



AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



Berfu Naz SARIŞIN

KORUNAN ALANLARDA EKOLOJİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ: ALAKIR
ÇAYI YÜZEY SEDİMENTLERİ ÖRNEĞİ

Coğrafya Ana Bilim Dalı
Yüksek lisans Tezi

Antalya, 2023



AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



Berfu Naz SARIŞIN

KORUNAN ALANLARDA EKOLOJİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ: ALAKIR
ÇAYI YÜZEY SEDİMENTLERİ ÖRNEĞİ

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Çağlar ÇAKIR

Coğrafya Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Antalya, 2023
Akdeniz Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne,

Berfu Naz SARIŞIN 'ın bu çalışması, jürimiz tarafından Coğrafya Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Programı tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Şakir Fural

Üye (Danışmanı) : Dr. Öğr. Üyesi Çağlar Çakır

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Halil Hadimli

Tez Başlığı: Korunan Alanlarda Ekolojik Risk Değerlendirmesi: Alakır Çayı Yüzey Sedimentleri Örneği

Tez Savunma Tarihi : 21/07/2023

Mezuniyet Tarihi : 31/0/8/2023

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Korunan Alanlarda Ekolojik Risk Değerlendirmesi: Alakır Çayı Yüzey Sedimentleri Örneği” adlı bu çalışmanın, akademik kural ve etik değerlere uygun bir biçimde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım bütün eserlerin kaynakçada gösterildiğini ve çalışma içerisinde bu eserlere atıf yapıldığını belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

BERFU NAZ SARIŞIN





T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



16 / 08 / 2023

TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU BEYAN BELGESİ

Öğrenci Bilgileri	
Adı-Soyadı	Berfu Naz Sarışın
Öğrenci Numarası	202052064001
Anabilim Dalı	Coğrafya Ana Bilim Dalı
Programı	Coğrafya Tezli Yüksek Lisans
Danışman Öğretim Üyesi Bilgileri	
Unvanı, Adı-Soyadı	DR. ÖĞR. ÜYESİ ÇAĞLAR ÇAKIR
Yüksek Lisans Tez Başlığı	Korunan Alanlarda Ekolojik Risk Değerlendirmesi: Alakır Çayı Yüzey Sedimentleri Örneği
Turnitin Bilgileri	
Ödev Numarası	2146556201
Rapor Tarihi	16/08/2023
Benzerlik Oranı	Alıntılar hariç: %15 Alıntılar dahil: %18
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE, Yukarıda bilgileri bulunan öğrenciye ait tez çalışmasının a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana Bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 89 sayfalık kısmına ilişkin olarak Turnitin adlı intihal tespit programından Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esaslarında belirlenen filtrelemeler uygulanarak yukarıdaki detayları verilen ve ekte sunulan rapor alınmıştır. Danışman tarafından uygun olan seçenek işaretlenmelidir: (X) Benzerlik oranları belirlenen limitleri aşmıyor ise: Yukarıda yer alan beyanın ve ekte sunulan Tez Çalışması Orijinallik Raporunun doğruluğunu onaylarım. () Benzerlik oranları belirlenen limitleri aşıyor, ancak tez/dönem projesi danışmanı intihal yapılmadığı kanısında ise: Yukarıda yer alan beyanın ve ekte sunulan Tez Çalışması Orijinallik Raporunun doğruluğunu onaylar ve Uygulama Esaslarında öngörülen yüzdelik sınırlarının aşılmasına karşın, aşağıda belirtilen gerekçe ile intihal yapılmadığı kanısında olduğumu beyan ederim.	
Gerekçe:	
Benzerlik taraması yukarıda verilen ölçütlere uygun olarak tarafımda yapılmıştır. İlgili tezin orijinallik raporunun uygun olduğunu beyan ederim. Dr. Öğr. Üyesi Çağlar ÇAKIR	

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ	iv
TABLOLAR LİSTESİ.....	v
FOTOĞRAFLAR LİSTESİ.....	vi
HARİTALAR LİSTESİ.....	vii
GRAFİKLER LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xi
ÖNSÖZ.....	xii
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE

1.1. Element.....	11
1.2. Yaygın Bulunan Elementlerin Çevreye ve İnsan Sağlığına Etkileri	12
1.2.1. Kurşun (Pb).....	12
1.2.2. Arsenik (As).....	15
1.2.3. Cıva (Hg).....	16
1.2.4. Kadmiyum (Cd).....	18
1.2.5. Bakır (Cu).....	19
1.2.6. Krom (Cr).....	21
1.2.7. Çinko (Zn).....	22
1.2.8. Nikel (Ni).....	24
1.2.9. Alüminyum (Al).....	25
1.2.10. Manganez (Mn).....	26
1.2.11. Kobalt (Co).....	26
1.2.12. Demir (Fe).....	27
1.3. Ekolojik Risk.....	28

İKİNCİ BÖLÜM

ALAKIR ÇAYI'NIN DOĞAL VE BEŞERİ ÖZELLİKLERİ

2.1. Jeoloji.....	30
2.2. Jeomorfoloji.....	32
2.3. İklim.....	36
2.4. Bitki Örtüsü	38
2.5. Toprak.....	38
2.6. Nüfus ve Yerleşme.....	38

