

T.C.
SİNOP ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
DİSİPLİNLERARASI ÇEVRE SAĞLIĞI ANABİLİM DALI



SİNOP İLİ KARASU DERESİ SEDİMENTLERİNDE
AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN İNCELENMESİ

İLKNUR KARAAĞAÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

PROF.DR.MUHİTDİN YILMAZ

SİNOP - 2025

TEZ KABUL

İLKNUR KARAAĞAÇ tarafından hazırlanan “**SİNOP İLİ KARASU DERESİ SEDİMENTLERİNDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN İNCELENMESİ** ” başlıklı bu çalışma, 09.01.2025 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak, jürimiz tarafından **YÜKSEK LİSANS tezi** olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Doç.Dr. Ömer ELKIRAN
Sinop Üniversitesi/Sağlık Hizmetleri MYO
Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü

İmza

**Üye
(Danışman)**

Prof.Dr. Muhitdin YILMAZ
Sinop Üniversitesi/Sağlık Hizmetleri MYO
Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü

İmza

Üye

Prof.Dr. İnan KAYA
Kafkas Üniversitesi/Fen-Edebiyat Fakültesi
Biyoloji Bölümü

İmza

Enstitü Müdürü Doç.Dr.Hüseyin Turan ARAT

ETİK BEYANI

Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İlknur KARAĞAÇ

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SİNOP İLİ KARASU DERESİ SEDİMENTLERİNDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN İNCELENMESİ

İLKNUR KARAAĞAÇ

SİNOP ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
DİSİPLİNLERARASI ÇEVRE SAĞLIĞI ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF. DR. MUHİTDİN YILMAZ

Bu çalışma, Sinop ilinde bulunan Karasu Deresi'nin sediment kalitesini değerlendirmek ve olası kirlilik kaynaklarını belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Nisan-Eylül 2023 döneminde üç farklı istasyondan toplanan sediment örneklerinde ağır metal analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları, dere su kalitesinin insan faaliyetlerinden, özellikle yerleşim yerlerinden kaynaklanan kirlilik kaynaklarından etkilendiğini göstermektedir. Yerleşim yerlerine yakın olan İstasyon 2'de ağır metaller, organik kirleticiler ve besin maddeleri bakımından en yüksek konsantrasyonlar ölçülmüştür. Dere kaynağına yakın olan İstasyon 1'de ise kirletici konsantrasyonları daha düşüktür. Bu durum, İstasyon 1'in insan faaliyetlerinden nispeten uzak ve doğal koşulların daha baskın olduğu bir nokta olmasından kaynaklanmaktadır. Çalışma sonuçları, Karasu Deresi'nin su kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi için gerekli önlemlerin alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

ANAHTAR KELİMELELER: Sediment; Ağır Metal; Kirlilik; Karasu Deresi; Sinop.

Aralık 2024, 45 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

IN KARASU STREAM SEDIMENTS OF SINOP PROVINCE INVESTIGATION OF HEAVY METAL POLLUTION

İLKNUR KARAAĞAÇ

**SINOP UNIVERSITY INSTITUTE OF GRADUATE PROGRAMS
DEPARTMENT OF INTERDISCIPLINARY ENVIRONMENTAL HEALTH**

SUPERVISOR:PROF.DR.MUHİTDİN YILMAZ

This study was conducted to assess the sediment quality of Karasu Stream, located in Sinop province, and to identify potential pollution sources. Sediment samples collected from three different stations during the period of April-September 2023 were analyzed for heavy metals. The results of the analysis show that the water quality of the stream is affected by human activities, especially pollution sources originating from residential areas. The highest concentrations of heavy metals, organic pollutants, and nutrients were measured at Station 2, which is close to residential areas. The concentrations of pollutants are lower at Station 1, which is close to the source of the stream. This is because Station 1 is relatively far from human activities and natural conditions are more dominant. The results of the study emphasize the need to take necessary measures to protect and improve the water quality of Karasu Stream.

KEYWORDS:Sediment; Heavy Metal; Pollution; Karasu Stream; Sinop.

December 2024, 45 Page

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında desteğini esirgemeyen, vakit ayıran değerli danışmanım Prof.Dr.Muhitdin YILMAZ'a, her anımda olduğu gibi akademik çalışmamda da en büyük destekçim olan sevgili eşime, kıymetli aileme, yüksek lisans dönemim boyunca sorularımı yanıtsız bırakmayan, emek veren başta Doç.Dr.Ömer ELKIRAN hocama, Dr.Öğr.Üyesi Can Okan ALTAN olmak üzere tüm hocalarıma çok teşekkür ederim.

İlknur KARAAĞAÇ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ KABUL	ii
ETİK BEYANI	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Suyun Genel Özellikleri.....	1
1.2. Su Kirliliği	2
1.3. Ağır Metaller.....	3
1.3.1.Krom (Cr)	5
1.3.2. Kobalt (Co)	5
1.3.3. Nikel (Ni).....	6
1.3.4. Bakır (Cu)	6
1.3.5. Çinko (Zn).....	7
1.3.6. Kadmiyum (Cd)	7
1.3.7. Alüminyum (Al).....	8
1.3.8. Arsenik (As).....	8
1.3.9. Kurşun (Pb).....	9

1.3.10. Uranyum (U).....	9
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
2.1. İstasyonların Tespiti ve Numunelerin Alınması.....	11
2.2. Karasu Deresi'nin Özellikleri	12
2.2.1. Sulama	13
2.2.2. Hayvancılık.....	13
2.2.3. Rekreasyon.....	14
2.3. Deneyde Kullanılan Cihazlar.....	14
3. BULGULAR.....	14
3.1. Sediment Analiz Sonuçları.....	14
3.1.1. Makro Elementler	17
3.1.2. Eser Elementler.....	18
3.1.3. İz Elementler.....	20
3.2. Sediment Analiz Sonuçları ile Ortaya Çıkan Tüm Elementler	21
3.3. İstatistiksel Analizler.....	22
4. TARTIŞMA	23
5. SONUÇ	28
KAYNAKLAR.....	29
ÖZGEÇMİŞ	35

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.2 Nisan-Eylül 2023 döneminde Sinop ilinin yağış ortalamaları.....	13
Tablo 2.3 Nisan-Eylül 2023 döneminde Sinop ilinin sıcaklık ortalamaları.....	13
Tablo 3.1 Karasu Deresi'nden alınan sediment örneklerinde incelenen ağır metallerin aylara göre analiz sonuçları	15
Tablo 3.1.1 Karasu Deresi'nden alınan sediment örneklerinde incelenen makro elementlerin aylara göre analiz sonuçları	18
Tablo 3.1.2 Karasu Deresi'nden alınan sediment örneklerinde incelenen eser elementlerin aylara göre analiz sonuçları	19
Tablo 3.1.3 Karasu Deresi'nden alınan sediment örneklerinde incelenen iz elementlerin aylara göre analiz sonuçları	20
Tablo 3.2 Karasu Deresi'nden alınan sediment örneklerinde incelenen tüm elementlerin aylara göre analiz sonuçları	21

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Karasu Deresi'nin topografik yapısı ve örneklerin alındığı istasyonlar	12
Şekil 3.1.1 Karasu Deresi'nden alınan sediment örneklerinde incelenen makro elementlerin aylara göre analiz sonuçları	18
Şekil 3.1.2 Karasu Deresi'nden alınan sediment örneklerinde incelenen eser elementlerin aylara göre analiz sonuçları	19
Şekil 3.1.3 Karasu Deresi'nden alınan sediment örneklerinde incelenen iz elementlerin aylara göre analiz sonuçları	20

1. GİRİŞ

Dünya yüzeyinin %75'ini kaplayan suyun, büyük bölümünü tuzlu su oluşturmaktadır. Nehirler, göller, yeraltı suları ve kutuplardaki buzullardan ibaret olan tatlı su kaynakları ise su kaynaklarının neredeyse %3'ünü oluşturmaktadır. Tüm tatlı su kaynakları içerisinde ise yalnızca %0,27'sini canlılar aracılığıyla doğrudan kullanılabilir durumdaki nehirler ile göller oluşturmaktadır (Gleick, 1996).

Çevre kirliliği 20. ve 21. yüzyılın en önemli sorunlarından birisidir. Çevre kirliliği; hızlı kentleşme, endüstriyel faaliyetler ve nüfus artış hızındaki çoğalmayla birlikte artmaktadır (Arslan ve ark., 2005).

Çevre kirliliğinden en fazla zarar gören ekosistemlerin en başında akarsular ve göller gelmektedir. Su kaynaklarına karışan endüstriyel ve evsel atıklar, dolaylı veya doğrudan su havzalarını negatif şekilde etkilemektedir. Ağır metaller, sulardaki inorganik kirlenmelere sebep olmaktadır. Muhtelif yollarla sulara geçen ağır metaller canlı metabolizmalarını tehdit etmektedir (Kiracı, 2014).

Hayati önemi olan ağır metallerin derişimlerindeki küçük bir artış bile dokularda ve organlarda hasara neden olarak işlevsiz hale sokmaktadır (Kır ve ark., 2007).

1.1. Suyun Genel Özellikleri

Yaşamın temel maddelerinden biri sudur. Suyun, bir besin ögesi olması beraberinde, içerisinde barındırdığı bileşikler ve minerallerle vücuttaki birçok biyokimyasal reaksiyonların oluşmasında oldukça etkili olmaktadır. Vücudun pH dengesini korumak, hücrelerdeki moleküllere ve organellere yayılma fırsatı oluşturmak; artık maddeleri ve besinleri ilgili yerlere taşımak gibi birçok görev alır. Bu sebeple susuz bir yaşam olamaz. Su canlılığın ve canlının her şeyidir. Su, ayrıca canlılar için bir yaşam alanıdır (Baysal, 1989; Himes, 1991; Benjamin ve ark., 1997; Akın ve ark., 2005; Atabey, 2005).

Suyun iyonik yapılı maddeler ve mineraller için güçlü bir çözücü olmasının temelinde polar ve kararlı bir yapıda olması gelir. Bir başka yapısal özelliği ise sıvı formda olması, dielektrik sabitinin yüksek olması ve iyonlara kolaylıkla hidratlar verebilmesi olarak söylenebilir (Solak ve Doğan, 2000).

Su aynı zamanda hücre metabolizmalarının olduğu sitoplazmada, hücrelere besinlerin erişmesini ve hücrelerden atıkların uzaklaştırılmasını sağlayan kanın, büyük bir kısmını meydana getirmektedir. Kandaki su değeri normalin % 3'ü kadar düştüğünde dahi böbreklerin fonksiyonunun yitirilmesine sebep olmaktadır. Bazı hastalıklar, hücrelerin susuz kalmasına sebep oldukları için hayati faaliyetleri negatif etkilemektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

1.2. Su Kirliliği

Süratle ilerleyen sanayileşme ile dünya pek çok tehlike ile karşı karşıya kalmaktadır. Su kirliliği bu tehlikelerden birisidir. Radyoaktif, biyolojik, inorganik ve organik maddelerin su kaynaklarını bozacak ya da kullanılmasını engelleyecek düzeyde su kaynaklarına karışması neticesinde su kaynaklarından faydalanılamayacak ölçüde su kalitesinin bozulması su kirliliği olarak tanımlanmaktadır (Keleş ve Hamamcı, 1993; Kaptan, 2014). Ustaoglu'na göre; su kirliliği, genellikle insan faaliyetleri kaynaklı suyun; biyolojik, kimyasal ya da fiziksel özelliklerinde meydana gelen negatif değişimleri şeklinde açıklanmakla birlikte farklı tanımlarla da açıklanmıştır. Örneğin; FAO su kirliliğini; "Canlı kaynaklara zararlı, insan sağlığı için tehlikeli, balıkçılık gibi çalışmalarını engelleyici, su kalitesini zedeleyici etkiler yaratabilecek maddelerin suya atılması" şeklinde açıklar (Ustaoglu, 2017; Sönmez ve ark. 2008).

Su kirliliği, su kaynağının radyoaktif, fiziksel, kimyasal, ekolojik ve bakteriyolojik özelliklerinin olumsuz olarak değişmesi şeklinde gerçekleşir. Su kirliliği antropojenik etkiler sonucu meydana gelen, kullanımı engelleyen veya kısıtlayan ve ekonomik dengeleri bozan kalite değişimleridir (Yanık ve Atamanalp, 2001).

Yeryüzünün %75'inin sularla kaplanmış olması, dünyada su zenginliği olduğu izlenimi verse de, içilebilir kalitedeki suyun değeri ancak %0.74 dolaylarındadır. Sanayi Devrimi başlarında, 18. yüzyılın son çeyreğinde 1 milyar olan dünya nüfusu, 1950'de 2.5 milyar, 2005'te ise 6.5 milyara yaklaşmıştır. Dünya nüfusunun oldukça hızlı artması, teknoloji ve sanayinin hızlı büyümesi ve çevre bilincinin yeterli derecede yaygınlaşmaması veya yerleşememesi gibi sebepler dünyada içilebilir suyun git gide eksilmesine neden olmaktadır. Bunun yanında, içilebilir su kaynaklarının bilinçsizce kirlenmesi, geri dönüşümü imkânsız problemlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Egemen, 2000; Atalık 2006; Dağlı, 2005; Haviland, 2002).

