinde önemli artışlar olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca metal konsantrasyonlarını Su Kirliliği Yönetmeliğinde belirtilen değerlerle karşılaştırmış metal konsantrasyonlarının önemli bir kirlenme içermediği belirtilmiştir.

Akbulut ve Akbulut (2010), Kızılırmak Havzasında su ve sedimentte ağır metal birikimini ve kirliliğini araştırmışlardır. Yapılan çalışma sonuçlarına göre, ağır metal birikimini suda  $\text{Br} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cr} > \text{Cu} > \text{Hg} > \text{Co}$  şeklinde bulurken, sedimentte  $\text{Cr} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{Co} > \text{Hg} > \text{Br}$  olarak belirlemişlerdir. Ayrıca Zn, Co ve Cr seviyelerini I. Sınıf bulurken Hg, Cu ve Pb seviyelerini ise II. ve III. Sınıf olarak tespit etmişlerdir. Buna ek olarak, alanın içilebilir ve tarımsal su kaynağı olarak kullanıcaksa ağır metal içeriğinin belinmesi için biyoizleme gerekliliğini bildirmişlerdir.

Xiao ve Liu (2010), Kentsel bir nehir olan Nanming Nehrinde (Çin) sediment organik maddenin kaynağını izotopik oranlar kullanarak belirlemişlerdir. Karbon ve azot izotop oranları ile C/N oranları sediment organik maddenin ayırt edilmesine izin veren sucul ortamlarda organik maddenin kökenini belirlemede oldukça pratik uygulamalar olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan çalışmalar neticesinde nehirdeki sediment organik maddenin (SOM) iki ana kaynağı olduğunu ve bunların atık detritusu ( $\delta^{13}\text{C}$ : ‰ -25,0;  $\delta^{15}\text{N}$ : ‰ +8,5; C/N: 8,1) ve nehir kıyısı boyunca büyüyen C3 bitkileri ( $\delta^{13}\text{C}$ : ‰ -27,7;  $\delta^{15}\text{N}$ : ‰ -0,9; C/N: >28) olduğunu saptamışlardır.

Öner ve Çelik (2011), Gediz Nehri Aşağı Gediz Havzası'ndan alınan su ve sediment örneklerinde bazı kirlilik parametrelerini incelemişler, çalışılan fiziksel ve kimyasal parametre sonuçlarını, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre kabul edilen sınır değerler ile karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucuna göre Gediz Nehri su kalitesinin 4. Sınıf çok kirlenmiş su sınıfında olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca Karaçay istasyonu sonuçlarının her bakımdan yüksek olmasının sebebini ise Manisa Organize Sanayi'nin tüm endüstriyel atık sularını buraya boşaltması sonucu olduğunu bildirmişlerdir. Bunlara ek olarak istasyonlardan alınan toprak ve sediment örneklerini karşılaştırmışlar ve ötrofikasyon nedeniyle organik maddelerin akarsu tabanında birikmesinin metal konsantrasyonlarını arttığını belirtmişlerdir.

Karasu Irmağında 5 istasyonda bir yıl boyunca ağır metal kirliliğinin tespiti yapılmış ve su kalitesine göre sınıflandırılmıştır. Yapılan değerlendirmelerde ırmağın yoğun kirlilik unsurlarına maruz kaldığı ve bu durumun devamı halinde ekolojik dengenin olumsuz yönde zararının söz konusu olduğu sonucuna varılmıştır. Tespit edilen metal seviyelerinin geneli tahammül edilebilir seviyede olmasına rağmen oldukça yüksek seviyede bulunduğu rapor edilmiştir. Ayrıca Karasu ırmağında Cu seviyesinin fazla olması ovada yoğun şekilde yapılan tarımdan dolayı ilaç ve gübreyle, istasyonların yakınında bulunan şeker fabrikası, yağ fabrikası ve çimento fabrikasının faaliyetlerine bağlanmıştır (Sönmez vd., 2012).

Karacaören-II Baraj Gölü'ndeki su, sediment ve sazan örneklerinde Fe, Cu, Zn, Mn, Al, Sr, Cr, Pb, Cd ve Hg metallerinin konsantrasyonları tespit edilmiştir. Suda yapılan ağır metal analizlerinde Cr, Cd ve Hg metali tüm mevsimlerde tayin sınırının



altında bulunurken, Fe, Zn, Al ve Sr metalleri ise her mevsimde belirlenmiştir. Su örneklerinde en fazla birikim yapan metalin Sr olduğu tespit edilmiştir. Sediment örneklerinde Fe, Zn, Mn, Al, Sr ve Cr tüm mevsimlerde bulunurken, en fazla biriken metalin Fe olduğu rapor edilmiştir. Pb ilkbahar mevsiminde Cu, Cd ve Hg ise tüm mevsimlerde tayin sınırının altında olduğu belirlenmiştir. Aksu çayı, Kovada çayı ve Isparta deresi gibi akarsulardan Karacaören-II Baraj Gölüne gelen sanayi atıkları, evsel atıklar ve tarım ilaçlarının ortama karışması sonucu kirlenme tehdidi altında olduğu ve ileride oluşabilecek tehlikelere karşı gerekli önlemlerin alınmasının yanında düzenli kontrollerinin de yapılması gerektiği belirtilmiştir (Kır ve Tumaztozlu, 2012).

Gültekin vd. (2012), Trabzon ilinde akarsularının yağışlı dönem su kalitesi parametrelerinin belirlenmesi ile ilgili çalışmalarında inceleme alanındaki tüm suların Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kriterleri'ne göre birçok parametre açısından yüksek kaliteli sular sınıfında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Cu, Pb, Mn, NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, CN ve KOİ parametreleri açısından az kirlenmiş, kirlenmiş ve çok kirlenmiş su sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak sularda kirlilik oluşturan parametrelerin çoğunlukla tarımsal faaliyetlerden ve çevresel atıklardan kaynaklandığı bildirilmiştir.

Tunca vd. (2012), Yeniçağa Gölü'nde su, sediment ve Kerevitteki bazı ağır metallerin birikimi üzerine yaptıkları çalışmalarında, suda Cd: 35 µg/L; Cr: 42 µg/L; Mn: 183 µg/L ve Pb: 19 µg/L olarak bulunurken, sedimentte ise Cd: 0,8 µg/g; Cr: 92,8 µg/g; Mn: 1143 µg/g ve Pb: 16 µg/g olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca ağır metaller konsantrasyonlarını Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ile karşılaştırmışlar ve Cd metalini 4. Sınıf, Pb, Mn ve Cr metallerini ise 2. Sınıf su kalite kriterleriyle benzer olduğunu belirlemişlerdir. Bunlara ek olarak göl ile ilgili çalışmaların düzenli olarak devam etmesi gerektiğini ve diğer metal seviyelerinin de belirlenmesinin önem arz ettiğini belirtmişlerdir.

Özbay vd. (2013), Berdan Çayı'nın sedimentinde ağır metal konsantrasyonlarını belirlemeye yönelik yapmış oldukları çalışmalarında, sonbaharda ağır metal miktarlarının fazla çıkmasını, çayın debisinin düşük olmasından dolayı çaya karışan ağır metallerin çökelerek sedimentte birikmesine bağlamışlardır. Ayrıca ağır metalleri yazın

düşük birikim göstermesini ise yağışların olmamasına, tarımsal faaliyetlerin az olması ve artan debi ve akıntı hızıyla beraber kirleticilerin sedimentten uzaklaştırılmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir. Sonuç olarak ağır metal birikimini yüksek düzeyde belirledikleri Berdan Çayı'nın, sulama ve içme suyu kullanımından dolayı sürekli olarak izlenmesi gerektiğini rapor etmişlerdir.

Karataş Gölünde su, sediment ve balıklardaki bazı ağır metallerin incelendiği bir çalışmada, genel olarak ilkbaharda metal seviyelerinin arttığı, suda Fe metalinin en yüksek Cd metalininse en düşük bulunduğu bildirilmiştir. Ayrıca EC, WHO, TSE-266 ve EPA standartlarıyla su örneklerinde ölçülen ağır metal miktarları karşılaştırılmış ve standartlara göre içme suyu için izin verilen seviyelerden daha düşük olduğu rapor edilmiştir. Sediment örneklerinde ise Fe'nin en yüksek birikim yapan metal olduğu tespit edilmiştir (Başyigit ve Tekin-Özan, 2013).

Kaptan ve Özan (2014), Eğirdir Gölü'nde (Isparta) yaptıkları çalışmalarında, suda Pb dışında tüm metalleri tespit etmişlerdir. Su örneklerinde en fazla biriken metali Mn, en az birikeni ise Cr olarak bulmuşlardır. Ayrıca suda tespit edilen metalleri ulusal ve uluslararası standartlarla karşılaştırmış ve Zn seviyesini Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından bildirilen kabul edilebilir değerlerin üzerinde belirlemişlerdir. Sedimentte ise tüm metalleri tespit etmişler ve en az biriken metali Cd, en fazla biriken metali Fe olarak belirlemişlerdir. Gölde yaptıkları çalışmada bazı ağır metallerin yüksek çıkmasını; kanalizyon ve evsel atıkların, tarım arazilerinde kullanılan gübrelerin ve yakınlarda bulunan deri sanayi atıklarının göle karışmasına bağlamışlardır.

Doğu Karadeniz derelerinin ekolojik kalitelerinin değerlendirildiği bir çalışmada örnek istasyonlar olarak Çağlayan, Fırtına ve İkizdere akarsuları seçilmiştir. Değerlendirme kriterlerinde sıcaklık, pH, Eİ, ÇO, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub> ve bir çok parametre ölçülmüştür. Çalışma sonuçlarına göre tüm dereler ulusal ve uluslararası değerlendirme kriterlerine göre NO<sub>2</sub> bakımından II. Sınıf su kalitesine sahip olduğu tespit edilirken sıcaklık, pH, Eİ, ÇO, NO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub> ve PO<sub>4</sub> bakımından ise I. Sınıf su kalitesinde olduğu belirlenmiştir (Alkan vd., 2014).

Marsilya körfezinde zooplanktonların duraylı izotop oranlarının mevsimsel değişimlerini izledikleri çalışmalarında; izotop oranlarının mevsimsel değişimleri çevresel parametrelerin dalgalanmalarıyla uyumlu olduğu, fitoplankton ve deniz suyu partikül organik madde bileşimleri ile ilişkide olduklarını tespit etmişlerdir (Bănaru vd., 2014).

Topal ve Arslan Topal (2015), Elazığ ilinde bulunan Caro Deresi'nde 2014-2015 kış sezonunda yaptıkları su kalitesi çalışmalarında; pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, amonyum azotu, nitrit azotu ve nitrat azotu değerlerini tespit etmişler ve SKKY'ye göre Caro Deresi'nin su kalite sınıfı belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda SKKY'ye göre Caro Deresini II. Sınıf su kalite standartlarında olduğunu rapor etmişlerdir.

Anghel vd. (2016), Tuna Nehri'nin su ve sedimentinde ağır metal konsantrasyonları üzerine yaptıkları bir çalışmada, suda toplam metal konsantrasyonlarını Cr: 0,05-13,63 µg/L; Cu: 0,41-49,84 µg/L; Ni: 0,02-32,0 µg/L ve Zn: 0,20-93,50 µg/L arasında tespit etmişlerdir. Sedimentte ise ağır metal birikimini Cr: 23,53-46,64 mg/kg; Cu: 21,02-42,35 mg/kg; Ni: 26,23-38,47 mg/kg ve Zn: 78,66-106,22 mg/kg arasında bulduklarını bildirmişlerdir. Sonuç olarak incelenen su örneklerindeki ağır metal konsantrasyonlarını EC'nin birinci sınıf kalite kriterlerindeki değerlerden daha düşük bulmuşlardır. Ayrıca sediment örneklerinde ise Ni ve Cu metallerinin seviyelerini daha yüksek saptamışlardır.

Üçüncü Tunca (2016), Beyşehir Gölü'nde su ve sedimentte ağır metal birikimini ve sedimentte antropojenik kontaminasyon değerlendirmesini incelemiştir. Çalışma sonuçlarına göre tarım arazilerinin olduğu bölgedeki istasyondan alınan su örneklerinde diğer istasyonlardakine göre daha fazla metal birikiminin olduğunu rapor etmiştir. Sedimentlerde ise istasyon bazlı farklılıklar bulunmasıyla birlikte Cr, Zn, Cu, Mn, Ni ve As gibi metallerce yüksek oranda kirlilik sınıfında yer aldıklarını tespit etmiş ve istatistiksel olarak çoğu metal birikimleri arasında anlamlı bir birikim farkı olduğunu belirtmiştir. Ayrıca sediment örneklerinde tespit edilen As seviyesinin canlılar üzerindeki potansiyel etkisinin oldukça ciddi boyutlarda olduğunu rapor etmiştir.

Isparta Deresi'nin su ve sedimentlerindeki ağır metal birikiminin incelendiği bir çalışmada, dere suyunda Cd, Mo ve Se yaz mevsiminde, Cr, Cu ve Ni kış mevsiminde, Fe ve Mn sonbaharda ve Pb ve Zn ilkbaharda artış gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca Cd, Mo ve Se sonbaharda, Cr, Mn ve Mo ilkbaharda, Cu, Fe, Pb ve Zn ise yaz mevsiminde azalış gösterdiği rapor edilmiştir. Suda en fazla Fe, en az ise Cd tespit edilmiştir. Sediment örneklerin Cd, Cu, Mn ve Ni sonbaharda, Cr, Fe, Pb ve Se ilkbaharda, Mo yaz mevsiminde ve Zn kış mevsiminde artış eğilimi gösterdiği, Cd, Mn, Mo, Pb ve Se kış mevsiminde, Cr sonbaharda, Cu, Fe, Ni ve Zn yaz mevsiminde azalış eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Sedimentte rastlanan elementler en fazla Fe, en az ise Cd olarak belirlenmiştir (Kalyoncu vd., 2016).

Ciddi boyutta antropojenik etki altında bulunan Daya koyunun (Çin) askıdaki partikül organik maddesinde  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  ve C/N oranlarının mekânsal dağılımlarının incelendiği bir çalışmada (Ke vd., 2017), hem yaz hem de kış boyunca  $\delta^{13}\text{C}_{\text{POM}}$  değerleri ve klorofil a konsantrasyonları arasında önemli ilişkilerin bulunduğunu ve bu  $\delta^{13}\text{C}_{\text{POM}}$  değerlerinin esasen yüzey suyu içindeki fitoplankton biyokütlesi tarafından kontrol edildiği sonucuna varılmıştır.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Çalışma Alanı ve Örnekleme İstasyonları

Bu araştırmada yapılan çalışmalar Nisan 2016-Mart 2017 tarihleri arasında 3 bölüm halinde gerçekleştirilmiştir. İlk bölümde Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alan Ordu, Giresun, Trabzon, Rize ve Artvin il sınırlarından denize dökülen 8 farklı akarsuyun nehir ağzından aylık olarak fiziko-kimyasal su kalite parametreleri belirlenmiştir. İkinci bölümde bu 8 farklı istasyonun su, sediment ve askıda katı maddesinde mevsimsel olarak ağır metal ve eser element seviyeleri belirlenmiştir (Tablo 1 ve Şekil 1). Debi büyüklüğüne ve üzerinde bulunan kirletici etmenlere göre seçilen akarsuların koordinatları Tablo 1’de verilmiştir.

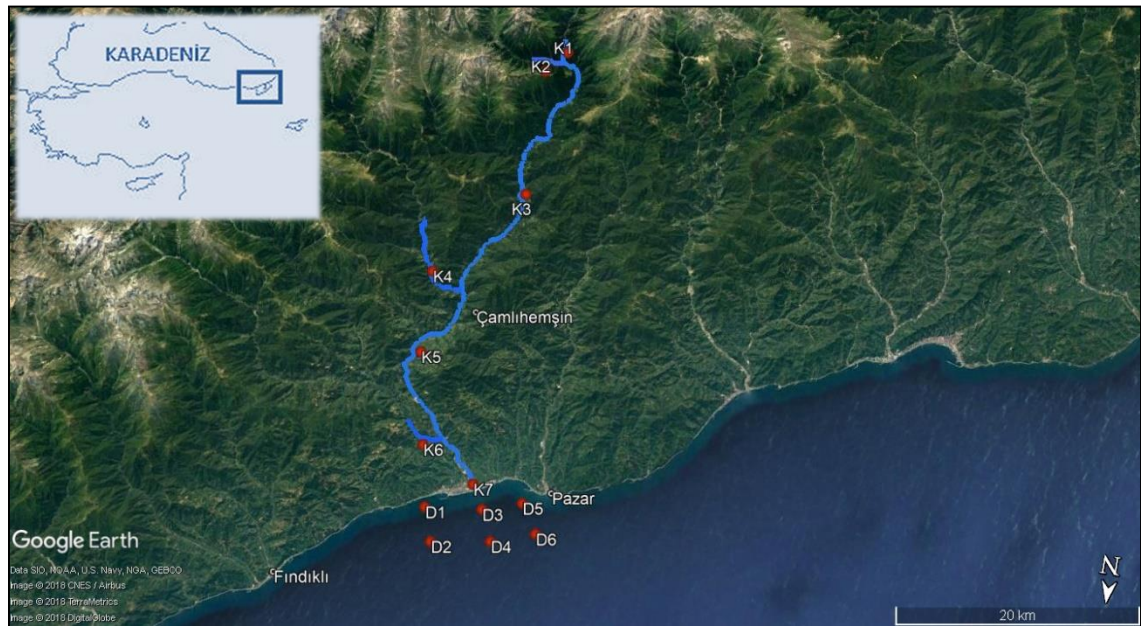
**Tablo 1.** Ağır metal ve fizikokimyasal parametrelerin istasyonlara ait bilgileri.

İstasyon Numarası	İstasyon Adı	İstasyon Bölgesi	İstasyon Kodu	Enlem	Boylam
İstasyon 1	Melet	Ordu-Merkez	MOM	40.982672	37.932918
İstasyon 2	Aksu	Giresun-Merkez	AGM	40.912851	38.440208
İstasyon 3	Değirmendere	Trabzon-Merkez	DTM	41.001817	39.756872
İstasyon 4	İyidere	Rize-İyidere	İRİ	40.987386	40.329482
İstasyon 5	Salarha	Rize-Merkez	SRM	41.044023	40.573910
İstasyon 6	Büyükdere	Rize-Çayeli	BRÇ	41.083591	40.711025
İstasyon 7	Fırtına	Rize-Ardeşen	FRA	41.188648	40.962518
İstasyon 8	Hopa	Artvin-Hopa	HAH	41.392478	41.417136



**Şekil 1.** Ağır metal ve fiziko-kimyasal parametrelerin örnekleme istasyonları.

Üçüncü bölümde ise Fırtına deresi kollarında 7 istasyon ve denize döküldüğü 3 km çapındaki alanda 10 m ve 30 m derinliklerde 6 istasyondan partikül organik maddede ve sediment organik maddede duraylı karbon ve azot izotop oranlarını tespit etmek için su ve sediment örnekleri toplanmıştır (Şekil 2 ve Tablo 2). Örnekleme toplamda 13 istasyonda akarsu debilerinin en yüksek (Nisan) ve en düşük (Ekim) olduğu iki sezonda gerçekleştirilmiştir. Tüm örnekler 3'er tekrarlı alınmıştır. Deniz çalışması Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi bünyesinde bulunan Karadeniz Araştırma Gemisiyle gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 2.** Duraylı izotop örnekleme noktaları

**Tablo 2.** İzotop analizleri için seçilen istasyonlara ait bilgiler.

İstasyon Numarası	İstasyon Adı	İstasyon Bölgesi	İstasyon Kodu	Enlem	Boylam
İstasyon 1	Fırtına Deniz	Rize-Ardeşen	D1	41.199800	40.998717
İstasyon 2	Fırtına Deniz	Rize-Ardeşen	D2	41.212344	40.991110
İstasyon 3	Fırtına Deniz	Rize-Ardeşen	D3	41.190633	40.960833
İstasyon 4	Fırtına Deniz	Rize-Ardeşen	D4	41.196783	40.955283
İstasyon 5	Fırtına Deniz	Rize-Ardeşen	D5	41.185700	40.927817
İstasyon 6	Fırtına Deniz	Rize-Ardeşen	D6	41.196733	40.927050
İstasyon 7	Fırtına Kara	Rize-Ardeşen	K1	40.937342	40.967344
İstasyon 8	Fırtına Kara	Rize-Ardeşen	K2	40.937766	40.977308
İstasyon 9	Fırtına Kara	Rize-Ardeşen	K3	40.996759	40.974143
İstasyon 10	Fırtına Kara	Rize-Ardeşen	K4	41.044437	41.021276
İstasyon 11	Fırtına Kara	Rize-Ardeşen	K5	41.138782	41.015271
İstasyon 12	Fırtına Kara	Rize-Ardeşen	K6	41.157081	41.011218
İstasyon 13	Fırtına Kara	Rize-Ardeşen	K7	41.182744	40.965818

### 2.1.2. Fizikokimyasal Parametreler İçin Örneklerin Toplanması

Su örneklerinde sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, çözülmüş oksijen gibi fiziksel parametreler her arazi öncesi kalibre edilmiş HACH HQ40d marka çoklu su kalite ölçer cihazı ile yerinde belirlenmiştir. Nitrat azotu, nitrit azotu, sülfat ve ortofosfat fosforu gibi kimyasal parametreler için su örnekleri akarsuyun denize döküldüğü noktadan 1L'lik steril renkli kaplarla toplanmıştır. Tüm örnekler soğuk muhafazada Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Kalitesi Laboratuvarına getirilmiş ve analiz yapılmıyaya kadar laboratuvarında -21 °C'de muhafaza edilmiştir (Nollet, 2007).

### 2.1.3. Sediment Örneklerinin Alınması

Ağır metal analizi için sediment örnekleri her istasyonun denize döküldüğü ama deniz etkisinin olmadığı akarsu ağız (mansap) kısımlardan akarsu tabanından spatula yardımı ile alınmış ve polietilen torbalara konularak HNO<sub>3</sub> (Nitrik asit) ile asitlendirilmiştir. Örneklerin istasyonlardan laboratuvarlara taşınması sırasında gün ışığı ve sıcaklık değişimi gibi dış etkenlerden etkilenmemesine önem verilmiştir (Ünsal, 1998).

Duraylı karbon/azot izotop analizi için hem deniz hem de akarsudan belirlenen noktalardan sediment örneklenmiştir. Deniz sediment örnekleri ekman grab ile 10 ve 30 m derinlikten toplanmış ve 500 gr örnek spatula yardımıyla ağız kilitli steril poşetlere konulmuştur (Şekil 3). Akarsu sedimenti ise tabanın 3-5 cm derinliğinden spatulayla alınmış ve ağız kilitli steril poşetlere konulmuştur. Tüm örnekler soğuk muhafazada Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Kalitesi Laboratuvarına getirilmiş ve aynı gün analizleri yapılmıştır.



Şekil 3. Deniz ortamında Ekman Grab ile sediment örnekleme.



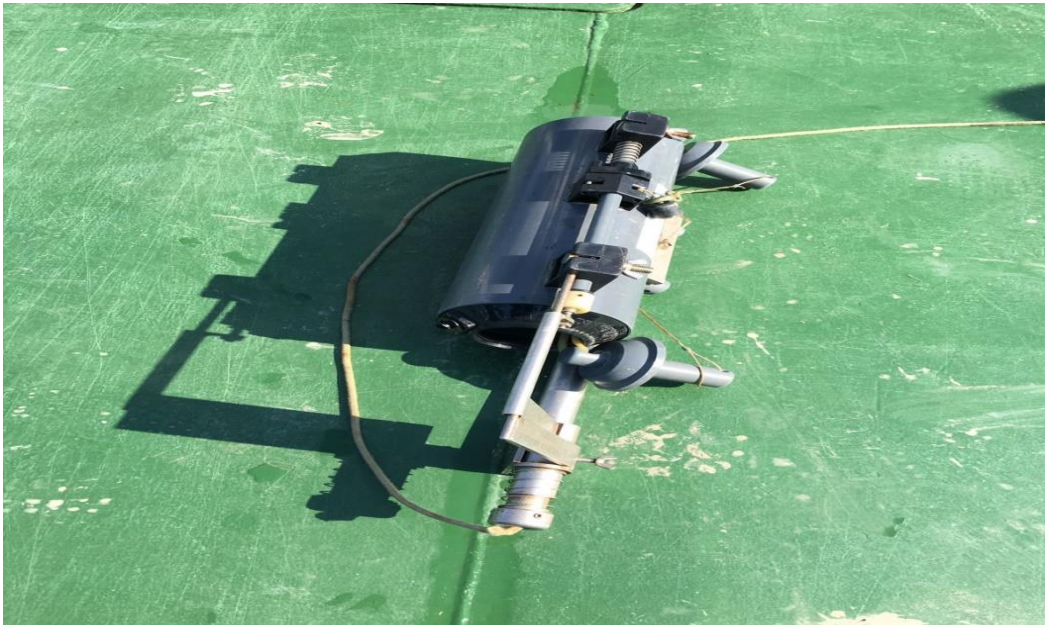
#### 2.1.4. Askıda Katı Madde Örneklerinin Temini

Askıda katı madde örnekleme sadece akarsu istasyonlarında gerçekleştirilmiştir. Askıda katı madde analizleri için akarsu ortamından su örnekleri 1L'lik steril kaplarla yüzey suyundan toplanmıştır. Tüm örnekler soğuk muhafazada Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Kalitesi Laboratuvarına getirilmiş ve analiz yapıncaya kadar laboratuvarında -21 °C'de muhafaza edilmiştir.

#### 2.1.5. Partikül Organik Madde (POM) örnekleme

Partikül organik madde örnekleme hem akarsu hem de deniz ortamında yapılmıştır. Deniz suyu örnekleri Van Dorn su örnekleme şişesiyle (Şekil 4) toplanmış ve 5 L'lik güneş ışığı geçirmez şişelere konulmuştur. Örneklerin üzerine 10 ml 1N HCl aktarılıp inorganik karbonatlar uzaklaştırılmıştır. Şişeler soğuk zincir eşliğinde laboratuvara getirilmiş ve aynı gün analizleri yapılmıştır (Carabel vd., 2006).

Akarsu örnekleri ise belirlenen noktalardan 5 lt'lik güneş ışığı geçirmez şişelerle yüzey suyundan alınmıştır. Örneklerin üzerine 10 ml 1N HCl aktarılıp inorganik karbonatlar uzaklaştırılmıştır. Şişeler soğuk muhafazada laboratuvara getirilmiş ve örneklerin aynı gün analizleri yapılmıştır (Carabel vd., 2006).



Şekil 4. Van Dorn su örnekleme şişesi.

## **2.2. Yöntem**

### **2.2.1. Su Örneklerinin Analizi**

#### **2.2.1.1. Nütrient ve Fizikokimyasal Parametrelerin Ölçüm ve Analizleri**

Su örneklerinde Nitrit ( $\text{NO}_2\text{-N}$  mg/L), nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$  mg/L), ortofosfat ( $\text{o-PO}_4\text{-P}$  mg/L), sülfat ( $\text{SO}_4$  mg/L) analizleri Hach Lange DR3900 spektrofotometre kullanılarak yapılmıştır. Nitrit tayininde diazotizasyon, nitrat tayininde kadmiyum indirgeme, ortofosfat tayininde askorbik asit ve sülfat da ise baryum sülfat bulanıklık metodu kullanılmıştır. Askıda katı madde ölçümünde ise gravimetrik metod kullanılmıştır.

#### **2.2.1.2. Ağır Metal Analizleri**

Ağır metal için toplanan sular,  $0,45 \mu\text{m}$  göz açıklığında şırınga tip Sartorius marka süzme aparatıyla istasyonda süzölmüştür. Süzölen her bir su örneği iki paralel halinde 50 ml'lik falkon tüplere konulmuştur. Örneklerde bakteri üremesini engellemek amacıyla her bir örneğe 0,1 mol/L  $\text{HNO}_3$  eklenerek pH 2'nin altına düşürölmüştür (Nollet, 2007).

#### **2.2.1.3. POM'da Duraylı İzotop Analizi**

POM analizi için toplanan su örnekleri  $450 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 4 saat yakılmış Whatman GF/F filtresinden süzölmüştür. Süzölen her GF/F filtresi temiz bir petri üzerine yerleştirilmiş ve  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 48 saat boyunca etüvde kurutulmuştur (Şekil 5). Örnekler kurutulduktan sonra üzerindeki tortu kısmı taranarak alınmış ve havanda öğütöülerek un haline getirilmiştir. Un haline gelen örnekler 10 ml'lik ağzı kapaklı kahverengi şişelere koyularak oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Örnekler arası geçişlerde örneklerin öğütöülmesinde kullanılan havanlar ve tokmaklar metil alkol ile temizlenmiş ve kurutulmak üzere açık havaya bırakılmıştır. Tüm örnekler bu aşamaya geldikten sonra kahverengi şişelerde bulunan un halindeki örneklerden 2 mg kadar hassas terazide tartılarak kalaydan yapılmış küçük kapsöüllere (tin capsule) konulmuştur. Bu kapsöüller ağzı hava almayacak şekilde katlanıp numaralandırılmış hücreli kaplara (elize trayları)

yerleştirilmiştir. Hücreli kaplar analize gönderilene kadar desikatörde hava almaması için saklanmıştır (Carabel vd., 2006).



Şekil 5. POM örneklerinin cam petrilerle etüvde kurutulması.

## 2.2.2. Sediment Örneklerinin Analizi

### 2.2.2.1. Sediment Örneklerinde Ağır Metal Analizi

Akarsulardan toplanan sediment örnekleri etüvde 110 °C'de 24 saat kurutularak sabit kuru ağırlığa getirilmiştir. Kurutulan örnekler porselen havanda öğütülerek 63 µm'lik elekten geçirilmiştir. Daha sonra elekten geçirilen örneklerden 10 g alınıp etiketlenmiş poşetlere yerleştirilerek ICP-MS cihazıyla ağır metal analizi için Giresun Üniversitesi Merkez Laboratuvarına gönderilmiştir.

### 2.2.2.2. Sedimentte Duraylı İzotop Analizi

Kilitli poşetlerde muhafaza edilen sediment örnekleri spatulayla 50 ml'lik falkon tüplere aynı oranda konuldu. Tüpler 3 dakika 3000 devirde santrifüj işlemine tabi tutulmuştur. Santrifüj sonunda üstte biriken su boşaltılmış ve örnekler üzerinde kabarma sonlanana kadar, örnek üzerine 1N HCl ilave edilmiştir (Şekil 6). Daha sonra alınan örnekler saf su ile birkaç kez yıkandıktan sonra tekrar santrifüj işlemi uygulanmıştır. Çıkarılan örneklerin üst kısmından 20 gr kadar alınıp, petri kaplarına konulmuştur. 60 °C'de 48 saat boyunca etüvde kurutulmuştur. Örnekler kurutulduktan sonra petri kaplarından spatulayla kazınmış ve havanda öğütülerek un haline getirilmiştir. Un haline gelen örnekler 10 ml'lik ağzı kapaklı kahverengi şişelere yerleştirilerek oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Örnekler arası geçişlerde havanlar ve tokmaklar metil alkol ile temizlenmiş ve kurutulmak üzere açık havaya bırakılmıştır. Tüm örnekler bu aşamaya geldikten sonra kahverengi şişelerde bulunan un halindeki örneklerden 8 mg kadarı hassas terazide tartılarak kalaydan yapılmış küçük kapsüllere (tin capsule) konulmuştur (Şekil 7). Ağzı hava almayacak şekilde katlanıp numaralandırılmış hücreli kaplara (elize trayları) yerleştirilmiştir. Hücreli kaplar analize gönderilene kadar desikatörde hava almaması için saklanmıştır (Carabel vd., 2006).

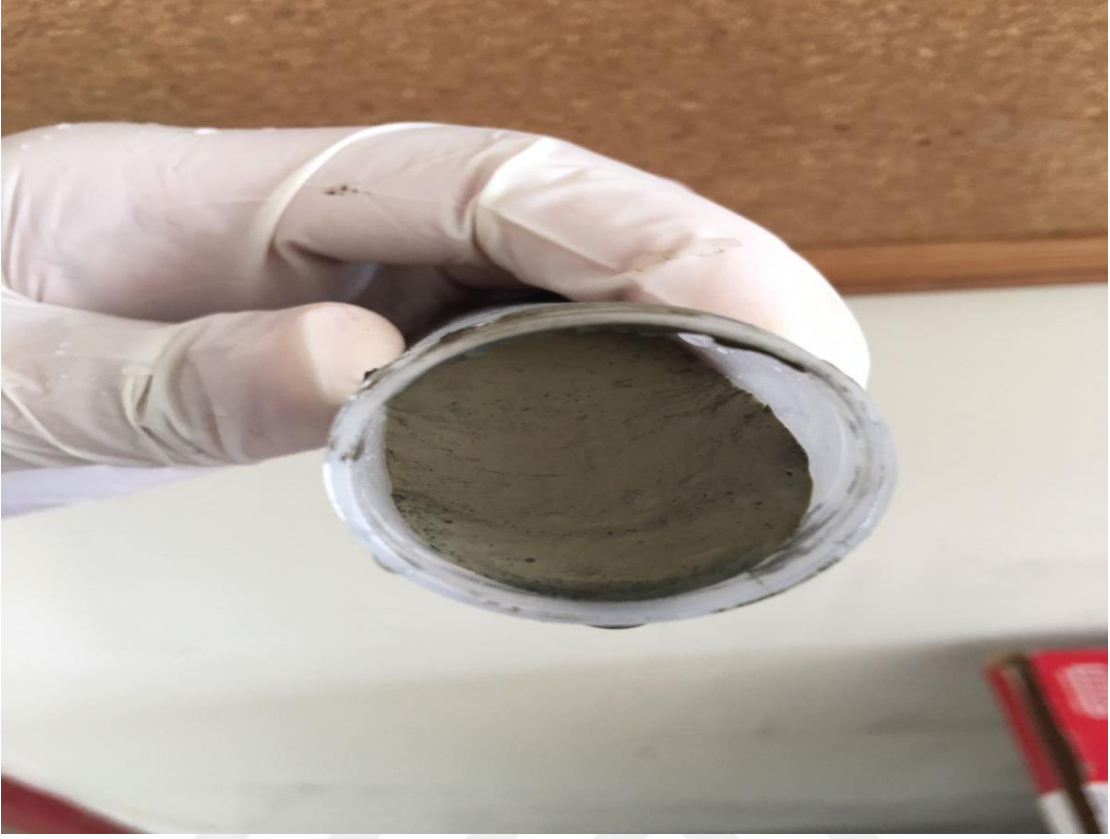
Su ve sediment izotop analizleri Georgia Üniversitesi (ABD) Duraylı İzotop Ekoloji Laboratuvarında kütle spektrometresi kullanılarak yapılmıştır. Ekolojik çalışmaların çoğunda izotopik kompozisyonlar  $\delta$  simgesi ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ;  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) ile belirtilmektedir. İzotop oranları laboratuvarlarda kütle spektrometre ile ölçülmektedir. Bu çalışmada duraylı izotop analizleri Georgia Üniversitesi (ABD) Analitik Kimya Laboratuvarında yaptırılmıştır. Bu laboratuvarında kütle spektrometresiyle istasyonlara ait örneklerin izotop oranları belirlendikten sonra aşağıda belirtilen formül kullanılarak oran hesaplanmıştır.

$$\delta X = [(R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}}) - 1] \times 10^3 \quad (1)$$

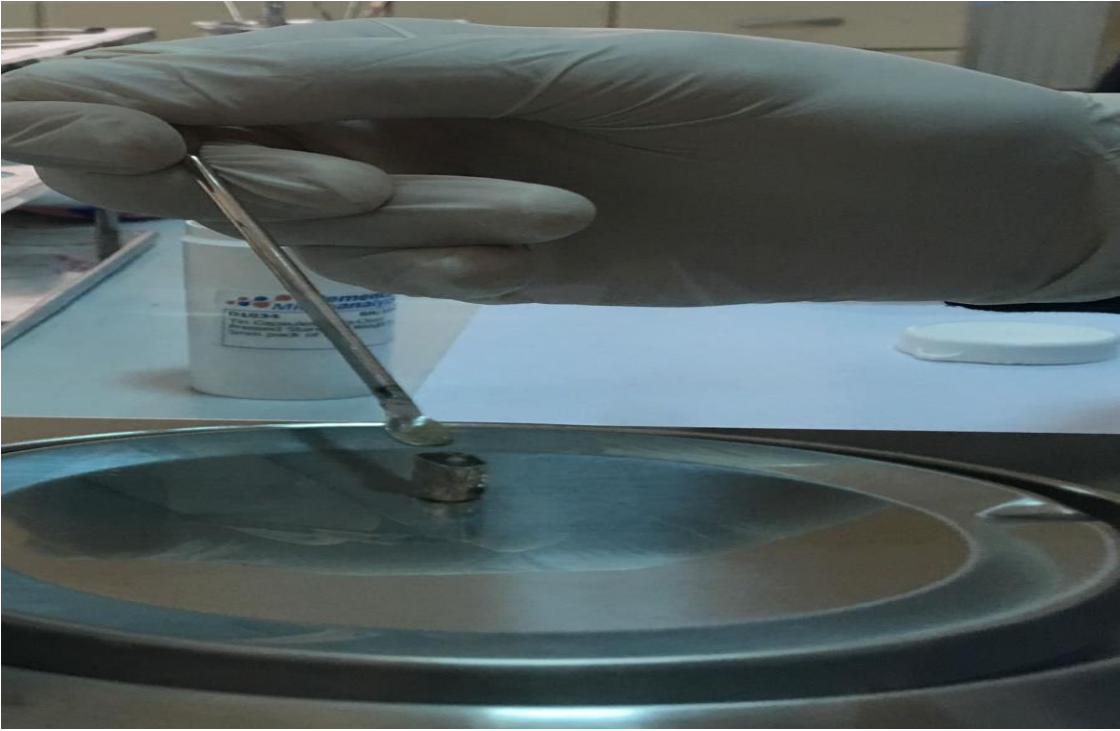
Formülde belirtilen X;  $^{13}\text{C}$  ve  $^{15}\text{N}$  ağır izotoplarını ifade ederken,  $R_{\text{sample}}$  ise izotop oranı hesaplanmak istenen örneğin  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  oranlarını göstermektedir.  $\delta$  (ağır izotopun hafif izotopa oranı) değerleri bir örnekteki hafif veya ağır izotopların

ölçümleridir. Yüksek  $\delta$  değerleri ağır izotopta, düşük  $\delta$  değerleri ise hafif izotopta kısmen zenginleşmenin olduğunu ifade etmektedir. Rstandart, standart olarak kullanılan malzemeler C ya da N izotopuna göre değişiklik gösterir. Karbon için Pee Dee Belemnite (PDB) standardı kullanılırken, azot için atmosferdeki azot gazı standart olarak kullanılır (Fry, 2006).

Primer prodüktivite üyeleri belirgin izotopik işaretler oluşturduğundan organik madde içerisinde C ve N duraylı izotopları karbon kaynakları arasında ayırım yapılmasında kullanışlı bir araç sağlamaktadır (Banaru vd., 2007). Yapılan bu çalışmada karbon ve azot duraylı izotop oranları birlikte kullanılarak sedimenti oluşturan malzemelerin kökenleri başka bir anlatımla sedimente katkı yapan malzemelerin hangi kaynaklardan (deniz, karasal vb.) oluştuğu belirlenmiştir. Bu yöntem ile karasal kaynaklı partikül organik maddenin Karadeniz ekosistemine olan katkısı nicelik olarak ortaya konulmuştur.



**Şekil 6.** Santrifüj sonunda organik maddenin üst kısımda birikimi.



**Şekil 7.** Sediment ve POM örneklerinin kalay kapsüllere konulması.

### **2.2.3. Askıda Katı Madde Analizi**

#### **2.2.3.1. Askıda Katı Madde (AKM) Miktarının Analizi**

Askıda katı madde tayini için 0,45 µm gözenek çapındaki Whatman marka GF/C filtre kâğıtları etüvde 105 °C'de 2 saat kurutulmuş ve 1 L su örneği bu kurutulmuş filtrelerden süzölmüştür. Daha sonra süzölen filtre kâğıtları etüvde 105 °C'de 2 saat bekletilmiş ve sabit tartıma hazır hale getirilmiştir. Tartım işlemi sonucu çıkan fark mg/L olarak hesap edilmiştir (Anonim, 1995).