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YÖNTEM

3.1. Ekolojik Risk Verilerin Toplanması ve Düzenlenmesi.....	41
3.2. Örneklerin Hazırlanması ve Verilerin Analizi.....	45
3.3. Background Değerinin Hesaplanması.....	46
3.4. Ekolojik Risk İndeksleri.....	46
3.4.1. Zenginleşme Faktörü (EF).....	47
3.4.2. Kontaminasyon faktörü (CF).....	47
3.4.3. Modifiye kontaminasyon faktörü (mCd).....	48
3.4.4. Jeokümülyasyon İndeksi (Igeo).....	48
3.5. Toksik ve Ekolojik Risk Değerlendirmesi.....	48
3.5.1. Toksik Risk İndeksi (TRI).....	48
3.5.2. Ekolojik Risk İndeksi (ERİ).....	49
3.5.3. Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PER).....	50
3.6. Çok değişkenli İstatistiksel Analizler.....	50

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR

4.1. Çökel Örneklerindeki Elementlerin Ham Değerleri.....	51
4.2. Zenginleşme Faktörü (EF).....	52
4.3. Kontaminasyon faktörü (CF).....	55
4.4. Modifiye Kontaminasyon İndeksi (mCd).....	57
4.5. Jeokümülyasyon İndeksi (Igeo).....	58
4.6. Toksik ve Ekolojik Risk Değerlendirmesi.....	59
4.6.1 Toksik Risk İndeksi (TRI).....	59

4.6.2. Ekolojik Risk İndeksi (ERİ).....	60
4.6.3. Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PER).....	61
4.7. Çok değişkenli İstatistiksel Analizler.....	61
4.7.1 Pearson Korelasyon Analizi.....	61
4.7.2 Cluster (Kümeleme) Analizi.....	62
SONUÇ.....	64
KAYNAKÇA.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	72



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Falkenmark Su Kıtlığı İndeksi.....	1
Şekil 1.2. Alüminyumun Başlıca Kullanımı.....	25



TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Periyodik Tablo.....	11
Tablo 1.2. Kurşuna Maruz Kalınma İhtimalinin Bulunduğu Çalışma Alanlarında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar.....	14
Tablo 1.3. Çeşitli Alanlarda Kadmiyum Birikme Miktarları.....	21
Tablo 1.4. Kromun Başlıca Kullanım Alanları	21
Tablo 1.5. Çinkonun Yaygın Kullanım Alanları.....	23
Tablo 2.6. Kumluca İlçesi Aylara Göre Sıcaklık ve Yağış Değerleri.....	37
Tablo 2.7. Kumluca İlçesi'nde Yerleşme Şekilleri ve Tipleri.....	39
Tablo 3.8. Ana Kaya Örneklerindeki Element Konsantrasyonları.....	47
Tablo 4.9. Çökel Örneklerindeki Elementlerin Ham Değerleri (ekolojik risk indisi uygulanmamış konsantrasyon değerleri)	51
Tablo 4.10. Alakır Çayı Yüzey Çökeli Örneklerinin Zenginleşme Faktörü Değerleri.....	53
Tablo 4.11. Alakır Çayı Yüzey Çökeli Örneklerinin Kontaminasyon Faktörü Değerleri.....	55
Tablo 4.12. Alakır Çayı Yüzey Çökeli Örneklerinin Modifiye Kontaminasyon İndeksi Değerleri.....	57
Tablo 4.13. Alakır Çayı Yüzey Çökeli Örneklerinin Jeokümülayson İndeksi Değerleri.....	58
Tablo 4.14. Alakır Çayı Yüzey Çökeli Örneklerinin Toksik Risk İndeksi Değerleri.....	60
Tablo 4.15. Alakır Çayı Yüzey Çökeli Örneklerinin Modifiye Ekolojik Risk Faktörü Değerleri	60
Tablo 4.16. Alakır Çayı Yüzey Çökeli Örneklerinin Potansiyel Ekolojik Risk Faktörü Değerleri.....	61
Tablo 4.17. Pearson Korelasyon Analizi.....	63

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

Fotoğraf 2.1. Kireçtaşı.....	30
Fotoğraf 2.2. Yarma Vadi.....	33
Fotoğraf 3.3. Yatak Örneğinin Alınma Aşamaları.....	44
Fotoğraf 3.4. Ana kaya Örneği Alınması.....	45
Fotoğraf 3.5. Örneklerin Analize Hazırlanma Aşamaları.....	46



HARİTALAR LİSTESİ

Harita 1.1. Çalışma Sahasının Lokasyon Haritası.....	5
Harita 2.2. Alakır Çayı Jeoloji Haritası.....	31
Harita 2.3 Alakır Çayı Fiziki Haritası.....	34
Harita 2.4. Alakır Çayı Topoğrafya Haritası.....	35
Harita 3.5. Alakır Çayı Ana kaya ve Yatak Örnekleri Lokasyon Haritası.....	42
Harita 3.6. Alakır Çayı Arazi Kullanım Haritası.....	43



GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 2.1. Kumluca İlçesi Aylık Ortalama Sıcaklık (°C) (2007-2021).....	36
Grafik 2.2. Kumluca İlçesi Aylık Toplam Yağış Ortalaması (2007-2021).....	37
Grafik 2.3. Kumluca İlçesi Toplam Nüfus Grafiği (1960-2022).....	40
Grafik 4.4. Cluster (Kümeleme) Analizi	63