Sudaki kirlilik kimyasal, biyolojik ve fiziksel olarak kirletici türüne göre 3 başlıkta ele alınmaktadır. Kanalizasyon atıkları, maden işletmeleri, gıda sanayi atıkları, zirai atıklar, sanayi atıkları, doğal afetler ve endüstri gibi sebeplerle suyun geri dönüşümü olmayacak biçimde süratle kirlendiği bildirilmiştir. Kimyasal kirliliğe neden olan kaynaklardan biri de ağır metal olarak adlandırılan ve periyodik sistemde yer alan geçiş elementleridir. Ağır metaller, atom numarası 20'den büyük, zehir etkisi ve kirlilik oluşturan 5 g/cm³'den fazla yoğunluğa sahip metallerdir. Zn, Cu, Cd, Pb, Fe, Co, Cr, Hg, Ni gibi metaller olmak üzere bu grupta 60'tan fazla metal bulunmaktadır (Kalyoncu ve ark., 2016; Seven ve ark., 2018; Akaydın, 2014; Acı, 2015).

Bu açıdan bakıldığında su kirliliğini etkileyici fazlaca etken bulunmaktadır. Bunlar çeşitlerine ve bu çeşitliliğe neden olan unsurlarına göre pek çok gruba ayrılmakla birlikte en temel grubu kimyasal kaynaklı kirlenme meydana getirmektedir. Bilhassa son yıllarda sanayinin gelişimi ve endüstrileşme ile birlikte tarımsal mücadelede kimyasal ilaç ve pestisit kullanımından kaynaklı bu tür kirlilik ile oldukça sık karşılaşılmaktadır. Tarımsal ilaç atıkları, sanayi atıkları, petrol, deterjan, deri, endüstri atıkları su kimyasında bilhassa su canlıları ile balıklar aleyhine ciddi değişiklikler yaparak ölümlerine neden olmaktadır (Sönmez ve ark. 2008).

Su kirliliği yakın vakte kadar yalnızca sağlık yönünden incelenmekteydi. Gelişmekte olan veya az gelişmiş ülkelerde bu husus sürmektedir. Su kirliliği konusundaki çalışmalar bugün ise yalnızca sağlık yönünden değil mevcut kaynakların uygun kullanılması ve korunması bakımından gerçekleştirilmektedir (Karpuzcu, 2007).

Varsayımlar, çoğalan su gereksinimi ile gittikçe eksilen temiz su kaynağı oranlarının 2030 yılında birleşeceğini göstermektedir. Bu husus doğal olarak geniş kapsamlı bir kriz olacağını ifade etmektedir (Özgüler, 1997).

1.3. Ağır Metaller

Ağır metaller fiziksel özellikleri bakımından yoğunluğu 5 g/cm³'ten fazla olan metallerdir (Kahvecioğlu ve ark., 2001). Biyolojik açıdan ağır metaller, çevrede kirliliği neden olan ve yüksek toksisiteye sahip kirleticiler olarak tanımlanır (Duffus JH. 2002).

Ağır metaller; rüzgârla taşınan tozlar, erozyon sonucu hareket eden kaya parçaları, volkanik faaliyetler, fabrika atıkları, evsel atıklar, orman yangınları, kanalizasyonlar ve göl ile nehir gibi su kaynakları aracılığıyla çevreye karışarak, canlıların metabolizmalarını çeşitli şekillerde kirletici bir şekilde etkiler (Kiracı, 2014; Kaptan, 2014).

Sularla sürekli taşınan ağır metaller, zamanla büyük ölçüde seyrelir ve bir kısmı sülfat, sülfür veya karbonat bileşenleri olarak katı hale gelir, bu da su tabanında çökerek bölgedeki sedimentlerin ağır metalce zenginleşmesine neden olur. Sediment tabakasının emilim kabiliyeti sınırlı olduğundan, suyun ağır metal konsantrasyonu giderek yükselir (Kahvecioğlu ve ark. 2008). Dolayısıyla su ortamlarında var olan kirliliğin belirlenmesinde sediment analizlerinin rolü büyüktür.

Literatürde, sediment kirliliği ve sucul ekosistemler üzerindeki etkileri üzerine çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmada, Sapanca Gölü'ndeki sedimentlerde tarımsal faaliyetlerden (pestisit kullanımı) kaynaklanan pestisit kalıntıları (organofosfatlar ve organoklorürler) tespit edilmiş ve bu durumun sucul organizmaların büyüme, gelişme ve üreme fonksiyonları üzerinde olumsuz etkilere yol açtığı, hatta bazı türlerde ölümlere neden olduğu vurgulanmıştır (Aksu, 2023). Başka bir yapılan araştırmada ise, Karadeniz'in Türk kıyılarındaki sedimentlerde plastik ve mikropplastik kirliliğinin arttığı ve bu durumun deniz canlıları tarafından yutulması, besin zincirine girmesi ve insan sağlığı için potansiyel riskler oluşturduğu belirtilmiştir. Bu çalışmalar, sediment kirliliğinin su kaynakları ve sucul ekosistemler üzerindeki potansiyel tehlikelerini ve insan faaliyetlerinin bu kirlilikteki rolünü açıkça ortaya koymaktadır (Özkor ve Dulkadiroğlu, 2022).

Çalışmamızın amacı, Sinop ili Karasu deresi sedimentlerinde krom (Cr), kobalt (Co), nikel (Ni), bakır (Cu), çinko (Zn), kadmiyum (Cd), alüminyum (Al), arsenik (As), kurşun (Pb) ve uranyum (U) ağır metallerinin incelenmesi ve genel olarak hangi bölgelerde kirliliğe maruz kaldıklarını belirlemektir.

1.3.1. Krom (Cr)

Periyodik tabloda 6B grubu elementi olan krom, yoğunluğu 7,2 gcm⁻³ ve atom numarası 24'tür. Dünyada 7. en yaygın bulunan element olan krom saf halde nadiren bulunmakla beraber, birçok mineralin yapısında yer alır (Katz ve Salem, 1994; Cervantes ve ark., 2001).

Yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu krom bileşiklerinin canlılar üzerinde güçlü kanserojen etkiye ve şiddetli toksisiteye sahip olduğu, hatta canlıların ölümüne neden olabilecek sonuçlar ortaya çıkarabileceği ispatlanmıştır (Shanker ve ark., 2005). Düşük krom konsantrasyonları bitki gelişimini teşvik edebilirken, krom seviyelerinin artması son derece toksik etkilere yol açabilir. Yüksek krom değerleri, bitkilerde yaprak klorozu, büyüme engellemeleri, bodur kalma ve hatta bitki ölümüne kadar varabilen zararlara neden olabilir (Vajpayee ve ark., 2000).

Vücutta insülinin işlevini destekleyerek su, karbonhidrat ve protein metabolizmasını etkileyen krom, doğada yaygın olarak bulunan bir metaldir. Havada > 0.1 µg/m³, kirlenmemiş suda yaklaşık 1 µg/L kadar krom bulunur. Kromun kayalardan ve topraktan suya, ekosisteme, havaya ve tekrar toprağa olmak üzere doğal bir dönüşümü vardır. Ancak yılda yaklaşık olarak 6700 ton krom bu çevrimden ayrılarak denize akar ve okyanus tabanında çöker. Kromun canlı organizmalardaki özellikle de insan bünyesindeki davranışı, oksidasyon durumuna ve oksidasyon durumundaki kimyasal özelliklerine ve bulunduğu ortamdaki fiziksel yapısına bağlı olarak değişir (Kahvecioğlu ve ark., 2001).

1.3.2. Kobalt (Co)

VIII B grubu geçiş elementi olan kobalt yoğunluğu 8.9 gcm⁻³ ve atom numarası 27'dir. Kobalt, genellikle Co²⁺ formunda sedimentte, toprakta ve kayada geniş yayılma gösteren, doğal yollarla oluşan bir elementtir (Siegel, 2001; USEPA, 2005). Dünyada 33. en yaygın element olan kobalt en az sıklıkla bulunan elementler grubundadır (Başaran, 2010).

Kobalt, davranış açısından demir ve nikel benzerlik gösteren, yer kabuğunun %0,001'ini oluşturan bir ağır metaldir (Seven ve ark., 2018). Kullanım alanları arasında seramik, petrol, mürekkep, boya, askeri sektörler ve elektronik sanayi yer alır (Okudan ve ark., 2009).

Kobalt; krisofitler, dinoflagellatları ve diatom içeren bazı denizel su yosunu çeşitlerinin gelişiminde; temel element olarak etkisi olduğu, bitki gelişimi ile metabolizmasını etkilediği yapılan çalışmalarda ortaya çıkmıştır (Palit ve ark., 1994; Nagpal, 2004). Kobalt, temel bir element olmasına rağmen fazla miktarda alındığında sucul ve karasal bitkilerde, hayvanlarda ve insanlarda zehirli etkileri ortaya çıkmaktadır (Nagpal, 2004). En çok ortaya çıkan zehirli etkileri arasında kalp kası hastalığı, dişi üreme sistemi üzerine olan etkiler ve kırmızı kan hücrelerinin sayısındaki artış bulunur (Haga ve ark., 1996; USEPA, 2005).

1.3.3. Nikel (Ni)

8A grubu elementi olan nikel yoğunluğu 8,9 gcm⁻³ ve atom numarası 28'dir. Dünyada bulunma miktarına göre 23. en yaygın elementtir. 5 kararlı izotopu bulunan nikel genellikle 0, I, II ve III değerlikli formlarında bulunabilir ancak sulu çözeltilerde kararlı bir şekilde bulunmazlar (Bradl, 2005).

Nikel, hayvanlarla bitkiler için temel elementlerden birisidir. Karbon monoksit dehidrojenaz, hidrojenaz ve üreaz enzimlerinin bir parçası olarak görev alır (Bradl, 2005). Yüksek konsantrasyonlarda zehirli etkiler göstermesine karşın düşük konsantrasyonlarda önemli bir elementtir (Welch, 1981; Parida ve ark., 2003). Yüksek nikel seviyeleri ürün verimliliğinde azalmaya, zayıf bitki gelişimine, kloroza ve bitki metabolizmasında düzensizliklere sebep olabilmektedir (Yang ve ark., 1996). Nikelin, insanda potansiyel olarak kanserojen etkiler gösterebileceği düşünülmektedir. Doğum kusurları ve üreme problemlerine sebep olabilmektedir (Tien, 2002).

1.3.4. Bakır (Cu)

1B grubu geçiş elementi olan bakır yoğunluğu 8.96 gcm⁻³ ve atom numarası 29'dur. Bakır iyonları Cu⁺ ve Cu²⁺ olmak üzere iki oksidasyon durumunda bulunabilir (Linder ve Hazegh-Azam, 1996). Bakır birçok doku ve hücrede az miktarlarda bulunmasına karşın canlılar için elzem bir iz elementtir. Bitki gelişimi için 5 - 20 ppm aralığında bir miktarının yeterli olduğu bilinen bakır; tohum üretimi, hücre duvar metabolizması, solunum ve fotosentez gibi farklı fizyolojik süreçlerde rol alan birçok enzimin yapısına katılmaktadır. Sucul sistemler için serbest Cu²⁺ iyonu bakırın başka kompleks formlarına nazaran en zehirli formudur (Bradl, 2005). İnsanlar ve hayvanlar için bakır, kırmızı kan hücrelerinin ve birçok redüksiyon ve oksidasyon sürecinin vazgeçilmez bir parçasıdır

(Bigersson, 1988). Ancak canlı olmayan ağır metaller çok az konsantrasyonlarda bile psikolojik yapıyı etkileyerek sağlık sorunlarına yol açabilir (Duffus, 1996).

Bakır zehirlenmesi, insanlarda nadiren görülmekle birlikte, uzun vadeli birikimi sonucu olumsuz etkileri olabilmektedir. Burun, göz ve ağızlarda tahriş meydana gelebilir. Bağırsak ve mide rahatsızlıklarına, baş dönmesi, baş ağrısına sebep olabilmektedir (Başaran, 2010).

1.3.5. Çinko (Zn)

2B grubu elementi olan çinko yoğunluğu 7,13 gcm⁻³ ve atom numarası 30'dur. Çinko; demir, alüminyum ve bakırdan sonra metallerin dünyadaki yıllık tüketim oranları düşünüldüğünde 4. sıradadır. Çinkonun çevredeki ana kaynakları ise madencilik, çinkolu gübreler ve lağım pisliğidir (Bradl, 2005).

Sucul canlılar için yüksek konsantrasyonlarda zehirli etki gösterebilen çinko temel iz elementlerden biridir. Sucul sistemlere havadan birikim veya yüzey akışları ile gelen çinkonun bilhassa demir ile mangan oksitlerine güçlü bir ilgisi vardır. Sedimentte bu maddelerle birikmesine yol açar (Campbell ve Tessier, 1996). Çinko zehirlenmesi insanlarda az görülse de, çinkonun fazla alınımı kolesterol metabolizmasını etkileyebilir. Bitkilerde ise 100 ppm den fazla çinko konsantrasyonuna maruz kalınırsa kloroza benzeyen bitkilerin büyümesini engelleyen zehirli semptomlar ortaya çıkabilir. Bu durum literatürde belirtilmiştir (Bradl, 2005). Çinkonun hayvanlar üzerinde olumsuz sonuçları incelendiğinde; gelişmede gerileme, doğurganlığın azalması, adale gelişmemesi ve kansızlık gibi olumsuz sonuçlar meydana gelmektedir (Topbaş ve ark., 1998).