#### **2.2.3.2. Askıda Katı Maddede Ağır Metal Analizi**

Askıda katı maddedeki ağır metali belirlemek için su örnekleri 0,45 µm gözenek çapındaki Whatman filtre kâğıdından geçirilmiştir. Bu filtreler daha önceden etiketlenmiş polietilen koruma kaplarında konularak derin dondurucuda bekletilmiştir. Daha sonra çözöndürme işlemi ve ICP-MS cihazında metal analizi için Giresun Üniversitesi Merkez Laboratuvarına gönderilmiştir.

### **2.2.4. İstatistiksel Analizler**

Su, askıda katı madde ve sedimentteki ağır metallerin mevsimsel dağılımların değerlendirilmesi amacıyla; öncelikle elde edilen verilerin normallik dağılımları test edilmiş olup normal dağılım gösterenlere sırasıyla One Way ANOVA, Tukey çoklu karşılaştırma testi, normal dağılım göstermeyenlere ise Kruskal-Wallis testi uygulanmıştır. Bu çalışmada bütün istatistiksel hesaplamalar SPSS 17.0 istatistik programı kullanılarak belirlenmiştir.

Karasal kaynakların denizel sedimente katkılarının belirlenmesi için SIAR programı kullanılmıştır. Bunun için karasal kaynaklı ve denizel izotop değerleri son üyeler olarak kullanılmış olup, karasal kaynaklı girdilerin denizel sedimente oranları belirlenmiştir. Trofik artış oranını karbon için her hangi bir artış bulunmadığından dolayı sıfır olarak alınmıştır.

### **3. BULGULAR**

#### **3.1. Su Analizleri (Fizikokimyasal Parametreler ve Nütrient)**

Doğu Karadeniz Havzasındaki istasyonların fizikokimyasal su kalite değerleri Tablo 3’de verilmiştir.



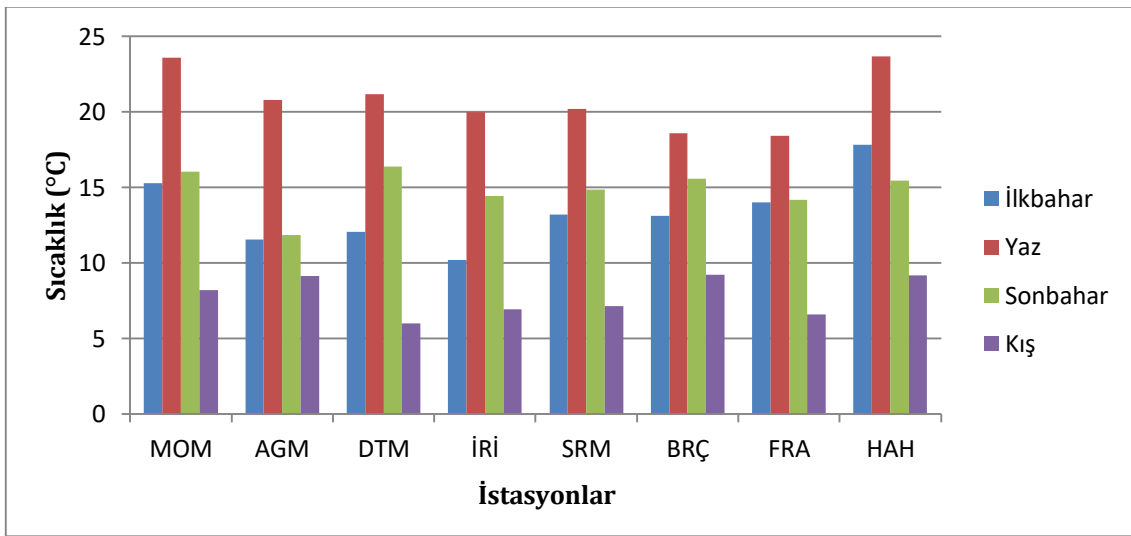


**Tablo 3.** Seçilen istasyonların fizikokimyasal su kalite değerleri.

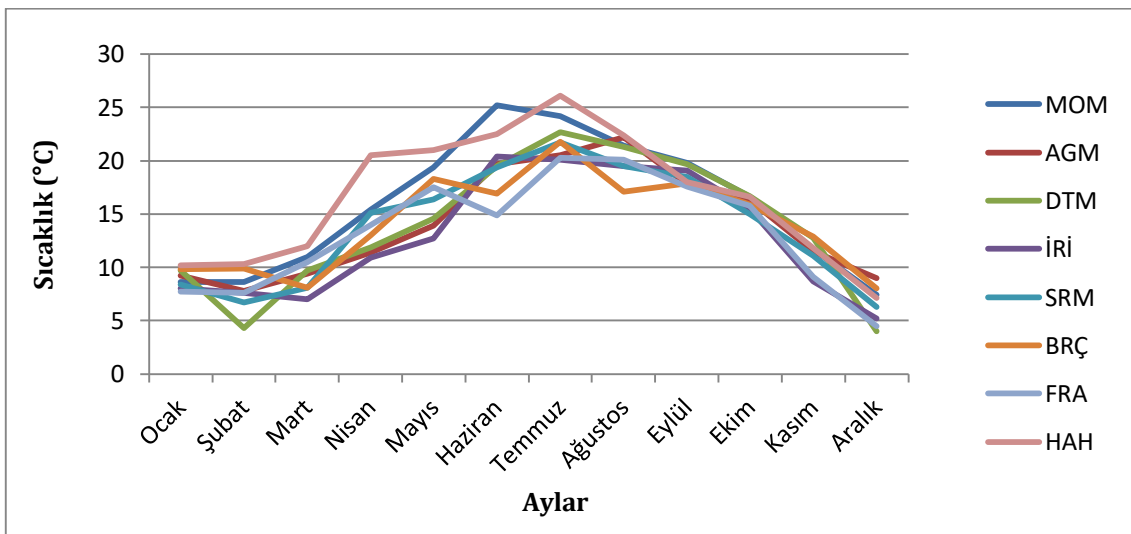
Istasyonlar	Sıcaklık (°C)	pH	Eİ (µS/cm)	ÇO (mg/L)	AKM (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	SO <sub>4</sub> (mg/L)	o-PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	
<b>MOM</b>	Ortalama	15,78	7,94	242,38	10,70	29,30	0,016	0,49	17	0,15
	Std. Hata	1,81	0,17	19,29	0,53	10,21	0,003	0,13	4,07	0,06
	En Küçük	7,40	7,23	173	7,58	3,17	0,004	0,10	4	0,02
	En Büyük	25,20	9,10	420	14,63	136,5	0,044	1,50	48	0,80
<b>AGM</b>	Ortalama	13,34	7,84	293,67	10,09	130,74	0,007	0,38	17,83	0,55
	Std. Hata	1,47	0,11	26,45	0,26	50,74	0,003	0,11	2,96	0,27
	En Küçük	7,81	6,97	150	8,64	17,46	0,001	0,10	6	0,04
	En Büyük	22,20	8,27	409	11,36	604,1	0,039	1,50	37	3,33
<b>DTM</b>	Ortalama	13,91	7,83	235,33	10,40	159,61	0,054	0,225	11,25	0,72
	Std. Hata	1,82	0,14	19,79	0,44	37,99	0,043	0,043	1,65	0,27
	En Küçük	4	6,88	122	8,35	14,89	0,001	0	3	0,05
	En Büyük	22,7	8,37	317	12,78	433,79	0,530	0,5	25	3,12
<b>İri</b>	Ortalama	12,89	7,23	99,13	10,95	42,57	0,008	0,38	9,50	0,67
	Std. Hata	1,66	0,17	6,83	0,41	5,03	0,002	0,10	3,49	0,37
	En Küçük	5,2	6,3	58	9,01	0,56	0,001	0,1	2	0,04
	En Büyük	20,4	8,06	124	12,88	63,8	0,022	1,3	43	4,29
<b>SRM</b>	Ortalama	13,85	7,24	112,58	10,13	68,68	0,013	0,33	7,92	0,20
	Std. Hata	1,59	0,20	8,81	0,444	21,88	0,006	0,05	2,88	0,06
	En Küçük	6,30	6,10	73,1	8,08	10,4	0,003	0	2	0,03
	En Büyük	21,70	8,10	195	12,51	255,38	0,076	0,60	39	0,51
<b>BRÇ</b>	Ortalama	14,13	7,28	87,66	10,22	57,93	0,006	0,28	8,83	0,28
	Std. Hata	1,30	0,15	4,37	0,27	17,19	0,001	0,06	2,08	0,13
	En Küçük	8	6,31	66	9,02	9,4	0,001	0,1	4	0,02
	En Büyük	21,8	7,78	117	11,64	210,32	0,015	0,7	29	1,66
<b>FRA</b>	Ortalama	13,30	7,76	59,68	10,53	39,90	0,006	0,30	4	0,26
	Std. Hata	1,53	0,18	4,53	0,36	8,072	0,003	0,06	1,67	0,05
	En Küçük	4,50	6,12	40	9,12	4,76	0,001	0,10	0	0,05
	En Büyük	20,3	8,70	98	12,3	100,75	0,036	0,80	21	0,57
<b>HAH</b>	Ortalama	16,54	7,85	138,58	10,00	18,13	0,016	0,33	7,33	0,27
	Std. Hata	1,76	0,19	6,08	0,49	4,63	0,006	0,05	1,98	0,08
	En Küçük	7,10	6,83	109,80	7,29	0,93	0,002	0,10	2	0,05
	En Büyük	26,10	9,01	183	12,93	44,44	0,083	0,60	28	1,10
<b>TOP.</b>	Ortalama	14,22	7,62	158,63	10,38	68,36	0,016	0,34	10,46	0,39
	Std. Hata	0,53	0,06	8,84	0,13	8,79	0,005	0,03	0,95	0,06
	En Küçük	4	6,10	40	7,29	0,56	0,001	0	0	0,02
	En Büyük	26,10	9,10	420	14,63	604,10	0,530	1,50	48	4,29

### 3.1.1. Su Sıcaklığı

Çalışılan 8 farklı istasyonda ölçülen su sıcaklıkları yıllık olarak en düşük 4 °C ile kış mevsiminde (Aralık ayında Değirmendere istasyonunda) ve en yüksek 26,10 °C ile yaz mevsiminde (Temmuz ayında Hopa istasyonunda) ölçülmüştür (Şekil 8). Tüm akarsuların yıllık ortalama su sıcaklığı ise  $14,22 \pm 0,53$  °C olarak kaydedilmiştir (Şekil 9). Ayrıca akarsuların sıcaklık değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür ( $p > 0,05$ ).



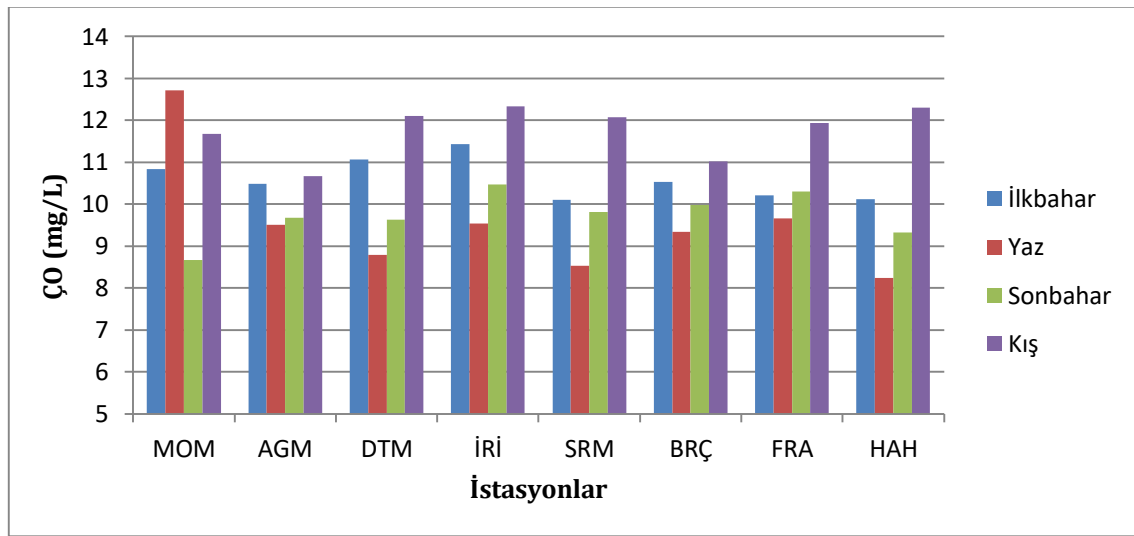
Şekil 8. İstasyonlara ait sıcaklık değerlerinin mevsimsel olarak değişimi.



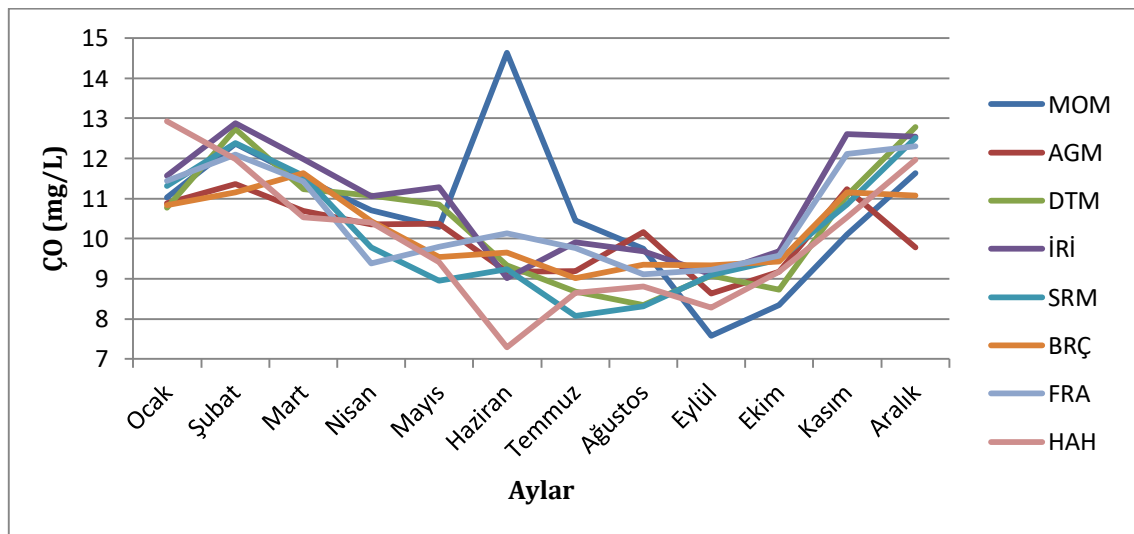
Şekil 9. İstasyonlara ait sıcaklık değerlerinin aylık olarak değişimi.

### 3.1.2. Suda Çözünmüş Oksijen

İstasyonlarda ölçülen ÇO değerleri yıllık olarak en düşük 7,29 mg/L ile yaz mevsiminde (Haziran ayında Hoha istasyonunda) ve en yüksek 14,63 mg/L ile yaz mevsiminde (Haziran ayında Melet istasyonunda) izlenmiştir. Tüm akarsuların yıllık ortalama ÇO değeri ise  $10,38 \pm 0,132$  mg/L olarak hesaplanmıştır (Şekil 10 ve Şekil 11). Ayrıca akarsuların çözünmüş oksijen değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ).



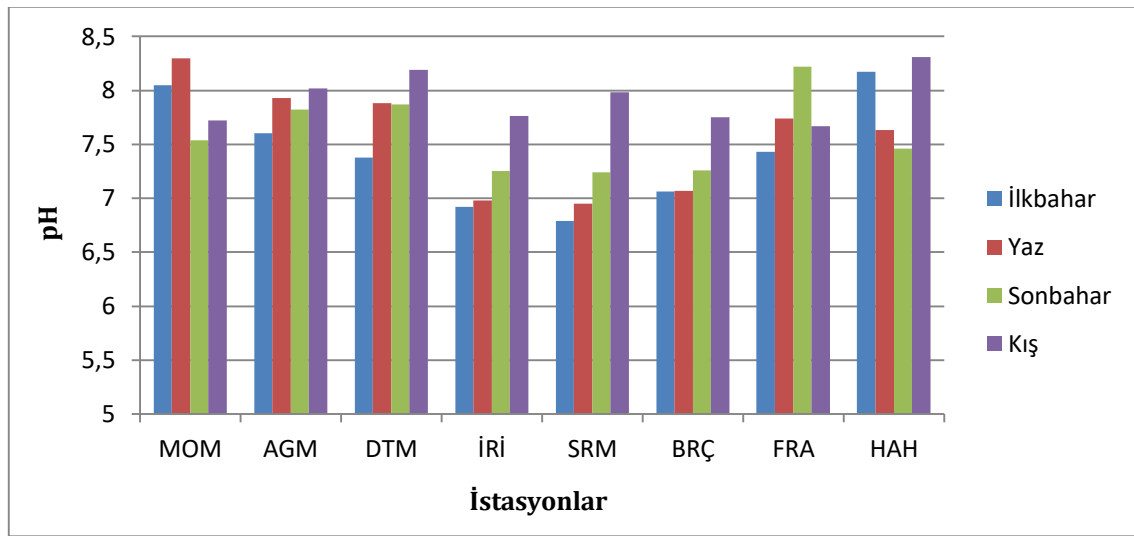
Şekil 10. Çözünmüş Oksijen (ÇO) değerlerinin mevsimsel olarak değişimi.



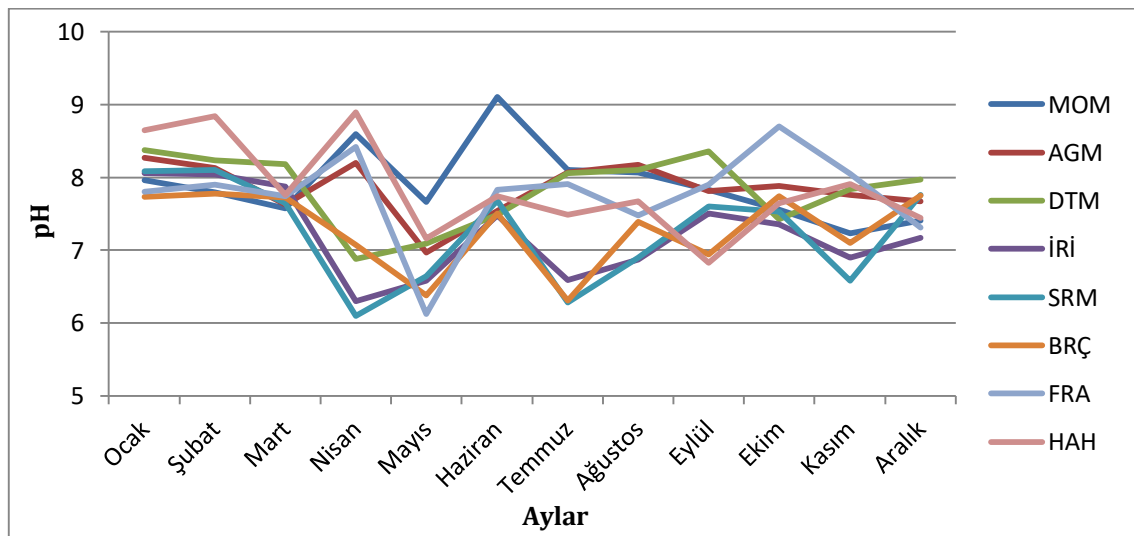
Şekil 11. İstasyonlara ait Çözünmüş Oksijen (ÇO) değerlerinin aylık olarak değişimi.

### 3.1.3. pH

Su için önemli parametrelerden biri olan pH'nın yıllık değerleri en düşük 6,10 ile ilkbahar mevsiminde (Nisan ayında Salarha istasyonunda) ve en yüksek 9,10 ile yaz mevsiminde (Haziran ayında Melet istasyonunda) saptanmıştır (Şekil 12). Tüm akarsuların yıllık ortalama pH değeri ise  $7,62 \pm 0,059$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 13). Ayrıca akarsuların pH değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ).



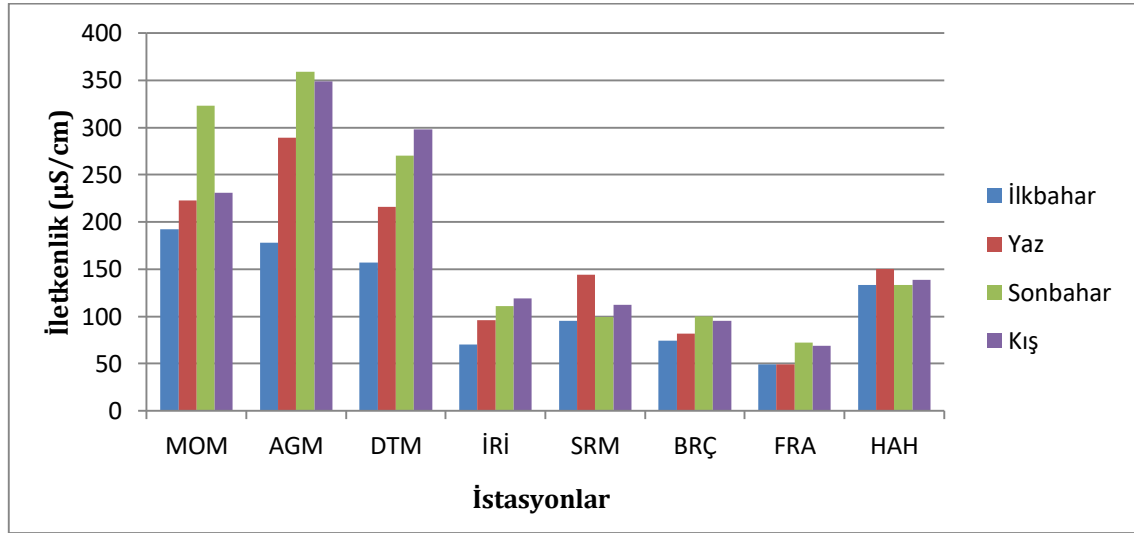
Şekil 12. İstasyonlara ait pH değerlerinin mevsimsel olarak değişimi.



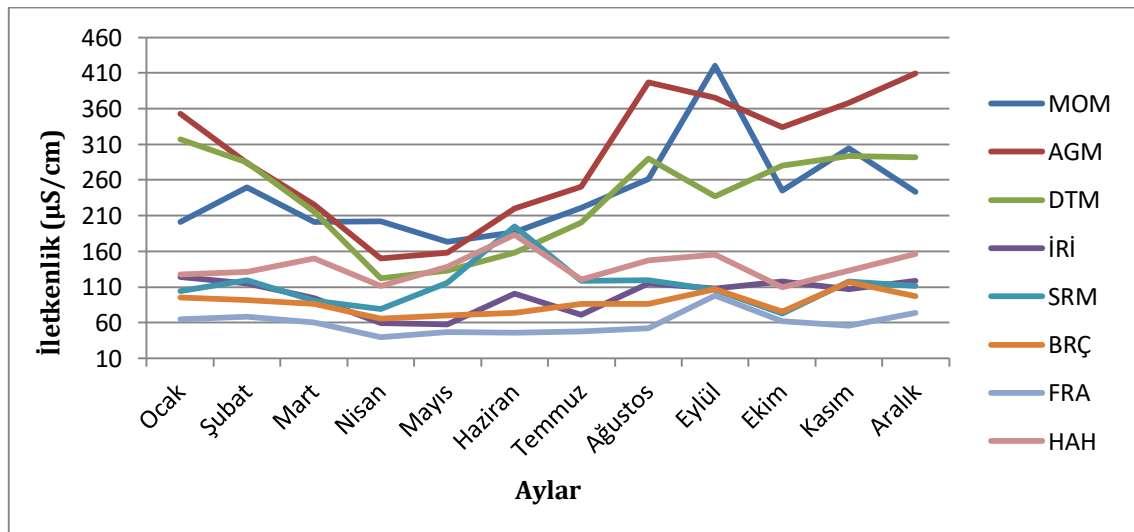
Şekil 13. İstasyonlara ait pH değerlerinin aylık olarak değişimi.

### 3.1.4. Elektriksel İletkenlik

Akarsuların Eİ değerleri yıllık olarak 40  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ile ilkbahar ve 420  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ile sonbahar mevsiminde değişim göstermiştir. Akarsuların yıllık ortalama Eİ değeri ise  $158,63 \pm 8,84$   $\mu\text{S}/\text{cm}$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 14 ve Şekil 15). İstatistiksel olarak Fırtına ile Melet, Aksu, Değirmendere ve Hopa istasyonları arasında, Büyükdere ile Melet, Aksu ve Değirmendere istasyonları arasında, İyidere ile Melet, Aksu ve Değirmendere istasyonları arasında ve Salarha ile Melet, Aksu ve Değirmendere istasyonları arasında önemli farklılıklar bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).



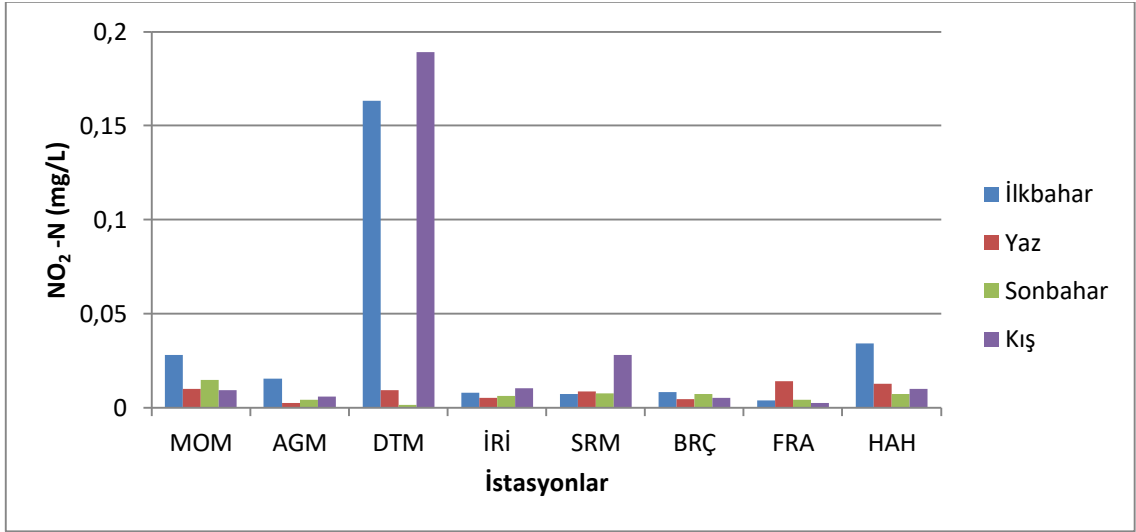
Şekil 14. İstasyonlarda ait Elektriksel İletkenlik değerlerinin mevsimsel değişimi.



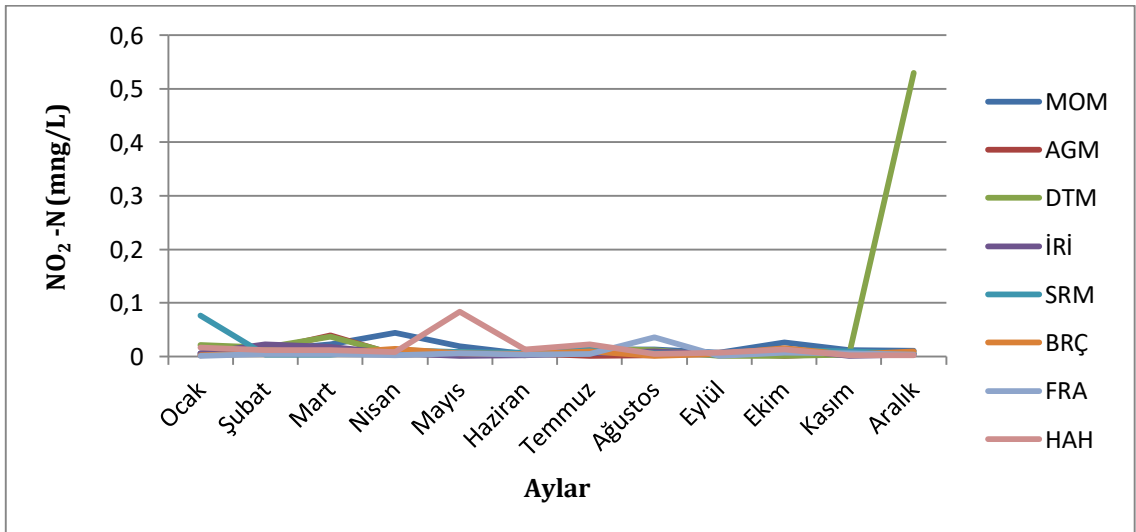
Şekil 15. İstasyonlara ait Elektriksel İletkenliğin aylık olarak değişimi.

### 3.1.5. Nitrit Azotu

Yüzeysel suyunun  $\text{NO}_2\text{-N}$  değerleri yıllık olarak en düşük 0,001 mg/L ile tüm mevsimler (Ocak, Mayıs, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında, sırasıyla Fırtına, İyidere, Aksu, Büyükdere ve Değirmendere istasyonlarında) ve en yüksek 0,53 mg/L ile kış mevsiminde (Aralık ayında Değirmendere istasyonunda) ölçülmüştür. Tüm akarsuların yıllık ortalama  $\text{NO}_2\text{-N}$  değeri ise  $0,016 \pm 0,005$  mg/L olarak hesaplanmıştır (Şekil 16 ve Şekil 17). İstatistiksel olarak Fırtına ile Melet istasyonları arasında önemli farklılıklar bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).



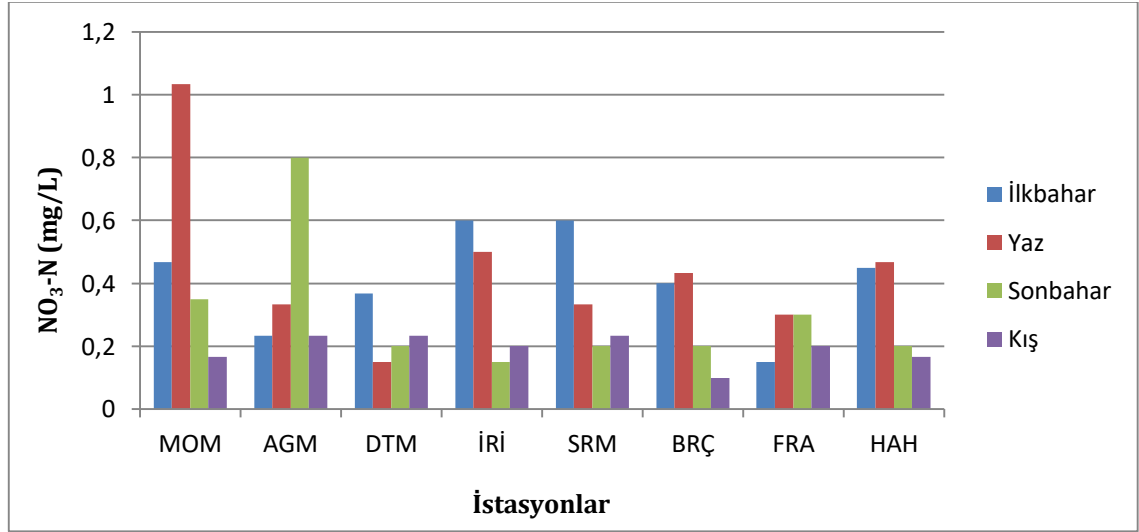
Şekil 16. İstasyonlara ait Nitrit azotu değerlerinin mevsimsel olarak değişimi.



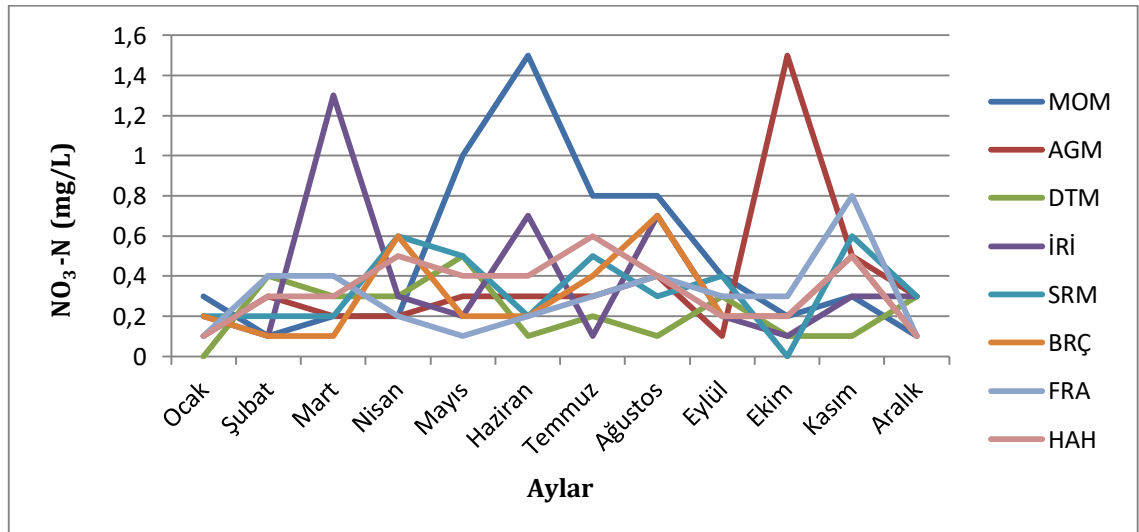
Şekil 17. İstasyonlara ait Nitrit azotu değerlerinin aylık olarak değişimi.

### 3.1.6. Nitrat Azotu

Çalışılan istasyonlarda ölçülen  $\text{NO}_3\text{-N}$  değerleri yıllık olarak en düşük 0 mg/L ile kış mevsiminde (Ocak ayında Değirmendere istasyonunda), sonbaharda (Ekim ayında Salarha istasyonunda) ve en yüksek 1,50 mg/L ile yaz mevsiminde (Haziran ayında Melet istasyonunda) ve sonbahar mevsiminde (Ekim ayında Aksu istasyonunda) ölçülmüştür. Tüm akarsuların yıllık ortalama  $\text{NO}_3\text{-N}$  değeri ise  $0,340 \pm 0,026$  mg/L olarak hesaplanmıştır (Şekil 18 ve Şekil 19). Ayrıca akarsuların nitrat azotu değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ).



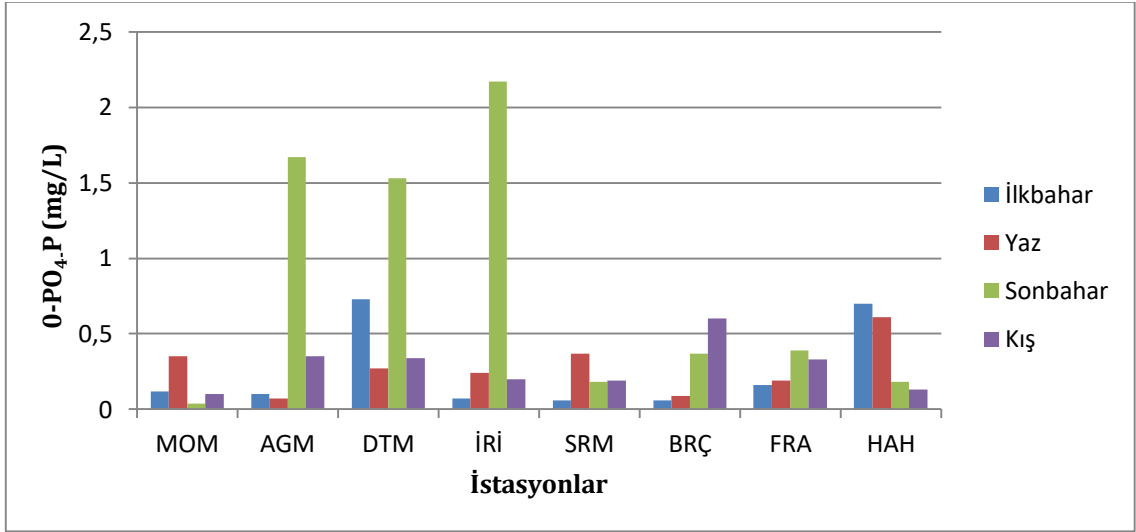
Şekil 18. İstasyonlara ait Nitrat azotu değerlerinin mevsimsel olarak değişimi.



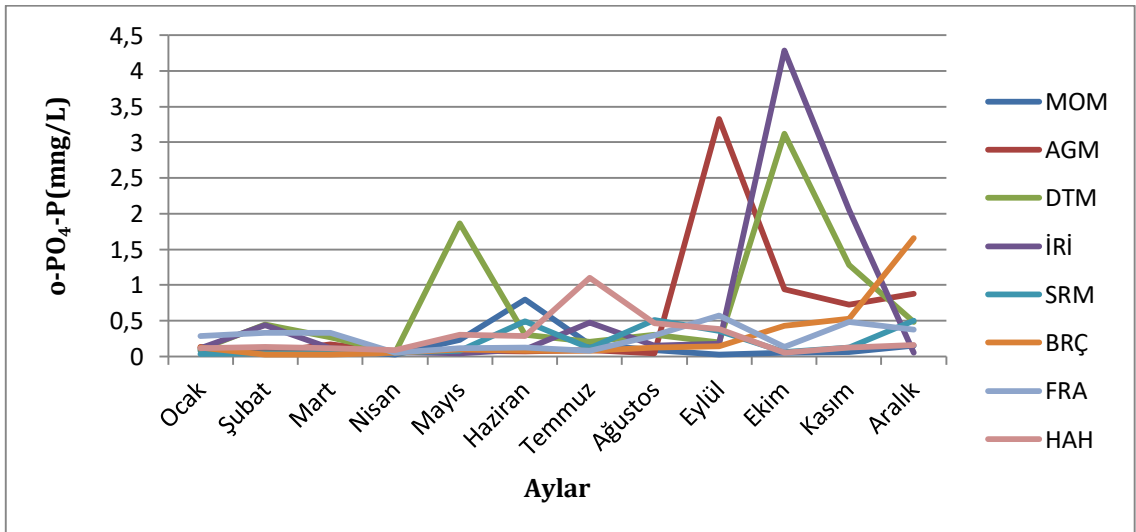
Şekil 19. İstasyonlara ait Nitrat azotu değerlerinin aylık olarak değişimi.

### 3.1.7. Ortofosfat Fosforu

Çalışılan istasyonlarda ölçülen o-PO<sub>4</sub>-P değerleri yıllık olarak en düşük 0,02 mg/L ile kış ve ilkbahar mevsimlerinde (Şubat ve Mart aylarında Büyükdere ve Melet istasyonlarında) ve en yüksek 4,29 mg/L ile sonbahar mevsiminde (Ekim ayında İyidere istasyonunda) ölçülmüştür. Tüm akarsuların yıllık ortalama o-PO<sub>4</sub>-P değeri ise 0,388±0,064 mg/L olarak hesaplanmıştır (Şekil 20 ve Şekil 21). Ayrıca akarsuların ortofosfat fosforu değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir (p>0,05).



Şekil 20. Ortofosfat Fosforu değerlerinin mevsimsel olarak ortalama değişimi.