KISALTMALAR LİSTESİ

Al: Alüminyum

As: Arsenik

Cd: Kadmiyum

Cr: Krom

Co: Kobalt

Cu: Bakır

Fe: Demir

Hg: Cıva

Mn: Manganez

Ni: Nikel

Pb: Kurşun

Zn: Çinko

USEPA : Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

FAO : Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü

WHO: Dünya Sağlık Örgütü

MTA: Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü

ÖZET

Bu çalışma Alakır Çayı'ndaki potansiyel toksik element konsantrasyonlarının belirlenmesi ve bu konsantrasyonların ekolojik risk yaratıp yaratmadığının ortaya konulması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Alakır Çayı bünyesindeki potansiyel toksik element konsantrasyonlarına ilişkin bu derece kapsamlı bir ekolojik risk araştırması literatürde henüz yoktur. Bu araştırma literatürdeki bu eksikliği gidermeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda ekolojik indeksler, çok değişkenli istatistik analizler ve CBS yazılımları kullanılmıştır. Çalışma sahasından 12 yüzey çökeli örneği ve background değerini belirlemek amacıyla ana kayadan 8 adet örnek alınmıştır. Örnekler içerisindeki potansiyel toksik element konsantrasyonlarının doğal ve antropojenik konsantrasyonlarını belirlemek için; kontaminasyon faktörü, zenginleşme faktörü, modifiye kontaminasyon derecesi, modifiye ekolojik risk seviyesi, jeoakümülyasyon seviyesi, potansiyel ekolojik risk seviyesi ve toksik risk seviyesi kullanılarak risk değerlendirilmesi yapılmıştır.

Değerlendirme sonuçlarına göre, bazı noktalarda özellikle antropojenik kaynaklı As, Cd, Pb ve Hg konsantrasyonlarının yüksek değerde olduğu görülmüştür. Bu değerlerin yüksek olmasının en önemli nedeninin tarımsal faaliyetler olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sahası için genel bir değerlendirme yapıldığında ekolojik riskin olmadığı sonucu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ekolojik Risk, Alakır Çayı, Potansiyel toksik element, Çevre Sorunu, Yüzey Çökeli

SUMMARY

ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT IN PROTECTED AREAS: A SAMPLE OF ALAKIR STREAM SURFACE SEDIMENTS

This study was carried out to determine the potential toxic element concentrations in Alakır Stream and to determine whether these concentrations create an ecological risk. There is no such comprehensive ecological risk research in the literature regarding the potential toxic element concentrations in the Alakır Stream. This research aims to fill this gap in the literature. In this context, ecological indices, multivariate statistical analyzes and GIS software were used. 12 samples of surface sediments were taken from the study area and 8 samples were taken from the bedrock in order to determine the background value. To determine the natural and anthropogenic concentrations of potential toxic element concentrations in the samples; Risk assessment was made using contamination factor, enrichment factor, modified contamination degree, modified ecological risk level, geoaccumulation level, potential ecological risk level and toxic risk level.

According to the results of the evaluation, it was observed that the concentrations of As, Cd, Pb and Hg, especially of anthropogenic origin, were high at some points. It has been determined that the most important reason for these high values is agricultural activities. When a general evaluation was made for the research area, it was concluded that there was no ecological risk.

Keywords: Ecological Risk, Alakır Stream, Potential Toxic Element, Environmental Problem, Surface Sediment

ÖNSÖZ

Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışma kapsamında doğal bir koruma alanı olan Alakır Çayı yüzey çökellerindeki potansiyel toksik element konsantrasyonları belirlenerek, ekolojik risk değerlendirmesinin yapılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda belirlenen potansiyel toksik element konsantrasyon miktarlarının çeşitli indeksler kullanarak çalışma sahasında ekolojik risk yaratıp, yaratmadığı ortaya konulmuştur.

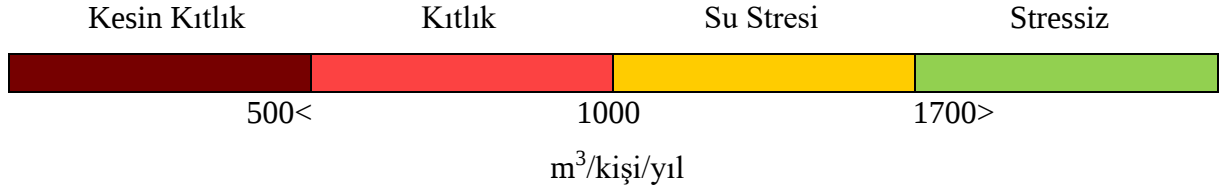
Başta eğitim hayatım boyunca benden maddi, manevi desteğini esirgemeyen anneannem Servet İŞİTAN' a ve her daim yanımda olup, bana sonsuz güvenen annem Filiz EROĞLU'na çok teşekkür ederim. Gerek lisans gerekse yüksek lisans eğitimim boyunca üzerimde büyük emeği olan ve bana her türlü desteği sağlayan hocam sayın Dr. Öğretim Üyesi ÇAĞLAR ÇAKIR'A sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tezimi deprem felaketinde hayatını kaybeden sınıf arkadaşım Onurcan Peköz'e ithaf ediyorum...