1.3.6. Kadmiyum (Cd)

Genellikle bütün kararlı bileşiklerinde +2 değerlikli halde bulunan kadmiyumun yoğunluğu 8,65 gcm⁻³ ve atom numarası 48'dir (Bradl, 2005). Kadmiyum, canlılar için elzem bir element olmayıp dünyada da az bulunmaktadır. Ekosisteme, doğal olarak veya genellikle insan faaliyetleri neticesinde dâhil olur.

Kadmiyum günümüzde çevre kirliliğine neden olan ağır metaller arasında önemli bir yer tutar (Kahvecioğlu ve ark., 2001). Kadmiyum; rafine işlemleri, kaplama işlemleri, plastik endüstrisi, batarya üretimi, fosfatlı gübreler, madencilik vb. endüstriyel hareketlerle ortaya çıkmaktadır (Burger, 2008). Biyolojik ömrünün uzun olması ve düşük

konsantrasyonlarda bile yüksek etkisi nedeniyle kadmiyum en zehirli ağır metallerden biridir (Singh A. ve ark., 2009). Ayrıca kadmiyumun suda çözünme kapasitesinin çok yüksek olması, su ekosistemlerindeki canlı popülasyonlarının azalmasına ve su kaynaklarının kirlenmesine yol açar (Yılmaz T, 2015). Bitkilerde incelenen kadmiyum toksisitesinin tipik semptomları; genel gelişiminde gözlenen azalma, kök gelişimini geciktirme, solma, metabolik olaylara engel olma, kırmızı turuncu yaprak renklenmesi, iletkenlikte azalmalara, stomadaki açılma, fotosentezde rol oynayan enzimlerin aktivitelerine engel olma ve klorofil miktarında azalmaya sebep olabilmektedir (Bradl, 2005).

1.3.7. Alüminyum (Al)

8A grubu elementi olan alüminyum yoğunluğu 2,70 gcm⁻³ ve atom numarası 13'tür (Erel, 1978) Alüminyum dünyada en çok bulunan 2. elementtir ve yer kabuğunun yaklaşık % 8'ini oluşturmaktadır (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Alüminyum canlılara farklı şekillerde, genel olarak da su, hava ve gıda ile geçer. Alüminyumun insanlara bulaşma kaynakları; mutfak malzemeleri, terlemeyi önleyiciler (deodorant, roll on vb.), solunum (özellikle endüstriyel bölgelerde), işlenmiş gıdalar, yıkanmamış meyve ve sebzelerin üstünde kalan toprak, antasit preparatlar, pişirme kapları ve pişirilmiş gıdalardır (Onur, 1997). Tarımsal aktiviteler, volkanik püskürme, doğal toprak erozyonu, kömür yanması ve madencilik havada bulunan alüminyumun başlıca kaynaklarıdır (WHO, 1998).

Alüminyum suda çeşitli şekillerde bulunabilir. Alüminyum koloidal polimerik solüsyonlar ve jeller, monomerik ve polimerik hidroksi türleri ile presipitatlar oluşturabilir. Ayrıca çeşitli inorganik (klorid, sülfat ve florid) ve organik (fulvik asit ve humik) asitlerle kompleksler oluşturabilir ve bunların neredeyse hepsi suda çözünür (WHO, 1998).

1.3.8. Arsenik (As)

Dünyada doğal olarak bulunan 20. element olan arsenik yoğunluğu 5,73 gcm⁻³ ve atom numarası 33'tür (Mandal ve Suzuki, 2002). 250'den fazla mineral yapısına sahiptir. Arsenik doğaya jeolojik olarak karışır. Sedimenter kayalar, volkanik kayalara nazaran daha çok seviyede arsenik içerir (Bradl, 2005). Pestisit uygulamaları, fosil yakıt yakılması ve madencilik vb. insan hareketleri toprak, su ve havada çoğalarak arsenik kirlenmesine

neden olmaktadır (Bissen ve Frimmel, 2003 a,b). Hem hayvan hem de bitkiler için zehirli arsenik etkiler göstermektedir. Arsenik içeren organik olmayan pestisitlerin insan için kanserojen etkisinin olduğu ispatlanmıştır (Ng, 2005). İnsan sağlığı üzerindeki zehirli etkileri deri yaralarından, böbrek, mide, beyin ile karaciğer kanserine değin geniş bir yelpazeye yayılmaktadır (Smith ve ark., 1992).

1.3.9. Kurşun (Pb)

Kurşun yoğunluğu 11,4 gcm⁻³ ve atom numarası 82'dir (Bradl, 2005). Kurşun dünyanın neredeyse her yerinde doğal olarak bulunan bir elementtir (WHO, 1996 b). İlk metal özelliği taşımakla birlikte kurşun, insan kaynaklı faaliyetlerle doğaya zarar veren en önemli ağır metallerden biridir (Okcu ve ark., 2009). Kurşun hava, su ve toprak arasında kimyasal, fiziksel ve doğal yollarla çevrilmektedir. Akarsularda ya da tozda birikerek yayılabilmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Organik ve İnorganik formları bulunan kurşun, inorganik formunda atmosferde partiküller halinde bulunurken, organik formu uçucu özellik taşıdığı için toprak ile su kaynakları ve gıda maddelerine kolayca geçebilir (Karademir ve ark., 1995). Bu sebeple, kurşunun atmosfer kirliliğine önemli ölçüde etkisi vardır. Kurşun; kozmetik, mücevher, petrol, tarım ilaçları gibi birçok endüstri ve sanayi dalında kullanılmasına karşın, çevre kirliliğine yol açan en büyük kaynağı, motorlu taşıtların egzoz gazlarıdır. Bu nedenle araç trafiğinin yoğun olduğu otoyol kenarındaki topraklarda, kurşun seviyesi genellikle yüksek olmaktadır (Tornabene ve ark., 1972).

1.3.10. Uranyum (U)

Radyoaktif bir element olan uranyum yoğunluğu 19,07 gcm⁻³ ve atom numarası 92'dir. Doğada serbest olarak bulunmayan uranyum, farklı elementlerle birleşerek uranyum minerallerini oluşturur. Uranyum neredeyse her tip kayaç içinde ve eser miktarda sularda bulunabilir (Tetkik, 2017).

Yer altı sularındaki ana uranyum kaynaklarından biri olan gübrelerin fazla kullanılması sebebiyle tarım topraklarında önemli ölçüde uranyum bulunmaktadır. Uranyum, farklı türdeki mineraller, kayalar, uranyum cevher yatakları ve topraktan sızmalar, nükleer endüstriyel emisyonlar, değirmen atıklarından salınımlar ve kömürün yanması gibi nedenlerden dolayı çevrede mevcuttur. Ayrıca uranyum barındıran fosfatlı gübrelerin

kullanımı da uranyumun çevreye yayılmasının diğer bir kaynağını oluşturur (Savcı ve Kırat, 2022).

Uranyum ve uranyum içerikli malzemeler, radyolojik ve kimyasal özellikleri sebebiyle canlı türleri ve çevre için büyük bir tehlike olarak kabul edilmektedir. Ağır metallerden kaynaklanan kirlilik, su kütlelerine ve dolayısıyla sucul canlılar için ciddi bir tehlike oluşturur. Ağır metal kirleticilerle birlikte bulunan uranyumun çevreye verdiği zarar nedeniyle önemli bir çevresel sorun olarak kabul edilmiştir. (Akash ve ark., 2022). Uranyuma maruz kalan çeşitli bitki türlerinde, büyüme hızını ve verimini olumsuz etkileyen fitotoksikite gözlemlenmektedir. Radyasyon, bitki hücrelerini yok ederek morfolojik değişikliklere sebep olur. Ayrıca tatlı su omurgasızlarında da gıda yoluyla alınan uranyumun olumsuz etkileri görülmektedir. Daha ileri testler, bu türlerin hem yiyecek hem de su yoluyla kronik olarak uranyuma maruz kaldıklarını ve bunun sonucunda fizyolojik süreçlerin bozulduğunu ve büyüme hızlarının yavaşladığını ortaya koymuştur (Bergmann ve ark., 2018).

2.MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. İstasyonların Tespiti ve Numunelerin Alınması

Karadeniz Bölgesi'ndeki Küre Dağları'nın Gündüzlü Ormanlarından doğan Karasu Deresi, Güneyden kuzeye doğru akarak Erfelek ilçesine kadar uzanır ve suyu Sinop ilinin 8 km batısındaki Aklıman sahilinden Karadeniz'e dökülür. Karasu Deresi'nin uzunluğu yaklaşık 80 kilometredir ve geniş tabanlı bir vadide akar. Karasu Deresi'ni besleyen başlıca akarsular ise Tasnak, Kınık, Ramlı, Hasan, Çatak ve Çakçak dereleridir (Çarlı, 2015).

Karasu deresi, bölge halkı için sulama (mısır, pirinç, meyve, sebze vb.), hayvancılık (büyükbaş ve küçükbaş hayvanların su ihtiyacının karşılanmasında) ve rekreasyon (piknik, olta balıkçılığı, yüzme, doğa yürüyüşü gibi aktiviteler) gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Dere aynı zamanda, ılıman Karadeniz iklimine özgü yaprak döken ağaçlar (*kayın, gürgen, meşe, kızılğaç*), çalılar (*fındık, defne, böğürtlen*) ve otlaklardan oluşan bitki örtüsü ve çeşitli balık türleri gibi zengin ve hassas bir ekosistemi de barındırmaktadır. Bu nedenle, Karasu deresinin su kalitesinin korunması ve sürdürülebilirliği hem insan sağlığı hem de biyolojik çeşitlilik açısından büyük önem taşımaktadır.

Karasu deresi üzerinde farklı özelliklere sahip üç istasyon belirlenmiştir. Çevre kirleticilerini tespit etmek amacıyla dereden alınan sediment örnekleri, farklı kimyasal ve fiziksel özellikler göz önünde bulundurularak belirli istasyonlardan toplanmıştır. 1.İstasyon: Çobanlar köyü, Sinop merkezine 16 km uzaklıktadır. Koordinatı 36T 667805 4648395'dir. Ormanlık alana yakın bölgededir. Tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu bir bölgededir. Tarımda kullanılan kimyasalların sulama kanalları ve yağmur suyu ile Karasu deresine ulaşma olasılığı dikkate alınmıştır. 2.İstasyon: Sinop Havalimanı mevki, yerleşim alanının yakınında bulunmakta olup Sinop merkez köylerine yakın ve insan faaliyetlerinin yoğun olduğu bölgededir. Koordinatı 36T 670450 4653100'dür. Bu bölge tarım arazilerinin yoğun olduğu ve hastane atıklarının Karasu deresine karışma ihtimalinin olduğu alandır. 3.İstasyon: Dibekli Köyü Aklıman mevki. Koordinatı 36T 670520 4655453'tür. Karasu deresinin denizle birleştiği bölgedir. Sinop şehir merkezindeki Aklıman yerleşim bölgesinde ve bölgenin etkisi altındadır. Karasu Deresi'nin topografik yapısı ve örneklerin alındığı istasyonlar Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Karasu Deresi'nin topografik yapısı ve örneklerin alındığı istasyonlar (Google Earth, 10.12.2024)

Çalışma Nisan-Eylül 2023 tarihleri arasında aylık periyotlar halinde gerçekleştirilmiş olup, belirlenen üç istasyondan aylık olarak alınan örneklerle toplamda 18 sediment örneği analiz edilmiştir. Sediment örnekleri, dere boyunca belirlenen istasyonların her birinden; steril eldivenle, yaklaşık 15 cm derinlikten mikrobiyolojik analiz için steril kaplar (100 ml) ile toplanmıştır. Alınan numuneler güneş ışığından korunarak en kısa sürede ve soğuk (4°C) zincir sağlanarak laboratuvara taşınmıştır.

2.2. Karasu Deresi'nin Özellikleri

Karasu Deresi'nin geçtiği alan, ılıman Karadeniz iklimine sahiptir. Bu iklim tipi, ılık ve yağışlı kışlar ile sıcak ve kurak yazlar ile karakterizedir. Nisan-Eylül 2023 döneminde ortalama sıcaklık 21°C civarında olup, ortalama yağış miktarı ise 54 kg'dır. Yaz aylarında, özellikle ağustos ayında yağış miktarı azalmakta ve sıcaklıklar artmakta, bu durum dere debisinin düşmesine neden olmaktadır. Karasu Deresi, bölgedeki yağış rejimi ve yeraltı suyu kaynakları tarafından beslenmektedir. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan veriler sonucu Nisan-Eylül 2023 döneminde Sinop ilinin yağış ve sıcaklık ortalamaları Tablo 2.2 ve Tablo 2.3'te gösterilmiştir.