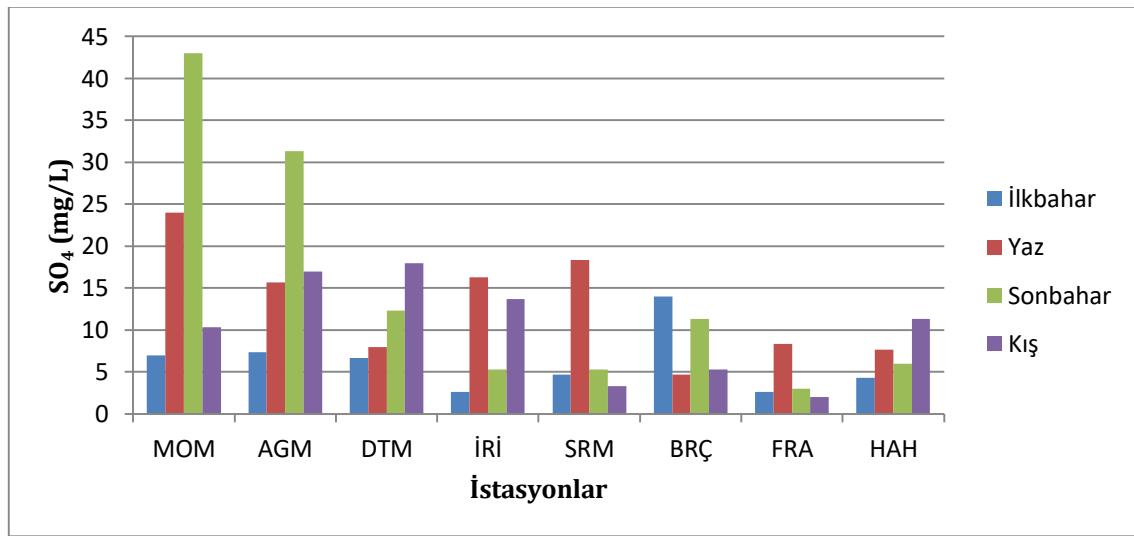


Şekil 21. İstasyonlara ait Ortofosfat Fosforu değerlerinin aylık olarak değişimi.

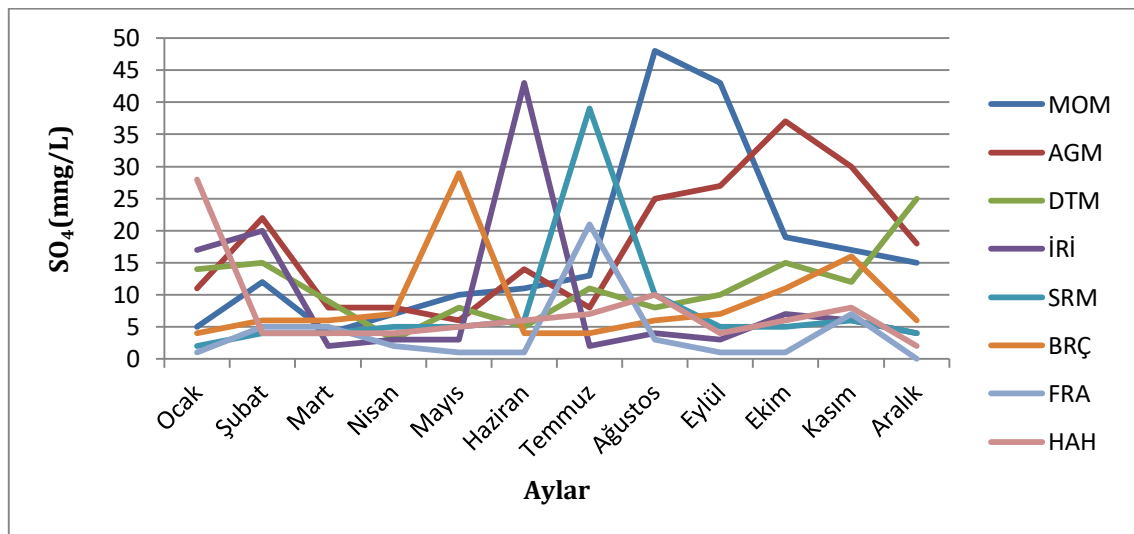


### 3.1.8. Sülfat

Akarsuların SO<sub>4</sub> değerleri yıllık olarak en düşük 0 mg/L ile kış mevsiminde (Aralık ayında Fırtına istasyonunda) ve en yüksek 48 mg/L ile yaz mevsiminde (Ağustos ayında Melet istasyonunda) ölçülmüştür. Tüm akarsuların yıllık ortalama SO<sub>4</sub> değeri ise 10,458±0,949 mg/L olarak hesaplanmıştır (Şekil 22 ve Şekil 23). İstatistiksel olarak Fırtına ile Melet, Aksu ve Değirmendere istasyonları arasında önemli farklılıklar bulunmuştur (p<0,05).



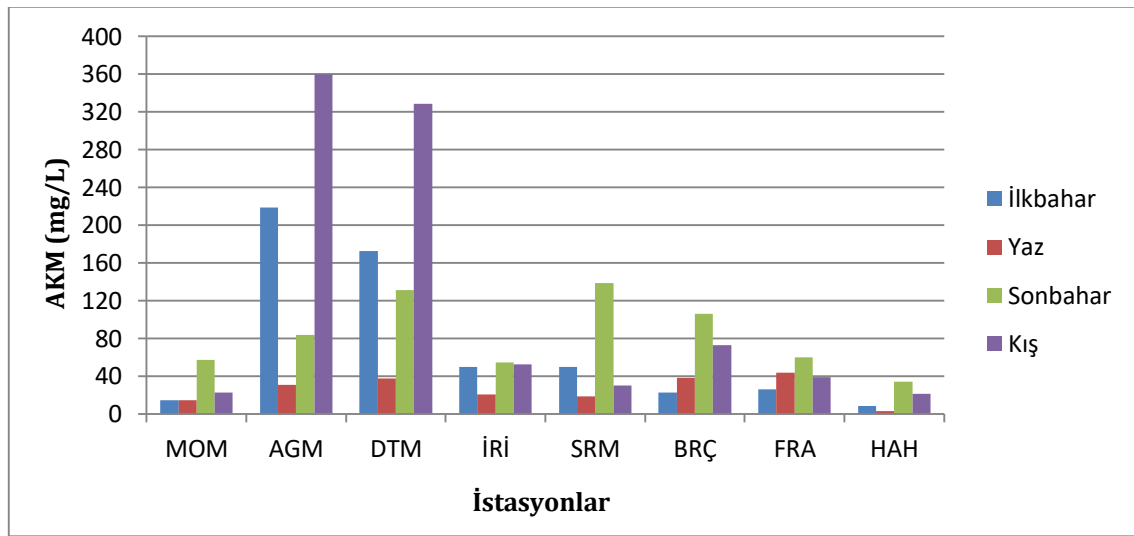
Şekil 22. İstasyonlara ait Sülfat değerlerinin mevsimsel olarak değişimi.



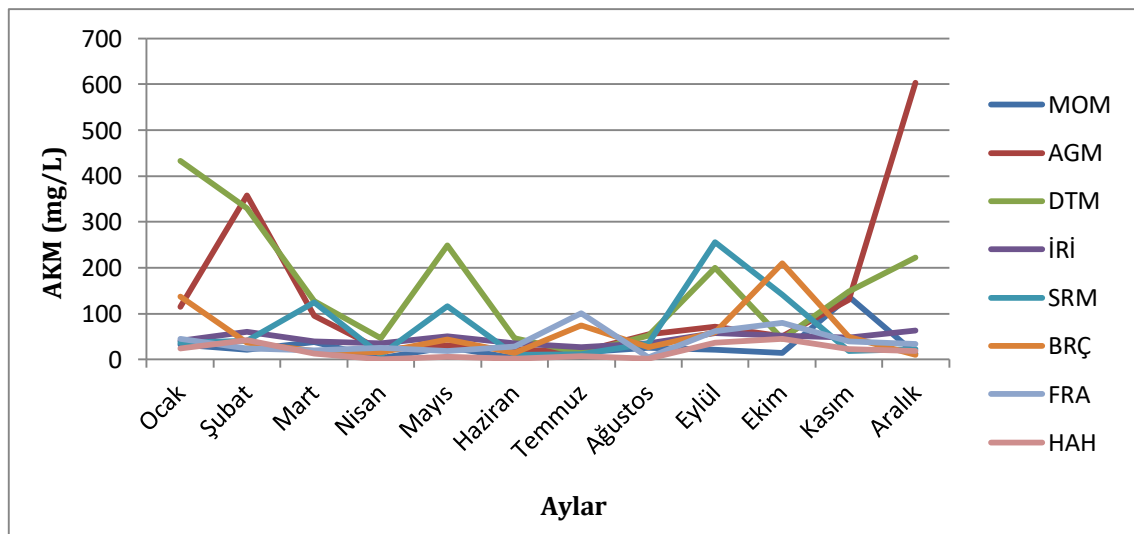
Şekil 23. İstasyonlara ait Sülfat değerlerinin aylık olarak değişimi.

### 3.1.9. Askıda Katı Madde Miktarı

Yıl boyunca AKM değerleri en düşük 0,56 mg/L ile yaz mevsiminde (Ağustos ayında İyidere istasyonunda) ve en yüksek 604,10 mg/L ile kış mevsiminde (Aralık ayında Aksu istasyonunda) ölçülmüştür. Tüm akarsuların yıllık ortalama AKM değeri ise  $68,36 \pm 8,791$  mg/L olarak hesaplanmıştır (Şekil 24 ve Şekil 25). İstatistiksel olarak Hopa ile Aksu ve Değirmendere istasyonları arasında, Melet ile Değirmendere istasyonları arasında önemli farklılıklar bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).



Şekil 24. Askıda Katı Madde (AKM) değerlerinin mevsimsel olarak değişimi.



Şekil 25. Askıda Katı Madde (AKM) değerlerinin aylık olarak değişim.

### 3.2. Ağır Metal Analizleri

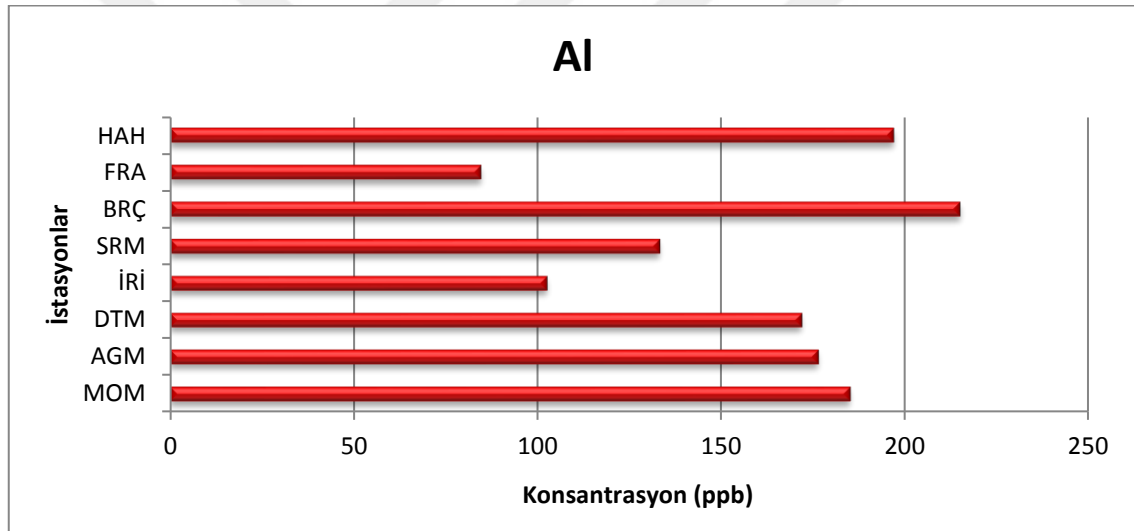
Doğu Karadeniz Havzasında su örneklemesinde ağır metal analizi yapılan 8 akarsuyun ortalama değerleri; Al: 159,71; Cr: 7,94; Mn: 48,04; Fe: 720,06; Co: 1,29; Ni: 26,21; Cu: 3,53; Zn: 2,08; As: 2,99; Cd: 0,11 ve Pb: 1,31 ppb olarak tespit edilmiştir. Ağır metal konsantrasyonları büyükten küçüğe Fe > Al > Mn > Ni > Cr > Cu > As > Zn > Pb > Co > Cd olarak sıralandığı belirlenmiştir.

Doğu Karadeniz Havzasında örnekleme yapılan 8 akarsuyun askıda katı maddede ağır metal konsantrasyonlarının en büyük ve en küçük değerleri; Al: 1971,33-16394,76 ppm; Cr: 4,36-19,82 ppm; Mn: 19558-388,41 ppm; Fe: 693,99-15012,45 ppm; Co: 0-5,88 ppm; Ni: 0-20,11 ppm; Cu: 0,86-150,77 ppm; Zn: 1088,77-13751,22 ppm; As: 0-1,77 ppm; Cd: 0,15-6,49 ppm ve Pb: 2,34-17,72 ppm aralığında tespit edilmiştir. Ağır metal konsantrasyonları Al > Zn > Fe > Mn > Cu > Cr > Pb > Ni > Cd > Co > As olarak sıralandığı belirlenmiştir. Akarsu bazında askıda katı maddede ağır metal konsantrasyonları incelendiğinde en çok yoğunluktan en az yoğunluğa olacak şekilde Melet: Al > Zn > Fe > Mn > Cu > Cr > Pb > Cd > Ni > Co > As, Aksu: Al > Zn > Fe > Mn > Cu > Cr > Pb > Ni > Cd > Co > As, Değirmendere: Al > Fe > Zn > Mn > Cu > Pb > Cr > Ni > Co > Cd > As, İyidere: Al > Zn > Fe > Mn > Cr > Pb > Ni > Cu > Cd > Co > As, Salarha: Al > Zn > Fe > Mn > Cr > Pb > Cu > Cd > Ni > Co > As, Büyükdere: Al > Zn > Fe > Mn > Cu > Cr > Pb > Ni > Co > Cd > As, Fırtına: Al > Zn > Fe > Mn > Cr > Cu > Pb > Co > Ni > Cd > As, Hopa: Al > Zn > Fe > Mn > Cr > Pb > Cu > Cd > Co > Ni > As olarak bulunmuştur. Örneklenen akarsuların tümünde en çok bulunan ilk dört element Al, Zn, Fe ve Mn'dir (EK 6).

Örnekleme yapılan 8 akarsuyun sedimentlerindeki ortalama ağır metal konsantrasyonları; Al: 5147,42-14889 ppm; Cr: 2,13-15,58 ppm; Mn: 144,25-488,21 ppm; Fe: 7969,67-23276,10 ppm; Co: 2,50-8,59 ppm; Ni: 0,15-13,11 ppm; Cu: 5,30-255,08 ppm; Zn: 11,34-205,58 ppm; As: 0,02-6,10 ppm; Cd: 0,05-1,53 ppm ve Pb: 1,74-161,69 ppm aralığında tespit edilmiştir. Ağır metal konsantrasyonları Fe > Al > Mn > Zn > Cu > Pb > Cr > Ni > Co > As > Cd olarak sıralandığı belirlenmiştir.

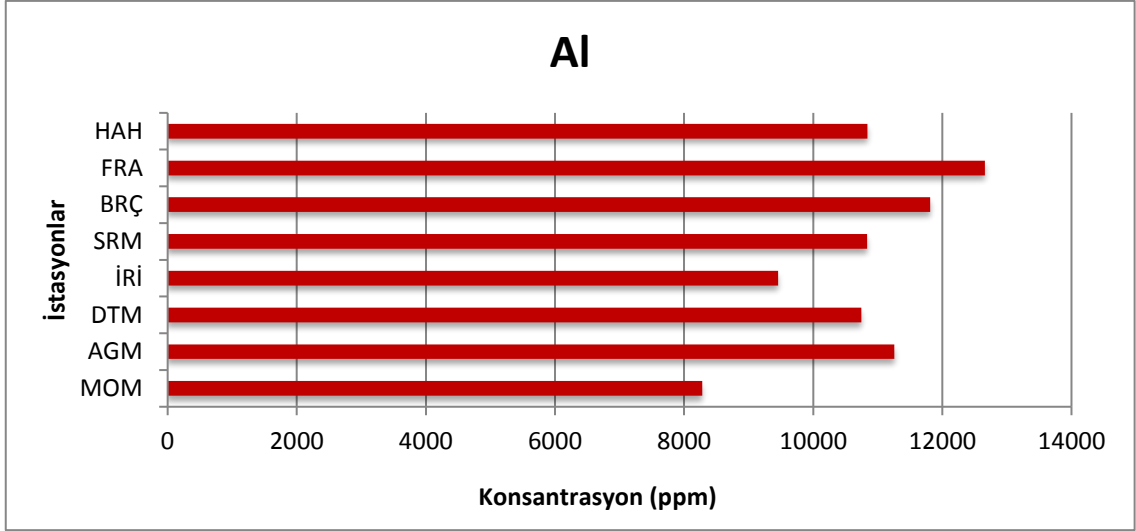
Akarsu bazında sedimentte ağır metal konsantrasyonları incelendiğinde tüm akarsularda en fazla birikim Fe, Al ve Mn elementlerinde olurken, en az birikim ise tüm akarsularda As ve Cd elementlerinde olduğu tespit edilmiştir.

Suda Al değerleri incelendiğinde en düşük 5,35 ppb kış mevsiminde (Fırtına istasyonu), en büyük değer ise 627,51 ppb ile kış mevsiminde (Büyükdere istasyonunda) bulunmuştur (Şekil 26). Doğu Karadeniz Havzasında örneklenen tüm akarsuların ortalama Al değeri  $159,71 \pm 45,07$  ppb ve mevsimsel olarak incelendiğinde yaz > sonbahar > kış > ilkbahar şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir. Ayrıca, çalışma süresince elde edilen bütün Al değerlerinin mevsimsel bakımdan istatistiksel bir fark taşımadığı tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ).



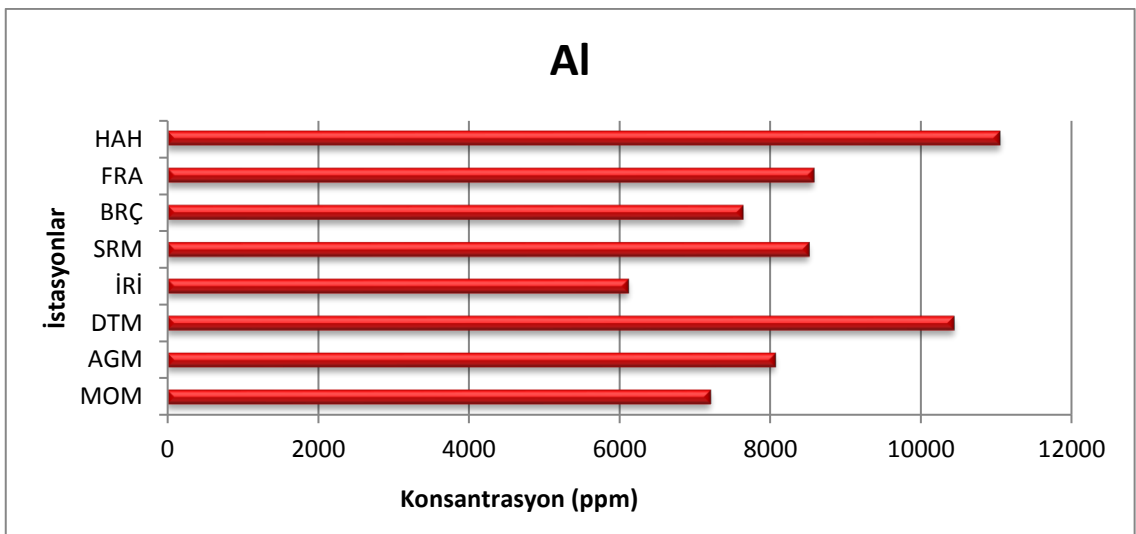
Şekil 26. Su örneklerinde yıllık ortalama Al değerleri.

Askıda katı maddede Al değerleri incelendiğinde en düşük 1971,33 ppm ile kış mevsiminde (Melet istasyonu), en büyük değer ise 16394,76 ppm ile ilkbahar mevsiminde (Büyükdere istasyonu) bulunmuştur (Şekil 27). Doğu Karadeniz Havzasında örneklenen akarsuların ortalama Al değeri  $10735,3 \pm 980,4$  ppm ve mevsimsel olarak incelendiğinde ilkbahar > kış > sonbahar > yaz şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir. Ayrıca, Al değerlerinin mevsimsel olarak istatistiki açıdan önem arz eden düzeyde olmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ).



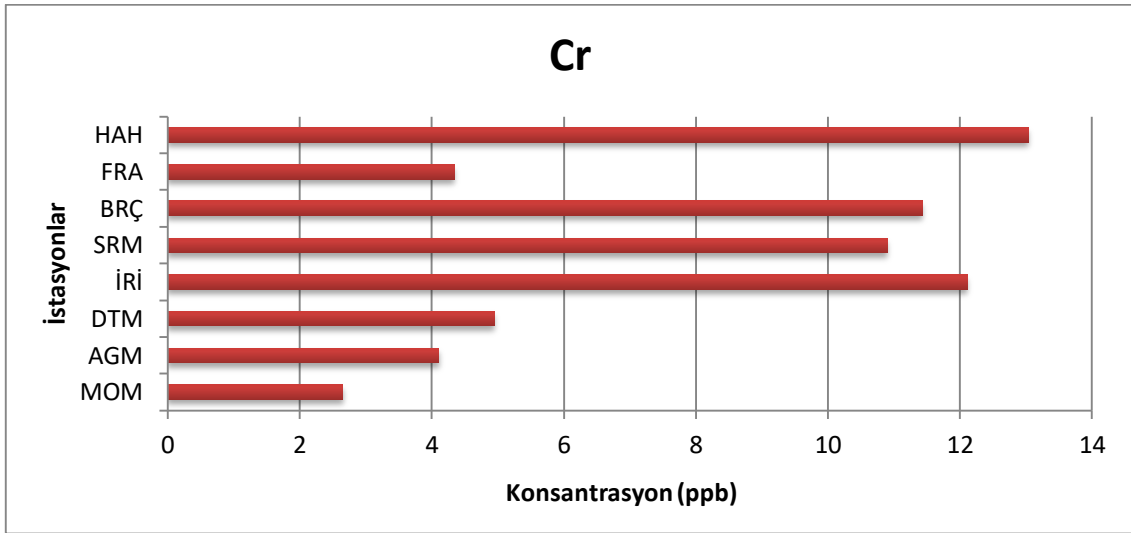
Şekil 27. Askıda katı madde örneklerinde yıllık ortalama Al değerleri.

Sedimentte Al değerleri incelendiğinde en düşük 5147,42 ppm ile ilkbahar mevsiminde (Melet istasyonu), en büyük değer ise 14899 ppm ile ilkbahar mevsiminde (Melet istasyonu) bulunmuştur (Şekil 28). Doğu Karadeniz Havzasında örneklenen akarsuların ortalama Al değeri  $8448,11 \pm 1364,38$  ppm olduğu ve mevsimsel olarak incelendiğinde ilkbahar > yaz > kış > sonbahar şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir. Ayrıca, Al değerlerinin sonbahar-kış ve ilkbahar, yaz-kış ve ilbaharda mevsimsel olarak istatistiki açıdan önem arz eden düzeyde farklılık taşıdığı tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ).



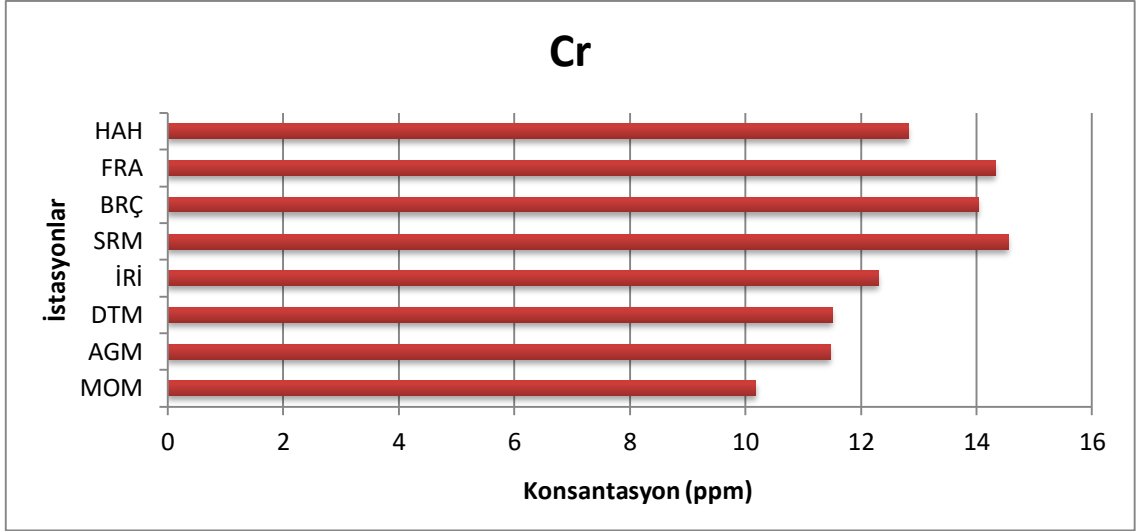
Şekil 28. Sediment örneklerinde yıllık ortalama Al değerleri.

Su örneklerinde Cr değerlerine bakıldığında en düşük limit değerinin altında (LDA) sonbahar ve kış mevsimlerinde (Sırasıyla Hopa ve Melet istasyonunda), en yüksek değer ise 49,12 ppb ile ilkbahar mevsiminde (Hopa istasyonunda) tespit edilmiştir (Şekil 29). Doğu Karadeniz Havzasında örneklenen tüm akarsuların ortalama Cr değeri  $7,94 \pm 5,27$  ppb ve mevsimsel olarak incelendiğinde yaz>sonbahar> ilkbahar>kış şeklinde bulunmuştur. İlâveten, elde edilen bütün Cr değerlerinin mevsimsel olarak istatistiksel bir fark göstermediği kayıt edilmiştir ( $p>0,05$ ).



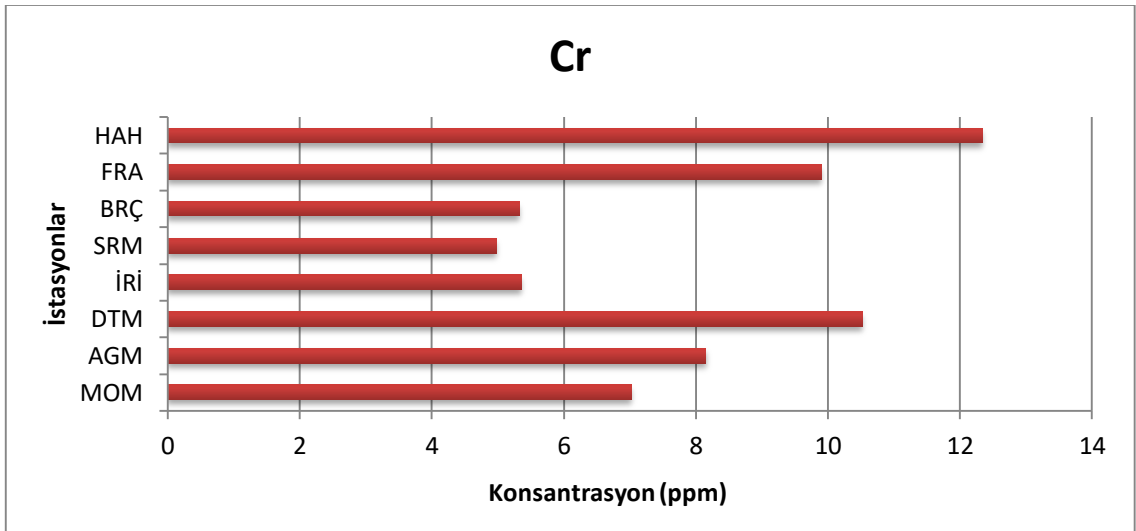
Şekil 29. Su örneklerinde yıllık ortalama Cr değerleri.

Analiz sonuçları değerlendirilip askıda katı maddede Cr değerlerine bakıldığında en düşük 4,36 ppm ile kış mevsiminde (İyidere istasyonu), en yüksek ise 19,82 ppm ile yaz mevsiminde (Salarha istasyonu) tespit edilmiştir (Şekil 30). Doğu Karadeniz Havzasında örneklenen akarsuların ortalama Cr değeri  $12,65 \pm 0,78$  ppm ve mevsimsel olarak incelendiğinde yaz > sonbahar > ilkbahar > kış şeklinde bulunmuştur. İlâveten, Cr değerlerinin mevsimsel olarak istatistiki açıdan önem arz eden düzeyde olmadığı kayıt edilmiştir ( $p>0,05$ ).



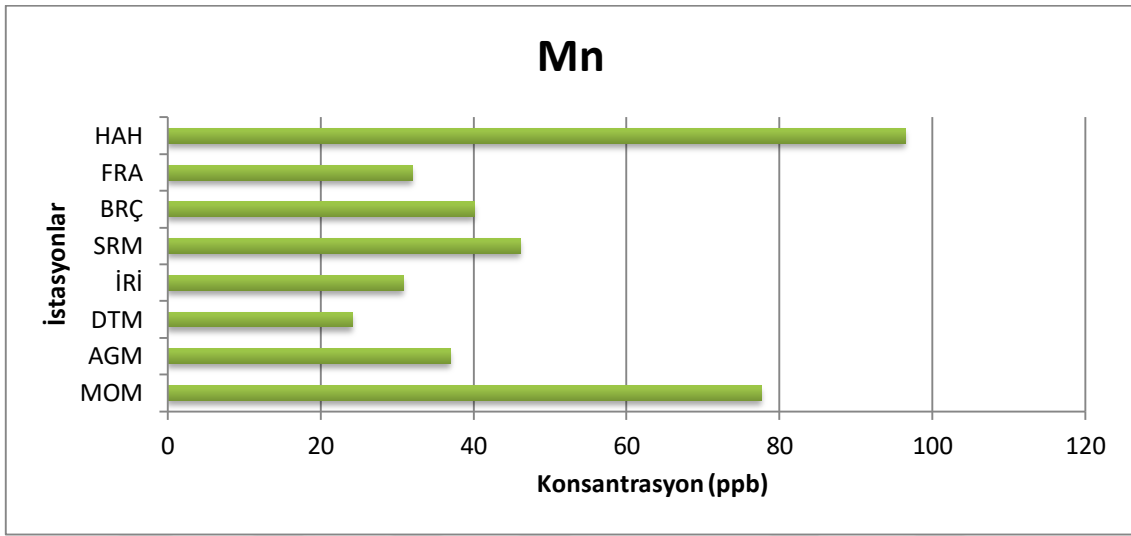
**Şekil 30.** Askıda katı madde örneklerinde yıllık ortalama Cr değerleri.

Sedimentte Cr değerlerine bakıldığında en düşük 2,13 ppm ile kış mevsiminde (Büyükdere istasyonu), en yüksek değer ise 15,58 ppm ile yaz mevsiminde (Aksu istasyonu) tespit edilmiştir (Şekil 31). Tüm akarsuların ortalama Cr değeri  $7,95 \pm 2,34$  ppm olduğu ve mevsimsel olarak incelendiğinde yaz > ilkbahar > sonbahar > kış şeklinde bulunmuştur. İlâveten, Cr değerlerinin sonbahar-kış ve ilkbahar, yaz-kış ve ilkbaharda mevsimsel olarak istatistiki açıdan önem arz eden düzeyde farklılık taşıdığı kayıt edilmiştir ( $p < 0,05$ ).



**Şekil 31.** Sediment örneklerinde yıllık ortalama Cr değerleri.

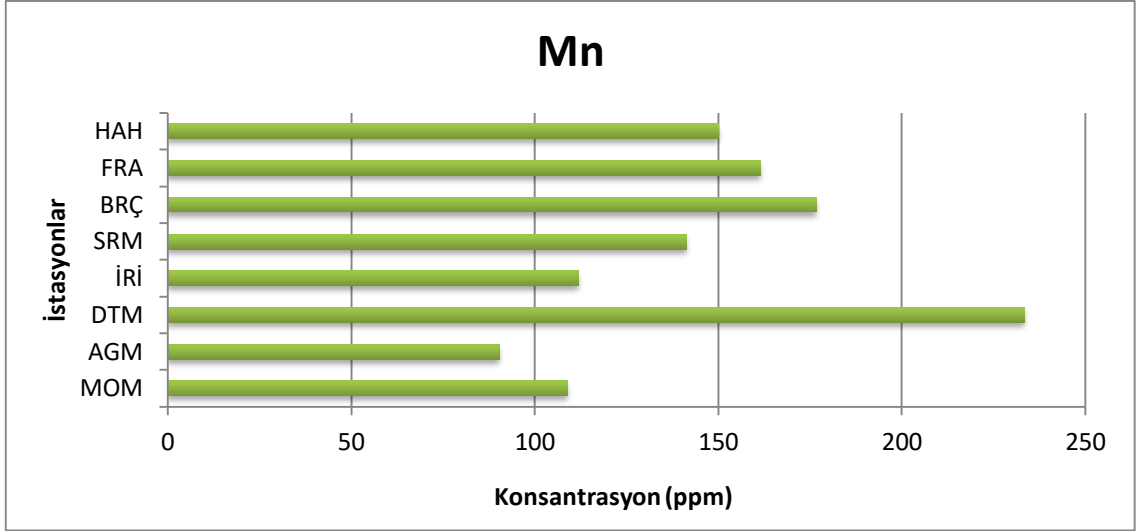
Suda en düşük Mn değeri 0,25 ppb ile kış mevsiminde (Fırtına istasyonunda), en yüksek değer 252,40 ppb ile ilkbaharda (Hopa istasyonu) kaydedilmiştir (Şekil 32). Doğu Karadeniz Havzasında örneklenen tüm akarsuların ortalama Mn değeri  $48,04 \pm 19,70$  ppb ve mevsimsel olarak incelendiğinde yaz > ilkbahar > kış > sonbahar şeklinde bulunmuştur. Ayrıca, elde ettiğimiz bütün Mn değerlerinin mevsimsel olarak istatistiksel açıdan bir fark taşımadığı tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ).



Şekil 32. Su örneklerinde yıllık ortalama Mn değerleri.

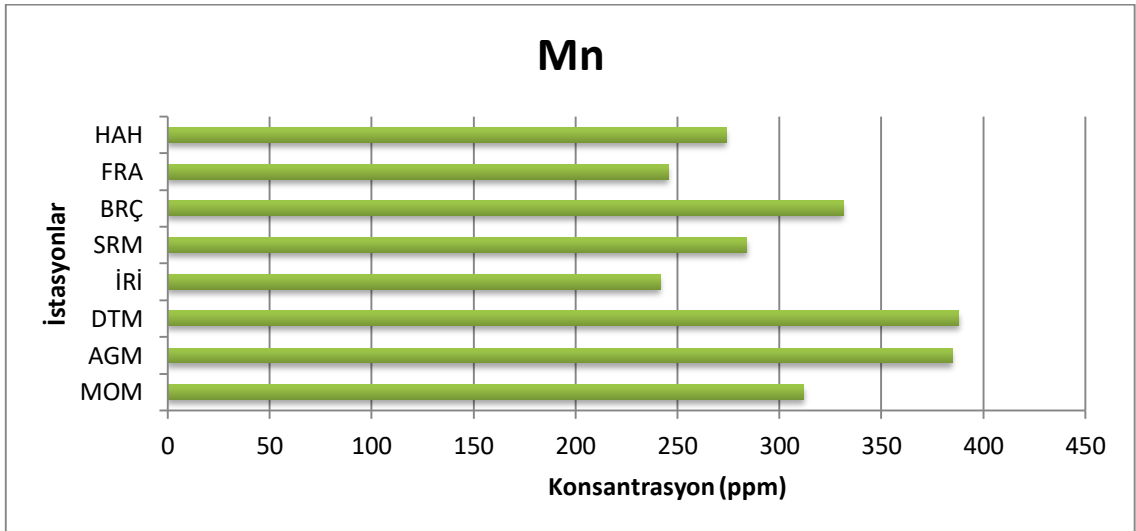
Askıda katı maddede en düşük Mn değeri 19558 ppm ile yaz mevsiminde (Fırtına istasyonu), en yüksek değer 388,41 ppm ile ilkbaharda (Büyükdere istasyonu) kaydedilmiştir (Şekil 33). Doğu Karadeniz Havzasında örneklenen akarsuların ortalama Mn değeri  $146,78 \pm 41,47$  ppm ve mevsimsel olarak incelendiğinde ilkbahar > sonbahar > kış > yaz şeklinde bulunmuştur. Mn değerlerinin mevsimsel olarak istatistiksel açıdan önem arz eden düzeyde olmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ).





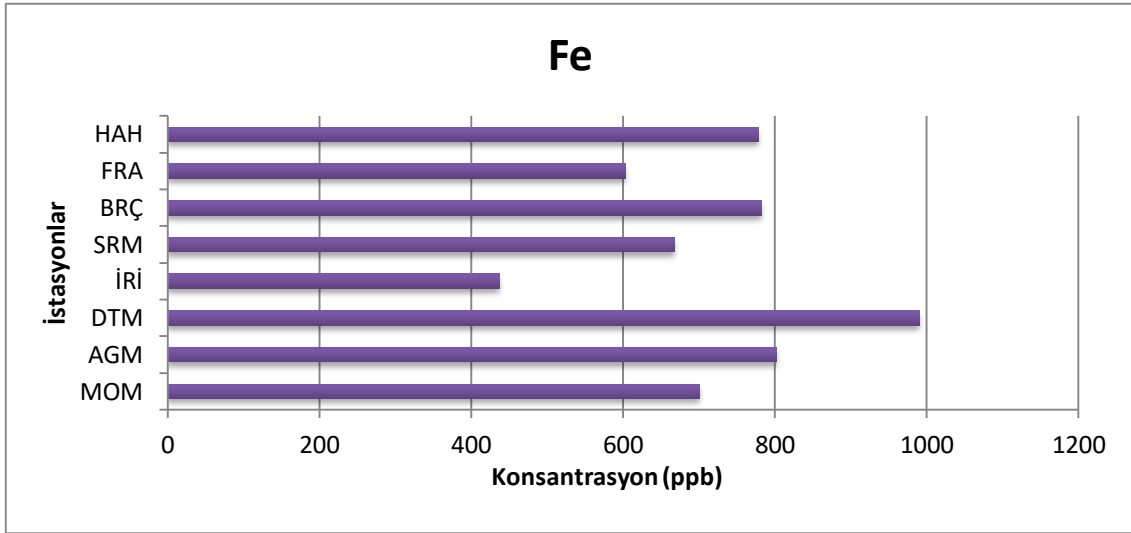
**Şekil 33.** Askıda katı madde örneklerinde yıllık ortalama Mn değerleri.

Askıda katı maddede en düşük Mn değeri 144,25 ppm ile ilkbahar mevsiminde (İyidere istasyonu), en yüksek değer 488,21 ppm ile yazın (Değirmendere istasyonu) kaydedilmiştir (Şekil 34). Tüm akarsuların ortalama Mn değeri  $307,71 \pm 22,15$  ppm olarak tespit edilmiş ve mevsimsel olarak incelendiğinde yaz > kış > sonbahar > ilkbahar şeklinde bulunmuştur. Ek olarak, Mn değerlerinin mevsimsel olarak istatistiki açıdan önem arz eden düzeyde olmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ).



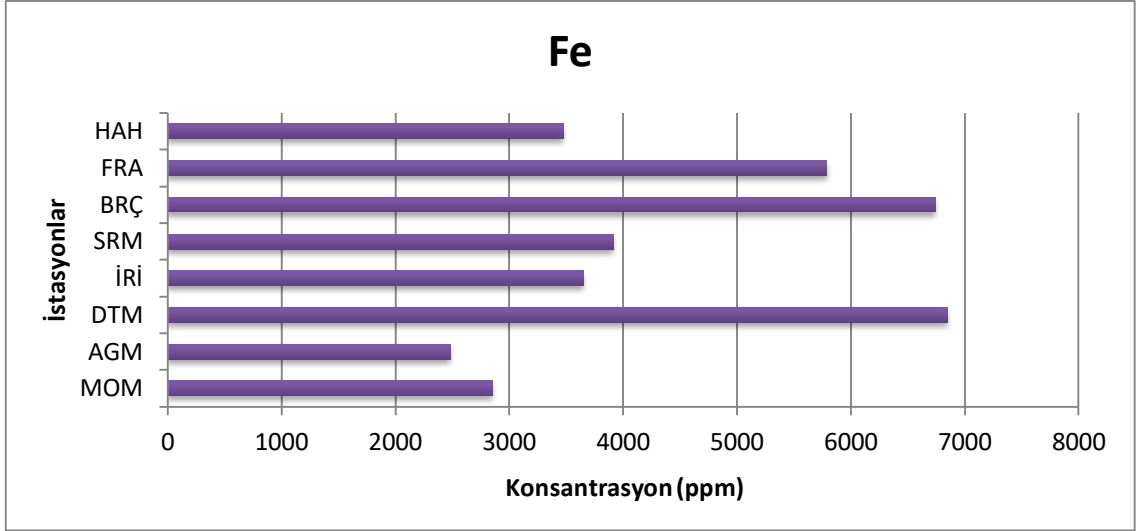
**Şekil 34.** Sediment örneklerinde yıllık ortalama Mn değerleri.