GİRİŞ

Su, dünyadaki canlı varlığı ve çeşitliliği açısından önemli doğal kaynaklardandır. Sanayi devrimine paralel olarak meydana gelen hızlı nüfus artışı, şehirleşme, yaygınlaşan endüstriyel faaliyetler ve tarımsal faaliyetler suya olan ihtiyacı arttırmıştır. Her geçen gün artan bu ihtiyaç gelecekte su kaynaklarına ulaşmayı zorlaştıracaktır. Dünya üzerindeki tatlı su kaynaklarının sadece %1’lik bir kısmından doğrudan yararlanılabildiği düşünülürse bu alanların hassasiyetle korunması ve bu konuda gerekli önemlerin alınması gerekmektedir.

FAO ve WWF tarafından yapılan araştırmalar, yakın gelecekte dünyada tatlı suya erişim sıkıntısının yaşanacağını öngörmektedir. Şüphesiz yaşanacak su krizi beraberinde birçok sağlık sorunu ve ekonomik sorunu da getirecektir. Bu yüzden sulak alanların korunması konusuna küresel ölçekte bakmak ve çözüm üretmek yerinde olacaktır.

Türkiye özelinde bakıldığında, Akdeniz havzası doğal ve beşeri özellikleri sonucu su zengin değildir (Yıldız, 2006). Bir bölgede ya da ülkede mevcut su varlığının belirlenmesinde bazı yöntemler vardır. Bu yöntemlerden biri Falkenmark göstergesidir (Şekil 1.1). “Kullanılabilir su bilançosu / toplam nüfus” formülü ile hesaplanmaktadır (Falkenmark, vd., 1989)



Şekil 1.1. Falkenmark Su Kıtlığı İndeksi

2022 yılında Türkiye’nin toplam nüfusu 85.279.553 kişidir. Kullanılabilir su bilançosu 112.000.000.000 m³’ tür. Türkiye’de kişi başına düşen su miktarı bu göstergeye göre 1.313 m³ seviyelerindedir. Buna göre Türkiye’nin su stresi olan bir ülke olduğu görülmektedir.

Sanayinin gelişmesiyle endüstri bölgelerinde elementlerin daha çok işlenmeye başlanmasıyla bu elementler atmosfere, hidrosfere ve pedosfere yayılmıştır (Kükrer, 2016). Sulak alanlarda oluşacak olası potansiyel toksik element kirliliği şüphesiz içerisinde barındırdığı canlıları, çeşitli faaliyetler için bu alandan faydalanan insanları etkilemektedir. İnsanların su kaynağını içmesiyle ya da suda yaşayan canlıları yemesiyle potansiyel toksik elementler vücuda alınmakta, bununla birlikte besin zincirinde de potansiyel toksik element konsantrasyonu artmaktadır. Ayrıca bu potansiyel toksik elementler çökellerde, toprakta birikim göstermekte ve çevre kirliliğine neden olmaktadır (Fural ve Kükrer,2021).

Bu bağlamda tezin amacı, I. Derece Doğal Sit Alanı olarak koruma altına alınan Alakır Çayı'nın potansiyel toksik element konsantrasyonlarını belirlemek, çeşitli indeksler kullanarak ekolojik risk değerlendirmesi yapmak ve bu konsantrasyonların artış nedenlerini ortaya koyarak potansiyel toksik element kirliliğinin önlenmesine katkı sağlamaktır.

Çeşitli bilim alanları tarafından çalışmalar yapılarak potansiyel toksik elementlerin çevreye olan olumsuz etkileri ortaya konulmuş, bu konuda öneriler getirilmiştir. Bu bilim dallarından biri de coğrafyadır. Genellikle çevre ve su ürünleri mühendisleri, kimyagerler, biyologlar, toprak bilimciler tarafından gerçekleştirilen element kaynaklı ekolojik risk araştırmalarının coğrafyacılar tarafından çalışılması oldukça yenidir. Doğal ortam üzerinde beşeri unsurların etkisiyle gerçekleşen bir çevre sorunu olan ekolojik risk, elbette doğal- ortam insan ilişkisini ortaya koyan coğrafya biliminden bağımsız düşünülemez. Ayrıca coğrafyacılar yaptıkları arazi çalışmalarıyla, arazi kullanımı bilgisiyle ve CBS sayesinde ürettikleri haritalarla bu konuda oldukça başarılılardır. Bu nedenle, ekolojik risk araştırmalarında coğrafya büyük öneme sahiptir.

Araştırma kapsamında yapılan literatür analizi sonucu ülkemizde sulak alanlarda coğrafyacılar tarafından yapılan ekolojik risk araştırmalarının hem sayı olarak hem de nitelik olarak yetersiz olduğu görülmüştür. Ülkemiz için büyük öneme sahip olan sulak alanlarda ekolojik risk değerlendirmelerinin gerekliliği saptanmıştır. Potansiyel toksik element konsantrasyonlarının artması ekolojik risk yaratmakta, hem çevre hem de canlılarda sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Tez konusu kapsamında da Alakır Çayı'n yüzey çökellerinde artan potansiyel toksik element konsantrasyonlarının ekolojik risk değerlendirmesi yapılarak, bu sahanın potansiyel toksik element kirliliğinin belirlenmesi ve Alakır Çayı'nın kirlilikten korunması için ilk adım atılmış olacaktır.