Tablo 2.2 Nisan-Eylül 2023 döneminde Sinop ilinin yağış ortalamaları

Aylık Toplam Yağış (mm=kg÷m²) OMGi

Yıl/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2023				51.8	45.2	140.6	72.8	1.4	12.2			

Tablo 2.3 Nisan-Eylül 2023 döneminde Sinop ilinin sıcaklık ortalamaları

Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)

Yıl/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2023				13.0	15.5	21.6	25.3	26.3	22.9			

Karasu Deresi'nin akış rejimi, bölgedeki yağış rejimi ve yeraltı suyu kaynakları tarafından kontrol edilmektedir. Dere debisi, genellikle sonbahar ile kış aylarında yüksek, ilkbahar ile yaz aylarında ise düşüktür. Bu mevsimsel değişimler, deredeki su akış hızı, sediment taşınımı, su sıcaklığı gibi parametreleri etkilemektedir.

Karasu Deresi'nin havzasının kullanım dağılımı, dereye farklı kaynaklardan gelen kirleticilerin çeşitliliğini ve miktarını etkilemektedir. Örneğin, ormanlık alanlardan organik maddeler ve erozyon kaynaklı sedimentler, tarım alanlarından gübre ve pestisit kalıntıları, yerleşim yerlerinden ise evsel ve endüstriyel atık sular dereye taşınabilmektedir. Karasu Deresi, bölge halkı için hayati öneme sahip bir su kaynağıdır ve çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır:

2.2.1. Sulama: Karasu Deresi, özellikle orta ve aşağı kesimlerinde yer alan tarım alanlarının sulanmasında kullanılmaktadır. Başlıca sulama yapılan tarım ürünleri arasında mısır, pirinç, sebze ve meyveler bulunmaktadır. Sulama suyu ihtiyacı, yaz aylarında artmakta ve bu durum dere debisinde azalmaya neden olabilmektedir. Bu nedenle, sulama suyu kullanımı, deredeki su kaynaklarının yönetimi ve korunması açısından önemli bir faktördür.

2.2.2. Hayvancılık: Karasu Deresi'nin havzasında, genellikle büyükbaş ve az da olsa küçükbaş hayvancılık yapılmaktadır. Dere suyu, hayvanların su ihtiyacının

karşılanmasında kullanılmaktadır. Hayvancılık faaliyetleri, dereye organik atık ve hayvan dışkıları girdisi yoluyla su kalitesini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, hayvancılık faaliyetlerinin dereye olan etkisinin azaltılması için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

2.2.3. Rekreasyon: Karasu Deresi ve çevresi, doğal güzellikleri ve rekreasyonel olanakları ile bölge halkı ve turistler tarafından ziyaret edilmektedir. Piknik, olta balıkçılığı, yüzmeye, doğa yürüyüşü gibi aktiviteler, Karasu Deresi'nin rekreasyonel kullanımına örnek olarak verilebilir. Rekreasyonel faaliyetler, dereye çöp, plastik atıklar ve diğer kirleticilerin girmesine neden olabilir. Bu nedenle, rekreasyon alanlarında çevre temizliği ve atık yönetimi konusunda duyarlılığın artırılması gerekmektedir.

2.3. Deneyde Kullanılan Cihazlar

Sediment örneklerinde krom (Cr), kobalt (Co), nikel (Ni), bakır (Cu), çinko (Zn), kadmiyum (Cd), alüminyum (Al), arsenik (As), kurşun (Pb) ve uranyum (U) parametreleri IC_MS cihazı ile Sinop Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarında çalışılmıştır.

3.BULGULAR

3.1. Sediment Analiz Sonuçları

Karasu Deresi'nden Nisan-Eylül 2023 döneminde toplanan sediment örneklerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen veriler, aşağıdaki grafik ve tablolarda sunulmaktadır. Bu çalışmada, sediment örneklerinde on farklı ağır metal (krom (Cr), kobalt (Co), nikel (Ni), bakır (Cu), çinko (Zn), kadmiyum (Cd), alüminyum (Al), arsenik (As), kurşun (Pb) ve uranyum (U)) analiz edilmiştir. Bu veriler, üç istasyonda (İstasyon 1, İstasyon 2 ve İstasyon 3) aylık olarak ölçülen değerler ve standart hatası olarak ifade edilmiştir.

Tablo 3.1 Karasu Deresi'nden alınan sediment örneklerinde incelenen ağır metallerin aylara göre analiz sonuçları

		27 Al		52 Cr		59 Co		60 Ni		63 Cu	
		Conc. [ppb]	Conc. RSD	Conc. [ppb]	Conc. RSD	Conc. [ppb]	Conc. RSD	Conc. [ppb]	Conc. RSD	Conc. [ppb]	Conc. RSD
NİSAN	1. İSTASYON	6053494,05	0,95	17123,78	1,84	2825,52	0,88	14257,75	0,27	3828,19	2,89
NİSAN	2. İSTASYON	16103870,73	1,15	41660,43	1,04	6862,76	0,55	31877,43	1,07	9493,62	0,88
NİSAN	3. İSTASYON	12143526,38	0,42	28000,69	0,53	4111,32	0,63	22051,84	0,15	6975,31	1,68
MAYIS	1. İSTASYON	11977220,31	0,15	26965,54	1,22	4354,51	0,31	25556,59	0,67	7288,72	0,46
MAYIS	2. İSTASYON	19101490,97	2,07	40010,22	0,99	6574,76	2,48	32210,37	0,85	10802,29	2,11
MAYIS	3. İSTASYON	13665880,94	1,17	31970,51	0,78	5864,36	0,93	26267,63	0,57	7698,40	1,08
HAZİRAN	1. İSTASYON	9515335,79	6,50	26721,01	0,64	4427,60	1,70	22084,00	0,50	7624,80	1,24
HAZİRAN	2 İSTASYON	22599509,86	1,47	52316,46	0,42	7713,61	1,11	40886,38	0,37	12762,14	0,30
HAZİRAN	3. İSTASYON	19331988,87	1,87	41297,11	0,73	6730,68	1,18	34644,68	0,94	11417,35	0,65
TEMMUZ	1. İSTASYON	4600049,44	1,11	17162,02	1,20	2431,52	0,59	9985,78	0,99	3521,52	1,62
TEMMUZ	2. İSTASYON	24181862,60	1,15	51136,02	0,83	8346,13	0,34	38972,20	1,02	14338,92	2,35
TEMMUZ	3. İSTASYON	19204404,58	0,96	39843,03	1,67	5940,77	1,04	32797,13	0,77	11248,70	1,97
AĞUSTOS	1 İSTASYON	14231444,67	2,03	34994,32	0,08	6529,01	1,07	28960,81	0,60	8201,95	1,83
AĞUSTOS	2. İSTASYON	27941430,32	1,35	53685,05	0,71	9803,71	1,03	44208,83	1,01	16329,11	1,69
AĞUSTOS	3. İSTASYON	25028164,40	1,25	51200,42	1,37	9092,67	0,04	37149,27	0,76	14379,04	1,71
EYLÜL	1. İSTASYON	10853522,92	0,97	30636,01	1,48	4251,81	1,44	21279,58	0,85	6453,18	0,34
EYLÜL	2. İSTASYON	15224148,09	1,22	42274,54	1,28	6514,76	0,51	29228,51	1,59	10616,79	0,67
EYLÜL	3. İSTASYON	11303856,90	1,60	31206,51	0,63	5594,96	0,37	25404,70	0,71	8381,45	0,45

Tablo 3.1'in devamı

		66 Zn		75 As		111 Cd		206 Pb		238 U	
		Conc. [ppb]	Conc. RSD	Conc. [ppb]	Conc. RSD	Conc. [ppb]	Conc. RSD	Conc. [ppb]	Conc. RSD	Conc. [ppb]	Conc. RSD
NİSAN	1. İSTASYON	15416,60	4,17	1758,80	2,00	41,78	2,41	2462,33	0,78	174,96	2,08
NİSAN	2. İSTASYON	25299,05	1,07	2827,54	1,03	74,00	1,55	5788,35	0,70	308,97	0,96
NİSAN	3. İSTASYON	22981,52	1,97	1814,61	2,86	54,14	1,14	3862,56	0,52	213,55	1,16
MAYIS	1. İSTASYON	15435,65	0,37	1584,63	1,30	54,00	1,77	4206,00	1,59	242,89	1,94
MAYIS	2. İSTASYON	24386,76	0,86	4059,43	2,59	88,61	3,37	7366,44	0,81	362,59	1,66
MAYIS	3. İSTASYON	18727,83	0,81	2956,90	0,51	72,39	2,23	5257,23	1,88	348,20	0,95
HAZİRAN	1. İSTASYON	15982,54	1,89	2392,04	3,28	70,08	1,74	4826,72	1,81	322,57	2,42
HAZİRAN	2 İSTASYON	29619,73	1,16	3754,83	2,73	96,14	2,70	7137,29	1,14	425,43	0,88
HAZİRAN	3. İSTASYON	22564,55	0,47	2917,23	4,37	77,55	1,75	6741,77	0,81	363,82	0,28
TEMMUZ	1. İSTASYON	10926,08	2,41	1809,72	0,99	36,76	1,87	2329,97	0,98	233,38	1,44
TEMMUZ	2. İSTASYON	27942,80	3,49	4159,22	1,61	91,54	1,33	12163,90	0,61	470,03	1,95
TEMMUZ	3. İSTASYON	23323,18	2,25	2098,51	3,16	79,56	1,90	8979,22	1,68	301,07	2,54
AĞUSTOS	1 İSTASYON	19477,82	2,05	4789,75	1,38	65,47	2,57	5268,82	0,74	312,84	0,61
AĞUSTOS	2. İSTASYON	30009,74	1,04	2562,88	2,79	109,09	1,58	10017,74	1,18	494,58	0,66
AĞUSTOS	3. İSTASYON	27805,84	1,27	4470,77	0,46	94,49	3,98	8958,12	0,47	427,80	0,96
EYLÜL	1. İSTASYON	14251,93	3,31	1734,67	2,01	53,96	2,77	4234,19	1,68	263,79	1,89
EYLÜL	2. İSTASYON	21316,52	3,41	3916,28	1,27	72,50	1,87	5865,65	0,66	460,77	0,78
EYLÜL	3. İSTASYON	17974,44	1,17	2049,93	2,38	66,02	2,19	5284,21	0,66	382,01	0,30

Tablo 3.1’de görüldüğü gibi, incelediğimiz tüm ağır metaller arasında en yüksek konsantrasyonlar yerleşim yeri yakınında bulunan İstasyon 2 (Sinop Havalimanı mevki) ’de ölçülmüştür. En düşük ağır metal konsantrasyonları ise genellikle dere kaynağına yakın olan İstasyon 1 (Çobanlar Köyü)’de ölçülmüştür.

Karasu Deresi sedimentlerinde incelenen ağır metal konsantrasyonlarına bakıldığında tüm istasyonlarda en fazla bulunan ağır metalin alüminyum (Al), en az bulunan ağır metalin kadmiyum (Cd) olduğu görülmüştür. Çalışmamızı yaptığımız Karasu Deresi’nin sediment örneklerindeki ağır metal miktarları belirlenmiştir. İncelemiş olduğumuz parametreler aşağıda yorumlanmıştır.

Krom (Cr): Sediment numunelerinin analiz sonuçlarına göre krom konsantrasyonlarının en yüksek değeri tüm istasyonlarda ağustos ayında, en düşük değeri ise 1. İstasyon ve 3. İstasyonda nisan ayında, 2. İstasyonda mayıs ayında olduğu tespit edilmiştir.

Kobalt (Co): Sediment numunelerinin analiz sonuçlarına göre kobalt konsantrasyonlarının en yüksek değeri tüm istasyonlarda ağustos ayında, en düşük değeri ise 1. İstasyon ve 3. İstasyonda nisan ayında, 2. İstasyonda eylül ayında olduğu tespit edilmiştir.

Nikel (Ni): Sediment numunelerinin analiz sonuçlarına göre nikel konsantrasyonlarının en yüksek değeri tüm istasyonlarda ağustos ayında, en düşük değeri ise 1. İstasyonda temmuz, 2. İstasyonda eylül ve 3. İstasyonda nisan ayında olduğu tespit edilmiştir.

Bakır (Cu): Sediment numunelerinin analiz sonuçlarına göre bakır konsantrasyonlarının en yüksek değeri tüm istasyonlarda ağustos ayında, en düşük değeri ise 1. İstasyonda temmuz, 2. İstasyon ve 3. İstasyonda nisan ayında olduğu tespit edilmiştir.

Çinko (Zn): Sediment numunelerinin analiz sonuçlarına göre çinko konsantrasyonlarının en yüksek değeri tüm istasyonlarda ağustos ayında, en düşük değeri ise 1. İstasyonda temmuz, 2. İstasyon ve 3. İstasyonda eylül ayında olduğu tespit edilmiştir.