Suda Fe değerleri en düşük olarak LDA ile sonbahar mevsiminde (Hopa istasyonu), en büyük değer ise 3143,40 ppb ile kış mevsiminde (Değirmendere istasyonu) bulunmuştur (Şekil 35). Doğu Karadeniz Havzasında örneklenen tüm akarsuların ortalama Fe değeri  $720,06 \pm 114,56$  ppb mevsimsel olarak incelendiğinde kış > ilkbahar > yaz > sonbahar şeklinde bulunmuştur. Bunlara ek olarak, Fe değerlerinin mevsimsel olarak istatistiksel açıdan bir fark taşımadığı kayıt edilmiştir ( $p > 0,05$ ).



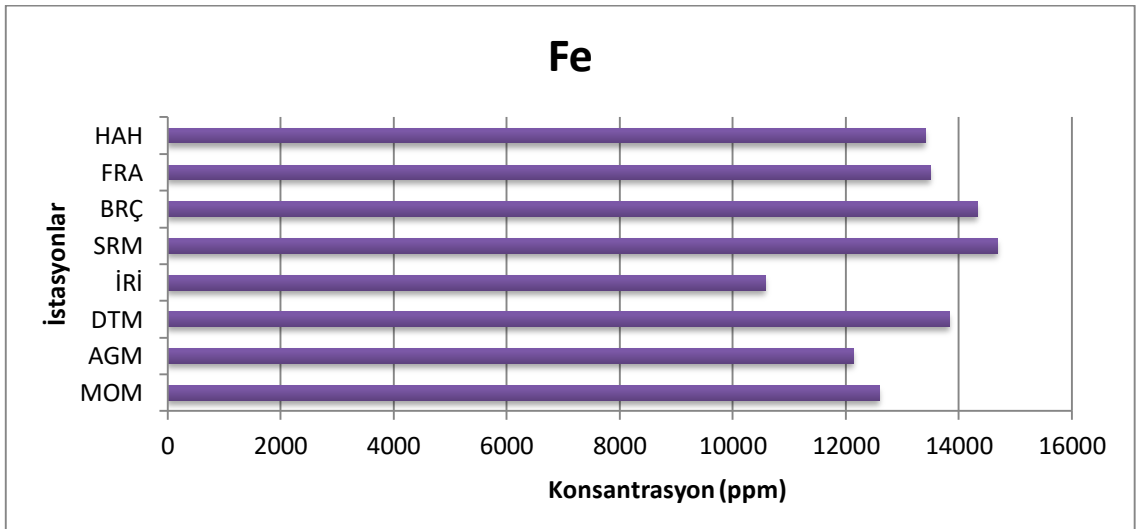
Şekil 35. Su örneklerinde yıllık ortalama Fe değerleri.

Askıda katı maddede Fe değerleri en düşük olarak 693,99 ppm ile yaz mevsiminde (Fırtına istasyonu), en büyük ise 15012,45 ppm ile ilkbahar mevsiminde (Büyükdere istasyonu) bulunmuştur (Şekil 36). Doğu Karadeniz Havzasında örneklenen akarsuların ortalama Fe değeri  $4469,7 \pm 1776,4$  ppm ve mevsimsel olarak incelendiğinde ilkbahar > kış > sonbahar > yaz şeklinde bulunmuştur. Ayrıca, Fe değerlerinin yaz-sonbahar, kış ve ilkbahar, ilkbahar-sonbahar ve kış mevsiminde mevsimsel olarak istatistiksel açıdan önem arz eden düzeyde farklılık taşıdığı tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ).



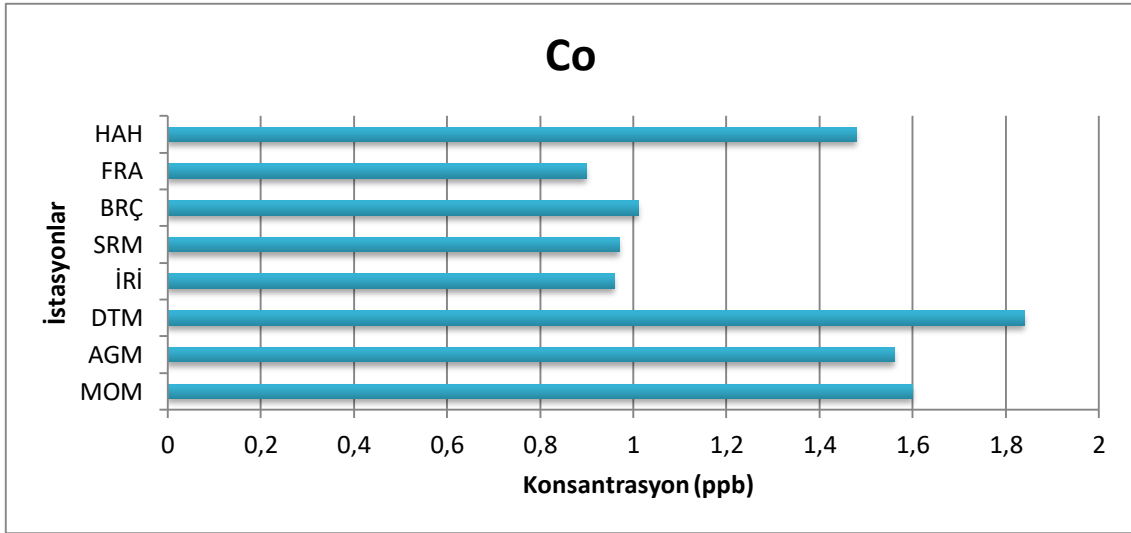
**Şekil 36.** Askıda katı madde örneklerinde yıllık ortalama Fe değerleri.

Sedimentte Fe değerleri en düşük olarak 7969,67 ppm ile sonbahar mevsiminde (İyidere istasyonu), en büyük değer ise 23276,10 ppm ile yaz mevsiminde (Büyükdere istasyonu) bulunmuştur (Şekil 37). Tüm akarsuların ortalama Fe değeri  $13135,17 \pm 1957,09$  ppm olarak tespit edilmiş ve mevsimsel olarak incelendiğinde yaz > ilkbahar > sonbahar > kış şeklinde bulunmuştur. Ayrıca, Fe değerlerinin ilkbahar mevsiminde elde edilen diğer tüm mevsimlerden mevsimsel olarak istatistiki açıdan önem arz eden düzeyde farklılık gösterdiği kayıt edilmiştir ( $p < 0,05$ ).



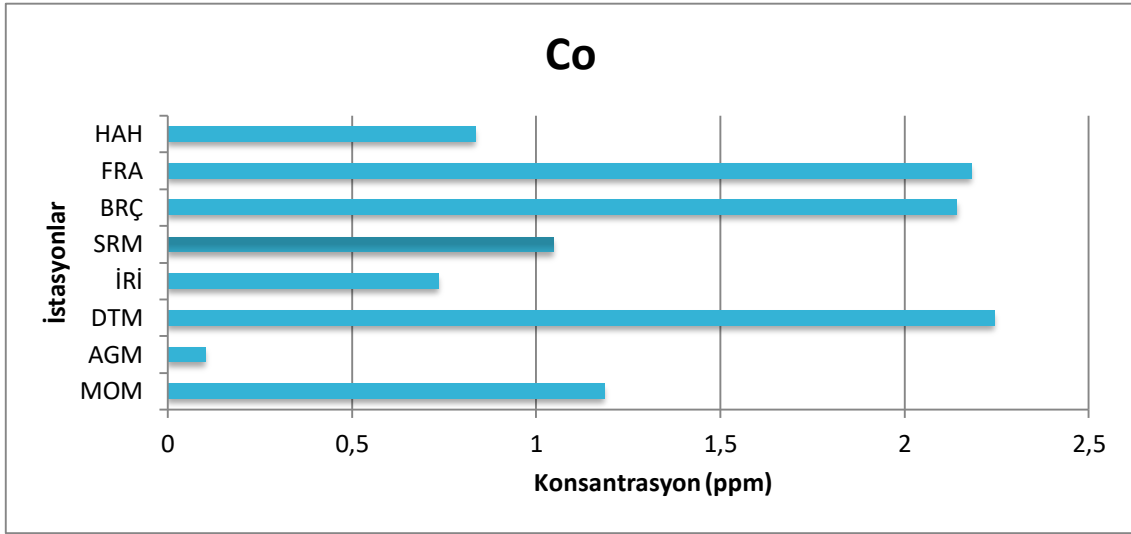
**Şekil 37.** Sediment örneklerinde yıllık ortalama Fe değerleri.

Su örneklerinin Co içeri en düşük LDA birçok istasyonda ölçülürken, en yüksek değer 2,70 ppb ile kış döneminde (Büyükdere istasyonu) tespit edilmiştir (Şekil 38). Doğu Karadeniz Havzasında örneklenen tüm akarsuların ortalama Co değeri  $1,29 \pm 0,39$  ppb ve mevsimsel olarak incelendiğinde kış > ilkbahar > sonbahar > yaz şeklinde bulunmuştur. Ayrıca, çalışmada su örneklerinden elde edilen tüm Co değerlerinin mevsimsel olarak istatistiksel açıdan bir fark taşımadığı da tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ).



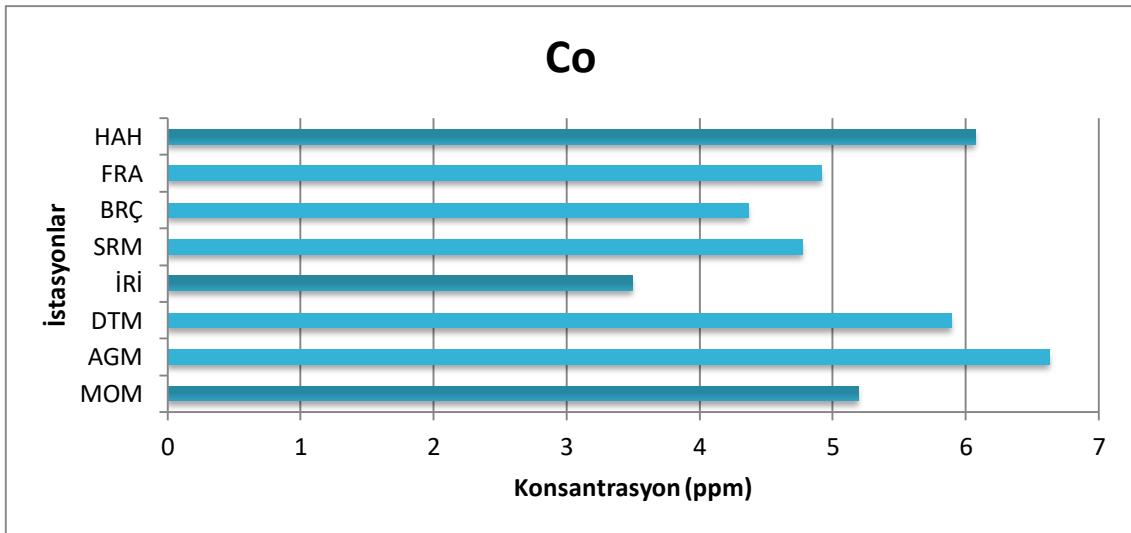
Şekil 38. Su örneklerinde yıllık ortalama Co değerleri.

Askıda katı maddenin Co konsantrasyonu en düşük 0 ppm, en yüksek değer 5,88 ppm ile ilkbahar döneminde (Büyükdere istasyonu) tespit edilmiştir (Şekil 39). Doğu Karadeniz Havzasında örneklenen akarsuların ortalama Co değeri  $1,31 \pm 0,81$  ppm ve mevsimsel olarak incelendiğinde ilkbahar > kış > sonbahar > yaz şeklinde bulunmuştur. İlaveten, Co değerlerinin yaz-ilkbaharda mevsimsel olarak istatistiksel açıdan önem arz eden düzeyde farklılık taşıdığı kayıt edilmiştir ( $p < 0,05$ ).



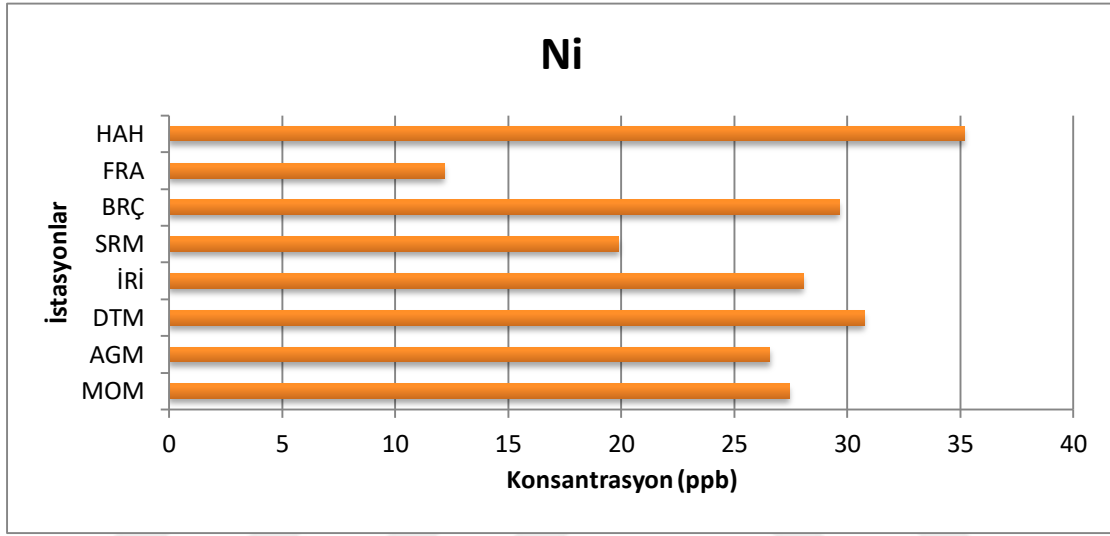
**Şekil 39.** Askıda katı madde örneklerinde yıllık ortalama Co değerleri.

Sedimentin Co içeri en düşük 2,50 ppm ile ilkbahar döneminde (İyidere istasyonu) en yüksek değer 8,59 ppm ile kış döneminde (Aksu istasyonu) tespit edilmiştir (Şekil 40). Tüm akarsuların ortalama Co değeri  $5,17 \pm 0,28$  ppm olarak tespit edilmiş ve mevsimsel olarak incelendiğinde yaz > kış > ilkbahar > sonbahar şeklinde bulunmuştur. İlaveeten, Co değerlerinin mevsimsel olarak istatistiki açıdan önem arz eden düzeyde olmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ).



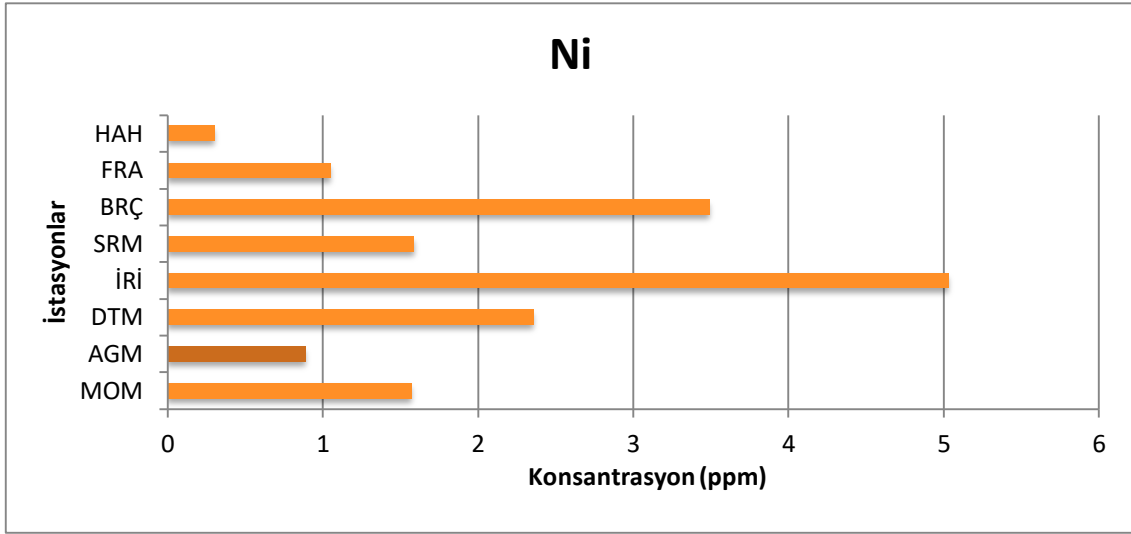
**Şekil 40.** Sediment örneklerinde yıllık ortalama Co değerleri.

Suda Ni değerleri en dūřuk 2,60 ppb ile yaz mevsiminde (İyidere istasyonu), en bŸyŸk değer 128,84 ppb ile sonbahar mevsiminde (BŸyŸkdere istasyonu) bulunmuştur (şekil 41). Doęu Karadeniz Havzasında rnklenen tŸm akarsuların ortalama Ni değeri  $26,21 \pm 10,17$  ppb ve mevsimsel olarak incelendiğinde kış > ilkbahar > sonbahar > yaz şeklinde bulunmuştur. İlaveten, su rnklerindeki Ni değerlerinin mevsimsel olarak istatistiksel açıdan bir fark taşımadığı kayıt edilmiştir ( $p > 0,05$ ).



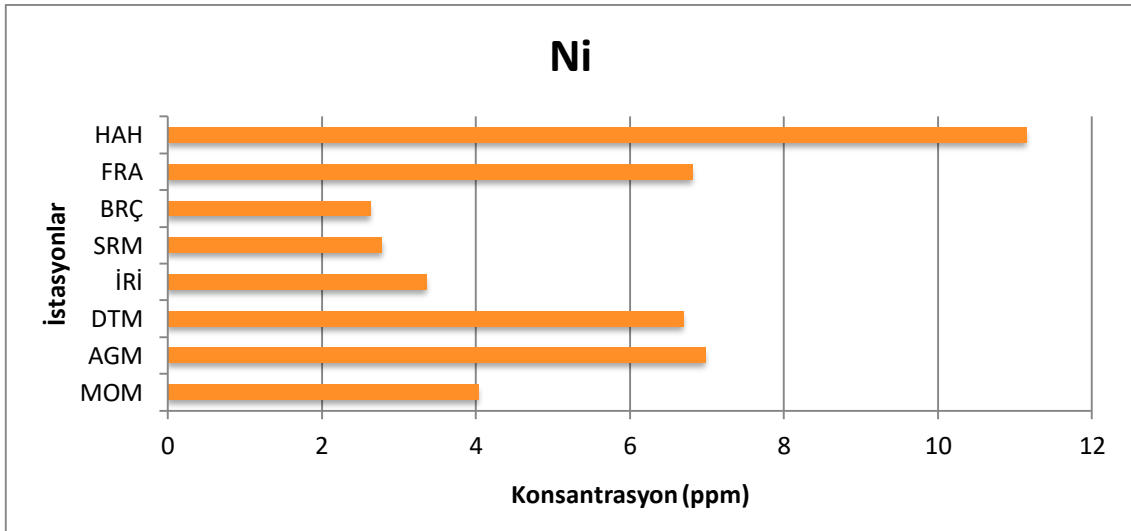
şekil 41. Su rnklerinde yıllık ortalama Ni değerleri.

Askıda katı maddede Ni değerleri en 0 ppm ile birçok istasyonda bulunurken, en bŸyŸk değer 20,11 ppm ile ilkbahar mevsiminde (İyidere istasyonu) bulunmuştur (şekil 42). Doğu Karadeniz Havzasında rnklenen akarsuların ortalama Ni değeri  $2,04 \pm 2,08$  ppm ve mevsimsel olarak incelendiğinde ilkbahar > kış > yaz > sonbahar şeklinde bulunmuştur. Ayrıca, Ni değerlerinin mevsimsel olarak istatistiki açıdan nem arz eden dŸzeyde olmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ).



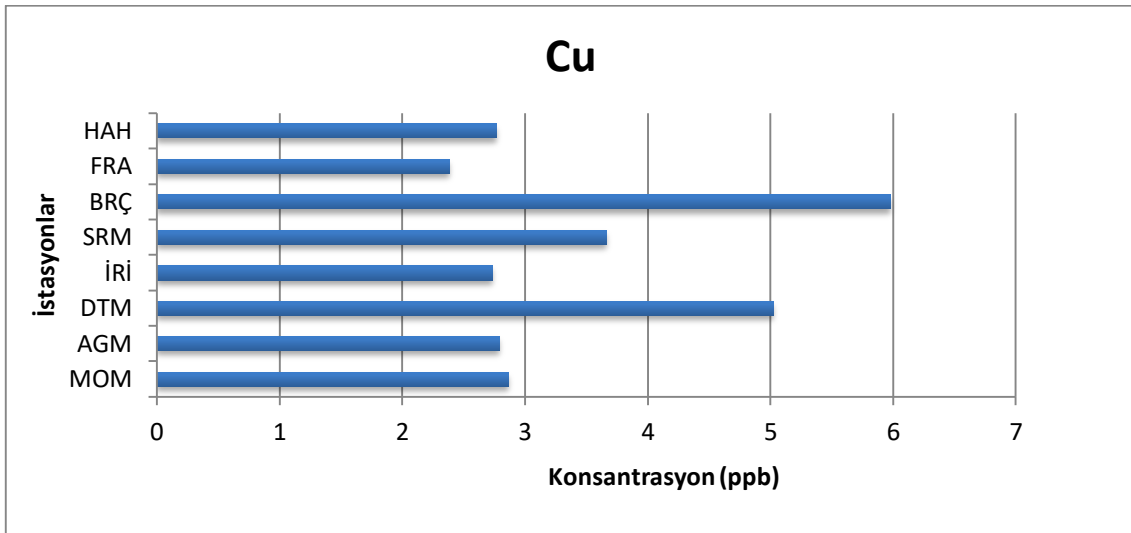
Şekil 42. Askıda katı madde örneklerinde yıllık ortalama Ni değerleri.

Sedimentte Ni değerleri en düşük 0,15 ppm ile kış mevsiminde (Büyükdere istasyonu), en büyük değer 13,11 ile sonbahar mevsiminde (Hopa istasyonu) bulunmuştur (Şekil 43). Tüm akarsuların ortalama Ni değeri  $5,56 \pm 1,29$  ppm olarak tespit edilmiş ve mevsimsel olarak incelendiğinde yaz > ilkbahar > sonbahar > kış şeklinde bulunmuştur. Ni değerlerinin mevsimsel olarak istatistiki açıdan önem arz eden düzeyde olmadığı kayıt edilmiştir ( $p > 0,05$ ).



Şekil 43. Sediment örneklerinde yıllık ortalama Ni değerleri.

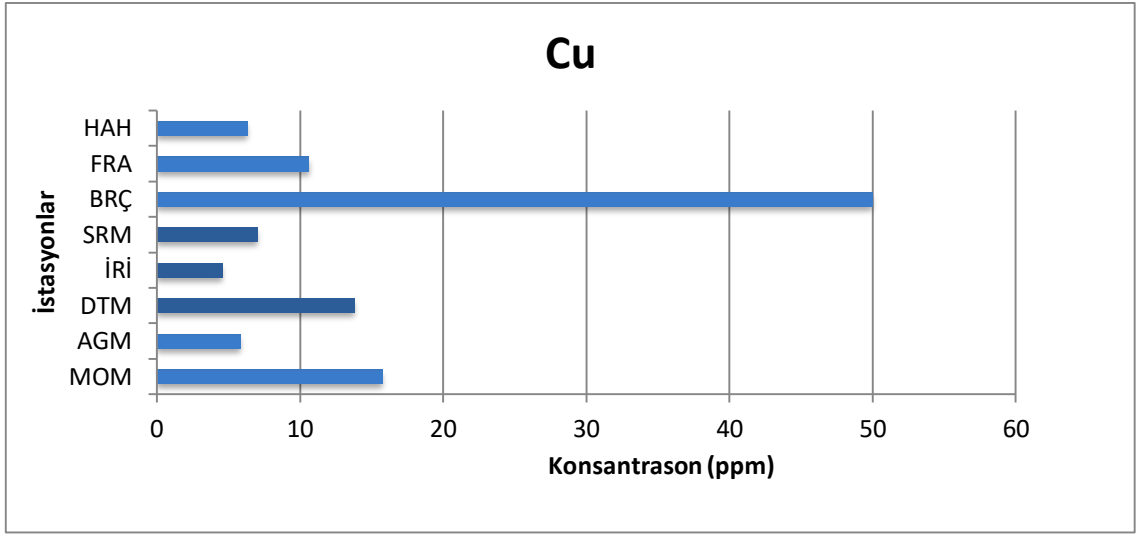
Suda Cu deęerleri en dūřuk LDA ile sonbahar sezonunda (Fırtına istasyonu), en yūksek deęer 12,60 ppm ile sonbahar sezonunda (Būyūkdere istasyonu) kaydedilmiřtir (řekil 44). Doęu Karadeniz Havzasında Őrneklenen tūm akarsuların ortalama Cu deęeri  $3,53 \pm 1,14$  ppb ve mevsimsel olarak incelendięinde yaz > sonbahar > ilkbahar > kiř şeklinde bulunmuřtur. Ek olarak, su Őrneklelerinden elde edilen Cu deęerlerinin mevsimsel olarak istatistiksel aęıdan bir fark tařımadıęı da tespit edilmiřtir ( $p > 0,05$ ).



şekil 44. Su Őrneklelerinde yıllık ortalama Cu değerleri.

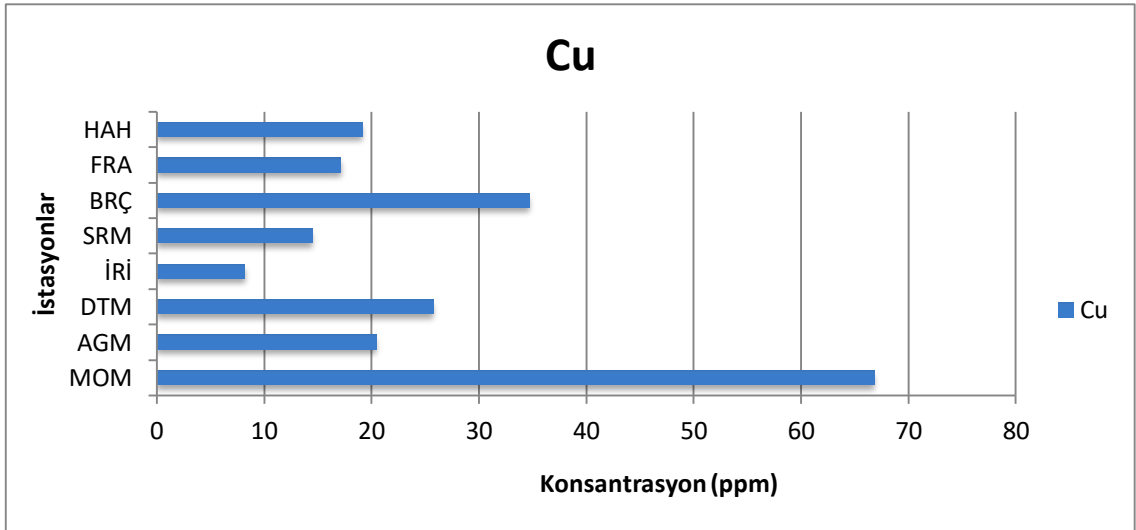
Askıda katı maddede Cu deęerleri en dūřuk 0,86 ile yaz sezonunda (Aksu istasyonu), en yūksek deęer 150,77 ppm ile sonbahar sezonunda (Būyūkdere istasyonu) kaydedilmiřtir (řekil 45). Doęu Karadeniz Havzasında Őrneklenen akarsuların ortalama Cu deęeri  $14,24 \pm 9,11$  ppm ve mevsimsel olarak incelendięinde sonbahar > ilkbahar > kiř > yaz şeklinde bulunmuřtur. Ayrıca, Cu deęerlerinin yaz-kiř ve ilkbaharda mevsimsel olarak istatistiki aęıdan Őnem arz eden dūzeyde farklılık tařıdıęı kayıt edilmiřtir ( $p < 0,05$ ).





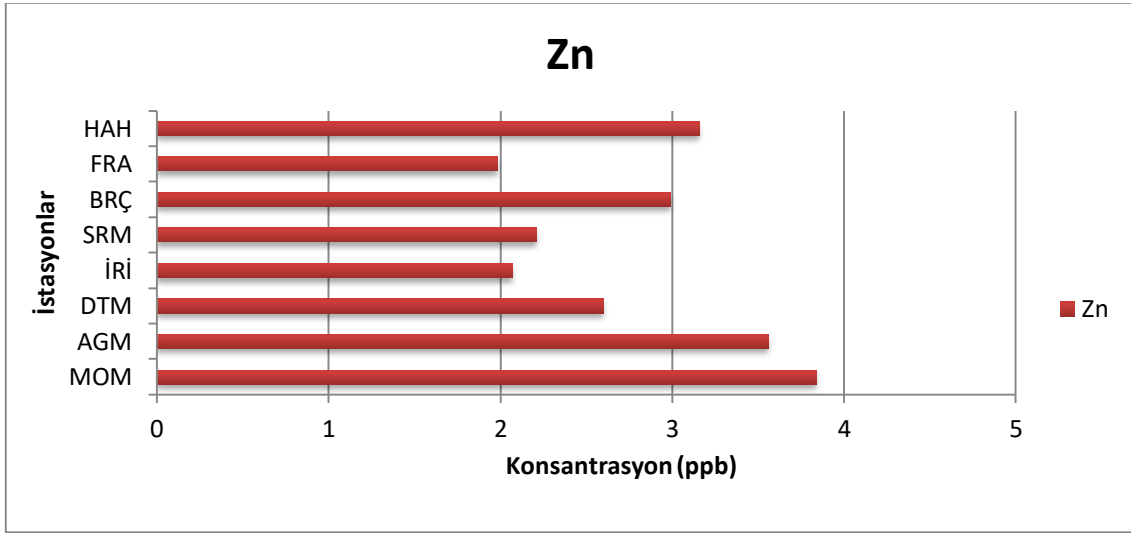
**Şekil 45.** Askıda katı madde örneklerinde yıllık ortalama Cu değerleri.

Sedimentte Cu değerleri en düşük 5,30 ile sonbahar sezonunda (İyidere istasyonu), en yüksek değer 255,08 ppm ile sonbahar sezonunda (Büyükdere istasyonu) kaydedilmiştir (Şekil 46). Tüm akarsuların ortalama Cu değeri  $25,84 \pm 12,36$  ppm olarak tespit edilmiş ve mevsimsel olarak incelendiğinde kış > sonbahar > yaz > ilkbahar şeklinde bulunmuştur. Ayrıca, Cu değerlerinin mevsimsel olarak istatistiki açıdan önem arz eden düzeyde olmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ).



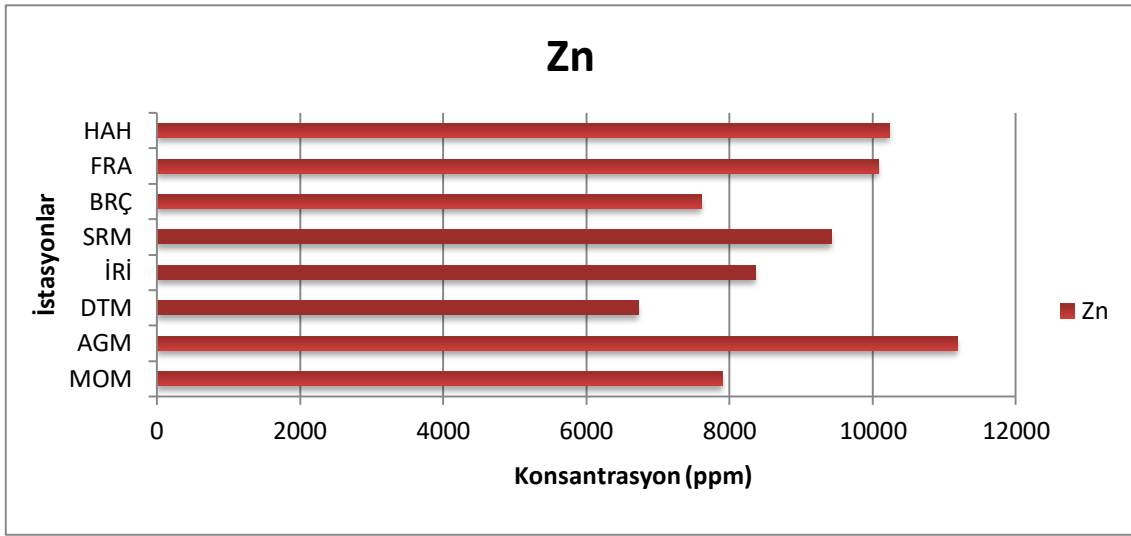
**Şekil 46.** Sediment örneklerinde yıllık ortalama Cu değerleri.

Suda Zn değeri incelendiğinde en küçük değer 0,83 ppb ile kış mevsiminde (Hopa istasyonu), en yüksek ise 5,16 ppb ile kış mevsiminde (Değirmendere istasyonu) bulunmuştur. (Şekil 47). Doğu Karadeniz Havzasında örneklenen tüm akarsuların ortalama Zn değeri  $2,80 \pm 0,85$  ppb ve mevsimsel olarak incelendiğinde ilkbahar > sonbahar > kış > yaz şeklinde bulunmuştur. Ayrıca, çalışma süresince su örneklerinden elde edilen Zn değerlerinin mevsimsel olarak istatistiksel açıdan bir fark barındırmadığı kayıt edilmiştir ( $p > 0,05$ ).



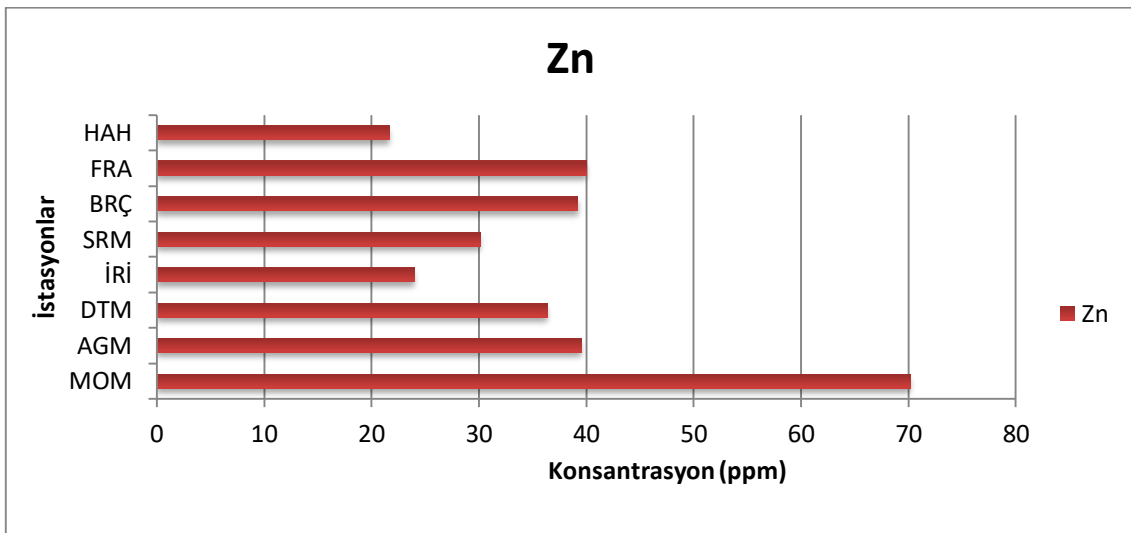
Şekil 47. Su örneklerinde yıllık ortalama Zn değerleri.

Askıda katı maddede en düşük Zn değeri 1088,77 ppm ile kış mevsiminde (Melet istasyonu) iken en yüksek değer 13751,22 ile kış mevsiminde (Hopa istasyonu) hesaplanmıştır (Şekil 48). Doğu Karadeniz Havzasında örneklenen akarsuların ortalama Zn değeri  $8939,92 \pm 1193,62$  ppm ve mevsimsel olarak incelendiğinde yaz > sonbahar > kış > ilkbahar şeklinde bulunmuştur. Dahası, Zn değerlerinin mevsimsel olarak istatistiki açıdan önem arz eden düzeyde olmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ).



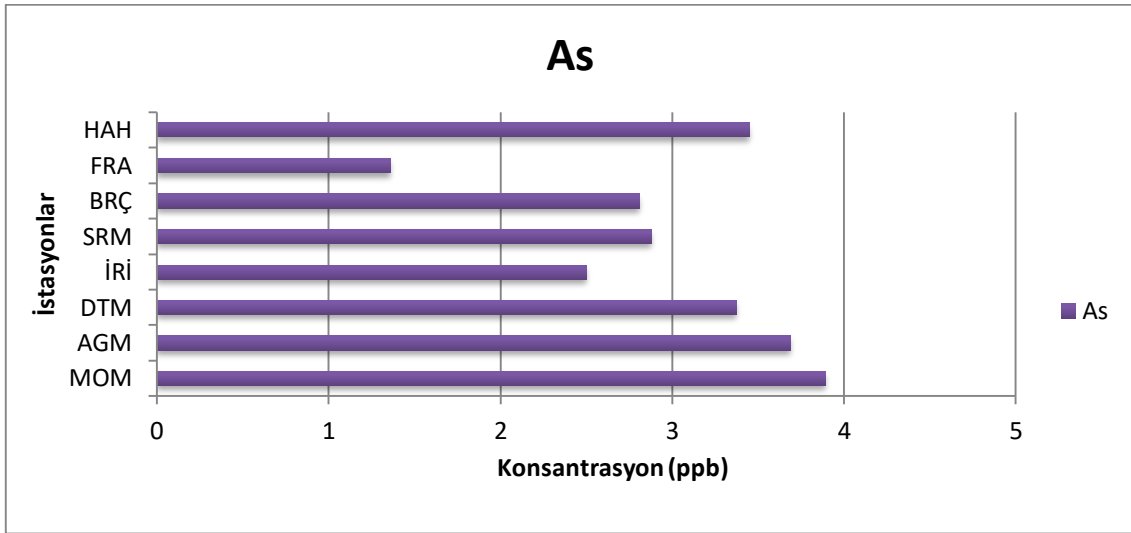
Şekil 48. Askıda katı madde örneklerinde yıllık ortalama Zn değerleri.

Sedimentte En düşük Zn değeri 11,34 ppm ile ilkbahar mevsiminde (İyidere istasyonu), en yüksek değer 205,58 ile kış mevsiminde (Melet istasyonu) hesaplanmıştır (Şekil 49). Tüm akarsuların ortalama Zn değeri  $37,65 \pm 4,67$  ppm olarak tespiti edilmiş ve mevsimsel olarak incelendiğinde kış > yaz > sonbahar > ilkbahar şeklinde bulunmuştur. Ayrıca Zn değerlerinin kış-sonbahar, kış-yaz ve kış-ilkbaharda mevsimsel olarak istatistiki açıdan önem arz eden düzeyde farklılık taşıdığı tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ).