Potansiyel toksik element konsantrasyonları ve neden oldukları çevre sorunlarını değerlendirebilmek için geliştirilmiş birçok indeks bulunmaktadır. Bu indeksler ekolojik risk araştırmaları için oldukça önemlidir. Elementlerin doğal ve antropojenik konsantrasyonlarını belirlemek için; Kontaminasyon faktörü (CF) (Hakanson 1980), Zenginleşme faktörü (EF) (Sutherland, 2000) Modifiye kontaminasyon derecesi (mCd), Hakanson 1980), Jeokümülyasyon seviyesi (Igeo) (Müller, 1969) kullanılmaktadır.

Ekolojik risk değerlendirmesinin yapılması için; Toksik risk seviyesi (TRI), Kirlilik yük seviyesi (PLI), Modifiye potansiyel ekolojik risk seviyesi (mPER) (Hakanson 1980) gibi indeksler kullanılmaktadır (Fural ve Kükrer, 2021).

Potansiyel toksik element konsantrasyonlarının çevre üzerinde yarattığı etkiler o çevrenin bir parçası olan insanı ve dolayısıyla sağlığını da etkilemektedir. Elementlerin suda

artan konsantrasyonu, insanların orada yaşayan canlıları yemesiyle ya da suyu içme yoluyla besin zincirine geçmektedir. Antropojenik etkiler ile zenginleşen elementler ekolojik risk gibi insan sağlığı riski de yaratmaktadır. Elementlerin insan sağlığı riski üzerindeki etkileri çeşitli indeksler ile analiz edilmektedir.

Araştırmanın Önemi ve Amacı

Su stresi yaşanan ülkemize ve daha özeldir Akdeniz Havzası'na bakıldığında özellikle su kaynaklarının korunmasının ne kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır. Bu bağlamda sularımızda artan potansiyel toksik element kirliliğinin tespiti ve önlenmesi için gerekli araştırmaların yapılmasının önemi ortaya çıkmıştır.

Tez kapsamında araştırma sahası olan Alakır Çayı, endemik türlere de ev sahipliği yapan flora ve fauna çeşitliliği yüksek olan bir sahadır. Ayrıca mesire alanları ve doğal yapılarıyla da hem bölge halkı açısından hem de turistik açıdan önem taşımaktadır. Alakır Çayı, 2017 yılında, I. Derece Doğal Sit Alanı statüsünde, "Kesin Korunacak Hassas Alan", "Nitelikli Doğal Koruma Alanı" ve "Sürdürülebilir Koruma ve Kontrollü Kullanım Alanı" olarak tescil edilmiştir. Bu şekilde tescillenen alanlarda uygulanan bazı yönetmelikler vardır. Bu yönetmelikler çerçevesinde bazı beşeri müdahaleler tamamen yasaklanırken bazıları da sınırlı şekilde devam etmektedir.

Alakır Çayı üzerine kurulacak HES'lere özellikle bölge halkı tarafından tepki gösterilerek, çeşitli kampanyalar başlatılmış medyada da gündem olmuştur. HES'ler çevre sorunlarını tetikleyen antropojenik yapılardır. İnşa edilen HES'lere bağlı olarak su seviyesinde ciddi azalmalar meydana gelmiştir. Bu da element konsantrasyonunun artmasına neden olmaktadır. Bu önemli doğal alan korunmaya alınana kadar ne yazık ki beşeri birçok müdahaleye maruz kalmıştır. Araştırma kapsamında da doğal konsantrasyonlarla birlikte antropojen kaynaklı element konsantrasyonlarının varlığı, miktarı ve konsantrasyonların artış nedenleri ortaya konulacaktır.

Alakır Çayı'ndaki potansiyel toksik element konsantrasyonlarının belirlenmesi ve bu konsantrasyonların ekolojik risk yaratıp yaratmadığının ortaya konulması, çevresel sorunlarının ortaya konulması açısından önem taşımaktadır. Bununla birlikte potansiyel toksik elementlerin kaynağının tespit edilmesi ve problemin ortadan kalkmasına yönelik öneri veya çözümlerin ortaya konulması hususu oldukça önemlidir.

Sahadan alınan örnekler sonucu potansiyel toksik element konsantrasyonlarının ortaya konulması ve bu konsantrasyonların neden oldukları çevre sorunlarını değerlendirebilmek için ekolojik risk kapsamında geliştirilmiş indekslerin kullanılması amaçlanmaktadır. Örneğin bu

indekslerden; zenginleşme faktörü ve kontaminasyon faktörü gibi antropojen kaynaklı birikimleri saptamak için kullanılmaktadır. Bununla birlikte jeoakümülyasyon seviyesi hem antropojen hem de doğal yollardan kaynaklanan potansiyel toksik element kirliliğini saptamak için kullanılmaktadır. Ekolojik riskleri saptamak için ise kirlilik yük seviyesi, potansiyel ekolojik risk seviyesi yaygın olarak kullanılanlardır

Birçok canlıya ev sahipliği yapan Alakır Çayı'nda yüzey çökellerinde daha önce bu kadar kapsamlı potansiyel toksik element kaynaklı ekolojik risk araştırması yapılmamıştır. Bu nedenle bu tez bu konuda yapılacak ilk çalışmalardan olarak literatüre katkı sağlayacak ve yapılacak başka araştırmalara da yol gösterici olacaktır.