Kadmiyum (Cd): Sediment numunelerinin analiz sonuçlarına göre kadmiyum konsantrasyonlarının en yüksek değeri 1. İstasyonda haziran, 2. İstasyon ve 3. İstasyonda

ağustos ayında, en düşük değeri ise 1. İstasyonda temmuz, 2. İstasyonda eylül ve 3. İstasyonda nisan ayında olduğu tespit edilmiştir.

Alüminyum (Al): Sediment numunelerinin analiz sonuçlarına göre alüminyum konsantrasyonlarının en yüksek değeri tüm istasyonlarda ağustos ayında, en düşük ise değeri 1. İstasyonda temmuz, 2. İstasyon ve 3. İstasyonda eylül ayında olduğu tespit edilmiştir.

Arsenik (As): Sediment numunelerinin analiz sonuçlarına göre arsenik konsantrasyonlarının en yüksek değeri 1. İstasyon ve 3. İstasyonda ağustos, 2. İstasyonda temmuz ayında, en düşük değeri ise 1. İstasyonda mayıs, 2. İstasyonda ağustos ve 3. İstasyonda nisan ayında olduğu tespit edilmiştir.

Kurşun (Pb): Sediment numunelerinin analiz sonuçlarına göre kurşun konsantrasyonlarının en yüksek değeri 1. İstasyonda ağustos ayında, 2. İstasyon ve 3. İstasyonda temmuz, en düşük değeri ise 1. İstasyonda temmuz, 2. İstasyon ve 3. İstasyonda nisan ayında en düşük olduğu tespit edilmiştir.

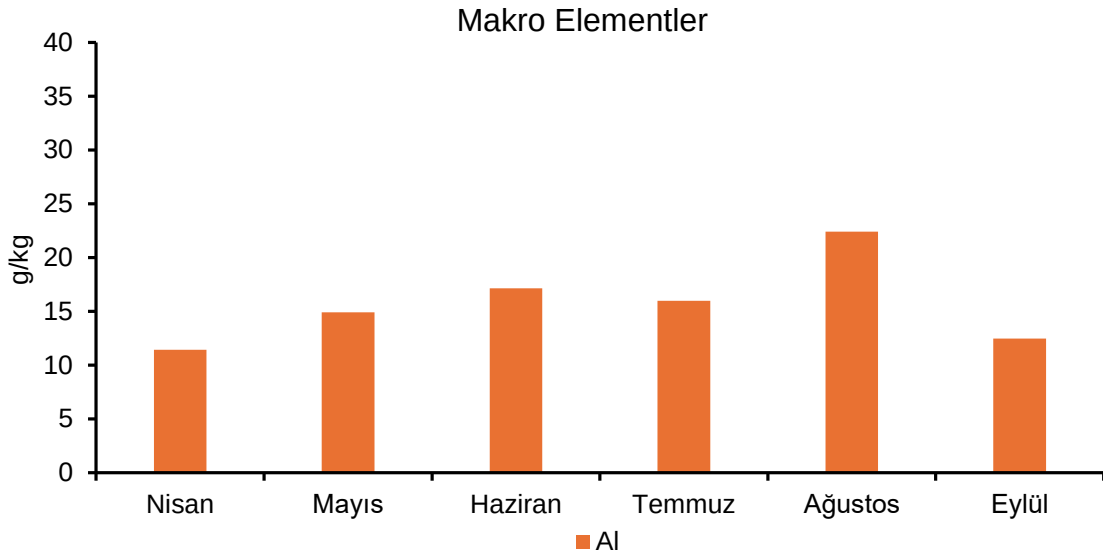
Uranyum (U): Sediment numunelerinin analiz sonuçlarına göre uranyum konsantrasyonlarının en yüksek değeri 1. İstasyonda haziran ayında, 2. İstasyon ve 3. İstasyonda ağustos, en düşük değeri ise tüm istasyonlarda nisan ayında olduğu tespit edilmiştir.

3.1.1. Makro Elementler

Bu çalışmadaki sediment örneklerinde incelenen Makro Elementlerden alüminyum (Al) ağır metalinin Nisan-Eylül 2023 arasında üç istasyonda alınan örnekler sonucunda çıkan istatistiksel analizi elde edilmiştir. Elde edilen sonuçların ortalaması Tablo 3.1.1 ve Şekil 3.1.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1.1 Karasu Deresi’nden alınan sediment örneklerinde incelenen makro elementlerin (Al) aylara göre analiz sonuçları

Makro Elementler (g/kg)						
Elementler	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Al	11.43±1.46 ^c	14.91±1.08 ^{bc}	17.15±1.97 ^{ab}	16.00±2.94 ^{bc}	22.40±2.09 ^a	12.46±0.70 ^c



Şekil 3.1.1 Karasu Deresi’nden alınan sediment örneklerinde incelenen makro elementlerin (Al) aylara göre analiz sonuçları

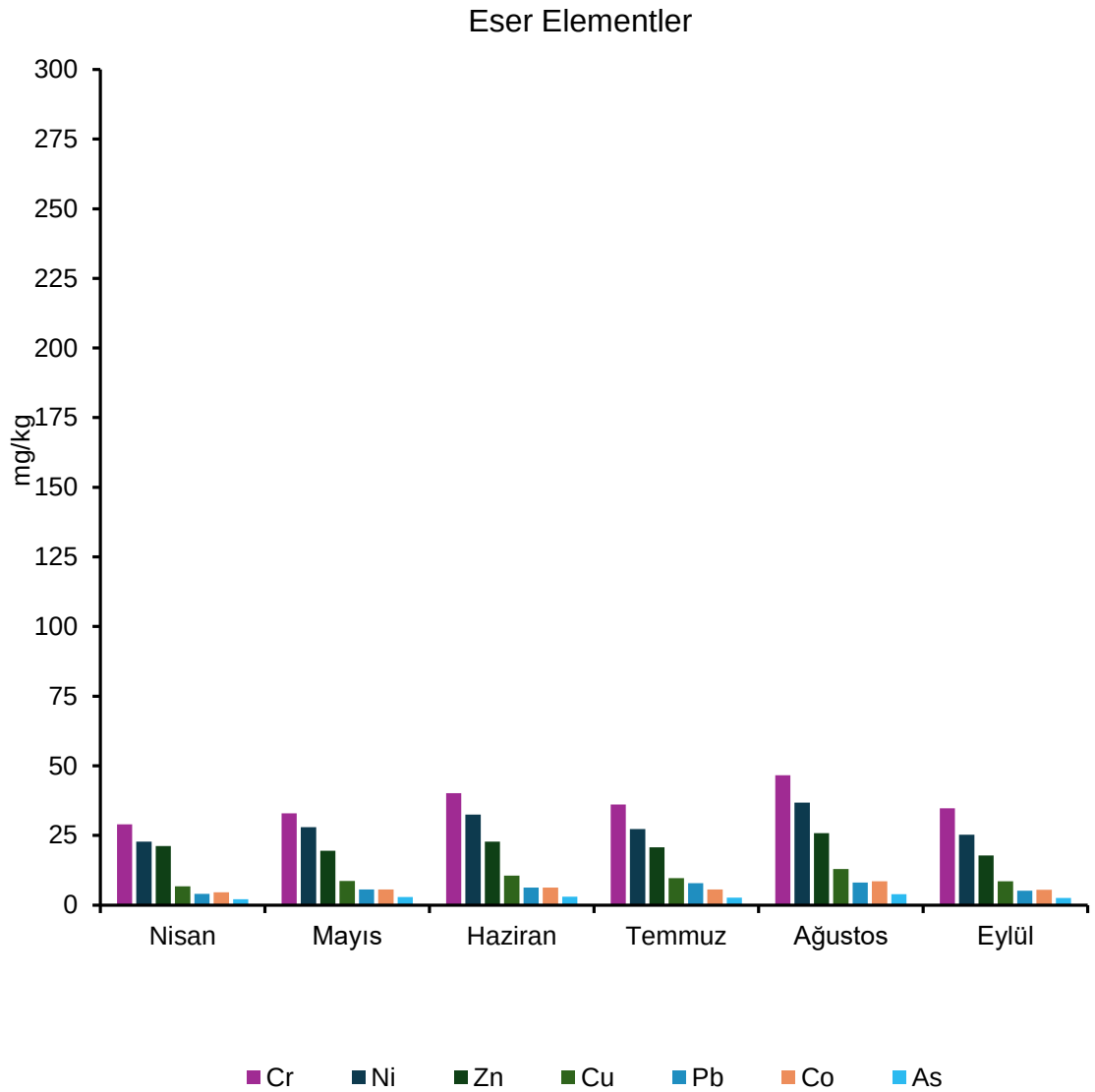
En fazla alüminyum konsantrasyonu ağustos ayında ölçülmüştür. Ağustos ayında yağışların azalması, sıcaklığın, tarımsal faaliyetlerin ve nüfusun artması nedeniyle meydana geldiği düşünülmektedir.

3.1.2. Eser Elementler

Bu çalışmadaki sediment örneklerinde incelenen eser elementlerden krom (Cr), kobalt (Co), nikel (Ni), bakır (Cu), çinko (Zn), arsenik (As) ve kurşun (Pb) ağır metallerinin Nisan-Eylül 2023 arasında üç istasyonda alınan örnekler sonucunda çıkan istatistiksel analizi elde edilmiştir. Elde edilen sonuçların ortalaması Tablo 3.1.2 ve Şekil 3.1.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1.2 Karasu Deresi'nden alınan sediment örneklerinde incelenen eser elementlerin aylara göre analiz sonuçları

Elementler	Eser Elementler (mg/kg)					
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Cr	28.93±3.55 ^c	32.98±1.90 ^{bc}	40.11±3.71 ^{ab}	36.05±5.02 ^{bc}	46.63±2.93 ^a	34.71±1.90 ^{bc}
Ni	22.73±2.55 ^c	28.01±1.06 ^{bc}	32.54±2.77 ^{ab}	27.25±4.41 ^{bc}	36.77±2.20 ^a	25.30±1.15 ^{bc}
Zn	21.23±1.50 ^{ab}	19.52±1.31 ^{bc}	22.72±1.97 ^{ab}	20.73±2.55 ^b	25.76±1.61 ^a	17.85±1.03 ^c
Cu	6.77±0.82 ^c	8.60±0.56 ^{bc}	10.60±0.77 ^{ab}	9.70±1.61 ^b	12.97±1.23 ^a	8.48±0.60 ^{bc}
Pb	4.04±0.48 ^c	5.61±0.47 ^{bc}	6.24±0.36 ^{ab}	7.82±1.45 ^a	8.08±0.72 ^a	5.13±0.24 ^{bc}
Co	4.60±0.60 ^c	5.60±0.33 ^{bc}	6.29±0.49 ^b	5.57±0.86 ^{bc}	8.48±0.50 ^a	5.45±0.33 ^{bc}
As	2.13±0.17 ^c	2.87±0.36 ^{bc}	3.02±0.20 ^b	2.69±0.37 ^{bc}	3.94±0.35 ^a	2.57±0.34 ^{bc}



Şekil 3.1.2 Karasu Deresi'nden alınan sediment örneklerinde incelenen eser elementlerin aylara göre analiz sonuçları

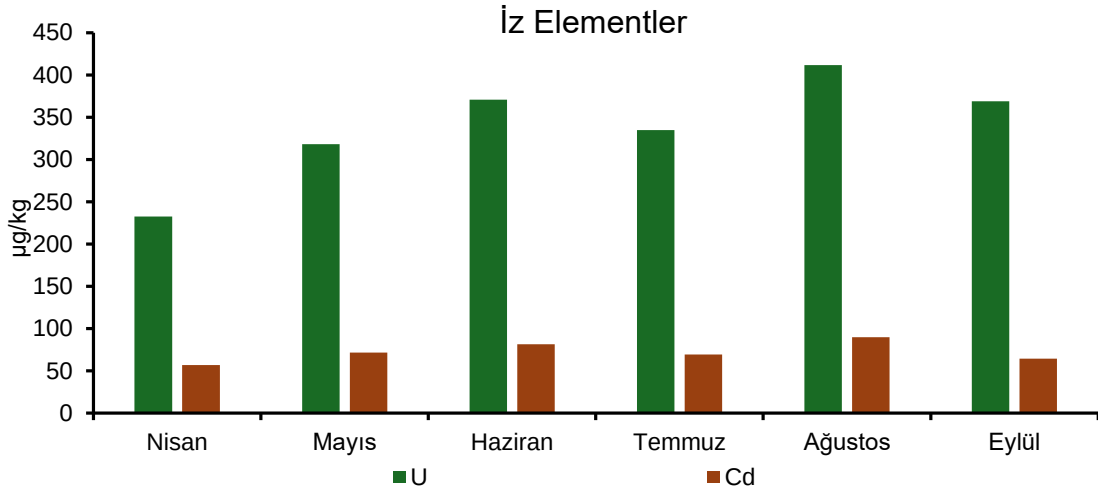
En fazla krom (Cr), kobalt (Co), nikel (Ni), bakır (Cu), çinko (Zn), arsenik (As) ve kurşun (Pb) konsantrasyonu ağustos ayında ölçülmüştür. Ağustos ayında yağışların azalması, sıcaklığın, tarımsal faaliyetlerin ve nüfusun artması nedeniyle meydana geldiği düşünülmektedir.