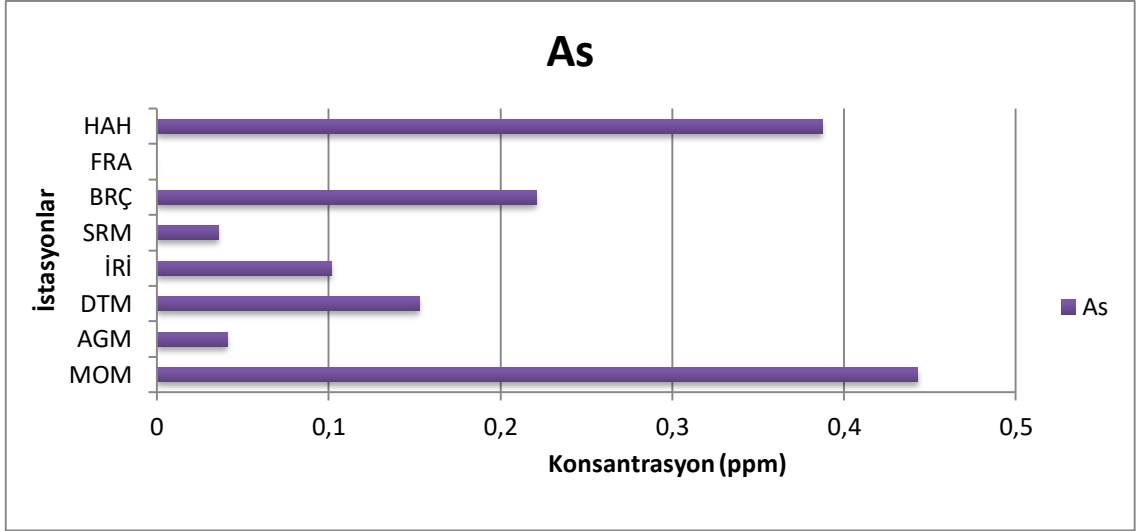
Şekil 49. Sediment örneklerinde yıllık ortalama Zn değerleri.

Suda As değerleri en dk 0,60 ppb ile ilkbaharda (Hopa istasyonu) tespit edilirken, en yüksek değer ise 6,34 ppb ile sonbahar mevsiminde (Hopa istasyonu) bulunmuştur (Şekil 50). Doğu Karadeniz Havzasında örneklenen tüm akarsuların ortalama As değeri  $2,99 \pm 0,78$  ppb ve mevsimsel olarak incelendiğinde kış > ilkbahar > sonbahar > yaz şeklinde bulunmuştur. Çalışma süresince toplanan su numunelerindeki As konsantrasyonunun mevsimsel olarak; yaz ve kış mevsiminde anlamlı düzeyde bir fark taşıdığı tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ).



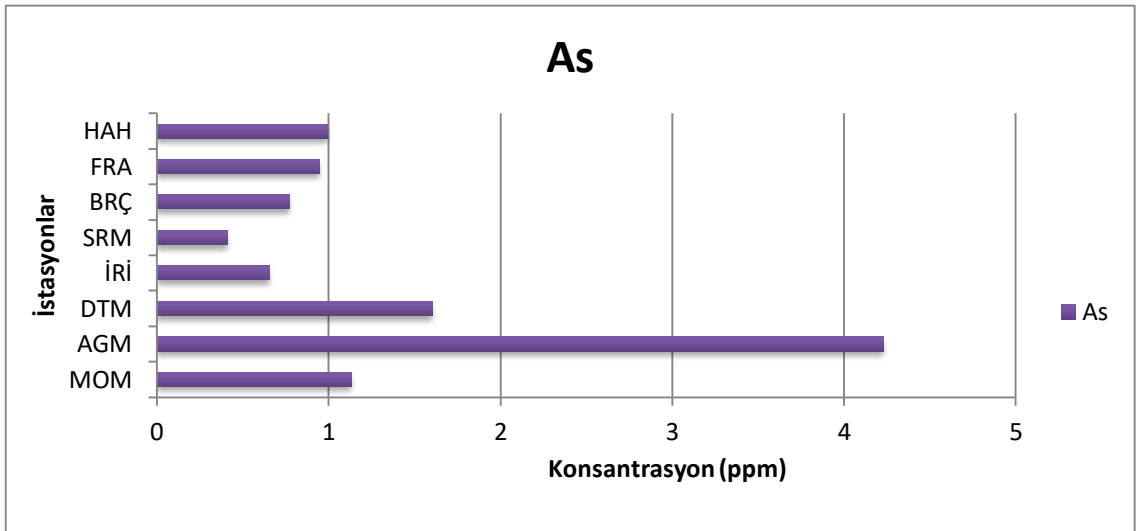
Şekil 50. Su örneklerinde yıllık ortalama As değerleri.

Askıda katı maddede As değerleri en dk 0 ppm ile birçok istasyonda bulunurken, en yüksek değer ise 1,77 ppm ile sonbahar mevsiminde (Melet istasyonu) bulunmuştur (Şekil 51). Doğu Karadeniz Havzasında örneklenen akarsuların ortalama As değeri  $0,17 \pm 0,18$  ppm ve mevsimsel olarak incelendiğinde sonbahar > kış > ilkbahar > yaz şeklinde bulunmuştur. Ayrıca, As değerlerinin yaz-kış mevsiminde mevsimsel olarak istatistiki açıdan önem arz eden düzeyde farklılık taşıdığı tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ).



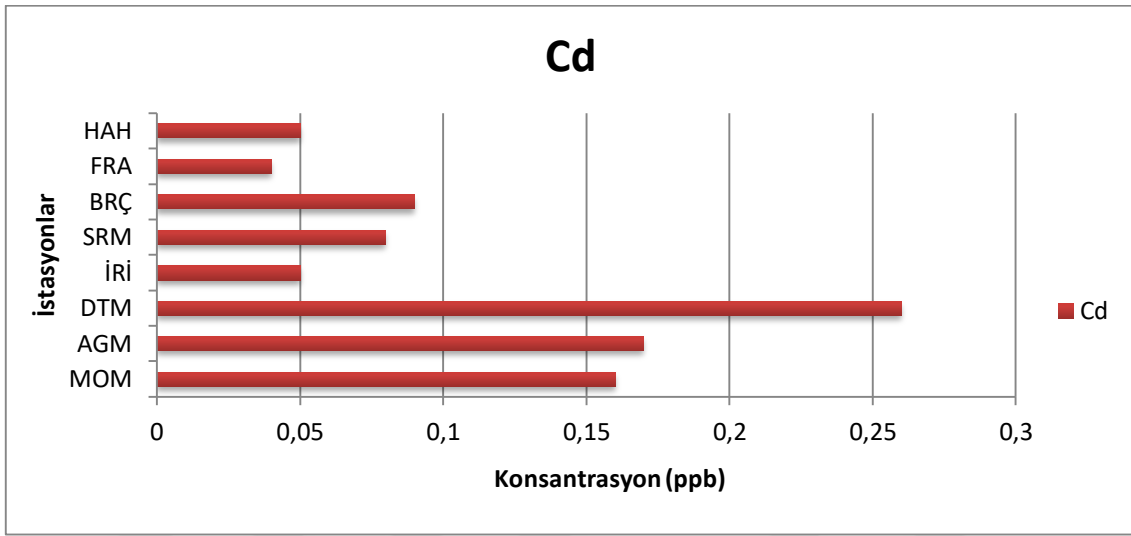
**Şekil 51.** Askıda katı madde örneklerinde yıllık ortalama As değerleri.

Askıda katı maddede As değerleri en düşük 0 ppm ile kış mevsiminde (Salarha istasyonu), en yüksek değer ise 6,08 ppm ile ilkbahar mevsiminde (Aksu istasyonu) bulunmuştur (Şekil 52). Tüm akarsuların ortalama As değeri  $1,34 \pm 0,72$  ppm olarak tespit edilmiş ve mevsimsel olarak incelendiğinde ilkbahar > yaz > sonbahar > kış şeklinde bulunmuştur. Bunlara ek olarak, As değerlerinin ilkbahar-sonbahar, yaz ve kış mevsiminde mevsimsel olarak istatistiki açıdan önem arz eden düzeyde farklılık taşıdığı kayıt edilmiştir ( $p < 0,05$ ).



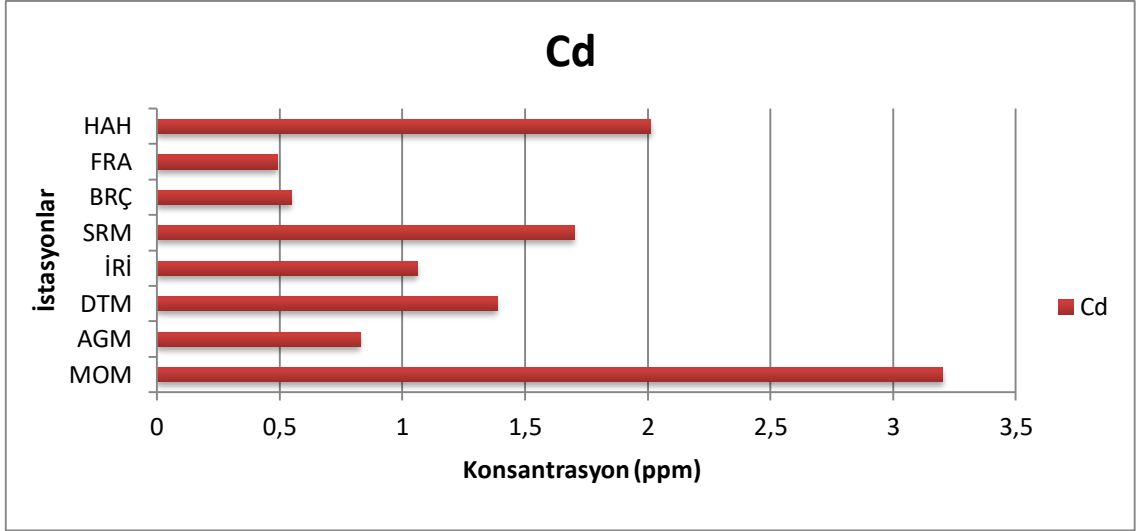
**Şekil 52.** Sediment örneklerinde yıllık ortalama As değerleri.

Suda Cd deęerleri en dūřuk LDA olarak biręok istasyonda tespit edilirken, en yūysek ise 1,01 ppb ile sonbahar sezonunda (Deęirmendere istasyonu) belirlenmiřtir (řekil 53). Doęu Karadeniz Havzasında Őrneklenen tūm akarsuların ortalama Cd deęeri  $0,11 \pm 0,10$  ppb ve mevsimsel olarak incelendięinde sonbahar > kiř > ilkbahar > yaz řeklinde bulunmuřtur. İlaveten, su Őrnekerinden elde edilen Cd deęerlerinin mevsimsel olarak istatistiksel aęıdan bir fark barındırmadıęı kayıt edilmiřtir ( $p > 0,05$ ).



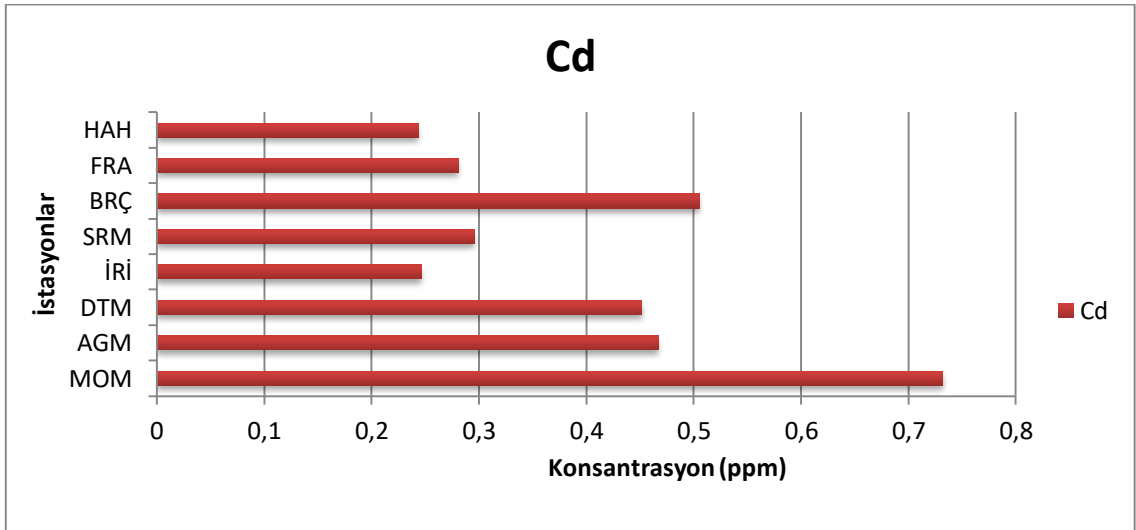
şekil 53. Su Őrnekerinde yıllık ortalama Cd değerleri.

Askıda katı maddede Cd deęerleri en dūřuk olarak 0,15 ppm ile kiř sezonunda (Būyūkdere istasyonu), en yūysek ise 6,49 ppm ile ilkbahar sezonunda (Melet istasyonu) tespit edilmiřtir (řekil 54). Doęu Karadeniz Havzasında Őrneklenen akarsuların ortalama Cd deęeri  $1,41 \pm 0,59$  ppm ve mevsimsel olarak incelendięinde kiř > ilkbahar > yaz > sonbahar řeklinde bulunmuřtur. Cd deęerlerinin mevsimsel olarak istatistiki aęıdan Őnem arz eden dūzeyde olmadıęı kayıt edilmiřtir ( $p > 0,05$ ).



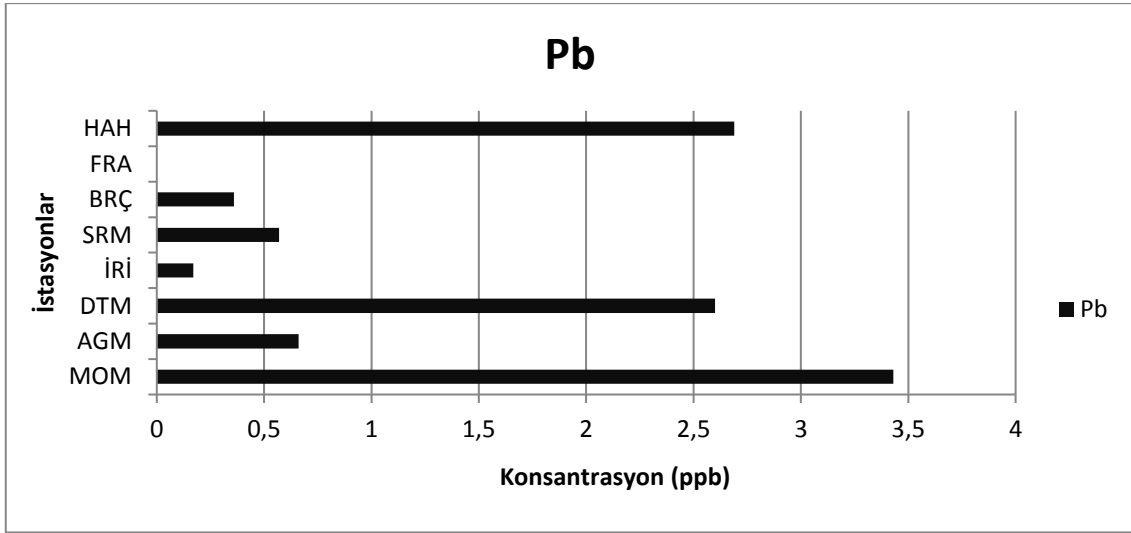
**Şekil 54.** Askıda katı madde örneklerinde yıllık ortalama Cd değerleri.

Sedimentte Cd değerleri en düşük olarak 0,05 ppm ile sonbahar sezonunda (İyidere istasyonu), en yüksek ise 1,53 ppm ile kış sezonunda (Melet istasyonu) tespit edilmiştir (Şekil 55). Tüm akarsuların ortalama Cd değeri  $0,40 \pm 0,14$  ppm olarak tespit edilmiş ve mevsimsel olarak incelendiğinde yaz > ilkbahar > kış > sonbahar şeklinde bulunmuştur. Cd değerlerinin kış-sonbahar, ilkbahar-yaz ve sonbahar, yaz-kış mevsiminde mevsimsel olarak istatistiki açıdan önem arz eden düzeyde farklılık taşıdığı tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ).



**Şekil 55.** Sediment örneklerinde yıllık ortalama Cd değerleri.

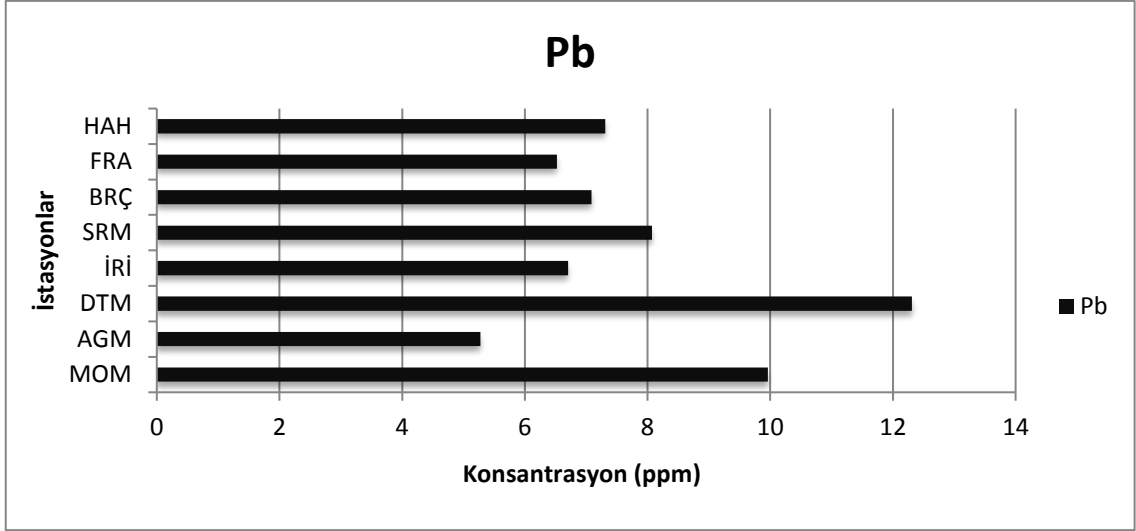
Suda Pb değerlerine baktığımızda en düşük LDA birçok istasyonda rastlanırken, en yüksek ise 5,07 ppb ile yaz mevsiminde (Salarha istasyonu) kaydedilmiştir (Şekil 56). Doğu Karadeniz Havzasında örneklenen tüm akarsuların ortalama Pb değeri  $1,31 \pm 0,25$  ppb ve mevsimsel olarak incelendiğinde ilkbahar > kış > sonbahar > yaz şeklinde bulunmuştur. Ayrıca, çalışma süresince su örneklerinden elde edilen Pb değerlerinin mevsimsel olarak istatistiksel açıdan bir fark barındırmadığı kayıt edilmiştir ( $p > 0,05$ ).



Şekil 56. Su örneklerinde yıllık ortalama Pb değerleri.

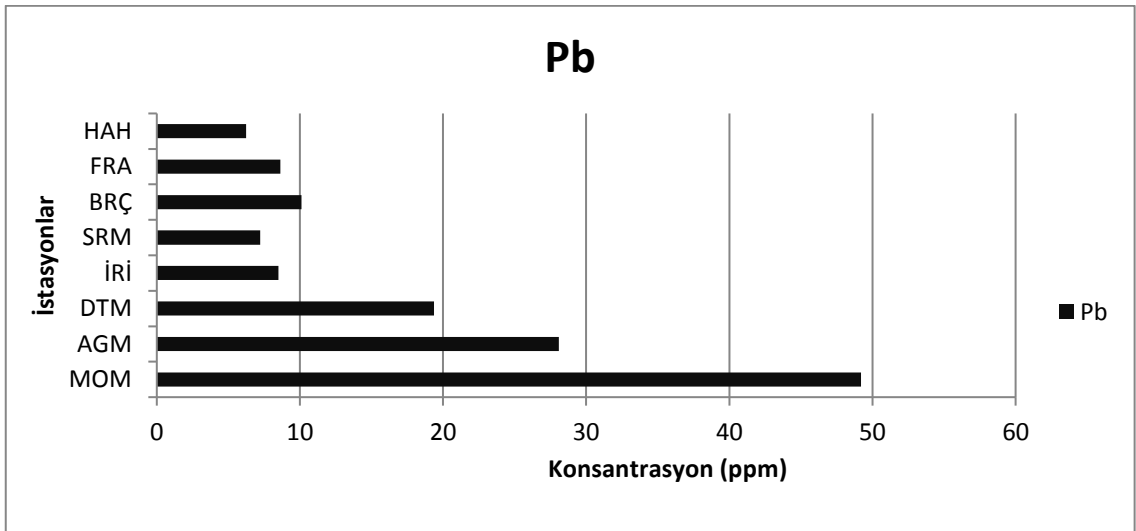
Askıda katı maddede Pb değerlerine baktığımızda en düşük 2,34 ppm ile yaz mevsiminde (Fırtına istasyonu), en yüksek ise 17,72 ppm ile ilkbahar mevsiminde (Değirmendere istasyonu) kaydedilmiştir (Şekil 57). Doğu Karadeniz Havzasında örneklenen akarsuların ortalama Pb değeri  $7,91 \pm 1,36$  ppm ve mevsimsel olarak incelendiğinde kış > ilkbahar > yaz > sonbahar şeklinde bulunmuştur. Dahası, Pb değerlerinin mevsimsel olarak istatistiki açıdan önem arz eden düzeyde olmadığı kayıt edilmiştir ( $p > 0,05$ ).





**Şekil 57.** Askıda katı madde örneklerinde yıllık ortalama Pb değerleri.

Sedimentte Pb değerlerine baktığımızda en düşük 1,74 ppm ile ilkbahar mevsiminde (İyidere istasyonu), en yüksek ise 161,69 ppm ile kış mevsiminde (Melet istasyonu) kaydedilmiştir (Şekil 58). Tüm akarsuların ortalama Pb değeri  $17,17 \pm 4,14$  ppm olarak tespit edilmiş ve mevsimsel olarak incelendiğinde sonbahar > ilkbahar > yaz > kış şeklinde bulunmuştur. Pb değerlerinin kış-sonbahar ve ilbaharda mevsimsel olarak istatistiki açıdan önem arz eden düzeyde farklılık taşıdığı kayıt edilmiştir ( $p < 0,05$ ).



**Şekil 58.** Sediment örneklerinde yıllık ortalama Pb değerleri.

### 3.3. Duraylı Karbon ve C/N Oranı İzotop Analizleri

Duraylı karbon ve azot izotop analizi sadece Fırtına akarsuyunda ve akarsuyun denize döküldüğü 2 km çaplı alandan elde edilen sediment ve POM örneklerinden gerçekleştirilmiştir. Fırtına Havzasında yapılan bu çalışmada  $\delta^{15}\text{N}$  sonuçlarında negatif değerler tespit edilmiştir. Aradaki bu fark analiz esnasında yaşanan sorunlardan kaynaklandığı ve gerçek değerleri yansıtmadığı düşünülmektedir. Bu nedenlerden dolayı organik maddenin kökeni hakkında sadece  $\delta^{13}\text{C}$  ve C/N değerleri baz alınarak yorulanmıştır.

Karasal sedimentin  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri Nisan ayında ‰ -28,14 (K2 istasyonu) ile ‰ -26,31 (K1 istasyonu) arasında değişim gösterirken, ortalama ‰ -27,05±0,59 olarak bulunmuştur. C/N oranları 3,5 (K6 istasyonu) ile 19,3 (K7 istasyonu) arasında değişim gösterip ortalama 11,1 olarak belirlenmiştir. Denizel sedimentin  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri ise ‰ -27,46 (D6 istasyonu) ile ‰ -15,04 (D1 istasyonu) aralığında ve ortalama ‰ -22,70±5,02 olarak saptanmıştır. Aynı dönemde denizel alandaki D5 istasyonu ikinci en yüksek karbon izotop değerine (‰ -17,83) sahip olduğu tespit edilmiştir. C/N oranları 13 (D5 istasyonu) ile 19 (D1 istasyonu) değerleri arasında değişim gösterip ortalama 15,9 olarak kaydedilmiştir.

Karasal sediment  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri Ekim döneminde ‰ -26,55 (K1 istasyonu) ile ‰ -24,24 (K6 istasyonu) arasında değişim gösterdiği ve ortalama ‰ -25,64±0,96 olarak belirlenmiştir. C/N oranları 7 (K3 ve K4 istasyonları) ile 14 (K2 ve K7 istasyonları) arasında değişim gösterip ortalama 10,5 olarak belirlenmiştir. Denizel sedimentte ise ‰ -27,35 (D6 istasyonu) ile ‰ -12,76 (D1 istasyonu) aralığında değerler kaydedilirken, ortalama ‰ -21,73±6,31 olarak tespit edilmiştir. Aynı dönemde denizel D5 istasyonu ‰ -17,50 değer ile en yüksek ikinci değere sahip olduğu görülmüştür. C/N oranları 9 (D5 istasyonu) ile 21 (D1 istasyonu) değerleri arasında değişim gösterip ortalama 14,8 olarak kaydedilmiştir (Tablo 4).

Karasal POM  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri Nisan döneminde ‰ -26,80 (K6 istasyonu) ile ‰ -25,65 (K4 istasyonu) aralığında değişim gösterip, ortalama ‰ -26,20±0,39 olarak izlenmiştir. C/N oranları 7,31 (K3 istasyonu) ile 11,74 (K4 istasyonu) arasında değişim

gösterip ortalama 9,13 olarak belirlenmiştir. Ekim ayı karasal POM  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri ‰ -26,74 (K2 istasyonu) ile ‰ -25,07 (K5 istasyonu) aralığında değişim gösterirken, ortalama ‰ -26,23±0,59 olarak tespit edilmiştir. C/N oranları 4,70 (K7 istasyonu) ile 8,27 (K2 istasyonu) arasında değişim gösterip ortalama 6,59 olarak belirlenmiştir. Denizel POM'un  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri ise ‰ -24,17 (D3 istasyonu) ile ‰ -22,55 (D2 istasyonu) aralığında değişim gösterip, ortalama ‰ -23,40±0,58 olarak belirlenmiştir. C/N oranları 4,92 (D4 istasyonu) ile 7,68 (D3 istasyonu) arasında değişim gösterip ortalama 6,51 olarak belirlenmiştir (Tablo 5).

**Tablo 4.** İstasyonlardan alınan sediment örneklerinin izotop değerleri.

Örnek		Nisan		Ekim		Ortalama	
Sediment		$\delta^{13}\text{C}$	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	C/N
Karasal	K1	-26,31	9	-26,55	13	-26,43	11
	K2	-27,45	12	-26,42	14	-26,94	13
	K3	-26,84	8	-26,09	7	-26,47	8
	K4	-26,97	10	-25,87	7	-26,42	9
	K5	-26,76	16	-	-	-26,76	16
	K6	-26,91	4	-24,24	8	-25,58	6
	K7	-28,14	19	-24,67	14	-26,41	17
Denizel	D1	-15,04	19	-12,76	21	-13,90	20
	D2	-24,95	15	-25,22	13	-25,09	14
	D3	-25,96	17	-	-	-25,96	17
	D4	-24,95	16	-25,85	15	-25,40	16
	D5	-17,83	13	-17,5	9	-17,67	11
	D6	-27,46	16	-27,35	16	-27,41	16

**Tablo 5.** İstasyonlardan alınan POM örneklerinin izotop değerleri.

Örnek	Nisan		Ekim		Ortalama		
	$\delta^{13}\text{C}$	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	C/N	
Karasal	K1	-25,65	9	-25,33	7	-25,49	8
	K2	-25,86	9	-26,74	8	-26,30	9
	K3	-26,02	7	-26,18	7	-26,10	7
	K4	-26,55	12	-26,37	5	-26,46	9
	K5	-26,2	11	-25,07	6	-25,64	9
	K6	-26,8	7	-26,47	7	-26,64	7
	K7	-26,29	8	-26,56	5	-26,43	7
Denizel	D1	-	-	-23,21	7	-23,21	7
	D2	-	-	-22,55	6	-22,55	6
	D3	-	-	-24,17	8	-24,17	8
	D4	-	-	-23,9	5	-23,90	5
	D5	-	-	-23,24	7	-23,24	7
	D6	-	-	-23,3	7	-23,30	7

SIAR karışım model sonuçlarına göre Nisan ayı karasal sedimentin denizel sedimente katkısı ortalama % 47 olmuştur. Başka bir anlatımla denizel sedimentin % 47'si karasal kaynaklardan kaynaklanmıştır. Bu durum POM örneklerinde % 52'dir. Her iki örnekte karasal kaynaklı katkı yaklaşık % 50 civarında olmuştur. Ekim ayında denizel sedimente; karasal kaynaklı POM'un % 32, karasal sedimentin %32 ve denizel POM'un % 36 oranında katkısı olmuştur (Tablo 6).

**Tablo 6.** SIAR karışım modeline göre karasal sediment, karasal POM ve denizel POM'un denizel sedimente yaptıkları ortalama katkı düzeyleri.

Ay	Karasal POM	Karasal Sediment	Denizel POM
Nisan	52 (0,08-0,97)	47 (0,02-0,92)	-
Ekim	32 (0,00-0,62)	32 (0,00-0,63)	36 (0,00-0,68)

Deniz suyu örneklemesinde Ekim ve Nisan ayı fizikokimyasal parametreleri Tablo 7 ve Tablo 8'de verilmiştir.

**Tablo 7.** POM örnekleme Ekim ayı fizikokimyasal su kalitesi.

İstasyon Kodu	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (‰)	pH	İletkenlik (µS/cm)	Ç.Oksijen (mg/L)	Ç.Oksijen Doygunluğu (%)
D1	9,7	21,9	16,32	8,22	24,8	8,69	99,1
D2	27,2	21,4	15,76	8,22	23,9	8,78	99
D3	9,7	19,7	14,63	8,13	18,83	9	98,5
D4	29,2	21,8	15,02	8,26	22,7	8,66	98,2
D5	9,9	21,8	16,27	8,11	24,9	8,48	96,2
D6	28,7	22,4	14,26	8,18	22,7	8,44	98,3
K1	-	8,53	0,01	8,15	58,65	10,12	105,3
K2	-	7,88	0,01	7,63	34,2	11,86	106,5
K3	-	10,46	0,02	8,94	53,45	11,42	100,87
K4	-	9,97	0,02	6,99	39	8,1	95,76
K5	-	11,64	0,01	7,48	47,2	9,96	98,36
K6	-	13,2	0,01	8,17	28,12	8,75	95,63
K7	-	15,1	0,02	8,05	55,5	8,36	94,16

**Tablo 8.** POM örnekleme Nisan ayı fizikokimyasal su kalitesi.

İstasyon Kodu	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (‰)	pH	İletkenlik (µS/cm)	Ç.Oksijen (mg/L)	Ç.Oksijen Doygunluğu (%)
D1	9,7	13,1	15,59	8,28	19,73	10,69	102,2
D2	27,2	14,2	15,77	8,36	20,29	10,64	102,6
D3	9,7	12,8	15,24	8,26	10,75	10,86	101,6
D4	29,2	12,9	15,27	8,32	19	10,97	102,2
D5	9,9	15,1	15,39	8,18	19,78	10,74	102,7
D6	28,7	16,1	15,52	8,07	25,2	10,32	103,3
K1	-	13,1	0,02	6,88	36,2	8,26	98,1
K2	-	14,2	0,01	7,52	26,2	8,99	98,4
K3	-	16,4	0,01	6,86	26,4	9,24	103,8
K4	-	16,9	0,01	6,91	22,2	8,78	98,5
K5	-	16,4	0,01	6,95	29,5	9,16	100,1
K6	-	16	0,01	6,5	19,8	9,22	97,2
K7	-	15,7	0,02	6,82	35,3	9,2	97,1

## 4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

### 4.1. Fizikokimyasal Parametreler

Doğu Karadeniz Havzasında örnekleme yapılan 8 akarsuyun tespit edilen fizikokimyasal parametrelerinin ulusal ve uluslararası standartlarla karşılaştırılması Tablo 9’da verilmiştir.

**Tablo 9.** İstasyonlara ait fiziko-kimyasal parametrelerin ulusal ve uluslararası su kalite kriterleri ile karşılaştırılması.

Parametreler	Su Kalite Sınıfları (YSKY, 2016)				WHO (2017)	EPA (2012)	TS266 (2013)	Bu Çalışma
	I Çok İyi	II İyi	III Orta	IV Zayıf				
Sıcaklık (°C)	≤25	≤25	≤30	>30	-	-	-	14,22
pH	6,0-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0	6,5-8,0	6,5-8,5	≤9,5-6,5≤	7,62
ÇO (mg/L)	>8	6	3	<3	-	-	-	10,38
Eİ (µS/cm)	<400	1000	3000	>3000	2500	-	2500	158,63
NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	-	-	-	-	-	1	-	0,016
NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	<3	10	20	>20	-	10	-	0,34
o-PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	<0,05	0,16	0,65	>0,65	-	-	-	0,38
SO <sub>4</sub> (mg/L)	-	-	-	-	250	250	250	10,46

Canlıların yaşamları üzerinde etkili olan su sıcaklığı; suyun yoğunluğu, iletkenliği, su canlıların göçleri ve yumurta bırakma, yumurtadan çıkış, büyüme gibi hayat dönemlerinde farklı etkilere sahiptir (Egemen, 2011). Doğu Karadeniz Havzası akarsularından olan İyidere’de yapılan bir çalışmada su sıcaklığı 7,19 °C (Verep vd., 2005), Ordu ilinden denize dökülen Melet’te 14 °C (Ustaoglu vd., 2017), Çoruh’ta 22,48 (Bilgin, 2015), Salarha deresinde yapılan bir çalışmada ise 7,20 °C (Fevzioğlu vd., 2009) olarak bulunmuştur. Bunlara ek olarak Alkan vd. (2013) Doğu Karadeniz’de birçok akarsuyu inceledikleri çalışmalarında su sıcaklığını 13,25 °C olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada ise havzada ölçülen su sıcaklıkları yıllık olarak en düşük 4 °C (Kış, Aralık, Değirmendere istasyonunda) ve en yüksek 26,1 °C (Yaz, Temmuz, Hopa istasyonunda) olarak ölçülmüştür. Tüm akarsuların yıllık ortalama su sıcaklıkları ise 14,22 °C’dir. Doğu Karadeniz Havzasında örnekleme yapılan 8 akarsuyun mevsimsel olarak sıcaklık değerleri yazın artış (20,8 °C), kışın ise azalış (7,8 °C) eğilimindedir.

Elde edilen sonuçlar ulusal ve uluslararası su kalite kriterleriyle değerlendirildiğinde; örnekleme yapılan bütün akarsuların YSKY (2016)'ye göre sıcaklık bakımından I. Sınıf su kalitesine sahip olduğu, TS266 (2013)'e göre ise kabul edilebilir sınır değerinin altında olduğu tespit edilmiştir (Ek 1).

Sucul koşullarda optimal pH 5,5-10 aralığında olduğu ve bu aralığın dışındaki pH'nın ölüme ve birçok etkiye neden olabileceği söylenmektedir (Abowei, 2010). Gedik vd., (2010) Fırtına deresinin fiziko-kimyasal su kalitesini araştırdıkları çalışmalarında pH değerini 7,16 olarak ölçerken, İyidere'de yapılan bir çalışmada 7,50 (Verap vd., 2005), Melet'te 7,96 (Ustaoglu vd., 2017), Giresun Yağlıdere'de 6,96-8,57 aralığında (Uncumusaoglu ve Akkan, 2017) ve Salarha deresinde 7,44 olarak tespit edilmiştir (Fevzioğlu vd., 2009). Ayrıca Gultekin vd. (2012) Trabzon'daki akarsularda pH'ı 6,9-9,9 aralığında belirlemişlerdir. Bu çalışmada ise yıllık pH değerleri en düşük 6,10 (İlkbahar, Nisan, Salarha istasyonunda) ve en yüksek 9,10 (Yaz, Haziran, Melet istasyonunda) aralığında ölçülmüştür. Tüm akarsuların yıllık ortalama pH değeri ise 7,62 olarak belirlenmiştir. Akarsulardan alınan örneklerin pH değerleri incelendiğinde; kışın pH değerinde artış (7,93), ilkbaharda ise azalış (7,40) görülmüştür. Bu değerlendirmeler ışığında bütün akarsular pH değeri bakımından YSKY'ye göre I. Sınıf su kalitesi grubunda, TS266, EPA ve WHO'ya göre ise kabul edilebilir sınır değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir (Ek 1).

Sudaki çözünmüş oksijen seviyesi, organik kirlilik yükü hakkında dolaylı bilgi verdiğinden ötürü suyun kalitesini belirlemede en önemli parametrelerden biridir (Ibanez vd., 2008). Havzada yapılan çalışmalarda Fırtına'da 10,71 mg/L (Gedik vd., 2010), İyidere'de 11,10 mg/L (Verap vd., 2005), Melet'te 11,4 mg/L (Ustaoglu vd., 2017), Giresun Yağlıdere'de 7,04-15,52 mg/L aralığında (Uncumusaoglu ve Akkan, 2017), Salarha deresinde 11,42 mg/L (Fevzioğlu vd., 2009), Solaklı deresinde 9,60 mg/L (Boran & Sivri, 2001) olarak rapor edilmiştir. Bunlara ek olarak Alkan vd. (2013) Doğu Karadeniz'deki birçok akarsuyun fizikokimyasal su kalitelerini inceledikleri çalışmalarında çözünmüş oksijen miktarını 10,05 mg/L olarak tespit ederken, Gultekin vd. (2012) 8,8-16,9 mg/L aralığında bulmuşlardır. Bu çalışmada ise istasyonlarda ölçülen çözünmüş oksijen değerleri yıllık olarak en düşük 7,29 mg/L (Yaz, Haziran, Hopa istasyonunda) ve en yüksek 14,63 mg/L (Yaz, Haziran, Melet istasyonunda)

aralığında ölçülmüştür. Havzanın yıllık ortalama çözünmüş oksijen değeri ise 10,38 mg/L olarak belirlenmiştir. Çözünmüş oksijen değerlerinde kış mevsiminde artış (11,76 mg/L), yaz mevsiminde ise azalış (9,40 mg/L) saptanmıştır. Bu sonuç sıcaklıkla ters orantılı olduğu bilenen çözünmüş oksijenin mevsimsel değişimi için normal değerlendirilmektedir. Yapılan çalışma sonuçları değerlendirildiğinde çözünmüş oksijen bakımından örnekleme yapılan akarsuların YSKY'ye göre I. Sınıf su kalitesine sahip olduğu görülmüştür.

Elektriksel iletkenlik, suyun elektriği iletme kabiliyetidir ve sudaki iyonize madde konsantrasyonu ile ilişkilidir (Mandal, 2014). Havzada yapılan çalışmalarda Fırtına'da 54,77  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Gedik vd., 2010), İyidere'de 57,60  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Verap vd., 2005), Melet'te 216  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Ustaoglu vd., 2017), Giresun Yağlıdere'de 175-428 mS/cm aralığında (Uncumusaoglu ve Akkan, 2017), Dipsiz ve Çine Çayı'nda 434-989  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Dirican ve Barlas, 2005) bulunurken, Gultekin vd. (2012) ise 28-450  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında tespit etmişlerdir. Bu çalışmada akarsuların elektriksel iletkenlik değeri yıllık olarak en düşük 40  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (İlkbahar, Nisan, Fırtına istasyonunda) ve en yüksek 420  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Sonbahar, Eylül, Melet istasyonunda) arasında ölçülmüştür. Tüm akarsuların yıllık ortalama elektriksel iletkenlik değeri ise 158,63  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda akarsuların elektriksel iletkenlik değerleri incelendiğinde; elektriksel iletkenlik değerlerinde sonbahar mevsiminde artış (183,33  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), ilkbahar mevsiminde ise azalış (118,57  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) gözlenmiştir. Örnekleme yapılan akarsuların elektriksel iletkenlik değerleri YSKY ve WHO standartları ile kıyaslandığında; bütün akarsular Eİ bakımından I. Sınıf su kalitesine sahip, WHO'ya göre ise kabul edilebilir sınır değerinin altındadır.