- b. Alakır Çayı'nda antropojenik kaynaklardan etkilenecek doğal konsantrasyon seviyesinden uzaklaşan (zenginleşen) elementler hangileridir.
- c. Alakır Çayı çökellerinde var olan potansiyel toksik element konsantrasyonları ekolojik risk yaratacak boyutta mıdır?
- d. Alakır Çayı çökellerinde ekolojik risk seviyesi nedir?
- e. Sahada elementlerin zenginleşmesini tetikleyen antropojenik kaynaklar nelerdir?

Hipotezler

- a. Çalışma sahasındaki element konsantrasyonu ile ekolojik risk arasında anlamlı bir ilişki vardır.
- b. Çalışma sahasındaki element konsantrasyonlarıyla antropojenik faaliyetler arasında anlamlı bir ilişki vardır.
- d. Çalışma sahasında beşeri faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerdeki potansiyel toksik element konsantrasyonları ve ekolojik risk arasında anlamlı bir ilişki vardır.
- e. Çalışma sahasındaki element konsantrasyonlarıyla doğal faktörler arasında anlamlı bir ilişki vardır.
- f. Doğal koruma alanları antropojenik etkinin olmadığı ya da en az düzeyde olduğu ekolojik risk açısından riskin bulunmadığı alanlardır.

Önceki Çalışmalar

Bu bölümde, nehir çökelleri üzerine yapılan ekolojik risk değerlendirmeleri üzerinde durulmuştur. Ekolojik riski belirlemek için kullanılan yöntemler ve ekolojik risk indeksleri, bu yöntem ve indekslerin sınırlılıkları ve avantajları yapılan önceki çalışmalar yardımıyla değerlendirilmiştir. Nehir çökellerinde ekolojik riski belirlemek amacıyla kullanılan yöntemleri içeren daha önce yapılmış çalışmalar şöyledir.

Kormoker ve diğerleri (2009), "Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Sediment of the Louhajang River, Bangladesh" adlı çalışma Louhajang Nehri çökellerindeki potansiyel toksik elementlerin kirlenme seviyesini ve ekolojik riski ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Ekolojik riski değerlendirmek için kullanılan indeksler; zenginleştirme faktörü (EF), kirlilik yükü endeksi (PLI), jeoakümüasyon seviyesi (Igeo) ve kirlenme faktörüdür. (C_{FI}) Sonuç olarak potansiyel toksik elementlerin tortularda düşük kirlenme yarattığı, potansiyel ekolojik risk açısından As'nin en fazla olduğu fakat genel anlamda nehirde düşük potansiyel ekolojik risk olduğu tespit edilmiştir.

Çiçek ve diğerleri (2013), "Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Sediment of Felent Stream, Sakarya River Basin, Turkey" adlı çalışmada Felent Çayı'ndaki ekolojik riski

tespit etmek için tortu örnekleri toplanmış ve tortudaki bazı potansiyel toksik elementlerin (As, Fr, Cu, Pb, Zn) birikimleri mevsimsel olarak araştırılmıştır. Toplanan örnekler için potansiyel ekolojik risk (RI) ve biyolojik toksisite analizleri yapılmıştır. Örnekleme alanlarının %25'inin orta risk kategorisinde olduğunu ve biyolojik riskin ise örnekleme alanlarının % 28.57'sinde yüksek – orta öncelik kategorisinde olduğu ortaya konulmuştur.

Zhang ve diğerleri (2016), “Sources identification and pollution evaluation of heavy metals in the surface sediments of Bortala River, Northwest China” adlı çalışmada Bortala Nehri’ndeki potansiyel toksik element kaynak tespiti ve kirlilik değerlendirmesi yapılmıştır. Çok değişkenli istatistiksel analizler ve ekolojik risk indeksleri kullanılmıştır. Zenginleştirme faktörü (EF), jeoakümüasyon indeksi (Igeo), ekolojik risk faktörü (Eri) ve potansiyel ekolojik risk indeksi (PERI) kullanılmıştır. Sonuç olarak nehrin orta ve doğu kısımlarındaki çökellerde Pb, Cd ve Hg birikiminin diğer alanlara oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Wei ve diğerleri (2022), “Contamination and Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Surface Sediments of Huangshui River, Northwest China” adlı çalışmada Huangshui Nehri'ndeki yüzey çökellerinde birikim gösteren elementlerin ekolojik risk değerlendirmesi yapılmıştır. Ekolojik risk indekslerinden kontaminasyon faktörü (CF), zenginleştirme faktörü (EF), jeoakümüasyon indeksi (Igeo) ve potansiyel ekolojik risk indeksi (PER) kullanılmıştır. Bu indekslerin uygulanması sonucu, diğer elementlere oranla tarımsal faaliyet kaynaklı As ve Cd konsantrasyonlarının fazla olduğu ortaya konulmuştur.