3.1.3. İz Elementler

Bu çalışmadaki sediment örneklerinde incelenen iz elementlerden kadmiyum (Cd) ve uranyum (U) ağır metallerinin Nisan-Eylül 2023 arasında üç istasyonda alınan örnekler sonucunda çıkan istatistiksel analizi elde edilmiştir. Elde edilen sonuçların ortalaması Tablo 3.1.3 ve Şekil 3.1.3'te gösterilmiştir.

Tablo 3.1.3 Karasu Deresi'nden alınan sediment örneklerinde incelenen iz elementlerin aylara göre analiz sonuçları

İz Elementler (µg/kg)						
Elementler	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
U	232.49±19.93 ^c	317.89±18.92 ^b	370.61±15.01 ^{ab}	334.83±35.24 ^b	411.74±26.55 ^a	368.86±28.64 ^{ab}
Cd	56.64±4.70 ^c	71.67±5.03 ^{bc}	81.26±3.91 ^{ab}	69.29±8.32 ^{bc}	89.68±6.45 ^a	64.16±2.75 ^c

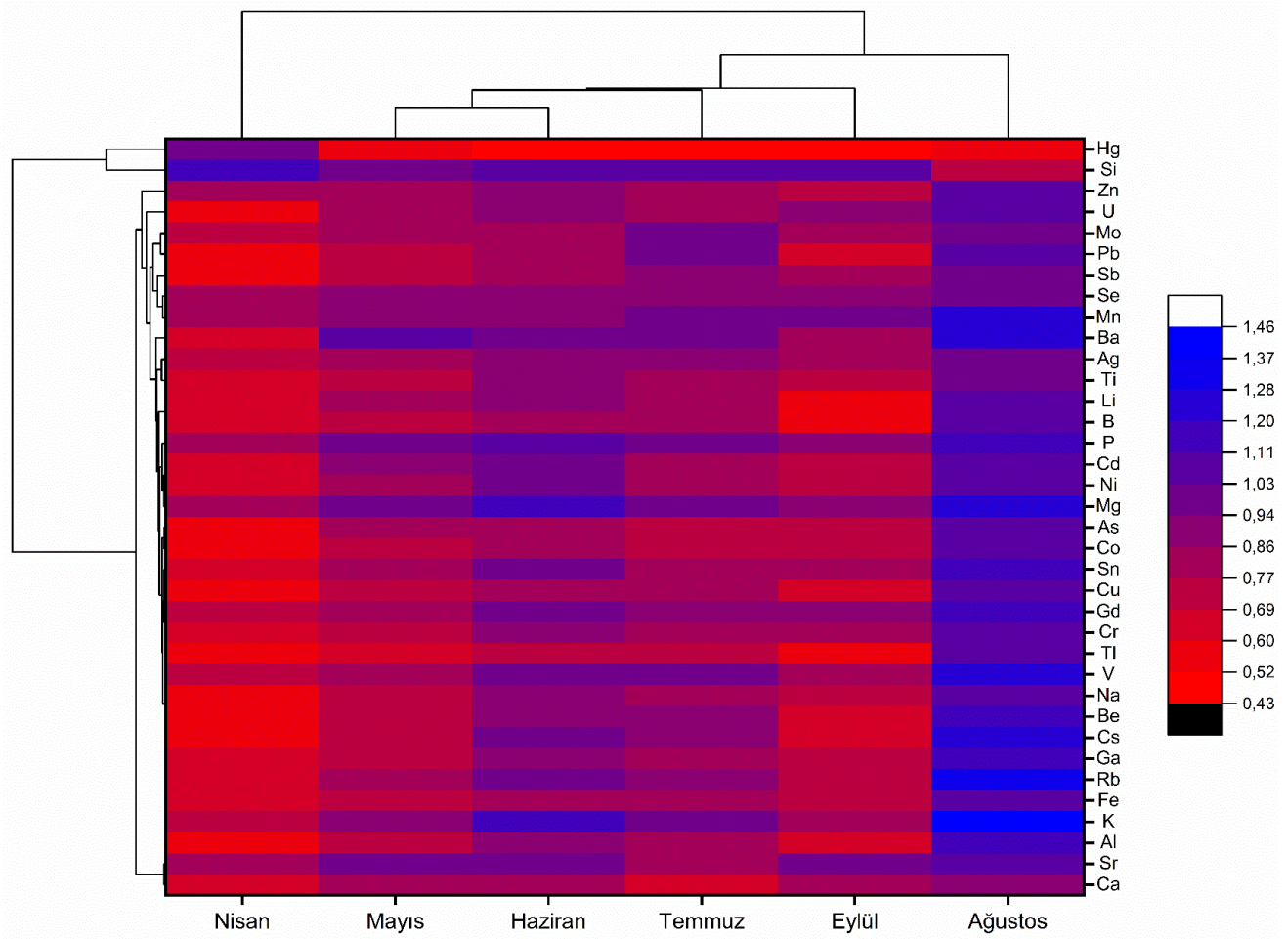


Şekil 3.1.3 Karasu Deresi'nden alınan sediment örneklerinde incelenen iz elementlerin aylara göre analiz sonuçları

En fazla kadmiyum (Cd) ve uranyum (U) konsantrasyonu ağustos ayında ölçülmüştür. Ağustos ayında yağışların azalması, sıcaklığın, tarımsal faaliyetlerin ve nüfusun artması nedeniyle meydana geldiği düşünülmektedir.

3.2. Sediment Analiz Sonuçları ile Ortaya Çıkan Tüm Elementler

Tablo 3.2 Karasu Deresi'nden alınan sediment örneklerinde incelenen tüm elementlerin aylara göre analiz sonuçları



Nisan-Eylül 2023 arasında üç istasyonda alınan örnekler sonucunda çıkan sediment analiz sonuçları ile incelenen tüm minerallerin en fazla konsantrasyonu Tablo 3.2'de de görüldüğü gibi genel olarak ağustos ayında ölçülmüştür. Ağustos ayında yağışların azalması, sıcaklığın, tarımsal faaliyetlerin ve nüfusun artması nedeniyle meydana geldiği düşünülmektedir.

3.3. İstatistiksel Analizler

İstatistiksel analizlerinin gerçekleştirilmesinde Minitab (Sürüm 21.4.2) (State Collage, PA, US) paket programı kullanılmıştır. Ham verilerin dağılımının normallik düzeyi Kolmogorow–Smirnov testi ile değerlendirilmiş, tüm verilerin normal dağılım sınırları içerisinde olduğunun belirlenmesinin ardından tek yönlü varyans analizi (One–way ANOVA) ile Fisher LSD (Least Significant Difference – En Küçük Anlamlı Fark) testi gerçekleştirilmiştir ($p<0.05$).

Verilerin düzenlenmesi, ortalama ve standart hata kontrolleri ise Microsoft Excel (Sürüm 2204, Derleme 15128.20224) (Redmond, WA, US) programı ile gerçekleştirilmiştir.

Dendogramlı ısı haritasına ait tüm analizler OriginPro (Sürüm 2024 SR1, Derleme 10.1.0.178) (OriginLab Corp., Northampton, MA, US) programı ile gerçekleştirilmiştir. Dendogram grafiğini elde etmek üzere ham verilere ait paralellerden ($n=9$) aylara ve mineral maddelere ait medyanlar hesaplanmış ve Pearson korelasyonu ile değerlendirilmiştir.

4. TARTIŞMA

Karasu Deresi'nin sedimentlerinde ağır metal kirliliğinin incelenmesi üzerine yapılan bu çalışma, Nisan-Eylül 2023 dönemini kapsayan bir araştırmadır. Karasu Deresi'nin su kalitesini etkileyebilecek potansiyel kirlilik kaynakları arasında evsel atık sulardan kaynaklanan kanalizasyon suları (deterjanlar, temizlik ürünleri ve kişisel bakım ürünlerinden kaynaklanan ağır metaller) ve foseptik çukurlarından sızan suların arıtılmadan dereye deşarjı, tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübre ve pestisitlerin drenaj yoluyla dereye taşınması, dere kenarında bulunan tesislerin (atölyeler ve işletmeler) atık sularının deşarjı, egzoz gazlarından kaynaklanan kirleticiler, atmosferik birikim ile taşınan ağır metaller ve tozlar (endüstriyel emisyonlar, trafik kaynaklı kirleticiler, uzak mesafeli taşınım, orman yangınları) sayılabilir.

Sediment analiz sonuçları incelendiğinde tüm ağır metaller için en yüksek konsantrasyonlar yerleşim yerlerine yakın olan İstasyon 2 (Sinop Havalimanı mevki)de ölçülmüştür. Bu durum, yerleşim yeri yakınında bulunan istasyonun insan faaliyetlerinden fazlasıyla etkilendiğini göstermektedir.

Karasu Deresi'nin denizle birleştiği bölgeye yakın olan İstasyon 3 (Dibekli köyü Aklıman mevki)te ise kirletici konsantrasyonları ikinci yüksek oranda ölçülmüştür. İstasyon 3 Sinop şehir merkezindeki Aklıman yerleşim bölgesinde ve bölgenin etkisi altındadır. İstasyon 2 kadar yerleşim yerine yakın olmamakla beraber İstasyon 1 kadar da insan faaliyetlerinden uzakta değildir. Bu durum incelenen ağır metallerin ortalama değerlerde sonuçlar vermesine sebep olduğu düşünülmektedir.

Dere kaynağına yakın olan İstasyon 1'de ise kirletici konsantrasyonları daha düşüktür. Bu durum, İstasyon 1 (Çobanlar Köyü)'in insan faaliyetlerinden nispeten uzak ve doğal koşulların daha baskın olduğu bir nokta olmasından kaynaklanmaktadır.

Farklı istasyonlar arasında sediment kalitesi açısından anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Özellikle ağır metaller bakımından İstasyon 2, diğer istasyonlardan anlamlı olarak farklılık göstermektedir.

Bu kirlilik kaynaklarından kaynaklanan ağır metaller sedimentte birikerek sucul ekosistem ve insan sağlığı için risk oluşturabilir. Özellikle, Karasu Deresi'nin geçtiği yerleşim yerlerinin nüfus yoğunluğu, tarım alanlarında kullanılan gübre ve pestisit türleri

(organofosfatlar, organoklorürler, piretroidler, neonicotinoidler) dikkate alındığında, Karasu Deresi'nin sediment kalitesinin olumsuz etkilenmiş olabileceği düşünülmektedir.

Karasu Deresi sediment kalitesinin aylık değişimler gösterdiği, ağustos ayında yağışların azalması ve sıcaklığın artması ile dere debisinin düşmesiyle kirletici konsantrasyonlarının yoğunlaştığı görülmektedir.

Elde edilen analiz sonuçları Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinin “Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri”ne göre incelendiğinde;

Alüminyum (Al) konsantrasyonlarının 0.3 - 1 g/kg değerleri aralığında olması gerekirken tüm istasyonlarda ve tüm aylarda bu değer aralığından yüksek seviyede ölçülmüştür.

Krom (Cr) konsantrasyonlarının 0 – 0.05 mg/kg değerleri aralığında olması gerekirken tüm istasyonlarda ve tüm aylarda bu değer aralığından yüksek seviyede ölçülmüştür.

Nikel (Ni) konsantrasyonlarının 0.02 – 0.2 mg/kg değerleri aralığında olması gerekirken tüm istasyonlarda ve tüm aylarda bu değer aralığından yüksek seviyede ölçülmüştür.

Çinko (Zn) konsantrasyonlarının 0.2 - 2 mg/kg değerleri aralığında olması gerekirken tüm istasyonlarda ve tüm aylarda bu değer aralığından yüksek seviyede ölçülmüştür.

Bakır (Cu) konsantrasyonlarının 0.02 – 0.2 mg/kg değerleri aralığında olması gerekirken tüm istasyonlarda ve tüm aylarda bu değer aralığından yüksek seviyede ölçülmüştür.

Kurşun (Pb) konsantrasyonlarının 0.01 – 0.05 mg/kg değerleri aralığında olması gerekirken tüm istasyonlarda ve tüm aylarda bu değer aralığından yüksek seviyede ölçülmüştür.

Kobalt (Co) konsantrasyonlarının 0.01 – 0.2 mg/kg değerleri aralığında olması gerekirken tüm istasyonlarda ve tüm aylarda bu değer aralığından yüksek seviyede ölçülmüştür.

Arsenik (As) konsantrasyonlarının 0.02 – 0.1 mg/kg değerleri aralığında olması gerekirken tüm istasyonlarda ve tüm aylarda bu değer aralığından yüksek seviyede ölçülmüştür.

Uranyum (U) konsantrasyonlarının 500 – 5000 µg/kg değerleri aralığında olması gerekip tüm istasyonlarda ve tüm aylarda bu değer aralığında ölçülmüştür.

Kadmiyum (Cd) konsantrasyonlarının 3 – 10 µg/kg değerleri aralığında olması gerekirken tüm istasyonlarda ve tüm aylarda bu değer aralığından yüksek seviyede ölçülmüştür.