Askıda katı madde miktarı su kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan önemli faktörlerden biridir (Dihkan vd., 2011). Fırtına'da yapılan bir çalışmada 39,90 mg/L (Gedik vd., 2010), İyidere'de 17,40 mg/L (Verap vd., 2005), Melet'te 49,75 mg/L (Ustaoglu vd., 2017), Solaklı deresinde 82,0 mg/L ve Sürmene deresinde 61,8 mg/L (Boran ve Sivri, 2001) olarak rapor edilmiştir. Bu çalışmada yıl boyunca askıda katı madde değerleri en düşük 0,56 mg/L (Yaz, Ağustos, İyidere istasyonunda) ve en yüksek 604,10 mg/L (Kış, Aralık, Aksu istasyonunda) aralığında ölçülmüştür. Tüm akarsuların yıllık ortalama askıda katı madde değeri ise 68,36 mg/L olarak tespit edilmiştir. Askıda



katı madde değerlerinin kış mevsiminde artışta (115,28 mg/L), yaz mevsiminde azalışta (26,05 mg/L) olduğu belirlenmiştir. Bu değerlere göre kış mevsimindeki artışın Doğu Karadeniz Bölgesinde meydana gelen yağış ve toprak kayması gibi çevresel faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Algal büyümeyi sınırlandırabilen veya artırabilen nitrat azotu temiz sularda az bulunan önemli bir etkidir (Verep ve Ödün, 2016). Yağlıdere'de belirlenen nitrat değeri 0,311-2,100 mg/L (Uncumusaoglu ve Akkan, 2017), Ağlasun Deresi'nde 5,3-6,4 mg/L aralığında belirlenmiştir (Kalyoncu vd., 2009). Ayrıca Gultekin vd. (2012) en yüksek NO<sub>3</sub> değerini 4,7 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada istasyonlarda ölçülen NO<sub>3</sub>-N değerleri yıllık olarak en düşük 0 mg/L (Kış, Ocak, Değirmendere istasyonunda ve Sonbahar, Ekim, Salarha istasyonunda) ve en yüksek 1,50 mg/L (Yaz, Haziran, Melet istasyonunda ve Sonbahar, Ekim, Aksu istasyonunda) olarak ölçülmüştür. Tüm akarsuların yıllık ortalama NO<sub>3</sub>-N değeri ise 0,340 mg/L olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bulguların değerlendirilmesiyle nitrat azotunun yaz döneminde artış (0,44 mg/L), kış döneminde ise azalış (0,19 mg/L) eğiliminde olduğu görülmüştür. Tüm akarsuların yıllık ortalama nitrat azotu değeri ise 0,340 mg/L olarak hesaplanmıştır. Analiz sonuçları YSKY ile karşılaştırıldığında; tüm akarsuların I. Sınıf su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca örnekleme yapılan akarsuların nitrat azotu değerleri EPA'nın belirlemiş olduğu kabul edilebilir sınır değerinin altında bulunmuştur.

Azot döngüsünün ara ürünü olan nitrit ortamda birikim yapmayarak hemen nitrata dönüşür. Ayrıca nitrat gibi nitrit de plankton gelişimine katkı sağlamaktadır (Taş, 2011). Nitrit azotunu değerini Gedik vd. (2010) Fırtına Deresi'nde 0,0012 mg/L, Boran ve Sivri (2001) Solaklı ve Sürmene derelerinde nitrit değerini 3,8 µg/L olarak, Gultekin vd. (2012) ise en yüksek NO<sub>2</sub> değerini 0,1 mg/L olarak bulmuşlardır. Ayrıca Yağlıdere'de yapılan bir çalışmada Nitrit azotu 0,001-0,038 mg/L aralığında tespit edilmiştir (Uncumusaoglu ve Akkan, 2017). Bu çalışmada ise yüzey suyunun NO<sub>2</sub>-N değerleri yıllık olarak en düşük 0,001 mg/L (Tüm mevsimler, Ocak, Mayıs, Temmuz, Ağustos ve Eylül, sırasıyla Fırtına, İyidere, Aksu, Büyükdere ve Değirmendere istasyonlarında) ve en yüksek 0,53 mg/L (Kış, Aralık, Değirmendere istasyonunda) olarak belirlenmiştir. Tüm akarsuların yıllık ortalama NO<sub>2</sub>-N değeri ise 0,016 mg/L

olarak tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre nitrit azotu değerlerine mevsimsel olarak bakıldığında kış mevsiminde artış (0,333 mg/L), sonbaharda ise azalış (0,007 mg/L) izlenmiştir. Ayrıca sonuçlar EPA (2012) kriterleriyle karşılaştırıldığında; tüm akarsuların ortalama nitrit azotu değeri EPA'nın belirlemiş olduğu kabul edilebilir sınır değerden düşük bulunmuştur.

Canlı organizmaların beslenmesi ve büyümesi için gerekli olan temel besinlerden biri olan fosfor, azot gibi algal büyüme için sınırlayıcı bir besindir. Ortofosfat, fosforun termodinamik açıdan en kararlı formudur (Fadiran vd., 2008). Yağlıdere'de ortofosfat fosforu 0,008-0,354 mg/L aralığında tespit edilmiştir (Uncumusaoglu ve Akkan, 2017). Ayrıca fosfat fosforunu Gedik vd. (2010) Fırtına Deresinde 0,12 mg/L, Verep vd. (2005) İyidere'de 0,02 mg/L olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada ise istasyonlarda ölçülen o-PO<sub>4</sub>-P değerleri yıllık olarak en düşük 0,02 mg/L (Kış ve İlkbahar, sırasıyla Şubat ve Mart, Büyükdere ve Melet istasyonlarında) ve en yüksek 4,29 mg/L (Sonbahar, Ekim, İyidere istasyonunda) olarak hesaplanmıştır. Tüm akarsuların yıllık ortalama o-PO<sub>4</sub>-P değeri ise 0,388 mg/L olarak tespit edilmiştir. Bunlara ek olarak ortofosfat değerlerinde artış sonbahar mevsiminde (0,82 mg/L), azalış ise ilkbahar mevsiminde (0,18 mg/L) görülmüştür. Yapılan çalışma sonucu YSKY ile karşılaştırıldığında; Melet, Aksu, Salarha, Büyükdere, Fırtına ve Hopa istasyonları II. Sınıf su kalitesine, Değirmendere ve İyidere ise IV. Sınıf su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Akarsu su kalitesinin ortofosfat açısından düşmesi genellikle evsel, endüstriyel ve tarımsal etkileri bileşimi olarak karşımıza çıkmaktadır. Nitekim bu çalışmada önemli derecede endüstriyel, tarımsal ve evsel girdilerin etkilediği Değirmendere ve İyidere bu açıdan çok kirli, tarımsal ve evsel girdilerin etkilediği Melet, Aksu, Salarha, Büyükdere, Fırtına ve Hopa akarsularında ise az kirli su kalitesi ortaya çıkmıştır.

Akarsularda sülfat, sedimenter kayalardaki çözünür sülfat minerallerinin çözünmesinden, sedimenter sülfatların oksitlenmesi ve sızmasından, doğrudan atmosferden ve bazı antropojenik kaynaklardan gelebilir (Vokal vd., 2006). Değirmendere nehir ağzında sülfat değeri 303,17 mg/L (Boran vd., 2004), Aşağı Melet Havzasında 14,72 mg/L (Turan vd., 2008) olarak tespit edilirken, Alkan vd. (2013) sülfat değerini 10,33 mg/L olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada ise havzanın sülfat (SO<sub>4</sub>)

değerleri yıllık olarak en düşük 0 mg/L (Kış, Aralık, Fırtına istasyonunda) ve en yüksek 48 mg/L (Yaz, Ağustos, Melet istasyonunda) olarak bulunmuştur. Tüm akarsuların yıllık ortalama SO<sub>4</sub> değeri ise 10,46 mg/L olarak tespit edilmiştir. İstasyonlardan toplanan örneklerin analizi sonucunda sülfat değerlerinde yazın artış (12,88 mg/L), ilkbaharda azalış (6,17 mg/L) saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda tüm akarsular YSKY'ye göre sülfat bakımından I. Sınıf su kalitesine sahiptir. Buna ek olarak bütün akarsuların sülfat değerleri TS266, EPA ve WHO'nun belirlemiş olduğu standartların altına bulunmuştur.

Diğer uluslararası su kalite değerlendirme standartlarına göre çalışma alanında elde edilen bulgular değerlendirildiğinde tüm parametrelerin tavsiye edilen aralıklarda olduğu ve standartların hazırlandığı amaçlara uygun bulunmuştur. Doğu Karadeniz akarsularının suları genel olarak ılıman (14,22 °C), hafif alkali (7,62), yüksek oksijene sahip (10,38 mg/L), düşük çözünmüş katı madde içeren (158,63), orta düzeyde bulanık (68,36) sulara sahip olduğu gözlenmiştir.

## 4.2. Ağır Metal

### 4.2.1. Suda Ağır Metal

Bu çalışmada Doğu Karadeniz Havzasında ağır metal analizi yapılan 8 akarsuyun ortalama ağır metal değerleri; Al: 159,71; Cr: 7,94; Mn: 48,04; Fe: 720,06; Co: 1,29; Ni: 26,21; Cu: 3,53; Zn: 2,08; As: 2,99; Cd: 0,11 ve Pb: 1,31 ppb olarak tespit edilmiştir. Ayrıca ağır metal konsantrasyonları Fe > Al > Mn > Ni > Cr > Cu > As > Zn > Pb > Co > Cd olarak sıralandığı belirlenmiştir (Ek 3). Çalışmada tespit edilen ağır metal konsantrasyonları ile farklı çalışma ve YSKY, WHO, EPA, TS266 ve EC gibi ulusal ve uluslararası kuruluşların yayımlamış olduğu kriterle karşılaştırılması Tablo 10'da verilmiştir.

**Tablo 10.** Suda ağır metal miktarlarının önceki çalışmalar ve ulusal ve uluslararası standartlarla karşılaştırılması.

Referanslar	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Bu çalışma (ppb)	159,71	2,99	0,11	1,29	7,94	3,53	720,06	48,04	26,21	1,31	2,8
Dicle Nehri <sup>a</sup> (µg/L)	-	2,35	1,37	111	<5	165	388	467	72	0,34	37
Dipsiz Deresi <sup>b</sup> (µg/L)	-	-	0,17	-	0,09	0,37	-	-	-	0,41	1,05
Ebro River <sup>c</sup> (µg/L)	-	-	TE-2,0	-	-	0,35-5,5	-	-	-	TE-4,50	8,2-325
Gediz Nehri <sup>d</sup> (µg/L)	210	-	4	6	5	25	205	113	37	20	12
River Odra <sup>e</sup> (µg/L)	-	1,90	0,13	-	4,19	4,23	126	69,1	5,19	1,18	32,1
YSKY, (2015) (µg/L)											
I.Sınıf	≤ 300	≤ 20	≤ 2	≤ 10	≤ 20	≤ 20	≤ 300	≤ 100	≤ 20	≤ 10	≤ 200
II.Sınıf	≤ 300	50	5	20	50	50	1000	500	50	20	500
III.Sınıf	1000	100	7	200	200	200	5000	3000	200	50	2000
IV.Sınıf	> 1000	> 100	> 7	> 200	> 200	> 200	> 5000	> 3000	> 200	> 50	> 2000
Ts266, (2013) (µg/L)	200	10	5		50	2000	200	50		10	
WHO, 2017(µg/L)		10	3		50	2000		400	70	10	3000
EPA, 2012(µg/L)		0-10	5		100	1300			100	15	
EC, 2007(µg/L)	200	10	5		50	2000	200	50	20	10	

<sup>a</sup>(Varol ve Şen, 2012) <sup>b</sup>(Demirak vd., 2006) <sup>c</sup>(Ramos vd., 1999) <sup>d</sup>(Bakaç ve Kumru, 2001) <sup>e</sup>(Rybicka vd., 2005)

Araştırma bölgesinde su örnekleme yapılan 8 akarsuyun suyunda Al konsantrasyonları 5,35-627,51 ppb aralığında değişim gösterirken, ortalama Al konsantrasyonu 159,71 ppb olarak bulunmuştur. Analiz sonuçları incelendiğinde tüm akarsuların yıllık ortalama değerleri bakımından YSKY'ye göre I. Sınıf su kalitesi grubuna girdiği, Büyükdere istasyonu dışında kalan akarsuların TS266 ve EC tarafından tebliğ edilen sınır değerden daha düşük olduğu görülmüştür. Ülkemizde yapılan birçok çalışmada bu sonuca yakın değerler rapor edilmiştir. Kızılırmak Havzasında Al değeri 39,32-628,7 µg/L arasında bulunurken (Akbulut ve Tuncer, 2011), Kır ve Tumantozlu (2012) 0,018 mg/L olarak, Arıman vd. (2007) yaptıkları bir çalışmada Al değerini Yeşilirmak'ta 0,069 mg/L, Abdal ırmağında 0,064 mg/L, Mert ırmağında 0,060 mg/L, Kürtün ırmağında 0,076 mg/L, Engiz ırmağında 0,137 mg/L ve Kızılırmak'ta 0,065 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Al yeryüzü kabuğunun % 8'ini oluşturur ve çevrede oldukça fazla miktarda bulunur (Sarkar, 2007).

Akarsularda ölçülen Cr değeri LDA-49,12 ppb arasında değişirken ortalama değer ise 7,94 ppb olarak tespit edilmiştir. Akarsuların yıllık ortalama değerleri YSKY ile kıyaslandığında, tüm akarsuların I. Sınıf su kalitesi grubuna girdiği ve bu değerlerin WHO, EPA, TS266 ve EC tarafından tebliğ edilen sınır değerden daha düşük olduğu görülmüştür. Kars ilinde bulunan Yıldız Nehrinde yapılan çalışmada nehir suyundan alınan örneklerde ağır metal konsantrasyonları incelenmiş ve su örneklerinde Cr metali bulunamamıştır (Agtas vd., 2007). Ayrıca Dicle Nehrinde su örneklerinde en az Cr metali bulunmuştur (Varol ve Şen, 2012). Bunlar ek olarak, Öztürk vd. (2009) Avsar Baraj Gölünde su örneklerinde Cr konsantrasyonunu 0,001-0,012 mg/L aralığında, Kaptan ve Özcan (2014) 0,04-0,09 ppb aralığında, Demirak vd. (2006) ise 0,092 µg/L olarak tespit etmişlerdir.

Elde edilen veriler ışığında suda tespit edilen en küçük Mn konsantrasyonu en düşük 0,25 ppb en büyük ise 252,40 ppb ve tüm istasyonların ortalama değeri ise 48,04 ppb olarak saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde bütün akarsuların YSKY göre I. Sınıf su kalite grubunda yer aldığı belirlenmiştir. Ayrıca EC ve TS266 standartlarıyla karşılaştırıldığında; Melet ve Hopa istasyonları dışındaki akarsular belirlenen sınır değerinin altında bulunmuştur. Kucuksezgin vd. (2008) Mn konsantrasyonunu 30-170 µg/L aralığında, Akbulut ve Tuncer (2011) 1,355-233,5 µg/L

aralığında bulmuşlardır. Kır vd. (2007) kışın analiz limitinin altında buldukları Mn değerini yaz mevsiminde 0,003 mg/L, ilkbaharda 0,15 mg/L ve sonbaharda 0,037 mg/L olarak tespit etmişlerdir.

Akarsularda tespit edilen Fe konsantrasyonu LDA-3143,40 ppb arasında ve akarsuların ortalama Fe değeri 720,06 ppb olarak bulunmuştur. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde bütün akarsuların YSKY'ye göre II. Sınıf su kalitesi grubuna girdiği, TS266 ve EC tarafından tebliğ edilen sınır değerden ise yüksek olduğu görülmüştür. Araştırma bölgesinde yapılan bir çalışmada Fe konsantrasyonu Değirmendere, Küçükdere ve Solaklı istasyonlarında 0,02 mg/L bulunmuşken Beşirli istasyonunda 0,13 mg/L olarak tespit edilmiştir (Gultekin vd., 2012). Akbulut ve Tuncer (2011) sudaki Fe değerini 51,1-2819 µg/L arasında, Kurnaz vd. (2016) 2,00-3,00 µg/L aralığında, Kucuksezgin vd. (2008) ise 1,3-687 µg/L aralığında belirlemişlerdir. (Öztürk vd., 2009) Avsar Baraj Gölünde su örneklerinde Fe konsantrasyonu 0,28-2,39 mg/L aralığında bulunurken, (Okur vd., 2001) Büyük Menderes Nehrinde 0,005-0,040 mg/L arasında değiştiği tespit edilmiştir. Madencilik, yoğun ormancılık ve tarımsal aktiviteler akarsulardaki demir yükünü artırmaktadır (Gurzau vd., 2003). Bunlara ek olarak Avila-Perez vd. (1999) akarsudaki demir yüksekliğini karasal sedimentlerin suya taşınmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada istasyonlardaki demir konsantrasyonu açısından su kalite sınıfının az kirliliğe çıkması; Doğu Karadeniz Havzasının yüksek eğimli dağlık arazi yapısına, her mevsim yağışlı olmasına ve tarımsal aktiviteler nedeniyle erozyon sebebiyle yüzeysel akışla akarsulara toprak kökenli etki sebebiyle olabileceği düşünülmektedir.

Çalışılan akarsuların suyunda Co konsantrasyonu LDA-2,70 ppb arasında değişim göstermiş ve ortalama olarak 1,29 ppb olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde tüm akarsular YSKY'ye göre I. Sınıf su kalitesi grubunda yer almıştır. Varol ve Şen (2012) Dicle Nehrinde 111 µg/L olarak bulduğu Co miktarını, Okur vd. (2001) Büyük Menderes Nehrinde eser-0,190 mg/L aralığında tespit etmişlerdir. Karadede-Akin ve Ünlü (2007) ise yaptıkları çalışmada inceledikleri metaller arasında en düşük konsantrasyonu Co metalinde bulmuşlardır.

Suda tespit edilen Ni konsantrasyonu 2,60-128,84 ppb aralığında değişirken tüm istasyonların ortalama değeri ise 26,21 ppb olarak bulunmuştur. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde Salarha ve Fırtına akarsuları Ni bakımından YSKY'ye göre I. Sınıf su kalitesi grubunda yer alıp, EC, WHO ve EPA tarafından tebliğ edilen sınır değerden ise düşük bulunmuştur. Diğer akarsular ise YSKY'ye göre II. Sınıf su kalitesindedir. Ayrıca bu akarsuların Ni değerleri WHO ve EPA'nın belirlemiş olduğu sınır değerlerden düşük, EC tarafından tebliğ edilen sınır değerden ise yüksek oldukları saptanmıştır. Varol ve Şen (2012) yaptıkları çalışmada 72,0 µg/L olarak, Kurnaz vd. (2016) 0,75-2,31 µg/L aralığında, Kaptan ve Özkan (2014) ise 0,28-3,03 ppb aralığında, Kucuksezgin vd. (2008) 0,39-9,0 µg/L aralığında tespit etmişlerdir. Ayrıca Avsar Baraj Gölünde yapılan bir çalışmada su örneklerinde Ni miktarı 0,0004-0,0120 mg/L aralığında bulunmuştur (Öztürk vd., 2009). Karadede-Akin ve Ünlü (2007) ise yaptıkları çalışmada inceledikleri metaller arasında en yüksek konsantrasyonu Ni metalinde bulmuşlardır.

Su örnekleme yapılan akarsularda Cu konsantrasyonu LDA-12,60 ppb arasında değişim göstermiş ve ortalama olarak 3,53 ppb bulunmuştur. Analiz sonuçları incelendiğinde bütün akarsuların Cu bakımından YSKY'ye göre I. Sınıf su kalitesi grubuna girdiği, WHO, EPA, TS266 ve EC tarafından tebliğ edilen sınır değerden ise düşük olduğu görülmüştür. Tunceli'de Munzur ve Pulumur akarsularının incelendiği bir çalışmada, Munzur için Cu miktarı 0,16-0,95 mg/L arasında değişirken Pulumur'da 0,12-1,37 mg/L arasında olduğu ve en yüksek Cu değeri 0,95 mg/L ile Şubat ayında, en düşük değer ise Ağustos ayında tespit edilmiştir (Şeker ve Kutlu, 2014). Ayrıca birçok araştırmacı Cu değerini; Kurnaz vd. (2016) 6,00-7,33 µg/L aralığında, Kaptan ve Özkan (2014) 0,26-0,88 ppb aralığında, Demirak vd. (2006) 0,171 µg/L olarak tespit etmişlerdir.

Sudaki Zn konsantrasyonu 0,83-5,16 ppb arasında değişim göstermiş ve ortalama olarak 2,80 ppb bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar kapsamında bütün akarsuların Zn bakımından YSKY'ye göre I. Sınıf su kalitesi grubuna girdiği, WHO tarafından tebliğ edilen sınır değerden ise düşük olduğu gözlenmiştir. Kurnaz vd. (2016) suda Zn konsantrasyonunu 9,50-11,00 µg/L aralığında, Kucuksezgin vd. (2008) ise 0,19-2,9 µg/L aralığında tespit ederek bu çalışmadan daha düşük değerler bulmuşlardır. Okur



vd. (2001) 0,002-0,310 mg/L aralığında, Kır vd. (2007) ise Kovada Gölünde yaptıkları çalışmada yaz ve sonbahar mevsimlerinde Zn değerini analiz limitinin altında ilkbaharda 0,027 mg/L ve kış döneminde 0,012 mg/L olarak tespit etmişlerdir.

Suda tespit edilen As konsantrasyonu 0,60-6,34 ppb arasında değişim göstermiş ve ortalama olarak 2,99 ppb bulunmuştur. Sonuçlar incelendiğinde bütün akarsuların As bakımından YSKY'ye göre I. Sınıf su kalitesi grubuna girdiği, WHO, EPA, TS266 ve EC tarafından tebliğ edilen sınır değerden ise düşük olduğu görülmüştür. Tigris Nehrinde yapılan bir çalışmada sudaki As konsantrasyonu 2,354 µg/L olarak (Varol ve Şen, 2012), Eğirdir Gölünde ise 0,0130 mg/L olarak bildirilmiştir (Şener vd., 2014). Ayrıca Akbulut ve Tuncer (2011) yaptıkları araştırmada As değerini 0,518-16,23 µg/L aralığında değiştiğini rapor etmişlerdir.

Çalışma bölgesindeki su örneklerinde Cd konsantrasyonu LDA-1,01 ppb arasında ve ortalama 0,11 ppb olarak bulunmuştur. Sonuçlar incelendiğinde bütün akarsuların YSKY'ye göre I. Sınıf su kalitesi grubuna girdiği, WHO, EPA, TS266 ve EC tarafından tebliğ edilen sınır değerden ise düşük olduğu görülmüştür. Akbulut ve Tuncer (2011) Cd konsantrasyonunu 0,063-1,477 µg/L aralığında, Demirak vd. (2006) ise ortalama Cd değerini 0,171 µg/L olarak saptanmıştır. Avsar Baraj Gölünde (Öztürk vd., 2009) su örneklerinde 0,0001-0,0012 mg/L aralığında, Eğirdir Gölü suyunda 0,62-3,29 ppb aralığında belirlenmiştir (Kaptan ve Özcan, 2014). Ayrıca Kır ve Tümantozlu (2012) ve Kır vd. (2007) suda yaptıkları analizlerde Cd miktarını tüm mevsimlerde tayin sınırının altında olduğunu rapor etmişlerdir.

Suda tespit edilen Pb konsantrasyonu LDA-5,07 ppb arasında değişim göstermiş ve ortalama olarak 1,31 ppb bulunmuştur. Elde edilen bilgiler ışığında bütün akarsuların YSKY'ye göre I. Sınıf su kalitesi grubuna girdiği, WHO, EPA, TS266 ve EC tarafından tebliğ edilen sınır değerden ise düşük olduğu görülmüştür. Kurnaz vd. (2016) suda Pb konsantrasyonunu 0,91-1,13 µg/L aralığında, Varol ve Şen (2012) 0,342 µg/L, Kucuksezgin vd. (2008) 0,59-1,5 µg/L aralığında, Gultekin vd. (2012) Değirmendere'de 0,12 mg/L olarak, Demirak vd. (2006) ise ortalama değeri 0,405 µg/L olarak tespit etmişlerdir. Kaptan ve Özcan (2014) sudaki Pb değerini analiz limitlerinin altında bulmuşlardır.

Elde edilen bulgular ışığında Doğu Karadeniz Havzasında ağır metal analizi yapılan 8 akarsuyun su örneklerinde yıllık ortalama ağır metal değerleri; Al: 159,71; Cr: 7,94; Mn: 48,04; Fe: 720,06; Co: 1,29; Ni: 26,21; Cu: 3,53; Zn: 2,08; As: 2,99; Cd: 0,11 ve Pb: 1,31 ppb olarak tespit edilmiştir. Ayrıca ağır metal konsantrasyonları  $Fe > Al > Mn > Ni > Cr > Cu > As > Zn > Pb > Co > Cd$  olarak sıralandığı belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada suda tespit edilen ağır metal konsantrasyonlarının YSKY, WHO, EPA, EC ve TS266 su kalite kriterleriyle karşılaştırılması EK 4'te verilmiştir. YSKY (2015)'ye göre Al, Cr, Mn, Co, Cu, Zn, As, Cd ve Pb metalleri I. Sınıf su kalite grubuna girerken Fe ve Ni metalleri II. Sınıf su kalite grubunda olduğu tespit edilmiştir. WHO (2017)'ya göre incelenen Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Cd ve Pb değerleri standartların altında bulunmuştur. EPA (2012)'ya göre kıyaslandığında çalışmada tespit edilen Cr, Ni, Cu, As, Cd ve Pb değerleri belirlenen kriterlerden daha düşük olduğu görülmüştür. EC (2007) kriterlerine göre Al, Cr, Mn, Cu, As, Cd ve Pb metalleri standart değerlerden düşük, Fe ve Ni değerleri ise yüksek olarak bulunmuştur. TS266 (2013) kriterleriyle karşılaştırıldığında Al, Cr, Mn, Cu, As, Cd ve Pb değerleri standartlardan düşük, Fe değeri ise yüksek tespit edilmiştir. Bunlara ek olarak suda örnekleme yapılan metallerin mevsimsel değişimleri de değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye göre Al, Cu ve Cd sonbahar mevsiminde, Cr ve Mn yaz mevsiminde, Fe, Co, Ni, As ve Pb kış mevsiminde ve Zn ise ilkbahar mevsiminde artış eğiliminde olduğu saptanmıştır. Ayrıca Al, Fe, Co, Ni, Zn, As ve Cd metalleri yaz döneminde, Mn ve Pb sonbahar döneminde, Cr ve Cu metalleri ise kış döneminde azalış eğilimi göstermiştir.

Sudaki ağır metal derişimleri istasyonlar arası değerlendirildiğinde; Al, Co, Cu metallerinde en çok birikim Büyükdere istasyonunda, Fe, Cd ve Ni metallerinde Değirmendere istasyonunda, Zn, As ve Pb metallerinde Melet istasyonunda, Cr ve Mn'de ise Hopa istasyonunda bulunmuştur.

#### 4.2.2. Askıda Katı Maddede Ağır Metal

Doğu Karadeniz Havzasında örnekleme yapılan 8 akarsuyun askıda katı maddede ağır metal konsantrasyonlarının ortalama değerleri; Al: 10735,3 ppm; Cr: 12,65 ppm; Mn: 146,78 ppm; Fe 4469,7 ppm; Co: 1,31 ppm; Ni: 2,04 ppm; Cu: 14,24 ppm; Zn: 8939,92 ppm; As: 0,17 ppm; Cd: 1,41 ppm ve Pb: 7,91 ppm olarak tespit edilmiştir. Ağır metal konsantrasyonları havzada büyükten küçüğe Al > Zn > Fe > Mn > Cu > Cr > Pb > Ni > Cd > Co > As şeklinde sıralandığı belirlenmiştir (Ek 4). Askıda katı maddede belirlenen ağır metal konsantrasyonları ve diğer çalışmalarla karşılaştırılması Tablo 11’de verilmiştir.

**Tablo 11.** AKM’deki ağır metal miktarlarının önceki çalışmalarla karşılaştırılması.

Referanslar	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Bu çalışma (ppm)	10735	0,17	1,41	1,31	12,65	14,24	4469,7	146,78	2,04	7,91	8939,92
Danube Nehri <sup>a</sup> (ppm)	13900	-	3,2	7,04	103	328	13300	1380	-	236	1934
Türk Nehirleri Ort. <sup>a</sup> (ppm)	54000	-	0,38	22,8	135	66	47200	3140	-	26	146
Uluabat Gölü <sup>b</sup> (mg/kg)	-	0,96	1,16	-	13,41	5,37	2039,23	50,91	18,64	7,61	26,87
Langat Nehri <sup>c</sup> (mg/kg)	-	18,4	0,77	34	5,3	-	-	-	-	-	228
River Odra <sup>d</sup> (mg/kg)	-	55,9	8,51	-	129	100	45727	6323	103	138	2027

<sup>a</sup>(Yiğiterhan ve Murray, 2008) <sup>b</sup>(Katip vd., 2013) <sup>c</sup>(Sarmani, 1989) <sup>d</sup>(Rybicka vd., 2005)

Yurt içinde ve dışında birçok araştırmada askıda katı maddede ağır metal konsantrasyonları incelenmiştir. Yiğiterhan ve Murray (2008) Danube nehrinde Al, Fe ve Zn’yi bu çalışmadaki sonuçlardan daha düşük bulurken Cd, Co, Cr, Cu, Mn ve Pb’yi ise daha yüksek tespit etmişlerdir. Ayrıca Sakarya, Yenice, Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinin ortalama ağır metal konsantrasyonlarını Al (54 ppm), Cd (0,38 ppm), Co (22,8 ppm), Cr (135 ppm), Cu (66 ppm), Fe (47,2 ppm), Mn (3140 ppm), Pb (26 ppm) ve Zn (146 ppm) olarak rapor etmişlerdir. Nguyen vd. (2005) Balaton Gölünde yaptıkları çalışmada, Haziran ayında ağır metal seviyelerini Cr: 20 µg/g, Mn: 1200 µg/g, Co: 8,6 µg/g, Ni: 33 µg/g, Cu: 16 µg/g, Zn: 70 µg/g, Cd: 0,34 µg/g, Pb: 25 µg/g ve Al: 9400 µg/g olarak bulmuşlardır. Ayrıca Eylül ayında yaptıkları örneklemede Cr: 18 µg/g, Mn: 1400 µg/g, Co: 5,8 µg/g, Ni: 17 µg/g, Cu: 17 µg/g, Zn: 73 µg/g, Cd: 0,43 µg/g, Pb: 34 µg/g ve Al: 4600 µg/g olduğunu bildirmişlerdir. Changjiang Nehrinde askıda maddede ağır metal konsantrasyonlarının incelendiği çalışmada Zn (280,13

mg/kg) miktarı bu çalışmadan daha düşük bulunurken, As (31,06 mg/kg), Cd (1,92 mg/kg), Co (22,25 mg/kg), Cr (242,34 mg/kg), Cu (90,13 mg/kg), Ni (59,01 mg/kg) ve Pb (66,79 mg/kg) miktarı ise daha yüksek olarak bulunduğu bildirilmiştir (Song vd., 2010). Lami ve Jaber (2002) çalışmalarında askıda katı maddede en az birikimin Cd metalinde olduğunu rapor etmişlerdir. Langat Nehrinde yapılan çalışmada As (18,4 mg/kg) ve Co (34 mg/kg) bu çalışmadan yüksek değerde, Cd (0,77 mg/kg), Cr (5,3 mg/kg) ve Zn (228 mg/kg) ise daha düşük değerde tespit edilmiştir (Sarmani, 1989).

Doğu Karadeniz Havzasında örnekleme yapılan 8 akarsuyun askıda katı maddede ağır metal konsantrasyonlarının yıllık ortalama değerleri; Al: 10735,3 ppm; Cr: 12,65 ppm; Mn: 146,78 ppm; Fe 4469,7 ppm; Co: 1,31 ppm; Ni: 2,04 ppm; Cu: 14,24 ppm; Zn: 8939,92 ppm; As: 0,17 ppm; Cd: 1,41 ppm ve Pb: 7,91 ppm olarak tespit edilmiştir. Ağır metal konsantrasyonları tüm istasyonlarda  $Al > Zn > Fe > Mn > Cu > Cr > Pb > Ni > Cd > Co > As$  şeklinde sıralandığı belirlenmiştir. Askıda katı madde örneklerinde analizi yapılan metallerin mevsimsel olarak değişimleri de incelenmiştir. Buna göre Al, Mn, Fe, Co ve Ni ilkbahar mevsiminde, Cu ve As sonbahar mevsiminde, Cd ve Pb kış mevsiminde, Zn ve Cr ise yaz mevsiminde artış izlenmiştir. Ayrıca Al, Mn, Fe, Co, Cu ve As yaz döneminde, Ni, Cd ve Pb sonbahar döneminde, Cr kış döneminde, Zn ise ilkbahar döneminde azalış göstermiştir.

### 4.2.3. Sedimentte Ağır Metal

Doğu Karadeniz Havzasında sediment örnekleme yapılan 8 akarsuyun sedimentlerindeki ortalama ağır metal konsantrasyonları; Al: 5147,42-14889 ppm; Cr: 2,13-15,58 ppm; Mn: 144,25-488,21 ppm; Fe: 7969,67-23276,10 ppm; Co: 2,50-8,59 ppm; Ni: 0,15-13,11 ppm; Cu: 5,30-255,08 ppm; Zn: 11,34-205,58 ppm; As: 0,02-6,10 ppm; Cd: 0,05-1,53 ppm ve Pb: 1,74-161,69 ppm aralığında tespit edilmiştir. Ağır metal konsantrasyonları büyükten küçüğe Fe > Al > Mn > Zn > Cu > Pb > Cr > Ni > Co > As > Cd olarak sıralandığı belirlenmiştir. Akarsu bazında sedimentte ağır metal konsantrasyonları incelendiğinde tüm akarsularda en fazla birikim Fe, Al ve Mn elementlerinde olurken, en az birikim ise tüm akarsularda As ve Cd elementlerinde olmuştur (Ek 5).

EPA tarafından bildirilen Sediment Kalite Standartlarına göre sedimentler; kirlenmiş, kısmen kirlenmiş ve aşırı kirlenmiş olarak sınıflandırılmıştır (Perin vd., 1997). Bu çalışmada elde edilen sonuçlar EPA ve Kanada Sediment Kalite Standartlarıyla kıyaslanmıştır. Sedimentte belirlenen ağır metal konsantrasyonlarının diğer çalışmalar ve uluslararası standartlarla karşılaştırılması Tablo 12'de verilmiştir.

**Tablo 12.** Sediment örnekleri ortalama ağır metal konsantrasyonlarının önceki çalışmalar ve uluslararası standartlarla karşılaştırılması.

Referanslar	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Bu çalışma (ppm)	8448,11	1,34	0,40	5,17	7,95	25,84	13135,17	307,71	5,56	17,17	37,65
Gediz Nehri <sup>a</sup> (mg/kg)	-	-	-	38±4	200±6	140±3	25500±10	510±25	106±10	128±15	160±15
Büyük Menderes Nehri <sup>a</sup> (mg/kg)	-	-	-	29±4	165±7	137±5	18500±10	388±15	315±25	54±8	120±10
Tsurumi Nehri <sup>b</sup> (µg/kg)	-	11,0	1,0	-	102,9	133,0	-	-	36,6	40,8	381,1
Dicle Nehri <sup>c</sup> (mg/kg)	-	2,08- 12,44	0,77- 7,90	18,38- 515,62	72,12- 158,35	98,65- 2860,25	-	786,23- 1681,84	122,14- 534,58	146,24- 660,12	149,67- 1061,54
Isparta Deresi <sup>d</sup> (mg/kg)	-	-	0,23- 1,00	-	30,27- 226,34	7,27- 22,91	8774,40- 19606,81	313,50- 897,39	51,38- 216,89	6,57-55,25	25,31-156,16
SQGs (USEPA) <sup>e</sup> (mg/kg)											
Kirlenmemiş	-	<3	-	-	<25	<25	-	-	<20	<40	<90
Kısmen kirlenmiş	-	3-8	-	-	25-75	25-50	-	-	20-50	40-60	90-200
Aşırı kirlenmiş	-	>8	>6	-	>75	>50	-	-	>50	>60	>200
CEQGs <sup>f</sup> (mg/kg)											
ISQG	-	5,9	0,6	-	37,3	35,7	-	-	-	35	123
PEL	-	17	3,5	-	90	197	-	-	-	91,3	315

<sup>a</sup> (Akçay vd., 2003) <sup>b</sup> (Mohiuddin vd., 2010) <sup>c</sup> (Varol ve Şen, 2012) <sup>d</sup> (Kalyoncu vd., 2016) <sup>e</sup> (Perin vd., 1997) <sup>f</sup> (CCME, 2001); CEQGs: Kanada çevre kalite yönergesi; ISQG: Geçici tatlısu sediment kalite standartları; PEL: Olası etki seviyesi

Araştırma bölgesindeki akarsuların sedimentlerinde Al konsantrasyonları 5147,42-1489 ppm aralığında değişim göstermiş ve ortalama 8448,11 ppm olarak tespit edilmiştir. Kır vd. (2007) sedimentte en fazla birikim gösteren metalin Al (6672,5 mg/kg) olduğunu ve yaz aylarında metal birikiminin en yüksek düzeye ulaştığını bildirmişlerdir. Ozbay vd. (2013) Berdan Çayında 12907,70 µg/g olarak, El Bouraie vd. (2010) ise Nil deltasında 10100-40400 mg/kg aralığında bularak bu çalışmadan daha yüksek değerler bildirmişlerdir.

Havza sedimentindeki Cr birikimi 2,13-15,58 ppm arasında değişirken ortalama 7,95 ppm olarak tespit edilmiştir. Dundar ve Altundag (2007) sedimentteki Cr değerini 8,780 µg/g, Demirak vd. (2006) 19,700 µg/g, Ozbay vd. (2013) 57,81 µg/g, Kalyoncu vd. (2016) ise 30,27-226,34 mg/kg aralığında bularak bu çalışmadan daha yüksek değerler tespit etmişlerdir. Buna ek olarak Seyhan Nehri'nde Ekim 2009'da ve Haziran 2010'da yapılan ölçümlerde yüzey sedimentindeki en az biriken metal Cr olarak belirlenmiştir (Davutluoglu vd., 2011).

Sedimentte Mn değerleri 144,25-488,21 ppm arasında değişirken ortalama 307,71 ppm olarak belirlenmiştir. Daha önce yapılan birçok çalışmayla benzer sonuçlar elde edilmiştir; Isparta Deresinde 313,50-897,39 mg/kg arasında (Kalyoncu vd., 2016), Kovada Gölünde 61,19-165,96 mg/kg aralığında değiştiği rapor edilmiştir (Kır vd., 2007). Akbulut ve Tuncer (2011) Mn değerini 161,7-1760 µg/g aralığında, Başyığıt ve Tekin-Özan (2013) ise 228,15-352,92 mg/kg aralığında tespit etmişlerdir.

Akarsu bazında sedimentte ağır metal konsantrasyonları incelendiğinde tüm akarsularda en fazla birikim Fe metalinde olduğu tespit edilmiştir. Fe birikimi 7969,67-23276,10 ppm aralığında değişim gösterirken ortalama Fe konsantrasyonu 13135,17 ppm olarak bulunmuştur. Dicle Nehrinde (Varol ve Şen, 2012; Varol, 2011) ve Isparta Deresinde (Kalyoncu vd., 2016) yapılan çalışmalarda sedimentte en fazla birikme Fe elementinde olduğu rapor edilmiştir. Karadere ve Ünlü (1999) Atatürk Baraj Gölünde Fe konsantrasyonunu 19265 mg/kg olarak, Özmen vd. (2004) ise Hazar Gölünde 30000 mg/kg olarak bularak bu çalışmadan daha yüksek değerler tespit etmişlerdir.