Abdullah ve diğerleri (2015) “Metal Pollution and Ecological Risk Assessment of Balok River Sediment, Pahang Malaysia” adlı çalışmanın amacı Balok Nehri’nin su kalitesinin Gebeng Sanayi bölgesindeki antropojenik faaliyetler sonucunda bozulduğu düşüncesiyle, yüzey tortusunda biriken element konsantrasyonları belirlenmiş ve nehrin kirlilik seviyesini ortaya konmuştur. Bu bağlamda, kirlenme faktörü (KF), zenginleştirme faktörü (EF), kirlilik yükü indeksi (PLI) ve potansiyel ekolojik risk indeksi yöntemi (PERI) kullanılmıştır. Analizler sonucu Cd'nin ekolojik risk oluşturabilecek tek element olduğu belirlenmiştir.

Zhao ve diğerleri (2015), “Ecological risk assessment and sources of heavy metals in sediment from Daling River basin” adlı çalışmada Daling Nehri havzasındaki potansiyel toksik elementlerin dağılımını, kaynağını ve ekolojik riski araştırılmıştır. Bu doğrultuda nehirden alınan örnekler analiz edilmiş ve tüm örneklerde Pb, Cr, Hg, Cu, As, Cd ve Zn olmak üzere yedi potansiyel toksik element konsantrasyonu tespit edilmiştir. Bu potansiyel toksik elementlerin ekolojik risklerini değerlendirmek için Monte Carlo simülasyonu kullanılmıştır. Değerlendirme sonucu, en fazla kirlilik yaratan elementin Cd olduğu belirlenmiştir.

Yang ve diğerleri (2017), “Spatial distribution, ecological risk assessment, and potential sources of heavy metal(loid)s in surface sediments from the Huai River within the Bengbu section, China” adlı çalışmada; Huai Nehri’nden gelen yüzey çökellerinin mekânsal dağılımı ve potansiyel toksik element konsantrasyonları belirlenmiş, çeşitli indeksler yardımıyla ekolojik risk değerlendirmesi yapılmıştır. Jeokümülyasyon seviyesi (Igeo) sonuçları, çökeltilerin Hg ve Pb tarafından orta derecede kirlendiğini, potansiyel ekolojik riske bakıldığında ise ana kirlilik kaynağının Hg olduğunu ortaya koymuştur. Bu konsantrasyonların nedenleri üzerine yapılan analizler; Pb'nin trafik emisyonlarından ve imalat sanayinden elde edilebileceğini, Hg'nin ise tarımsal emisyonlardan kaynaklanabileceğini göstermiştir.

Yi ve diğerleri (2017), “Ecological risk assessment of heavy metals in sediment in the upper reach of the Yangtze River” adlı çalışmada potansiyel toksik element kirliliği mevcut olan Çin’in Yangtze Nehri’nin üst kısımlarındaki potansiyel toksik element konsantrasyonları belirlenerek ekolojik risk olup olmadığı ortaya konulmuştur. Zenginleştirme faktörü (EF), jeokümülyasyon seviyesi (Igeo) ve potansiyel ekolojik riski seviyesi kullanılmıştır. Nehrin özellikle sanayi bölgelerine yakın olan alanlarda Cd’nin önemli derecede kirlilik yarattığı görülmüş ve bazı alanlarda önemli bir ekolojik risk oluşturduğu tespit edilmiştir.

Ilie ve diğerleri (2017), “Ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments from the Danube River” adlı çalışmada potansiyel toksik element kirliliğinin varlığı ve olumsuz biyolojik etkilerini değerlendirmek amacıyla Tuna Nehri boyunca tortu örneği alınmış; kirlenme faktörü (CF), jeokümülyasyon seviyesi (Igeo), kirlilik yükü seviyesi (PLI) ve potansiyel ekolojik risk seviyesi (RI), incelenen potansiyel toksik elementlerle ilişkili ekolojik riski değerlendirmek için kullanılmıştır. Kirlilik yükü seviyesi sonuçlarına bakıldığında çökeltilerin Ni tarafından önemli ölçüde kirlendiğini ve Cd, Cr ve Cu tarafından orta derecede kirlendiği tespit edilmiştir.

Proshad ve diğerleri (2018), “Assessment of toxic metals contamination with ecological risk of surface water and sediment of Korotoa river in Bangladesh” adlı çalışmada Korotoa Nehri’nin yüzey suyu ve tortusunda bazı potansiyel toksik elementlerin (Cr, Ni, Cu, As, Cd, Pb) durumu ve buna bağlı ekolojik risk değerlendirmesi yapılmıştır. Ekolojik risk indekslerinden; zenginleştirme faktörü (EF), jeokümülyasyon seviyesi (Igeo) ve kirlenme faktörü (C_{f1}) kullanılmıştır. Analiz sonuçları incelenen potansiyel toksik elementlerden kaynaklı kirlenme düzeyinin düşük olduğunu ortaya koymuştur.

Leventeli ve Yalçın (2019), “Heavy Metal Pollution Index (HPI) in Surface Water Between Alakır Dam And Alakır Bridge, Antalya- Turkey” adlı çalışmada Alakır Barajı ile köprüsü arasındaki yüzey sularından örnekler alınarak potansiyel toksik element

konsantrasyonları belirlenmiştir. HPI istatistiksel analiz yöntemi kullanılmış, HPI değerlerinin iki bölgede yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Üst bölgedeki yoğunlaşmanın baraj kaynaklı alt bölgedeki yoğunlaşmanın ise tarımsal faaliyet kaynaklı olabileceği vurgulanmıştır.