Karasu Deresi'nden Nisan-Eylül 2023 tarihleri arasında alınan sediment örneklerinin yapılan analizi sonucunda Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinin “Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri”ne göre incelediğimiz ağır metallerden uranyum (U) hariç diğer ağır metaller yüksek seviyede ölçülmüş olup analiz sonuçları içme suyu kalitesi değerlerini karşılamamaktadır.

Bu çalışmanın sonuçları, Karasu Deresi'nin su kalitesi yönetimi, korunması ve iyileştirilmesi için bilimsel ve teknik temel oluşturacak ve karar verme süreçlerine katkı sağlayacaktır. Elde edilen veriler, Sinop Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Devlet Su İşleri (DSİ) 74. Şube Müdürlüğü, Tarım ve Orman Bakanlığı Sinop İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Sinop Belediyesi gibi yerel yetkililerin, çevre koruma kuruluşlarının (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü) ve su kaynakları yönetimiyle ilgilenen diğer paydaşların (üniversiteler (Sinop Üniversitesi), STK'lar (TEMA Vakfı, Doğal Hayatı Koruma Vakfı), bölge halkı) su kaynaklarını korumak, kirliliği önlemek ve iyileştirme çalışmaları yürütmek (atık su arıtma tesislerinin kurulması ve işletilmesi, tarımsal uygulamalarda iyi tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması, endüstriyel atık suların denetimi ve arıtılması, erozyon kontrolü (ağaçlandırma, teraslama), halka yönelik eğitim ve bilinçlendirme çalışmaları) için bilimsel dayanak oluşturacak ve gerekli önlemleri almalarına yardımcı olacaktır. Ayrıca, çalışma sonuçları, Karasu Deresi'nde yaşayan sucul organizmaların ve bölge halkının sağlığının korunması, biyolojik çeşitliliğin devamlılığı ve ekosistem hizmetlerinin (su temini, gıda üretimi, rekreasyon, iklim düzenlemesi, su döngüsü) sürdürülebilirliği açısından da önem taşımaktadır. Bu çalışma, Karadeniz Bölgesi'ndeki diğer akarsular (örneğin, Melen Çayı, Sinop Nehri) ve benzer ekosistemlerdeki (akarsu havzaları, kıyısız alanlar) sediment kirliliği araştırmaları için de bir model oluşturabilir ve gelecekte yapılacak çalışmalara ışık tutabilir.

Sönmez ve ark. (2012), Karasu Nehri'nde belirlenen 5 istasyondan alınan su örneklerinde, demir (Fe), nikel (Ni), manganez (Mn), çinko (Zn), bakır (Cu), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) ağır metal yoğunluğu incelenmiştir. Ortaya çıkan veriler sonucunda yapılan değerlendirmede, nehrin yüksek düzeyde kirlilik tehdidiyle karşı karşıya olduğu ve bu durumun devam etmesi halinde ekosistemin olumsuz etkileneceği sonucuna varılmıştır.

Özbay ve ark. (2013), Mersin sınırları içinde olan Berdan Çayı'nda, mevsimsel olarak alınan sediment örneklerindeki alüminyum (Al), kurşun (Pb), çinko (Zn), manganez (Mn), kadmiyum (Cd), demir (Fe), krom (Cr), nikel (Ni) ve bakır (Cu) ağır metallerinin yoğunluğu incelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, ağır metal konsantrasyonları $Fe > Al > Mn > Ni > Cr > Zn > Cu > Pb > Cd$ olarak sıralanmıştır. Berdan Çayı'nın kirlilik tehdidi altında olduğu sonucuna varılmıştır.

Kır ve Tumantozlu (2012), Nisan 2009 ile Mart 2010 tarihleri arasında Karacaören-II Barajı'ndaki kirlilik sebeplerini belirlemek için sediment, su ve sazan balığından doku örnekleri alınmıştır. Elde edilen örneklerden cıva (Hg), kurşun (Pb), demir (Fe), çinko (Zn), kadmiyum (Cd), bakır (Cu), alüminyum (Al), manganez (Mn), krom (Cr) ve stronsiyum (Sr) konsantrasyonları incelenmiştir. Göl suyunun pH değeri 7,42 ile 8,02 aralığında ölçülmüştür. Suyun yapılan analizinde en çok birikimin stronsiyum (Sr) olduğu, sedimentte ise demir (Fe) olduğu elde edilmiştir. Sazan balıklarının farklı dokularından alınan örneklerde en çok birikimin demir (Fe) olduğu görülmüştür. Genel olarak ise solungaç ve karaciğer dokularındaki ağır metal yoğunluğunun kas dokusuna nazaran daha fazla olduğu görülmüştür.

Gökten (2013), Çorum sınırları içinde olan Yenihayat, Hatap, Alaca ve Çomar baraj göletlerinden sediment ve su numuneleri alınarak çinko (Zn), demir (Fe), kadmiyum (Cd), bakır (Cu), kurşun (Pb) ve krom (Cr) ağır metal yoğunlukları mevsimsel olarak incelenmiştir. Aynı zamanda Yenihayat baraj gölünden alınan toprak, yosun örneklerinde çinko (Zn), demir (Fe), kadmiyum (Cd), bakır (Cu), kurşun (Pb) ve krom (Cr) ağır metallerinin yoğunlukları mevsimsel olarak incelenmiştir. Örnek alınan 4 barajdan, kadmiyum (Cd) hariç diğer ağır metallerin WHO ve TSE standartlarına uygun olduğu tespit edilmiştir.

Yılıg r (2012), Bafa Gölü'nün kirliliğini tespit etmek amacıyla g lden sediment numuneleri alınmıştır. Alınan sediment numunelerinden cıva (Hg),  inko (Zn), kurşun (Pb), krom (Cr), demir (Fe), manganez (Mn), bakır (Cu) ve nikel (Ni) metallerinin konsantrasyonları incelenmiştir. Radyometrik yöntem kullanılarak karot örneklerinden yakın zaman tarihlemesi yapılmış ve sedimentin çökelme hızı elde edilmiştir. Aynı zamanda sediment numunelerinde fizikokimyasal parametreler, karbonat analizleri, g l suyuna ait akıntı ölçümleri, organik karbon ve tane boyu tayin edilmiştir.

Kannan ve ark. (2008), Endüstriyel atık suların etkilediğı Pulicat G l n n (Hindistan) 6 farklı istasyonundan alınan sediment, su ve yeşil alg örneklerinden kurşun (Pb), krom (Cr) ve kadmiyum (Cd) ağır metalleri incelenmiştir. Kadmiyum (Cd) ve krom (Cr) yoğunluğunun sedimentte daha fazla ancak kurşun yoğunluğunun yeşil alglerde daha fazla olduğı tespit edilmiştir. Yeřil alg örnekleri ve sedimentlerde ağır metal yoğunluğı Cd>Cr>Pb, su örneklerinde ise Cr>Pb>Cd olarak sıralandığı görülmüştür.

Akbaba (2010), 2009 yılının Mayıs ve Eylül tarihlerinde Kars  ayı'nın sedimentinde, suyunda ve Kars  ayı'nda avlanan Karabalıkların solungaç, kemik ve kas dokularında kadmiyum (Cd), manganez (Mn), kurşun (Pb), bakır (Cu),  inko (Zn), nikel (Ni) ve demir (Fe) ağır metallerinin konsantrasyonları incelenmiştir. Metal konsantrasyonuna göre incelendiğinde ağır metal sıralaması sediment>su>kemik>solungaç>kas şeklinde olduğı görülmüştür.

Kır ve ark. (2007), Kovada g l nde 05.04.2005 ile 23.02.2006 tarihleri arasında sediment ve sudaki bazı ağır metaller analiz edilmiştir. Suda en fazla ağır metal yoğunluğunun demir (Fe) olduğı görülmüştür. Aynı zamanda, ağır metal analiz sonuçlarında en fazla değerlerin ilkbahar ve kış aylarında olduğı tespit edilmiştir. Sedimentlerde ise en yüksek ağır metal yoğunluğunun alüminyum (Al) olduğı görülmüştür.

Literatürde incelediğimiz çalışmalara bakıldığında yaptığımız çalışmaya benzer şekilde olan nehir, g l, gölet, çay ve baraj gibi sucul ortamlarda bulunan su ve sediment numunelerinde ağır metal kirliliğı incelenmiştir. Bunun sonucunda elde ettiğimiz bulgulara benzer şekilde genel olarak alüminyum (Al) konsantrasyonları yüksek, kadmiyum (Cd) konsantrasyonları ise düşük olarak ölçülmüştür.

5. SONUÇ

Bu çalışma, Karasu Deresi'nin sediment kalitesi hakkında önemli bilgiler sağlamış ve dere ekosisteminin insan faaliyetlerinden etkilendiğini göstermiştir. Elde edilen bulgular, Karasu Deresi'nin korunması ve iyileştirilmesi için gerekli önlemlerin alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

Karasu Deresi'nde ağır metal kirliliğini azaltmak için aşağıdaki önlemler alınabilir:

Endüstriyel Atıkların Düzenli Denetimi: Derelere ağır metallerin karışmasının en önemli nedenlerinden biri sanayi atıklarıdır. Bu atıkların düzenli olarak denetlenmesi ve uygun arıtma sistemleriyle temizlenmesi gerekmektedir.

Tarımda Kimyasal Kullanımının Sınırlandırılması: Tarım ilaçları ve gübrelerin yanlış kullanımı, ağır metallerin su kaynaklarına karışmasına yol açabilir. Bu yüzden çevre dostu tarım yöntemleri teşvik edilmeli ve kimyasal kullanımı sınırlanmalıdır.

Atık Yönetimi ve Geri Dönüşüm: Katı atıkların ve endüstriyel atıkların doğru şekilde yönetilmesi, ağır metallerin suya karışmasını engeller. Ayrıca, geri dönüşüm uygulamalarının yaygınlaştırılması da kirlletici maddelerin azalmasına yardımcı olur.

Sanayi ve Evsel Atıkların Arıtılması: Evsel ve sanayi atıklarının derelere deşarj edilmeden önce arıtılması gerekir. Su arıtma tesislerinin etkin çalışması sağlanmalı ve atıkların doğrudan su kaynaklarına bırakılması önlenmelidir.

Eğitim ve Bilinçlendirme: Yerel halk ve endüstriyel işletmelerin çevre koruma konusunda eğitilmesi, ağır metal kirliliği ile mücadelede önemli bir adımdır. Kirliliğin önlenmesi için herkesin bilinçli bir şekilde hareket etmesi gerekmektedir.

Ekosistem İzleme ve Denetim: Derelerin düzenli olarak izlenmesi, kirlletici kaynakların tespit edilmesi ve bu kaynakların ortadan kaldırılması için etkili denetimlerin yapılması önemlidir. Çevresel izleme programları ile su kalitesi sürekli izlenmelidir.

Yasal Düzenlemeler ve Cezai Yaptırımlar: Ağır metal kirliliği ile mücadelede etkili yasal düzenlemeler yapılmalı ve bu kurallara uymayanlar için cezai yaptırımlar uygulanmalıdır. Bu önlemler, derelerdeki ağır metal kirliliğini azaltarak ekosistem sağlığını korumaya yardımcı olabilir.

Gelecekte yapılacak çalışmalar, bu çalışmada elde edilen bulguları destekleyecek, eksik kalan noktaları tamamlayacak ve Karasu Deresi'nin su kalitesi yönetimi için daha kapsamlı bir bilgi birikimi sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Acı, İ. (2015). *Gökkuşluğu alabalığı, Oncorhynchus mykiss (Walbaum, 1792)'de ağır metal birikimi*. [Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi], Elazığ.
- Akash, S., Sivaprakash, B., Vadivel Raja, V. C., Rajamohan, N., Muthusamy, G., (2022). Remediation techniques for uranium removal from polluted environment – Review on methods, mechanism and toxicology, *Environmental Pollution* 302: 119068.
- Akaydın, A. (2014). *Doğu Karadeniz sularından yakalanan ekonomik öneme sahip bazı balık türlerinde ağır metal birikiminin değerlendirilmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi], Giresun.
- Akbaba, G. B. (2010). *Kars Çayının Suyunda, Sedimentinde ve Buradan Avlanan Karabalıklarda (Capoeta capoeta capoeta Guldenstaedt, 1772) Bazı Ağır Metallerin Derişim Düzeylerinin İncelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi], Fen Bilimleri Enstitüsü, Kars.
- Akın, G., Güleç, E., Sağır, M., Gültekin, T., Bektaş Y. (2005). Yaşlanma ve yaşlanmayı geciktiren çevresel etmenler. *III. Ulusal Yaşlılık Kongresi*, 16-19.
- Aksu, M. (2023). *Sapanca Gölü'nün su ve sedimentinin pestisit kirliliği açısından incelenmesi*. Investigation of the lake of Sapanca water and sediment in terms of pesticide pollution. [Yayınlanmış doktora tezi, Sakarya Üniversitesi], Sakarya.
- Arslan, Ç., Parlak, H., Katalay, S. (2005). Ege denizinde yaşayan balıkların (*Gobius niger* L., 1758) karaciğer dokusundaki bazı ağır metallerin birikimi. *Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi*, 22, 385-388.
- Atabey, E.. (2005). Tıbbi Jeoloji. *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*, 88.
- Atalık, A. (2006). Küresel ısınmanın su kaynakları ve tarım üzerine etkileri. *Bilim ve Ütopya*, 139, 18-21.
- Başaran, G. (2010). *Kapulukaya baraj gölü (Kırıkkale) ve aşağı havzası su, sediment ve sucul bitki örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi* [Doctoral dissertation, Doktora Tezi, Kırıkkale Üniversitesi], Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- Baysal, A. (1989). *Genel Beslenme Bilgisi*. Hatipoğlu.
- Benjamin, C.L., Garman, G.R., Funston, J.H. (1997). *Human Biology*. New York, WCB/Mc Graw-Hill Companies.
- Bergmann, M., Sobral, O., Pratas, J., Graça, M.A., (2018). Uranium toxicity to aquatic invertebrates: a laboratory assay. *Environmental Pollution*, 239, 359–366.