Akarsuların sedimentlerinde Co konsantrasyonu 2,50-8,59 ppm aralığında bulunmuş ve ortalama 5,17 ppm olarak tespit edilmiştir. Ikem vd. (2003) Co konsantrasyonunu 1,59 mg/kg bularak bu çalışmadan daha düşük tespit ederken, Bouraie vd. (2010) 15-40,4 mg/kg arasında, Nguyen vd. (2005) ise Balaton Gölü sedimentinde Co konsantrasyonunu 1,7-17 µg/g aralığında bularak bu çalışmadan daha yüksek değerler bildirmişlerdir.

Sedimentte tespit edilen Ni değerleri 0,15-13,11 ppm aralığında değiştiği ve ortalama 5,56 ppm olarak belirlenmiştir. Eğirdir Gölü sedimentinde yapılan bir çalışmada Ni değeri 1,37-15,17 mg/kg arasında değişim gösterdiği ve ortalama değer 6,67 mg/kg olduğu bildirilmiştir (Kaptan ve Özkan, 2014). Kalyoncu vd. (2016) Ni değerini 51,38-216,89 mg/kg aralığında, Özmen vd. (2004) 130 mg/kg olarak, Kaptan ve Özkan (2014) 7,14 mg/kg olarak, Kır vd. (2007) ise 9,13-25,93 mg/kg aralığında bularak bu çalışmada belirlenen Ni değerinden daha yüksek bir değerler tespit etmişlerdir.

Akarsuların sedimentindeki Cu değerleri 5,30-255,08 ppm aralığında değişim göstermiştir. Ortalama Cu değeri 25,84 ppm olarak belirlenmiştir. Karadede-Akin ve Ünlü (2007) yaptıkları çalışmada Cu değerini 22,70 mg/kg olarak, Nguyen vd. (2005) 0,7-36 µg/g aralığında, Kaptan ve Özkan (2014) 7,14 mg/kg olarak, Kalyoncu vd. (2016) ise 7,27-22,91 mg/kg aralığında bularak bu çalışmadan daha düşük değerler tespit etmişlerdir. Ayrıca bu çalışmadaki Cu değerinden daha yüksek bir sonuç Berdan Çayının sedimentinde 28,38 µg/g olarak belirlenmiş (Ozbay vd., 2013).

Akarsuların sedimentindeki Zn değeri 11,343-205,58 ppm aralığında bulunmuştur. Ortalama Zn değeri ise 37,654 ppm olarak tespit edilmiştir. Kır vd. (2007) 12,82-33,42 mg/kg arasında, Başyigit ve Tekin-Özkan (2013) ise 0,96-55,13 mg/kg arasında bu çalışmaya yakın değerler bulurken, Sarmani (1989) 154 mg/kg, Bouraie vd. (2010) 146,6-522,3 mg/kg aralığında, Ozseker ve Eruz (2016) ise Solaklı Deresinde kış mevsiminde 108,1 µg/g ve yaz mevsiminde 121,1 µg/g olarak bularak bu çalışmanın ortalama Zn değerinden daha yüksek sonuçlar rapor etmişlerdir.



Havza akarsularının sedimentinde As konsantrasyonları 0,02-6,10 ppm aralığında değişirken, ortalama değer 1,34 ppm olarak tespit edilmiştir. Ozseker ve Eruz (2016), Solaklı Deresinde kış mevsiminde 11,9 µg/g yaz mevsiminde ise 13,9 µg/g olarak bulmuşlardır. Sarmani (1989), As konsantrasyonunu 17,0 mg/kg, Katip vd. (2012) 9,258 mg/kg olarak bu çalışmadan daha yüksek sonuçlar rapor etmişlerdir.

Örnekleme yapılan akarsuların sedimentlerinde Cd değerleri 0,05-1,53 ppm aralığında değişim gösterirken ortalama değer 0,40 ppm olarak tespit edilmiştir. Başyigit ve Tekin-Özan (2013), Cd değerini 0,11-0,25 mg/kg aralığında bulmuş ve en düşük metal olarak Cd'yi tespit etmişlerdir. Isparta deresinde 0,23-1,00 mg/kg aralığında değişirken (Kalyoncu vd., 2016), Kovada Gölü sedimentinde sadece ilkbahar (0,19 mg/kg) ve kış (0,27 mg/kg) mevsimlerinde tespit edilmiştir (Kır vd., 2007). Bu benzer sonuçlu çalışmaların yanında Sarmani (1989), Cd değerini 12,1 mg/kg olarak belirleyerek bu çalışmadan daha yüksek sonuç tespit etmiştir.

Akarsu sedimentinde Pb konsantrasyonu 1,74-161,69 ppm aralığında değişim göstermiştir. Ortalama Pb değeri 17,170 ppm olarak belirlenmiştir. Kır vd. (2007) 1,74-4,42 mg/kg aralığında, Başyigit ve Tekin-Özan (2013) 0,54-1,13 mg/kg aralığında bu çalışmadan düşük bulurken, Nguyen vd. (2005) 24-160 µg/g aralığında, Ozseker ve Eruz (2016) ise Solaklı deresinde kış mevsiminde 36,8 µg/g ve yaz mevsiminde 37,1 µg/g olduğunu tespit ederek bu çalışmadan daha yüksek sonuçlar bildirmişlerdir.

Doğu Karadeniz Havzasında örnekleme yapılan 8 akarsuyun sedimentlerindeki yıllık ortalama ağır metal konsantrasyonları; Al: 8448,11 ppm; Cr: 7,95 ppm; Mn: 307,71 ppm; Fe: 13135,17 ppm; Co: 5,17 ppm; Ni: 5,56 ppm; Cu: 25,84 ppm; Zn: 37,654 ppm; As: 1,34 ppm; Cd: 0,40 ppm ve Pb: 17,170 ppm olarak tespit edilmiştir. Ayrıca ağır metal konsantrasyonlarının Fe > Al > Mn > Zn > Cu > Pb > Cr > Ni > Co > As > Cd olarak sıralandığı belirlenmiştir. Akarsu bazında sedimentte ağır metal konsantrasyonları incelendiğinde tüm akarsularda en fazla birikim Fe, Al ve Mn elementlerinde olurken, en az birikim ise tüm akarsularda As ve Cd elementlerinde izlenmiştir. Sedimentte ağır metal değerleri uluslararası standartlarla karşılaştırılmıştır. Bu çalışma sonuçları EPA tarafından bildirilen standartlarla kıyaslandığında akarsular belirlenen metaller açısından kirlenmemiş sınıfta bulunmuştur. Buna ek olarak Kanada

Çevre Bakanlığı tarafından bildirilen Kanada Çevresel Kalite Standartlarına göre belirlenen değerlerle karşılaştırıldığında ise bu çalışmada elde edilen bulguların standart değerlerden düşük olduğu görülmüştür. Bunlara ek olarak sediment örneklerinde analizi yapılan metallerin mevsimsel olarak değişimleri değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye göre Cr, Mn, Fe, Co, Ni ve Cd ilkbahar mevsiminde, Al, Cu, As ve Pb kış mevsiminde ve Zn ise sonbahar mevsiminde artış gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca Al, Cr, Fe, Ni, Cu ve As sonbahar döneminde, Co, Zn, Cd ve Pb yaz döneminde, Mn ise kış döneminde azalış eğiliminde olduğu saptanmıştır.

Genel olarak bakıldığında Doğu Karadeniz Havzasında örnekleme yapılan akarsuların suyunda, sedimentinde ve askıda katı maddesinde mevsimsel değişimler olmasına rağmen tavsiye edilen sınır değerler referans alındığında önemli bir ağır metal kirliliğiyle karşılaşılmamıştır. Sedimentteki birikim sudakinden daha fazla olmuştur. Bunun nedeni metallerin sedimentte birikim özelliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

### 4.3. Duraylı İzotop Oranları

C/N ve  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri kıyısal sedimentlerdeki karasal ve denizel organik maddenin nispi oranlarını tahmin etmede etkili belirteçler olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Genel olarak karasal bitkiler ve deniz alglerinin farklı C/N oranlarına ve  $\delta^{13}\text{C}$  değerlerine sahip olduğu kabul edilmektedir. Selüloz ve lignin bakımından zengin vasküler karasal bitkilerin C/N>15 olup,  $\delta^{13}\text{C}$  değerlerinde ‰ -34 ile ‰ -23 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Protein bakımından zengin denizel alglerin ise daha düşük C/N oranına (6-12) ve ‰ -24 ile ‰ -18 arasında  $\delta^{13}\text{C}$  değerlerine sahip oldukları bilinmektedir (Hu vd., 2006; Sanchez ve Carriquiry, 2007; Cowie vd., 2009; Walinsky vd., 2009; Aguiniga vd., 2010; Baumgart vd., 2010; Sanchez vd., 2013).

Karasal bitkiler, tatlısu fitoplanktonlarına göre daha yüksek  $\delta^{13}\text{C}$  değerlerine sahiptir. C<sub>3</sub> bitkileri için ‰ -30 ile ‰ -23 arasında, C<sub>4</sub> bitkileri için ‰ -14 ile ‰ -9 arasındaki değişen değerlerle karakterize edilmektedir. Tatlısu fitoplanktonlarına bakıldığında ise  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri ‰ -35 ile ‰ -5,9 aralığında değişim göstermektedir (Vuorio vd., 2006; Maksymowska vd., 2000; Finlay ve Kendall 2007; Harmelin-Vivien vd., 2010). Alaska'da birçok noktadan alınan nehir POM örneklerinde  $\delta^{13}\text{C}$  değeri ortalama ‰ -28,0 olarak bulunmuştur (Whitney vd., 2018). Salomons ve Mook, (1981) deniz sedimentindeki  $\delta^{13}\text{C}$  değerini ‰ -25,4 ve nehir sedimentinde ‰ -28 olarak bildirirlerken, denizel askıda katı madde için ise ‰ -21,9 ile ‰ -22,2 aralığında rapor etmişlerdir. Ouano Lagününde POM örneklerinde  $\delta^{13}\text{C}$  değeri ‰ -21 olarak bulunmuştur (Bourg vd., 2017). Dubois vd. (2012) Arcachon Körfezinde sediment organik maddenin ortalama  $\delta^{13}\text{C}$  değerini ‰ -20,5 ve ortalama C/N oranını 10,9 olarak tespit etmişlerdir. Spano vd. (2014) Viçosa-Caravelas Nehir ağzındaki dip sedimentinde yaptıkları çalışmada C/N oranını ortalama 16 olarak hesap etmişlerdir. Bu değer sonucunda sedimentin karasal ve mangrov ormanlarından gelen organik maddenin etkisinde olduğunu bildirmişlerdir. Balakrishna ve Probst, (2005) Godavari nehrinde C/N oranı ile organik maddenin kökenini belirledikleri çalışmalarında, akışın yüksek olduğu sezonda organik maddenin kaynağını toprak organik madde (8,1-14) kökenli bulurken, düşük akışın olduğu sezonda fitoplankton (1-8) kaynaklı olduğunu belirlemişlerdir. Fırtına akarsuyunda yapılan bu çalışmada, Fırtına akarsuyunun POM'undaki  $\delta^{13}\text{C}$  değerlerinde Nisan (‰ -26,2) ve Ekim (‰ -26,1) aylarında benzer

sonuçlar bulunmuştur. Akarsu POM'unun C/N oranları Nisan döneminde artış (9,13), Ekim döneminde ise azalış (6,59) eğilimi sergilemiştir.

Gimenes vd. (2012) Parana Nehri'nde sedimentin ana kaynağının otokton kökenli olduğunu tespit etmişlerdir. Alexandrina Gölü'nde sediment organik maddenin  $\delta^{13}\text{C}$  izotopik işaretleri ve C/N oranları incelenmiş, organik materyalin büyük oranda sucul bitki materyalinden oluştuğu ve karasal bitki maddesinin doğrudan girdilerinin çok küçük seviyede olduğu bildirilmiştir (Herczeg vd., 2001). Carroll vd. (2001), partikül organik maddedeki düşük C/N oranlarının (5-7) fitoplankton kökenli olduğunu bildirmişlerdir. Makrofitler ile toprak organik maddenin birbirine yakın C/N oranlarına (sırasıyla 10-30 ve 8-15) sahip olmasının ise bazı temel kriterlerle açıklanabileceğini belirtmişlerdir. Akışın yüksek olduğu dönemlerde nehirde toprak organik madde, akışın düşük olduğu dönemde ise makrofitlerin baskın olduğunu rapor etmişlerdir. Fırtına Deresindeki bu çalışmada Karasal POM ve Denizel POM'un Ekim döneminde benzer C/N (sırasıyla 6,6 ve 6,5) oranları izlenmiştir. Ekim dönemi akarsuyun akışının yavaş olması ve karasal etkinin az olması sebebiyle Denizel POM'un C/N oranları fitoplankton kökenli olduğu izlenimini vermektedir. Karasal POM Nisan döneminde (9,1) Ekim dönemine göre daha yüksek C/N oranına (6,6) sahiptir. Carroll vd. (2001), makrofitler ile toprak organik maddenin birbirine yakın C/N oranlarına (sırasıyla 10-30 ve 8-15) sahip olmasının ise bazı temel kriterlerle açıklanabileceğini belirtmişlerdir. Fırtına Deresindeki bu çalışmada Nisan döneminde akışın yüksek olmasıyla, karasal bitki parçaları, ağaç ve yaprak materyalleri gibi girdilerin akarsu üzerinde hakim olduğu sonucuna varılabilir.

Nisan ayı için SIAR karışım modeli sonuçları denizel sedimente % 53 oranında Fırtına akarsuyundan gelen karasal POM ve % 47 oranında da karasal sedimentin katkısının olduğu belirlenmiştir. Başka bir deyişle denizel sedimentte hem akarsu kaynaklı POM hem de sedimentin katkısı neredeyse eşit orandadır. Nisan ayında yağmur ve kar erimeleri sonucu oluşan taşkınlar nedeniyle karasal girdiler akarsuyun hem POM'u hemde sedimentinde dağılım gösterir bunun sonucunda da denizel sedimentte benzer katkı oranları gösterirler. Ekim ayında ise, denizel sedimente; karasal kaynaklı POM'un % 32, karasal sedimentin % 32 ve denizel POM'un % 36 oranında katkısının olduğu belirlenmiştir. Dubois vd. (2012) Arcachon Körfezinde sediment

organik maddenin ana kaynağını otokton kökenli olarak belirlemişlerdir. Ayrıca bu kaynakların sedimentteki miktarını; %25'ini iekli bitkiler, %19'unu mikrofitobentoslar, %20'sini fitoplanktonlar ve %19'unu nehir POM'unun oluşturduğunu belirtmişlerdir. Bu alışmadaki Fırtına Deresinin Nehir POM'unun katkısı Arcachon Körfezindeki nehir katkısından daha fazladır.



## 5. ÖNERİLER

Bu araştırmada Doğu Karadeniz akarsu havzasında bulunan orta ve büyük debili akarsuların fiziko-kimyasal su kalitesi, Karadeniz'e taşımış oldukları su, sediman ve askıda katı maddede eser element ve ağır metaller ve Fırtına deresinin Karadeniz'e karasal girdisinin karbon ve azot izotop oranları kullanılarak belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre Doğu Karadeniz akarsularının fiziko-kimyasal açıdan genel olarak ılıman (14,22 °C), hafif alkali (7,62), yüksek oksijene sahip (10,38 mg/L), düşük çözünmüş katı madde içeren (158,63), orta düzeyde bulanık (68,36) sulara sahip olduğu gözlenmiştir. Diğer taraftan havza sularının eser element ve ağır metal içerikleri değerlendirildiğinde Karadeniz için ağır metal kirliliği kaynağı olarak bir risk oluşturmadığı söylenebilir. Sadece Fırtına için karasal girdi araştırması sonuçlarına göre Fırtına deresinin döküldüğü Ardeşen kıyılarındaki denizel ortamda karasal kökenli POM ve sedimentin denizel sedimente katkı düzeyinin % 64 seviyesinde olduğu söylenebilir. Dolayısıyla bu sonuçlar ışığında havza akarsularıyla ilgili olarak bundan sonra yürütülecek çalışmaların ve yürütülecek uygulama projelerinin yönlendirilmesinde aşağıdaki öneriler ileri sürülebilir;

- Akarsu havzalarında dere yataklarında sedimantasyonla oluşan uygun arazilerde genel olarak endüstriyel tesisler, yerleşim ve tarımsal amaçlı kullanım kontrol altına alınmalıdır.
- Akarsu havzalarında gerçekleştirilen tarımsal faaliyetlerde çevreyle barışık gübre, tarımsal ilaç ve erozyonu önlemeye yönelik tarımsal kullanım planlamaları yapılmalıdır.
- Endüstriyel kökenli üretim yapan tesislerin atıksuları deşarj standartlarına kadar arıtılması için atıksu ve evsel atıksu arıtım tesisleri bir an önce riskli bölgelerde projelendirilmelidir.
- Akarsuların karasal girdileri bu çalışmada sadece organik açıdan Fırtına deresi için yapılmış olduğundan gerek organik ve gerekse inorganik açıdan değerlendirilmesi bütün havzaya yayılmalıdır.
- Karadeniz'i etkileyen kirleticilerin en önemlisi karasal kökenli kaynaklar olması münasebetiyle Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktiflerinde denizel ortamlar ve

akarsular için belirtilen ‘İyi Çevresel Durum’un sağlanmasına yönelik önlem ve koruma stratejilerine öncelik verilmelidir.



## KAYNAKLAR

- Abowei, J.F.N., 2010.** Salinity, dissolved oxygen, ph and surface water temperature conditions in Nkoro River, Niger Delta, Nigeria. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 2(1), 36-40.
- Adriano, D.C., 2001.** Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals. 2nd Edition, Springer, New York, 867.
- Aguiniga, S., Sanchez, A. and Silverberg, N., 2010.** Temporal variations of C, N,  $\delta^{13}C$ , and  $\delta^{15}N$  in organic matter collected by a sediment trap at Cuenca Alfonso, Bahía de la Paz, SW Gulf of California. *Continental Shelf Research* 30, 1692-1700. doi: 10.1016/j.csr.2010.07.005.
- Agtas, S., Gey, H. and Gul, S., 2007.** Concentration of heavy metals in water and chub, *Leuciscus Cephalus* (Linn.) from the River Yildiz, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 28(4), 845-849.
- Akbulut, A. and Akbulut, N.E., 2010.** The study of heavy metal pollution and accumulation in water, sediment, and fish tissue in Kizilirmak River Basin in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 167(1-4), 521-526.  
<https://doi.org/10.1007/s10661-009-1069-4>
- Akbulut, N.E. and Tuncer, A.M., 2011.** Accumulation of heavy metals with water quality parameters in Kızılırmak River Basin (Delice River) in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 173(1-4), 387-395.  
<https://doi.org/10.1007/s10661-010-1394-7>
- Akcay, H., Oguz, A. and Karapire, C., 2003.** Study of heavy metal pollution and speciation in Buyak Menderes and Gediz river sediments. *Water Research*, 37(4), 813-822. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(02\)00392-5](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00392-5)
- Al-Lami, A. and Al Jaber, H.H., 2002.** Heavy metals in water, suspended particles and sediment of the upper-mid region of Tigris River, Iraq. *Proceedings of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management, Tunus (EPCOWM)*, 7-10 January, 97-102.
- Alkan, N., Akin, G., Terzi, Y. and Seyhan, K., 2014.** Ecological quality assessment of Eastern Black Sea streams of Turkey: a case study of Firtina, İkizdere and Çağlayan. *Scientific Annals of the Danube Delta Institute*, 20, 35-38.  
<https://doi.org/10.7427/DDI.20.04>
- Amirbahman, A., Ruck, P.L., Fernandez, I.J., Haines, T.A. and Kahl, J.A., 2004.** The Effect of Fire on Mercury Cycling in the Soils of Forested Watersheds: Acadia National Park, Maine, U.S.A. *Water Air Soil Pollution*, 152, 315-331.



- Anghel, A.M., Diacu, E., Ilie, M., Petrescu, A., Ghita, G., Marinescu, F. and Deak, G., 2016.** Statistical analysis of heavy metals concentration in water and sediments in the lower part of the Danube River-Romanian section. *Revista De Chimie*, 11, 2151–2155.
- Anonim, 1995.** Standard methods for the examination of water and wastewater, 19 th Ed. APHA, Washington.
- Arıman, S., Cüce, H., Özbayrak, E., Bakan, G. ve Büyükgüngör, H., 2007.** Orta Karadeniz kıyı şeridi nehirleri su ve sediman ortamlarında ağır metal kirliliği izlenmesi. 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 863s, 24-27 Ekim, İzmir.
- Aslantürk, A. ve Çetinkaya, O., 2017.** Pupa Çayı Havzası'nın (Isparta) Besin Elementleri Yükünün Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 13(131), 22-31.
- ATSDR, 2017.** Toxicological Profile For Zinc. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control Atlanta, USA. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp60-c6.pdf>
- Avila-Perez, P., Balcazar, M., Zarazua-Ortega, G., Barcelo-Quintal, I., Diaz-Delgado, C. and Mexico, M., 1999.** Heavy metal concentrations in water and bottom sediments of a Mexican reservoir. *The Science of the Total Environment*, 234, 185-196.
- Ayas, Z., Ekmekci, G., Yerli, S.V. and Ozmen, M., 2007.** Heavy metal accumulation in water, sediments and fishes of Nallihan Bird Paradise, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 28(3), 545-549.
- Bakaç, M. and Kumru, M.N., 2001.** Factor analysis in the geochemical studies along the Gediz river, Turkey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 249(3), 617-624.
- Balakrishna, K. and Probst, J.L., 2005.** Organic carbon transport and C/N ratio variations in a large tropical river: Godavari as a case study, India. *Biogeochemistry*, 73(3), 457-473. <https://doi.org/10.1007/s10533-004-0879-2>
- Banaru, D., Carlotti, F., Barani, A., Grégory, G., Neffati, N. and Harmelin-Vivien, M., 2014.** Seasonal variation of stable isotope ratios of size-fractionated zooplankton in the Bay of Marseille (NW Mediterranean Sea). *Journal of Plankton Research*, 36(1), 145-156. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbt083>
- Banaru, D., Harmelin-Vivien, M., Gomoiu, M.T. and Onciu, T.M., 2007.** Influence of the Danube River inputs on C and N stable isotope ratios of the Romanian coastal waters and sediment (Black Sea). *Marine Pollution Bulletin*, 54(9), 1385-1394. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.05.022>

- Basu, S., Agrawal, S., Sanyal, P., Mahato, P., Kumar, S. and Sarkar, A., 2015.** Carbon isotopic ratios of modern C3-C4 plants from the Gangetic Plain, India and its implications to paleovegetational reconstruction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 440, 22-32.  
<https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2015.08.012>
- Başıyigit, B. and Tekin-Özan, S., 2013.** Concentrations of some heavy metals in water, sediment, and tissues of Pikeperch (*Sander lucioperca*) from Karataş Lake related to physico-chemical parameters, fish size, and seasons. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 22(3), 633-644.
- Baumgart, A., Jennerjahn, T., Mohtadi, M. and Hebbeln, D., 2010.** Distribution and burial of organic carbon in sediments from the Indian Ocean upwelling region off Java and Sumatra, Indonesia. *Deep-Sea Research I*, 57, 458-467.  
[doi:10.1016/j.dsr.2009.12.002](https://doi.org/10.1016/j.dsr.2009.12.002).
- Bianchi, T.S. and Canuel, E.A., 2011.** *Chemical Biomarkers in Aquatic Ecosystems*. Princeton University Press, ISBN9780691134147, United Kingdom, 392p.
- Bilgin, A., 2015.** An assessment of water quality in the Coruh Basin (Turkey) using multivariate statistical techniques. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(11), 721. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4904-9>
- Blum, W.E.H., Horak, O., Mentler, A. and Puschenreiter, M., 2001.** Trace Elements. In *Environmental and Ecological Chemistry* (Ed. Sabljic, A.), EOLSS publishers, ISBN: 978-1-84826-692-6, p156.
- Boran, M. ve Sivri, N., 2001.** Trabzon (Türkiye) il sınırları içerisinde bulunan Solaklı ve Sürmene Derelerinde nütrient ve askıda katı madde yüklerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 18, 343-348.
- Bouraie, M.M.E, Barbary, A.A.E, Yehia, M.M. and Motawea, E.A., 2010.** Heavy metal concentrations in surface river water and bed sediments at Nile Delta in Egypt. *Suoseura-Finnish Peatland Society*, 61(1), 1-12.
- Bourg, B.L., Letourneur, Y., Banaru, D., Blanchot, J., Chevalier, C., Mou-tham, G., Lebreton, B. and Pagano, M., 2017.** The same but different: stable isotopes reveal two distinguishable, yet similar, neighbouring food chains in a coral reef. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, (August), 1-9. <https://doi.org/10.1017/S0025315417001370>
- Bradl, H., 2005.** *Heavy metals in the environment*. Elsevier, Academic Press, ISBN: 9780120883813, London, 282p.
- Cambrolle, J., Mancilla-Leyton, J.M., Munoz-Valles, S., Luque, T. and Figueroa, M.E., 2012.** Zinc tolerance and accumulation in the salt-marsh shrub *halimione portulacoides*. *Chemosphere*, 86, 867-874.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.10.039>

- Carabel, S., Godinez-dominguez, E., Verisimo, P., Fernandez, L. and Freire, J., 2006.** An assessment of sample processing methods for stable isotope analyses of marine food webs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 336(2), 254-261. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2006.06.001>
- Carpenter, S.R., Caraco, N.F., Correll, D.L., Howarth, R., Sharpley, A.N. and Smith, V.H., 1998.** Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, 8(3), 559-568.
- CCME, 1995.** Protocol for the derivation of Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life. Canadian Council of Ministers of the Environment EPC-98E. Prepared by Environment Canada, Guidelines Division, Technical Secretariat of the CCME Task Group on Water Quality Guidelines, Ottawa.
- Cempel, M. and Nikel, G., 2006.** Nickel: A review of its sources and environmental toxicology. *Polish Journal of Environmental Studies*.  
<https://doi.org/10.1109/TUFFC.2008.827>
- Cook, M. and Morrow, H., 1995.** Anthropogenic Sources of Cadmium to the Canadian Environment, Workshop Proceedings, National Workshop on Cadmium Transport into Plants, Canadian Network of Toxicology Centres, June 20-21, Ottawa, Canada.
- Cowie, G.L., Mowbray, S., Lewis, M., Matheson, H. and McKenzie, R., 2009.** Carbon and nitrogen elemental and stable isotopic compositions of surficial sediments from the Indus margin of the Arabian Sea. *Deep-Sea Research II*, 56, 271-282. doi: 10.1016/j.dsr2.2008.05.031.
- Davutluoglu, O.I., Seckin, G., Ersu, C.B., Yilmaz, T. and Sari, B., 2011.** Heavy metal content and distribution in surface sediments of the Seyhan River, Turkey. *Journal of Environmental Management*, 92(9), 2250-2259.  
<https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2011.04.013>
- Demirak, A., Yilmaz, F., Tuna, A.L. and Özdemir, N., 2006.** Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey. *Chemosphere*, 63, 1451-1458. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.09.033>
- Deng, A., Ye, C. and Liu, W., 2018.** Spatial and seasonal patterns of nutrients and heavy metals in twenty-seven rivers draining into the South China Sea. *Water (Switzerland)*, 10(1), 50. <https://doi.org/10.3390/w10010050>
- Deniro, M.J. and Epstein, S., 1978.** Carbon isotopic evidence for different feeding patterns in 2 Hyrax species occupying the same habitat. *Science*, 201, 906-908
- Dias, J.M.A., Gonzalez, R., Garcia, C. and Diaz-del-Rio, V., 2002.** Sediment distribution patterns on the Galicia-Minho continental shelf. *Progress in Oceanography*, 52(2-4), 215-231. [https://doi.org/10.1016/S0079-6611\(02\)00007-1](https://doi.org/10.1016/S0079-6611(02)00007-1)

- Dirican, S. ve Barlas, M., 2005.** Dipsiz ve Çine (Muğla-Aydın) Çayı'nın fizikokimyasal özellikleri ve balıkları. *Ekoloji*, 14, 25-30.
- Dong, H.P., Wang, D.Z., Dai, M. and Hong, H.S., 2010.** Characterization of particulate organic matters in the water column of the South China Sea using a shotgun proteomic approach. *Limnology and Oceanography*, 55(4), 1565-1578.
- Doney, S.C., 2010.** The growing human footprint on coastal and open-ocean biogeochemistry. *Science*, 328(1512). <https://doi.org/10.1126/science.1185198>
- Dubois, S., Savoye, N., Gremare, A., Plus, M., Charlier, K., Beltoise, A. and Blanchet, H., 2012.** Origin and composition of sediment organic matter in a coastal semi-enclosed ecosystem: An elemental and isotopic study at the ecosystem space scale. *Journal of Marine Systems*, 94(June), 64-73.
- Dundar, M.S. and Altundag, H., 2007.** Investigation of heavy metal contaminations in the lower Sakarya river water and sediments. *Environmental Monitoring and Assessment*, 128(1-3), 177-181. <https://doi.org/10.1007/s10661-006-9303-9>
- Duursma, E.K. and Dawson, R., 1981.** Marine organic chemistry. Elsevier, ISBN: 0444416234, 520p.
- Egemen, Ö., 2011.** Su Kalitesi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Yayın No:14, 150 s., Bornova-İzmir.
- EPA, 2015.** The Facts about Nutrient Pollution. USEPA.
- Fadiran, A.O., Dlamini, S.C. and Mavuso, A., 2008.** A comparative study of the phosphate levels in some surface and ground water bodies of Swaziland. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 22(2), 197-206.
- Fevzioğlu, S., Verep, B., Gedik, K. ve Terzi, E., 2009.** Salarha (Taşlıdere) Deresi'nin fiziko-kimyasal ve bakteriyolojik açıdan su kalitesinin belirlenmesi. 15. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, Rize, 1-4 Temmuz.
- Finlay, J.C. and Kendall, C., 2007.** Stable isotope tracing of temporal and spatial variability in organic matter sources to freshwater ecosystems. In: Michener R, Lajtha K (eds) *Stable isotopes in ecology and environmental science*, 2nd edn. Blackwell Publications, USA, pp283-333.
- Fry, B., 2006.** *Stable Isotope Ecology*. Springer, New York, 308s.
- Fry, B. and Sherr E.B., 1984.**  $\delta^{13}\text{C}$  measurements as indicators of carbon flow in marine and freshwater ecosystems. *Contributions to Marine Science* 27, 13-47.
- Gedik, K., Verep, B., Terzi, E. ve Fevzioğlu, S., 2010.** Fırtına Deresi (Rize)'nin fiziko-kimyasal açıdan su kalitesinin belirlenmesi. *Ekoloji*, (76), 25-35. <https://doi.org/10.5053/ekoloji.2010.764>

- Gimenes, M.D.F., Takeda, A.M. and Benedito, E., 2012.** The role of sediment on the energy availability for fishes in the upper Parana river floodplain. *Acta Scientiarum*, 34(4). <https://doi.org/10.4025/actasciobiolsci.v34i4.9335>
- Gultekin, F., Ersoy, A.F., Hatipoglu, E. ve Celep, S., 2012.** Trabzon ili akarsularının yağışlı dönem su kalitesi parametrelerinin belirlenmesi. *Ekoloji*, 21(82), 77-88. <https://doi.org/10.5053/ekoloji.2011.8211>
- Gurzau, E.S., Neagu, C. and Gurzau, A.E., 2003.** Essential metals-case study on iron. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 56, 190-200. [https://doi.org/10.1016/S0147-6513\(03\)00062-9](https://doi.org/10.1016/S0147-6513(03)00062-9)
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1994.** Su Kirliliği. Sağlık Bakanlığı, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, ISBN 975-7572-60-8, 92s, Ankara
- Harmelin-Vivien, M., Dierking, J., Banaru, D., Fontaine, M.F. and Arlhac, D., 2010.** Seasonal variation in stable C and N isotope ratios of the Rhone River inputs to the Mediterranean Sea (2004-2005). *Biogeochemistry*, 100(September), 139-150. <https://doi.org/10.1007/s10533-010-9411-z>
- Harmelin-Vivien, M., Loizeau, V., Mellon, C., Beker, B., Arlhac, D., Bodiguel, X., Ferraton, F., Hermand, R., Philippon, X. and Salen-Picard, C., 2008.** Comparison of C and N stable isotope ratios between surface particulate organic matter and microphytoplankton in the Gulf of Lions (NY Mediterranean). *Continental Shelf Research*, 28(August), 1911-1919. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2008.03.002>
- Helali, M.A., Zaaboub, N., Oueslati, W., Added, A. and Aleya, L., 2016.** Suspended particulate matter fluxes along with their associated metals, organic matter and carbonates in a coastal Mediterranean area affected by mining activities. *Marine Pollution Bulletin*, 104(1-2), 171-181. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2016.01.041>
- Herczeg, A., Smith, A. and Dighton, J., 2001.** A 120 year record of changes in nitrogen and carbon cycling in Lake Alexandrina, South Australia: C:N,  $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  in sediments. *Applied Geochemistry*, 16(1), 73-84. [https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(00\)00016-0](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(00)00016-0)
- HHS., 2004.** Toxicological profile for Copper. U.S. Department of Health and Human Services, [https://doi.org/doi:10.1201/9781420061888\\_ch106](https://doi.org/doi:10.1201/9781420061888_ch106)
- Hirshfield, F. and Sui, J., 2011.** Sediment transport under Ice Conditions. In *Sediment transport* (Ed. Ginsberg, S.S.), InTech, Croatia, pp261.
- Hoshiba, Y. and Yamanaka, Y., 2016.** Simulation of the effects of bottom topography on net primary production induced by riverine input. *Continental Shelf Research*, 117, 20-29. <https://doi.org/10.1016/J.CSR.2016.01.020>

- Hu, J., Peng, P., Jia, G., Mai, B. and Zhang, G., 2006.** Distribution and sources of organic carbon, nitrogen and their isotopes in sediments of the subtropical Pearl River estuary and adjacent shelf, Southern China. *Marine Chemistry* 98, 274-285. doi: 10.1016/j.marchem.2005.03.008.
- IAEA, 2005.** Fluvial sediment transport: Analytical techniques for measuring sediment load. IAEA-TECDOC-1461, ISBN:92-0-107605-3, 68.
- Ibanez, J.G., Hernandez-Esparza, M., Doria-Serrano, C., Fregoso-Infante, A. and Singh, M.M., 2008.** *Environmental Chemistry*. Springer, New York. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-49493-7\\_2](https://doi.org/10.1007/978-0-387-49493-7_2)
- Ikem, A., Egiebor, N.O. and Nyavor, K., 2003.** Trace elements in water, fish and sediment from Tuskegee Lake, Southeastern USA. *Water, Air, and Soil Pollution*, 149(1-4), 51-75. <https://doi.org/10.1023/A:1025694315763>
- Kalyoncu, H., Özan, C. ve Tekin Özan, S., 2016.** Isparta Deresi'nin Su ve Sedimentlerindeki Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 268-280.
- Kaptan, H. ve Özan, S.T., 2014.** Eğirdir Gölü'nün (Isparta) suyunda, sedimentinde ve gölde yaşayan Sazan'ın (*Cyprinus carpio L., 1758*) Bazı Doku ve Organlarındaki Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. *SDU Journal of Science*, 9(2), 44-60.
- Karadede-Akin, H. and Ünlü, E., 2007.** Heavy metal concentrations in water, sediment, fish and some benthic organisms from Tigris River, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 131(1-3), 323-337. <https://doi.org/10.1007/s10661-006-9478-0>
- Karadede, H. and Ünlü, E., 1999.** Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Chemosphere*, 41(2000), 1371-1376.
- Katip, A., Karaer, F., İleri, S., Sarmasik, S., Aydoğan, N. and Zenginay, S., 2012.** Analysis and assessment of trace elements pollution in sediments of Lake Uluabat, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 33(5), 961-968.
- Katip, A., Karaer, F., İleri, S. ve Sarmaşık, S., 2013.** Uluabat Gölü'nde iz metallerin askıda katı madde ile su arasındaki dağılımının araştırılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(4), 865-874.
- Ke, Z., Tan, Y., Huang, L., Zhao, C. and Jiang, X., 2017.** Spatial distributions of  $\delta^{13}C$ ,  $\delta^{15}N$  and C/N ratios in suspended particulate organic matter of a bay under serious anthropogenic influences: Daya Bay, China. *Marine Pollution Bulletin*, 114(1), 183-191. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.078>
- Kendall, C., Silva, S.R. and Kelly, V.J., 2001.** Carbon and nitrogen isotopic compositions of particulate organic matter in four large river systems across the United States. *Hydrological Processes*, 15(7), 1301-1346.

- Kır, I. ve Tumantozlu, H., 2012.** Karacaören-II Baraj Gölü'ndeki su, sediment ve sazan (*Cyprinus carpio*) örneklerinde bazı ağır metal birikiminin incelenmesi. *Ekoloji*, 21(82), 65-70. <https://doi.org/10.5053/ekoloji.2011.829>
- Kır, İ., Tekin Özkan, S. ve Tuncay, Y., 2007.** Kovada Gölü'nün su ve sedimentindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişimi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 24(1-2), 155-158.
- Kucukali, S., 2008.** Discussion of air entrainment and oxygen transfer in high-head gated conduits. *P I Civil Engineering-Water Management*, 161(3), 183-184.
- Kucuksezgin, F., Uluturhan, E. and Batki, H., 2008.** Distribution of heavy metals in water, particulate matter and sediments of Gediz River (Eastern Aegean). *Environmental Monitoring and Assessment*, 141(1-3), 213-225.
- Kuramoto, T. and Minagawa, M., 2001.** Stable carbon and nitrogen isotopic characterization of organic matter in a mangrove ecosystem on the Southwestern coast of Thailand. *Journal of Oceanography*, 57(4), 421-431. <https://doi.org/10.1023/A:1021232132755>
- Kurnaz, A., Mutlu, E. and Aydin Uncumusaoglu, A., 2016.** Determination of water quality parameters and heavy metal content in surface water of Çiğdem Pond (Kastamonu/Turkey). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(10), 907-913. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v4i10.907-913.942>
- Letourneur, Y., Briand, M.J. and Graham, N.A.J., 2017.** Coral reef degradation alters the isotopic niche of reef fishes. *Marine Biology*, 164(12), 224. <https://doi.org/10.1007/s00227-017-3272-0>
- Libes, S.M., 2009.** Introduction to marine biogeochemistry. Elsevier AP, 2ed., ISBN: 0120885301.
- Liu, K.K., Kao, S.J., Wen, L.S. and Chen, K.L., 2007.** Carbon and nitrogen isotopic compositions of particulate organic matter and biogeochemical processes in the eutrophic Danshuei Estuary in northern Taiwan. *Science of the Total Environment*, 382(1), 103-120. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.04.019>
- Liu, M., Hou, L.J., Xu, S.Y., Ou, D.N., Yang, Y., Yu, J. and Wang, Q., 2006.** Organic carbon and nitrogen stable isotopes in the intertidal sediments from the Yangtze Estuary, China. *Marine Pollution Bulletin*, 52(12), 1625-1633. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.06.008>
- Maksymowska, D., Richard, P., Piekarek-Jankowska, H. and Riera, P., 2000.** Chemical and isotopic composition of the organic matter sources in the Gulf of Gdansk (Southern Baltic Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 51, 585-598.
- Mandal, H.K., 2014.** Effect of temperature on electrical conductivity in industrial effluents. *Recent Research in Science and Technology*, 6(1), 171-175. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(98\)00198-7](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(98)00198-7)

- Marci, L.C., Valieala, I., Kroeger, K. D., Tomasky, G.L., Cebrian, J., Wigand, C., McKinney, R.A., Grady, S.P. and Da Silva, M.H.C., 2004.** Assessment of a  $^{15}\text{N}$  Isotopic Method to Indicate Anthropogenic Eutrophication in Aquatic Ecosystems. *Journal of Environmental Quality*, 33(1), 124-132.  
<https://doi.org/doi:10.2134/jeq2004.1240>
- Martinelli, L.A., Ballester, M.V., Krusche, A.V., Victoria, R.L., De Camargo, P.B., Bernardes, M. and Ometto, J.P.H.B., 1999.** Landcover changes and  $\delta^{13}\text{C}$  composition of riverine particulate organic matter in the Piracicaba River Basin (southeast region of Brazil). *Limnology and Oceanography*, 44(7), 1826-1833.  
<https://doi.org/10.4319/lo.1999.44.7.1826>
- Matsunaga, K., Nishioka, J., Kuma, K., Toya, K. and Suzuki, Y., 1998.** Riverine input of bioavailable iron supporting phytoplankton growth in Kesenuma Bay (Japan). *Water Research*, 32(11), 3436-3442.  
[https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(98\)00113-4](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00113-4)
- Meili, M., 1992.** Sources, concentrations and characteristics of organic matter in softwater lakes and streams of the Swedish forest region. *Hydrobiologia*, 229, 23-41.
- Mohiuddin, K.M., Zakir, H.M., Otomo, K., Sharmin, S. and Shikazono, N., 2010.** Geochemical distribution of trace metal pollutants in water and sediments of downstream of an urban river. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 7(1), 17-28. <https://doi.org/10.1007/BF03326113>
- Mooney, H.A. and Canadell, J.G., 2002.** The Earth system: biological and ecological dimensions of global environmental change. (Ehleringer and Cerling, Ed.). John Wiley and Sons, 688s, ISBN 0-471-97796-9.
- Morni, W.Z.W., Ab Rahim, S.A.K., Masron, T., Rumpet, R., Musel, J. and Hassan, R., 2017.** Continental shelf sediments of Sarawak, Malaysian Borneo. *The Scientific World Journal*, 4853048. <https://doi.org/10.1155/2017/4853048>
- Moss, B., 2008.** Water pollution by agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363, 659-666. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2176>
- Nadaska, G., Lesny, J. and Michalik, I., 2012.** Environmental aspect of manganese chemistry. *Hungarian Electronic Journal of Sciences*, 100702-A.
- Narin, İ., Soylak, M., Elçi, L. ve Doğan, M., 2009.** Analize Yaklaşım ve Karasu, Sarmısaklı Çayı Kızılırmak Nehrindeki Pb, Cu, Ni, Co ve Cd Kirliliğinin Araştırılması. 1.Tıbbi Jeoloji Çalışmayı, NEVŞEHİR, (pp21-30).
- Nguyen, H. L., Leermakers, M., Osan, J., Torok, S. and Baeyens, W., 2005.** Heavy metals in Lake Balaton: Water column, suspended matter, sediment and biota. *Science of the Total Environment*, 340(1-3), 213-230.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.07.032>



- Nollet, L.M.L., 2007.** Handbook of Water Analysis. CRC Press, 2. Edition, ISBN: 978-0-8493-7033-5. <https://doi.org/10.1038/006104a0>
- Okur, B., Yener, H., Okur, N. ve İrget, E., 2001.** Büyük Menderes Nehrindeki Bazı Kirlenici Parametrelerin Aylık ve Mevsimsel Olarak Değişimi. Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7(2), 243-250.
- Osadchiv, A. and Korshenko, E., 2017.** Small river plumes off the northeastern coast of the Black Sea under average climatic and flooding discharge conditions. Ocean Science, 13, 465-482. <https://doi.org/10.5194/os-13-465-2017>
- Ozbay, O., Goksu, M.Z.L., Alp, M.T. and Sungur, M.A., 2013.** Investigation of heavy metal levels in sediment of the Berdan River (Tarsus-Mersin). Ekoloji, 22(86), 68-74. <https://doi.org/10.5053/ekoloji.2013.868>
- Ozseker, K. and Eruz, C., 2016.** Ecological pathways of heavy metal pollution in Solakli River Basin (River Bed, Uzungol Lake and Estuary) sediment of Southeastern Black Sea Region, Turkey. Indian Journal of Geo-Marine Sciences, 45(1), 62-69.
- Öner, O. ve Çelik, A., 2011.** Gediz Nehri Aşağı Gediz Havzası'ndan Alınan Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi. Ekoloji, 20, 48-52. <https://doi.org/10.5053/ekoloji.2011.788>
- Özmen, H., Külahcı, F., Çukurovalı, A. and Doğru, M., 2004.** Concentrations of heavy metal and radioactivity in surface water and sediment of Hazar Lake (Elazığ, Turkey). Chemosphere, 55(3), 401-408. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2003.11.003>
- Öztürk, M., Özözen, G., Minareci, O. and Minareci, E., 2009.** Determination of heavy metals in fish, water and sediment of Avsar Dam Lake in Turkey. Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering, 6(2), 73-80.
- Panfili, I., Bartucca, M.L., Ballerini, E. and Del Buono, D., 2017.** Combination of aquatic species and safeners improves the remediation of copper polluted water. Science of the Total Environment, 601-602, 1263-1270. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.003>
- Pekmezci, S. ve Buttanrı, B., 2011.** Baraj göllerinde sediment birikimi ve sediment yıkama (flushing) methodu. II. Su Yapıları Sempozyumu, Diyarbakır, 16-18 Eylül, 241-250.
- Perin, G., Bonardi, M., Fabris, R., Simoncini, B., Manente, S., Tosi, L. and Scotto, S., 1997.** Heavy metal pollution in central Venice Lagoon bottom sediments: Evaluation of the metal bioavailability by geochemical speciation procedure. Environmental Technology, 18,593-604. doi:10.1080/09593331808616577

- Price, A.M., Coffin, M.R.S., Pospelova, V., Latimer, J.S. and Chmura, G.L., 2017.** Effect of nutrient pollution on dinoflagellate cyst assemblages across estuaries of the NW Atlantic. *Marine Pollution Bulletin*, 121(1-2), 339-351.  
<https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2017.06.024>
- Quevauviller, P., 2006.** *Water Quality Measurements Series: Biological Monitoring of Rivers*. John Wiley and Sons, Ziglio, G., Siligardi, M. and Flaim, G. (Edi.), ISBN: 978-0-470-86376-3
- Ramos, L., Fernández, M.A., González, M.J. and Hernández, L.M., 1999.** Heavy metal pollution in water, sediments, and earthworms from the Ebro River, Spain. *Bulletion Environmental Contamination Toxicology*, 63, 305-311.
- Remy, S., Prudent, P., Hissler, C., Probst, J.L. and Krempp, G., 2003.** Total mercury concentration in an industrialized catchment, the Thur river basin (North-eastern France) geochemical background level and contamination factor. *Chemosphere*, 52, 635-644.
- Rumolo, P., Barra, M., Gherardi, S., Marsella, E. and Sprovieri, M., 2011.** Stable isotopes and C/N ratios in marine sediments as a tool for discriminating anthropogenic impact. *Journal of Environmental Monitoring*, 13(12), 3399-3408.  
<https://doi.org/10.1039/c1em10568j>
- Rybicka, E.H., Adamiec, E. and Aleksander-Kwaterczak, U., 2005.** Distribution of trace metals in the Odra River system: Water-suspended matter-sediments. *Limnologia*, 35(3), 185-198. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2005.04.002>
- Sarkar, B., 2002.** *Heavy Metals in the Environment*. Marcel Dekker, New York. 725p.
- Sampaio, L., Freitas, R., Maguas, C., Rodrigues, A. and Quintino, V., 2010.** Coastal sediments under the influence of multiple organic enrichment sources: An evaluation using carbon and nitrogen stable isotopes. *Marine Pollution Bulletin*, 60(2), 272-282. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.09.008>
- Sánchez, A. and Carriquiry, J., 2007.** Accumulation of Corg, Norg, Porg and BSi off the Magdalena margin, BCS (Mexico), during the past 26 kyr. *Ciencias Marinas* 33, 23-35.
- Sanchez, A., Lopez-Ortiz, B.E., Aguiniga-Garcia, S. and Balart, E., 2013.** Distribution and composition of organic matter in sediments of the oxygen minimum zone of the Northeastern Mexican Pacific: paleoceanographic implications. *Journal of Iberian Geology*, 39(1), 111-120.  
[https://doi.org/10.5209/rev\\_JIGE.2013.v39.n1.41753](https://doi.org/10.5209/rev_JIGE.2013.v39.n1.41753)
- Sarmani, S. B., 1989.** The determination of heavy metals in water, suspended materials and sediments from Langat River, Malaysia. *Hydrobiologia*, 176-177(1), 233-238.  
<https://doi.org/10.1007/BF00026558>

- Shahzad, M.I., Meraj, M., Nazeer, M., Zia, I., Inam, A., Mehmood, K. and Zafar, H., 2018.** Empirical estimation of suspended solids concentration in the Indus Delta Region using Landsat-7 ETM+ imagery. *Journal of Environmental Management*, 209, 254-261. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2017.12.070>
- Sherwood, O.A., Lapointe, B.E., Risk, M.J. and Jamieson, R.E., 2010.** Nitrogen isotopic records of terrestrial pollution encoded in Floridian and Bahamian gorgonian corals. *Environmental Science and Technology*, 44(3), 874-880. <https://doi.org/10.1021/es9018404>
- Sommerfield, C.K., Ogston, A.S., Mullenbach, B.L., Drake, D.E., Alexander, C.R., Nittrouer, C.A., Borgeld, J.F., Wheatcroft, R.A. and Leithold, E.L., 2007.** *Continental Margin Sedimentation*. UK: Blackwell, Nittrouer, C.A., Austin, J.A., Field, M.E., Kravitz, J.H., Syvitski, J.P.M. and Wiberg P.L. (Eds.), 157-212.
- Song, Y., Ji, J., Mao, C., Yang, Z., Yuan, X., Ayoko, G.A. and Frost, R.L., 2010.** Heavy metal contamination in suspended solids of Changjiang River-environmental implications. *Geoderma*, 159(3-4), 286-295. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.07.020>
- Sönmez, A.Y., Hisar, O. ve Yanık, T., 2012.** Karasu ırmağında ağır metal kirliliğinin tespiti ve su kalitesine göre sınıflandırılması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(1), 69-77.
- Spano, S., Belem, A. L., Doria, R. N., Zucchi, R., Roberto, J., Souza, B. De, Costa, A.B., Lentini, C.A.D. and Azevedo, A.E.G.D., 2014.** Application of organic carbon and nitrogen stable isotope and C/N ratios as source indicators of organic matter of Nova Viçosa-Caravelas estuarine complex, southern Bahia, Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, 44, 13-21. <https://doi.org/10.5327/Z2317-4889201400010003>
- Şeker, S. and Kutlu, B., 2014.** Determination of copper (Cu) levels for Rivers in Tunceli, Turkey. *World Environment*, 4(4), 168-171. <https://doi.org/10.5923/j.env.20140404.02>
- Şener, Ş., Davraz, A. and Karagüzel, R., 2014.** Assessment of trace metal contents in water and bottom sediments from Eğirdir Lake, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 71(6), 2807-2819. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2659-6>
- Takada, H., Ogura, N. and Ishlwatarl, R., 1992.** Seasonal variations and modes of riverine input of organic pollutants to the coastal zone: 1. flux of detergent-derived pollutants to Tokyo Bay. *Environmental Science and Technology*, 26, 2517-2523.
- Taş, B., 2011.** Gaga Gölü (Ordu, Türkiye) su kalitesinin incelenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 1(3), 43-61.

- Thomas, C.A. and Bendell-Young L.I., 1999.** The Significance of diagenesis versus riverine input in contributing to the sediment geochemical matrix of iron and manganese in an intertidal region. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 48, 635-647.
- Topal, M. ve Arslan Topal, E.I., 2015.** 2014-2015 kış sezonunda Caro Deresi (Elazığ)'nin bazı fizikokimyasal parametreler açısından su kalitesinin belirlenmesi. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 4(1), 43–53.
- Tunca, E., Atasagun, S. ve Saygi, Y., 2012.** Yeniçağa Gölü'nde (Bolu-TÜRKİYE) Su, Sediment ve Kerevitteki (*Astacus leptodactylus*) Bazı Ağır Metallerin Birikimi Üzerine Bir Ön Çalışma. *Ekoloji*, 21(83), 68-76.  
<https://doi.org/DOI 10.5053/ekoloji.2012.838>
- Tundisi, J.G. and Tundisi, T.M., 2011.** *Limnology*. CRC Press, ISBN: 9781138072046, 888p.
- Unesco, 2011.** Sediment Issues and Sediment Management in Large River Basins Interim Case Study Synthesis Report International Sediment Initiative Technical Documents in Hydrology UNESCO Office in Beijing & IRTCES 2011.
- Ustaoglu, F., Tepe, Y., Aydin, H. and Akbaş, A., 2017.** Investigation of water quality and pollution level of Lower Melet. *Alınları Zirai Bilimler Dergisi*, 32(1), 69-79.
- Üçüncü Tunca, E., 2016.** Beyşehir Gölü'nde su ve sedimentte ağır metal birikimi ve sedimentte antropojenik kontaminasyon değerlendirmesi. *Ordu Üniv. Bil. Tek. Dergisi*, 6(2), 205-219.
- Varol, M., 2011.** Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques. *Journal of Hazardous Materials*, 195, 355-364.  
<https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2011.08.051>
- Varol, M. and Şen, B., 2012.** Assessment of nutrient and heavy metal contamination in surface water and sediments of the upper Tigris River, Turkey. *Catena*, 92, 1-10.  
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.11.011>
- Verep, B. ve Ödün, N.A., 2016.** Çay tarımında kullanılan suni ve doğal gübrelerin Fırtına Vadisi (Çamlıhemşin-Rize) Behice Deresinin fiziko-kimyasal su kalitesine etkisi. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, 53100(1), 1-13.
- Verep, B., Serdar, O., Turan, D. ve Şahin, C., 2005.** İyidere (Trabzon)'nin fiziko-kimyasal açıdan su kalitesinin belirlenmesi, *Ekoloji*, 14(57), 26–35.
- Verma, R. and Dwivedi, P., 2013.** Heavy metal water pollution-A case study. *Recent Research in Science and Technology*, 5(5), 98-99.

- Vokal, B., Szaran, J., Trembaczowski, A., Halas, S., Dolenc, T. and Lojen, S., 2006.** Sulphate sources in the Sava and Ljubljanica Rivers, Slovenia, inferred from sulphur and oxygen isotope compositions. *Aquatic Geochemistry*, 13(3), 199-220. <https://doi.org/10.1007/s10498-005-5792-3>
- Vuorio, K., Meili, M. and Sarvala, J., 2006.** Taxon-specific variation in the stable isotopic signatures ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ ) of lake phytoplankton. *Freshwater Biology*, 51:807-822
- Walinsky, S.E., Prah, F.G., Mix, A.C., Finney, B.P., Jaeger, J.M. and Rosen, G.P., 2009.** Distribution and composition of organic matter in surface sediments of coastal Southeast Alaska. *Continental Shelf Research* 29, 1565-1579. doi: 10.1016/j.csr.2009.04.006.
- Wetzel, R., 2001.** *Limnology*. Academic Press, ISBN: 9780127447605, 1006p.
- Whitney, E.J., Beaudreau, A.H. and Howe, E.R., 2018.** Using Stable Isotopes to Assess the Contribution of Terrestrial and Riverine Organic Matter to Diets of Nearshore Marine Consumers in a Glacially Influenced Estuary. *Estuaries and Coasts*, 41, 193-205. <https://doi.org/10.1007/s12237-017-0260-z>
- WHO, 2017.** *Guidelines for Drinking-Water Quality*. World Health Organization, Health criteria and other supporting information, Geneva.
- Xiao, H.Y. and Liu, C.Q., 2010.** Identifying organic matter provenance in sediments using isotopic ratios in an urban river. *Geochemical Journal*, 44(3), 181-187.
- Yiğiterhan, O. and Murray, J.W., 2008.** Trace metal composition of particulate matter of the Danube River and Turkish rivers draining into the Black Sea. *Marine Chemistry*, 111(1-2), 63-76. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2007.06.019>
- YSKY, 2016.** Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği.10.09.2016 Tarih ve 29797 Sayılı Resmi Gazete.
- Zhang, Z., Tao, F., Du, J., Shi, P., Yu, D., Meng, Y. and Sun, Y., 2010.** Surface water quality and its control in a river with intensive human impact: a case study of the Xiangjiang River, China. *Journal of Environmental Management*, 91, 2483-2490. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.07.002>

## EKLER

**Ek 1. İstasyonlara ait fizikokimyasal değerlerin su kalite standartlarıyla karşılaştırılması**

İstasyon	Standart	Sıcaklık (°C)	pH	Eİ (µS/cm)	ÇO (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	SO <sub>4</sub> (mg/L)	o-PO <sub>4</sub> -P (mg/L)
<b>MOM</b>	YSKY(2016)	I	I	I	I		I	I	II
	TS266 (2013)	Uygun	Uygun	Uygun				Uygun	
	EPA (2012)		Uygun			Uygun	Uygun	Uygun	
	WHO (2017)		Uygun	Uygun				Uygun	
<b>AGM</b>	YSKY(2016)	I	I	I	I		I	I	II
	TS266 (2013)	Uygun	Uygun	Uygun				Uygun	
	EPA (2012)		Uygun			Uygun	Uygun	Uygun	
	WHO (2017)		Uygun	Uygun				Uygun	
<b>DTM</b>	YSKY(2016)	I	I	I	I		I	I	IV
	TS266 (2013)	Uygun	Uygun	Uygun				Uygun	
	EPA (2012)		Uygun			Uygun	Uygun	Uygun	
	WHO (2017)		Uygun	Uygun				Uygun	
<b>İRİ</b>	YSKY(2016)	I	I	I	I		I	I	IV
	TS266 (2013)	Uygun	Uygun	Uygun				Uygun	
	EPA (2012)		Uygun			Uygun	Uygun	Uygun	
	WHO (2017)		Uygun	Uygun				Uygun	
<b>SRM</b>	YSKY(2016)	I	I	I	I			I	II
	TS266 (2013)	Uygun	Uygun	Uygun				Uygun	
	EPA (2012)		Uygun			Uygun	Uygun	Uygun	
	WHO (2017)		Uygun	Uygun				Uygun	
<b>BRC</b>	YSKY(2016)	I	I	I	I		I	I	II
	TS266 (2013)	Uygun	Uygun	Uygun				Uygun	
	EPA (2012)		Uygun			Uygun	Uygun	Uygun	
	WHO (2017)		Uygun	Uygun				Uygun	
<b>FRA</b>	YSKY(2016)	I	I	I	I		I	I	II
	TS266 (2013)	Uygun	Uygun	Uygun				Uygun	
	EPA (2012)		Uygun			Uygun	Uygun	Uygun	
	WHO (2017)		Uygun	Uygun				Uygun	
<b>HAH</b>	YSKY(2016)	I	I	I	I		I	I	II
	TS266 (2013)	Uygun	Uygun	Uygun				Uygun	
	EPA (2012)		Uygun			Uygun	Uygun	Uygun	
	WHO (2017)		Uygun	Uygun				Uygun	

**Ek 2.** Sudaki ağır metal konsantrasyonunun standartlara göre uygunluk durumu.

<b>Metaller</b>	<b>YSKY (2015)</b>	<b>Ts266 (2013)</b>	<b>WHO (2017)</b>	<b>EPA (2012)</b>	<b>EC (2007)</b>
<b>Al</b>	I	Uygun			Uygun
<b>Cr</b>	I	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
<b>Mn</b>	I	Uygun	Uygun		Uygun
<b>Fe</b>	II	Uygun Değil			Uygun Değil
<b>Co</b>	I				
<b>Ni</b>	II		Uygun	Uygun	Uygun Değil
<b>Cu</b>	I	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
<b>Zn</b>	I		Uygun		
<b>As</b>	I	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
<b>Cd</b>	I	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
<b>Pb</b>	I	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun

**Ek 3. İstasyonların suyunda belirlenen ağır metal konsantrasyonları (ppb).**

Metal	Mevsim	İstasyon							
		MOM	AGM	DTM	İRİ	SRM	BRÇ	FRA	HAH
Al	Kış	162,38	342,75	160,13	93,05	107,97	407,82	5,35	276,34
	İlkbahar	85,51	53,56	58,39	61,91	164,26	264,33	233,91	123,25
	Yaz	170,19	70,07	95,90	161,27	117,37	120,19	81,62	79,43
	Sonbahar	318,68	238,49	372,51	93,89	142,75	67,33	71,96	308,13
Cr	Kış	LDA	1,09	0,39	0,50	1,21	0,41	1,72	LDA
	İlkbahar	0,12	0,45	0,28	0,11	0,52	0,63	14,37	49,18
	Yaz	7,11	12,90	16,75	26,57	23,34	21,97	0,46	0,01
	Sonbahar	3,38	2,02	2,34	21,26	18,55	22,73	0,82	0,94
Mn	Kış	51,84	42,98	30,79	22,58	22,66	49,14	24,85	49,96
	İlkbahar	13,70	28,14	16,38	13,56	16,83	20,59	59,76	235,59
	Yaz	206,46	26,87	17,36	67,20	115,99	68,99	30,29	64,27
	Sonbahar	38,61	49,98	32,00	20,09	29,00	21,50	13,03	36,43
Fe	Kış	524,78	1392,72	1877,23	489,72	448,57	1271,88	731,79	250,97
	İlkbahar	328,63	360,06	1005,14	406,34	466,13	433,07	419,80	1822,90
	Yaz	1019,39	811,06	357,39	503,73	774,02	485,10	572,40	385,97
	Sonbahar	930,90	644,94	720,01	346,91	981,67	938,40	686,92	653,52
Co	Kış	1,81	2,18	1,99	1,95	2,03	2,29	LDA	2,07
	İlkbahar	1,55	1,36	0,97	1,87	1,86	1,74	0,22	LDA
	Yaz	0,54	0,43	2,45	LDA	LDA	LDA	1,55	1,78
	Sonbahar	2,50	2,27	1,94	LDA	LDA	LDA	1,82	2,06
Ni	Kış	37,72	21,97	34,30	76,10	36,84	24,53	28,46	30,13
	İlkbahar	34,12	61,45	5,30	29,29	30,99	12,34	10,08	31,47
	Yaz	8,77	2,71	35,64	3,30	5,59	3,25	3,23	34,71
	Sonbahar	29,12	20,21	47,77	3,52	6,14	78,43	6,90	44,32
Cu	Kış	1,75	4,63	2,22	0,80	0,91	5,91	1,42	1,24
	İlkbahar	0,19	0,34	7,97	0,75	0,41	0,54	5,55	6,14
	Yaz	6,48	4,07	5,65	4,05	8,65	5,80	1,11	0,15
	Sonbahar	3,03	2,13	4,26	5,32	4,66	11,69	1,45	3,56
Zn	Kış	4,67	4,34	3,23	1,10	1,21	1,33	2,88	4,99
	İlkbahar	4,81	4,57	4,83	4,73	4,72	4,63	1,20	1,13
	Yaz	1,53	1,08	1,23	1,22	1,58	1,12	1,81	4,56
	Sonbahar	4,34	4,23	1,10	1,21	1,33	4,88	2,01	1,95
As	Kış	4,31	4,29	4,30	4,30	4,32	4,30	1,23	4,26
	İlkbahar	4,28	4,27	3,19	3,31	4,30	4,30	1,70	0,95
	Yaz	2,76	2,03	1,96	0,88	1,33	1,36	2,28	4,29
	Sonbahar	4,22	4,18	4,03	1,52	1,57	1,26	0,24	4,30
Cd	Kış	LDA	0,03	0,16	0,06	0,16	0,26	0,08	LDA
	İlkbahar	LDA	LDA	LDA	0,14	0,18	0,12	LDA	LDA
	Yaz	LDA	LDA	0,23	LDA	LDA	LDA	0,10	0,01
	Sonbahar	0,63	0,63	0,66	LDA	LDA	LDA	LDA	0,20
Pb	Kış	4,28	0,68	0,13	LDA	LDA	0,91	LDA	5,35
	İlkbahar	4,15	1,96	5,20	LDA	LDA	LDA	LDA	1,87
	Yaz	1,59	LDA	1,05	LDA	2,26	0,20	LDA	2,79
	Sonbahar	3,69	LDA	4,02	0,69	0,04	0,32	LDA	0,76



**Ek 4. İstasyonların AKM'sinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları (ppm)**

Metal	Mevsim	İstasyon							
		MOM	AGM	DTM	İRİ	SRM	BRÇ	FRM	HAH
Al	Kış	1971,33	13093,15	14072,02	7409,72	11018,60	12391,72	16045,86	15870,15
	İlkbahar	7535,23	10613,78	10129,82	15193,67	12776,77	16394,76	12238,53	8026,24
	Yaz	11687,19	9844,65	8194,52	5557,98	11011,37	9693,94	10678,90	10006,03
	Sonbahar	11935,05	11477,52	10588,84	9656,93	8527,91	8764,76	11674,28	9447,76
Cr	Kış	4,36	10,61	11,66	4,44	10,06	17,94	17,87	17,96
	İlkbahar	10,63	12,08	8,02	17,23	13,64	10,37	17,63	8,20
	Yaz	13,70	10,21	12,16	13,04	19,82	14,44	11,07	14,59
	Sonbahar	12,02	13,03	14,18	14,47	14,67	13,36	10,73	10,52
Mn	Kış	68,58	154,33	348,82	61,94	35,84	84,96	314,98	159,11
	İlkbahar	78,78	104,59	323,14	219,95	181,06	388,41	131,25	70,47
	Yaz	169,49	45,13	159,44	84,22	97,81	69,83	19,56	64,84
	Sonbahar	118,75	57,01	102,70	81,41	250,68	163,75	179,95	306,11
Fe	Kış	2073,55	4966,78	8441,63	2258,70	1511,54	3684,76	11619,85	5750,00
	İlkbahar	2579,79	2336,15	10842,47	7549,70	6351,28	15012,45	5055,20	2178,45
	Yaz	2587,89	836,94	4593,32	2199,76	3366,29	2300,97	693,99	1404,70
	Sonbahar	4154,82	1798,50	3508,73	2598,86	4438,93	5977,64	5790,39	4566,52
Co	Kış	1,29	0,07	3,72	0,00	0,85	1,53	5,69	2,26
	İlkbahar	0,08	0,34	3,98	2,26	1,61	5,88	1,31	0,46
	Yaz	1,52	0,00	0,27	0,08	0,52	0,00	0,00	0,00
	Sonbahar	1,85	0,00	1,00	0,60	1,21	1,16	1,73	0,62
Ni	Kış	0,00	0,00	2,46	0,00	0,00	4,99	2,58	1,22
	İlkbahar	2,35	0,69	5,50	20,11	6,35	5,35	0,51	0,00
	Yaz	3,93	2,73	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Sonbahar	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	3,63	1,11	0,00
Cu	Kış	14,87	7,07	31,77	7,83	4,10	6,02	18,23	12,50
	İlkbahar	23,98	6,69	9,74	6,36	12,01	38,99	9,26	4,48
	Yaz	5,16	0,85	7,65	1,61	6,20	4,12	3,55	3,16
	Sonbahar	19,14	8,77	6,00	2,47	5,61	150,77	11,53	5,21
Zn	Kış	1088,77	9637,91	8476,85	7449,75	11669,51	7304,90	8335,60	13751,22
	İlkbahar	7214,55	10384,23	1558,64	9553,76	8447,79	4184,18	11352,58	8523,32
	Yaz	13010,15	12023,23	6559,79	6112,51	10988,13	11455,82	12551,60	11042,51
	Sonbahar	10287,40	12690,38	10298,27	10319,90	6602,44	7471,03	8112,85	7617,78
As	Kış	0,00	0,16	0,13	0,41	0,14	0,88	0,00	0,24
	İlkbahar	0,00	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Yaz	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Sonbahar	1,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,31
Cd	Kış	5,16	1,51	0,41	2,45	1,40	0,15	0,29	5,74
	İlkbahar	6,49	0,43	0,93	0,65	1,91	0,70	0,37	1,07
	Yaz	0,94	0,63	3,93	0,54	1,75	0,57	0,29	0,47
	Sonbahar	0,22	0,76	0,29	0,62	1,73	0,78	1,02	0,77
Pb	Kış	12,19	9,56	12,56	8,06	6,23	4,38	10,31	10,51
	İlkbahar	14,71	3,61	17,72	8,73	8,41	8,86	4,10	5,39
	Yaz	8,96	3,83	14,72	4,78	11,00	4,92	2,34	3,42
	Sonbahar	3,98	4,11	4,24	5,26	6,64	10,18	9,36	9,94

**Ek 5. İstasyonların sedimentinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları (ppm)**

Metal	Mevsim	İstasyon							
		HAH	FRM	BRÇ	SRM	İRM	DTM	AGM	MOM
Al	Kış	10318,93 <sup>a</sup>	11447,26 <sup>b</sup>	9357,783 <sup>a</sup>	10926,15 <sup>b</sup>	6595,246 <sup>ab</sup>	13947,32 <sup>a</sup>	8886,821 <sup>a</sup>	13923,07 <sup>b</sup>
	İlkbahar	13017,40 <sup>a</sup>	10377,74 <sup>b</sup>	7666,354 <sup>a</sup>	10044,39 <sup>ab</sup>	5703,22 <sup>ab</sup>	11957,96 <sup>a</sup>	9663,566 <sup>a</sup>	14334,32 <sup>b</sup>
	Yaz	10502,40 <sup>a</sup>	6140,65 <sup>a</sup>	7501,019 <sup>a</sup>	7197,485 <sup>ab</sup>	5335,709 <sup>a</sup>	7702,713 <sup>a</sup>	6573,715 <sup>a</sup>	9907,568 <sup>a</sup>
	Sonbahar	10356,87 <sup>a</sup>	6316,527 <sup>a</sup>	6010,246 <sup>a</sup>	5867,724 <sup>a</sup>	6832,207 <sup>b</sup>	8141,972 <sup>a</sup>	7130,532 <sup>a</sup>	9846,0825 <sup>a</sup>
Cr	Kış	13,37 <sup>b</sup>	12,61	6,57 <sup>a</sup>	6,06 <sup>b</sup>	6,44 <sup>ab</sup>	14,12 <sup>a</sup>	9,91 <sup>b</sup>	9,87 <sup>b</sup>
	İlkbahar	15,16 <sup>b</sup>	11,90	5,71 <sup>a</sup>	7,66 <sup>b</sup>	7,31 <sup>b</sup>	14,41 <sup>a</sup>	10,12 <sup>b</sup>	7,36 <sup>ab</sup>
	Yaz	12,03 <sup>ab</sup>	7,43	6,81 <sup>a</sup>	3,59 <sup>a</sup>	3,60 <sup>a</sup>	7,30 <sup>a</sup>	6,075 <sup>a</sup>	7,03 <sup>ab</sup>
	Sonbahar	8,81 <sup>a</sup>	7,66	2,24 <sup>a</sup>	2,59 <sup>a</sup>	4,07 <sup>a</sup>	6,26 <sup>a</sup>	6,49 <sup>a</sup>	3,87 <sup>a</sup>
Mn	Kış	202,46 <sup>a</sup>	236,17 <sup>a</sup>	278,02 <sup>a</sup>	262,19 <sup>a</sup>	155,73 <sup>a</sup>	396,57 <sup>a</sup>	380,16 <sup>a</sup>	389,13 <sup>a</sup>
	İlkbahar	281,98 <sup>ab</sup>	277,85 <sup>a</sup>	415,70 <sup>a</sup>	361,58 <sup>b</sup>	241,61 <sup>b</sup>	443,50 <sup>a</sup>	367,08 <sup>a</sup>	241,75 <sup>a</sup>
	Yaz	293,90 <sup>ab</sup>	231,15 <sup>a</sup>	321,62 <sup>a</sup>	259,09 <sup>a</sup>	192,17 <sup>c</sup>	326,39 <sup>a</sup>	354,01 <sup>a</sup>	338,79 <sup>a</sup>
	Sonbahar	317,43 <sup>b</sup>	237,68 <sup>a</sup>	310,78 <sup>a</sup>	253,58 <sup>a</sup>	376,95 <sup>ab</sup>	385,10 <sup>a</sup>	438,83 <sup>a</sup>	277,81 <sup>a</sup>
Fe	Kış	11105,07 <sup>a</sup>	13170,08 <sup>a</sup>	13490,19	14260,3 <sup>a</sup>	8404,04 <sup>a</sup>	15564 <sup>a</sup>	11549,11 <sup>a</sup>	13452,69 <sup>a</sup>
	İlkbahar	14230,94 <sup>a</sup>	14729,9 <sup>a</sup>	19780	21959,56 <sup>b</sup>	13983,24 <sup>ab</sup>	15155,47 <sup>a</sup>	15119,96 <sup>b</sup>	12845,22 <sup>a</sup>
	Yaz	14437,07 <sup>a</sup>	12855,5 <sup>a</sup>	13291,67	12111,36 <sup>a</sup>	9318,788 <sup>a</sup>	13171,37 <sup>a</sup>	10268,98 <sup>a</sup>	14096,66 <sup>a</sup>
	Sonbahar	13863,89 <sup>a</sup>	13278,4 <sup>a</sup>	10785,01	10401,14 <sup>a</sup>	10631,5 <sup>b</sup>	11423,56 <sup>a</sup>	11603,22 <sup>a</sup>	9987,71 <sup>b</sup>
Co	Kış	4,60 <sup>a</sup>	5,34 <sup>a</sup>	4,58 <sup>a</sup>	4,88 <sup>a</sup>	2,69 <sup>a</sup>	6,56 <sup>a</sup>	6,26 <sup>a</sup>	6,36 <sup>a</sup>
	İlkbahar	6,55 <sup>a</sup>	5,23 <sup>a</sup>	4,28 <sup>a</sup>	6,09 <sup>a</sup>	4,21 <sup>c</sup>	6,68 <sup>a</sup>	6,48 <sup>a</sup>	4,99 <sup>a</sup>
	Yaz	6,69 <sup>a</sup>	4,61 <sup>a</sup>	4,96 <sup>a</sup>	4,40 <sup>a</sup>	2,98 <sup>ab</sup>	4,96 <sup>a</sup>	5,77 <sup>a</sup>	5,14 <sup>a</sup>
	Sonbahar	6,45 <sup>a</sup>	4,48 <sup>a</sup>	3,65 <sup>a</sup>	3,73 <sup>a</sup>	4,10 <sup>bc</sup>	5,38 <sup>a</sup>	7,99 <sup>a</sup>	4,29 <sup>a</sup>
Ni	Kış	7,27 <sup>a</sup>	10,74 <sup>b</sup>	3,78 <sup>a</sup>	4,25 <sup>a</sup>	3,85 <sup>a</sup>	8,65	7,95 <sup>ab</sup>	3,94 <sup>a</sup>
	İlkbahar	12,15 <sup>b</sup>	8,23 <sup>b</sup>	2,73 <sup>a</sup>	4,86 <sup>a</sup>	4,96 <sup>a</sup>	9,31	8,60 <sup>b</sup>	4,61 <sup>a</sup>
	Yaz	13,10 <sup>b</sup>	4,31 <sup>a</sup>	3,56 <sup>a</sup>	0,82 <sup>a</sup>	1,90 <sup>a</sup>	4,64	5,21 <sup>a</sup>	5,31 <sup>a</sup>
	Sonbahar	12,11 <sup>b</sup>	3,96 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>	1,21 <sup>a</sup>	2,74 <sup>a</sup>	4,19	6,15 <sup>ab</sup>	2,24 <sup>a</sup>
Cu	Kış	24,91 <sup>b</sup>	20,24 <sup>a</sup>	28,68	16,98 <sup>a</sup>	6,22 <sup>a</sup>	25,09	21,15 <sup>ab</sup>	207,54 <sup>c</sup>
	İlkbahar	24,13 <sup>b</sup>	20,69 <sup>a</sup>	19,07	20,03 <sup>a</sup>	10,81 <sup>a</sup>	21,44	28,36 <sup>b</sup>	18,19 <sup>bc</sup>
	Yaz	16,25 <sup>ab</sup>	12,14 <sup>a</sup>	56,03	10,81 <sup>a</sup>	6,91 <sup>a</sup>	42,55	16,15 <sup>a</sup>	24,18 <sup>a</sup>
	Sonbahar	11,12 <sup>a</sup>	15,47 <sup>a</sup>	34,99	10,14 <sup>a</sup>	8,98 <sup>a</sup>	14,10	16,19 <sup>a</sup>	17,36 <sup>ab</sup>
Zn	Kış	18,13 <sup>a</sup>	17,50	27,52 <sup>a</sup>	23,76 <sup>a</sup>	12,45	31,06	24,51 <sup>a</sup>	163,52 <sup>b</sup>
	İlkbahar	20,49 <sup>ab</sup>	27,54	41,91 <sup>a</sup>	40,45 <sup>b</sup>	38,78	32,26	61,32 <sup>b</sup>	35,428 <sup>a</sup>
	Yaz	24,46 <sup>b</sup>	23,06	45,85 <sup>a</sup>	27,83 <sup>ab</sup>	21,47	41,62	29,65 <sup>a</sup>	36,70 <sup>a</sup>
	Sonbahar	23,40 <sup>ab</sup>	92,19	41,48 <sup>a</sup>	28,44 <sup>ab</sup>	23,22	40,64	42,92 <sup>ab</sup>	45,37 <sup>a</sup>
As	Kış	1,64 <sup>b</sup>	2,204 <sup>c</sup>	1,00 <sup>a</sup>	0,81	1,027 <sup>b</sup>	2,67 <sup>b</sup>	5,80	0,59 <sup>b</sup>
	İlkbahar	1,52 <sup>b</sup>	1,24 <sup>bc</sup>	0,92 <sup>a</sup>	0,82	1,17 <sup>ab</sup>	2,42 <sup>b</sup>	5,71	1,78 <sup>ab</sup>
	Yaz	0,73 <sup>a</sup>	0,13 <sup>ab</sup>	1,05 <sup>a</sup>	0	0 <sup>a</sup>	0,67 <sup>ab</sup>	2,69	1,79 <sup>a</sup>
	Sonbahar	0,077 <sup>a</sup>	0,22 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>	0,01	0,42 <sup>ab</sup>	0,65 <sup>a</sup>	2,72	0,39 <sup>a</sup>
Cd	Kış	0,34 <sup>b</sup>	0,33 <sup>a</sup>	0,51 <sup>ab</sup>	0,30 <sup>b</sup>	0,28	0,45 <sup>a</sup>	0,53 <sup>a</sup>	1,45 <sup>b</sup>
	İlkbahar	0,37 <sup>b</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,67 <sup>b</sup>	0,66 <sup>c</sup>	0,36	0,72 <sup>b</sup>	0,68 <sup>a</sup>	0,41 <sup>b</sup>
	Yaz	0,15 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,44 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>	0,07	0,34 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>
	Sonbahar	0,11 <sup>a</sup>	0,34 <sup>a</sup>	0,41 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,27	0,30 <sup>a</sup>	0,32 <sup>a</sup>	0,46 <sup>a</sup>
Pb	Kış	3,22 <sup>a</sup>	3,80	4,11 <sup>a</sup>	2,42	1,82	13,45 <sup>a</sup>	14,73 <sup>a</sup>	130,16 <sup>b</sup>
	İlkbahar	5,19 <sup>b</sup>	5,48	12,99 <sup>c</sup>	11,46	6,10	23,56 <sup>a</sup>	33,80 <sup>b</sup>	15,26 <sup>ab</sup>
	Yaz	9,08 <sup>d</sup>	3,79	14,78 <sup>ab</sup>	6,152	5,51	14,45 <sup>a</sup>	28,38 <sup>ab</sup>	23,01 <sup>b</sup>
	Sonbahar	7,46 <sup>c</sup>	21,47	8,54 <sup>bc</sup>	8,83	20,57	25,99 <sup>a</sup>	35,47 <sup>b</sup>	28,39 <sup>b</sup>

## ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Vakfikebir’de doğdu. İlköğretimini 1997 yılında Çarşıbaşı Fenerköyü İlköğretim Okulu’nda ve Lise öğrenimini 2003 yılında Çarşıbaşı Çok Programlı Lisesi’nde tamamladı. 2008 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu. Aynı üniversitede yüksek lisans eğitimini tamamladı. 3 yıllık özel sektör deneyiminin ardından, 2011 yılından itibaren Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi’nde Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Halen RTEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı’nda doktora öğrenimine devam etmektedir.