Bigersson, B., Sterner, O., Zimerson, E., (1988). Cheime und Gesundheit "Eineverstndliche Einfhhrung in die Toxikologie." *VCH Verlagsgesellschaft*. ISBN:3-527-26455-8.

Bissen, M., Frimmel, F.H., (2003a). Arsenic—a review. Part I: occurrence, toxicity, speciation, and mobility. *Acta Hydrochim Hydrobiol.* 31, 9-18.

Bissen, M., Frimmel, F.H., (2003b). Arsenic—a review. Part II: oxidation of arsenic and its removal in water treatment. *Acta Hydrochim Hydrobiol.* 31, 97-107.

Bradl, H. B. (2005). *Heavy Metals in the Environment: origin, interaction and remediation*. Elsevier.

Campbell, P.G.C., Tessier. A., (1996). Ecotoxicology of metals in aquatic environments: geochemical aspects. *Ecotoxicology: A hierarchical treatment*, 11-58.

Cervantes, C., Campos-Garcia, J., Devars, S., Gutiérrez-Corona, F., Loza-Tavera, H., Torres-Guzmán, J.C., Moreno-Sánchez, R., (2001). Interactions of chromium with microorganisms and plants. *FEMS Microbiology reviews*, 25, 335-347.

Çarlı, U. (2015). *Karasu Çayı ve Sırakaraağaçlar Deresi'nde bazı fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik parametrelerin araştırılması*. [Yüksek Lisans Tezi, Sinop Üniversitesi], Fen Bilimleri Enstitüsü, Sinop, 136s.

Dağlı, H. (2005). İçmesuyu kalitesi ve insan sağlığına etkileri. *Bizim İller. İller Bankası Aylık Yayın Organı*, 3, 16-21.

Duffus, J. H., Howard G.J. Worth, (1996). *Fundamental toxicology for chemists.*, Royal Society of Chemistry.

Duffus, JH., (2002). Heavy metals a meaningless term? (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*.74(5), 793-807.

Egemen, Ö. (2000). Çevre ve Su Kirliliği. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları*, 26.

Erel, S.S. (1978). *Evde Kullanılan Araç ve Gereçler*. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.

Gleick, P.H. (1996). Encyclopedia of climate and weather. *Water Resour*, 2, 817-823.

Gökten, A. (2013). *Çorum ili barajlarındaki su, sediment, toprak ve biyolojik materyallerde ağır metal izlenmesi ve değerlendirilmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi] Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Güler, Ç., Çobanoğlu, Z. (1994). *Sağlıklı içme sularının nitelikleri*. Su Kirliliği, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, 12-30.

Güler, Ç., Çobanoğlu, Z. (1997) *Kimyasallar ve Çevre*, TC Sağlık Bakanlığı Temel Kaynak Dizisi, 50.

Haga, Y., Clyne, N., Hatroi, N., Hoffman-Bang, C., Pehrsson, S.K., Ryden, L., (1996). Impaired myocardial function following chronic cobalt exposure in an isolated rat heart model. *Trace Elem Electrolytes*, 13(2), 69-74.

Haviland, William.A. (2002). *Kültürel Antropoloji* (Çev: Hüsamettin İnaç, Seda Çiftçi). No: 143. Sosyoloji Serisi.Kaktüs Yayınları.

Himes, J.H. (1991). *Anthropometrics Assessment of Nutritional Status*. New York: A John Wiley and Sons. Inc. Publication.

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S. (2001). Metallerin çevresel etkileri-I. *Metallurji dergisi*, 136, 47-53.

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., (2008). Metallerin Çevresel Etkileri-I. *İTÜ Metallurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Ders Notları*.

Kalyoncu, H., Özcan, C., Tekin-Özkan, S., (2016). Isparta Deresi'nin su ve sedimentlerindeki ağır metal birikiminin incelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 7, 268-280.

Kannan, S., Batvari, D., Lee, K., Kannan, N., Krishnamoorthy, R., Shanthi, K., Jaryaprakash, M. (2008). Assessment of heavy metals (Cd, Cr and Pb) in water, sediment and seaweed (*Ulva lactuca*) in the pulicat lake. *Chemosphere*, 71, 1233-1240.

Kaptan, H. (2014). *Eğirdir Gölü (Isparta) 'nın suyunda, sedimentinde ve gölde yaşayan sazan (Cyprinus carpio L., 1758) 'ın bazı doku ve organlarındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi], Isparta.

Karademir M, Toker M.C. (1995). Ankara'nın Bazı Kavşaklarında Yetişen Çim ve Bitkilerde Egzoz Gazlarından Gelen Kurşun Birikimi. *II. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi*, 699-711.

Karpuzcu, M. (2007). *Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü*, 9. Baskı, Kubbealtı Yayınları, İstanbul.

Katz S. A., Salem H., (1994). *The biological and environmental chemistry of chromium*. VCH Publishers, New York.

Keleş, R. Hamamcı, C., (1993). *Çevrebilim*. İmge Kitapevi Yayınları, Ankara.

Kır, İ., Tuncay, Y., Tekin, S. (2007). Kovada Gölü'nün su ve sedimentlerindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişimi. *Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi*, 24, 155-158.

Kır, İ., Tumantozlu, H., (2012). Karacaören-II Baraj Gölündeki su, sediment ve sazan (*Cyprinus carpio*) örmeklerindeki bazı ağır metal birikiminin incelenmesi. *Ekoloji Dergisi*, 21(82), 65-70.

Kiracı, A. (2014). *Azap Gölü'nün sedimentlerindeki ve sularındaki ağır metal miktarlarının belirlenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi], Aydın.

Linder, M.C., Hazegh-Azam, M., (1996). Copper biochemistry and molecular biology. *The American journal of clinical nutrition*, 63(5), 797S-811S.

Mandal, B.K., Suzuki, K.T., (2002). Arsenic around the world: a review. *Talanta*, 58, 201–235.

Nagpal, N.K. (2004). *Ambient Water Quality Guidelines for Cobalt: Overview Report*. Water Protection Section, Water, Air and Climate Change Branch, Ministry of Water, Land and Air Protection.

Ng, J.C. (2005). Environmental contamination of arsenic and its toxicological impact on humans. *Environmental Chemistry*, 2, 146–160.

Okcu M, Tozlu E, Kumlay AM, Pehlivan M. (2009). Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri. *Alınları Zirai Bilimler Dergisi*, 17(2), 14-26.

Okudan M. (2009). *Kobalt ve Molibden İçeren Kullanılmış Hidrodesülfürizasyon (HDS) Katalizör Atıklarına Asidik ve Alkali Liç Uygulaması*. [Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi], Isparta.

Onur, E. (1997). Alüminyum toksisitesinin kalite kontrol açısından değerlendirilmesi. *Türk Nefroloji, Diyaliz ve Transplantasyon Dergisi*, 6(3-4).

Özbay, Ö., Göksu, Z., Alp, M., Sungur, M. (2013). Bardan Çay'ı (Tarsus-Mersin) sedimentinde ağır metal düzeylerinin araştırılması. *Ekoloji Dergisi*, 22(86), 68-74.

Özgüler, H. (1997). Su, su kaynakları ve çevresel konular. *Meteoroloji Mühendisliği. TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası Yayın Organı Sayı 2*, 57-63.

Özkor, B., Dulkadiroğlu, H. (2022). *Kızılırmak nehri sularında mikroplastik kirliliğinin araştırılması* [Yüksek Lisans Tezi, Hacı Bektaş Veli Üniversitesi], Nevşehir.

Palit S, Sharma A, Talukder G, (1994). Effects of cobalt on plants. *The botanical review*, 60, 149-181.

Parida, B.K., Cggibba, I.M., Nayyar, V.K., (2003). Influence of nickel contaminated soils on fenugreek (*Trigonella corniculata* L.) growth and mineral composition. *Scientia horticulturae*, 98, 113–119.

Savcı, S., Kırat, G., (2022). Nadir Toprak Elementi (NTE) Uranyumun Çevre Üzerine Olan Etkileri. *Geosound*, 56(1), 81-91.

Seven, T., Can, B., Darende, N. B., Ocak, S., (2018). Hava ve Toprakta Ağır Metal Kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2), 91-103.

Shanker, A.K., Cervantes, C., Loza-Tavera, H., Avudainayagam, S., (2005). Chromium toxicity in plants. *Environment international*, 31, 739–753.

Siegel, F. R. (2002). *Environmental geochemistry of potentially toxic metals* (Vol. 32). Berlin: springer.

Singh A, Sharma RK, Agrawal M, Marshall F. (2009). Effects of wastewater irrigation on physicochemical properties of soil and availability of heavy metals in soil and vegetables. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 40(21- 22), 3469-3490.

Smith, A.H., Hopenhayn, C., Bates, M.N., Goeden, H.M., Picciotto, I.H., Duggan, H.M., (1992). Cancer risks from arsenic in drinking water. *Environmental health perspectives*, 97, 259–267.

Solak, M., Doğan, M. (2000). Suyun özellikleri ve suyun kirliliği. *Su Kimyası. Erciyes Üniversitesi Yayınları*, 1-155, Kayseri.

Sönmez, A.Y., Hisar, O., Karataş, M., Arslan, G., Aras, M. S., (2008). *Sular Bilgisi*. Nobel Yayın Dağıtım A.Ş. Ankara.

Sönmez, A., Hisar, O., Yanık, T. (2012). Karasu ırmağında ağır metal kirliliğinin tespiti ve su kalitesine göre sınıflandırılması. *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(1), 69-77.

- Tetkik, M., Müdürlüğü, A. G. (2017). Dünyada ve Türkiye 'de Uranyum ve Toryum. *Maden Serisi*, 3, 1-29.
- Tien, C.J., (2002). Biosorption of metal ions by freshwater algae with different surface characteristics. *Process Biochemistry*, 38, 605-615.
- Topbaş, M., Brohi A., Karaman, M. (1998). *Çevre kirliliğine sebep olan faktörler. Çevre Kirliliği. Çevre Bakanlığı Yayınları*, 12-61, Ankara.
- Tornabene T. G., Edwards H. W., (1972). Microbial uptake of lead. *Science*, 176, 1334-1335.
- USEPA, (2005). *Ecological soil screening levels for cobalt*. Washington, DC: USEPA.
- Ustaoglu, F. (2017). *Pazarsuyu deresi (Bulancak-Giresun) su ve sediment kalitesinin belirlenmesi* [Doktora Tezi, Giresun Üniversitesi], Giresun.
- Vajpayee, P., Tripathi, R.D., Rai, U.N., Ali, M.B., Singh, S.N., (2000). Chromium (VI) accumulation reduces chlorophyll biosynthesis, nitrate reductase activity and protein content in *Nymphaea alba* L. *Chemosphere*, 41, 1075-1082.
- Welch, R. (1981). The biological significance of nickel. *Journal of Plant Nutrition*, 3, 345-356.
- WHO, (1996 b). Lead in Drinking Water, Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality, 2nd ed. Vol. 2, Health Criteria and Other Supporting Information, *World Health Organization*, Geneva.
- WHO, (1998). Aluminium in Drinking Water, Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality 2 nd ed. Addendum Vol. 2, *World Health Organization*, Geneva.
- Yang, X., Baligar, V.C., Martens, D.C., Clarks, R.B., (1996). Plant tolerance to Ni toxicity. I. Influx, transport and accumulation of Ni in four species. *Journal of plant nutrition*, 19, 73-85.
- Yanık, T., Atamanalp M., (2001). *Balık Yetiştiriciliğinde Su Kirliliğine Giriş*. Atatürk Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum.
- Yılğör, S. (2012). *Bafa Gölü Sedimanlarındaki Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması*. [Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi], Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Yılmaz T. (2015). *Ağır metallerin (kurşun, çinko, bakır ve kadmiyum) bazı karayosunu türlerinin klorofil içeriği üzerine etkisi*. [Yüksek Lisans Tezi, Ömer Halis Demir Üniversitesi], Niğde.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İlknur KARAAĞAÇ

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Bahçelievler Anadolu Lisesi, 2013

Lisans : Hacettepe Üniversitesi, 2018

Yüksek Lisans : Sinop Üniversitesi, 2025

Mesleki Deneyim

İş Yeri : İşçileri Bakanlığı, 2019

Yayın Listesi : Yoktur.