Ustaoglu (2020), “Ecotoxicological risk assessment and source identification of heavy metals in the surface sediments of Comlekci stream, Giresun, Turkey” adlı çalışmasında Çömlekçi Nehri’ndeki potansiyel toksik element konsantrasyonlarının belirlenmiş ve farklı kriterlerle ilişkili potansiyel risklerin (Igeo, EF, SQG, HQ, HI ve LCR) akarsuyun çökellerinde karşılaştırmalı bir değerlendirmesi yapılmıştır. Bu anlamda yapılmış ilk çalışmadır. Sonuç olarak, potansiyel toksik element konsantrasyonlarının ekolojik risk yaratmadığı tespit edilmiştir. İnsan sağlığı açısından da bir risk olmadığı, kontaminasyonu önlemek ve kontrol altında tutmak için gelecekte gübre ve böcek ilacı kullanımı sonuçlarının dikkate alınması gerekliliği vurgulanmıştır.

Ustaoglu ve Islam (2020), “Potential toxic elements in sediment of some rivers at Giresun, Northeast Turkey: A preliminary assessment for ecotoxicological status and health risk” adlı çalışmanın amacı Giresun’da bulunan 7 nehirdeki potansiyel toksik element konsantrasyonlarını belirlenmiş ve hem ekolojik hem de insan sağlığı açısından bu konsantrasyonların risk yaratıp yaratmadığı ortaya konulmuştur. Potansiyel ekolojik risk seviyesi açısından Pazarsuyu Çayı, Batlama Çayı ve Gelevera Çayı çökelleri önemli potansiyel ekolojik risk gösterdiği ve çevresinde yaşayan insanların sağlığı açısından da risk oluşturduğu tespit edilmiştir.

Islam ve diğerleri (2020), “Heavy metal contamination and ecological risk assessment in water and sediments of the Halda river, Bangladesh: A natural fish breeding ground” adlı çalışmada Halda Nehri’nin su ve çökellerindeki potansiyel toksik elementlerin dağılımları ve potansiyel ekolojik riskleri araştırılmıştır. Cd’ye bağlı yüksek ekolojik risk olduğu, kaynağının ise antropojenik faaliyetler olduğu ortaya konulmuştur.

Huang ve diğerleri (2020), “Risk assessment of heavy metals in the surface sediment at the drinking water source of the Xiangjiang River in South China” adlı çalışmada Xiangjiang Nehri’ndeki potansiyel toksik element birikimleri, kirlilik durumu ve ekolojik riskin araştırılmıştır. İncelenen 8 potansiyel toksik element (Zn,Pb,As,Cu,Cr,Ni,Cd,Co) sonucu Cd’nin potansiyel ekolojik risk yarattığı ve tortulardaki potansiyel toksik elementlerin ana kaynağının antropojenik kökenli olduğu belirlenmiştir. Xiangjiang Nehri’ndeki içme suyu kaynaklarının korunması için gerekli önemlilerin alınması gerektiği vurgulanmıştır.

Tepe ve diğerleri (2022), “Spatial–temporal distribution and pollution indices of heavy metals in the Turnasuyu Stream sediment, Turkey” adlı çalışma Turnasuyu Deresi

çökeltilerinden örnekler alınarak potansiyel toksik elementlerin potansiyel kirlenme seviyeleri ve insan sağlığı riski değerlendirilmiştir. Çevresel riskleri değerlendirmek için zenginleştirme faktörü (EF) jeoakümülyasyon seviyesi (Igeo) ve kirlenme faktörü (CF) indeksleri kullanılmış. Potansiyel toksik element konsantrasyonlarının ekolojik risk yaratacak boyutta olmadığı ortaya konulmuştur. İnsan sağlığı risk değerlendirmesi sonuçları da mevcut herhangi bir riskin olmadığını göstermiştir.

Ustaoglu ve diğerleri (2022), “Evaluation of metal accumulation in Terme River sediments using ecological indices and a bioindicator species” adlı çalışmada Terme Nehri'ndeki dört istasyondan mevsimsel olarak yüzey çökeltisi örnekleri alınmış ve analiz edilmiştir. Ekolojik risk indexlerinden; zenginleştirme faktörü (EF), kontaminasyon faktörü (CF) ve, jeoakümülyasyon seviyesi (Igeo) kullanılmıştır. Sonuç olarak, potansiyel toksik element konsantrasyonlarının hem ekolojik hem insan sağlığı açısından düşük riskte olduğu ve *Myriophyllum spicatum* türleri üzerinde yapılan biyolojik birikim değerlendirmesinde ise bitkinin biyoindikatör olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Asomba ve diğerleri (2023), “Grain size analysis and ecological risk assessment of metals in the sediments of Konsin River and Igboho dam reservoir, Oyo State, Nigeria, under agricultural disturbances” bu çalışmada Konsin Nehri ve Igboho barajı rezervuar çökellerindeki elementlerin tane boyu analizi yapılmış ve element konsantrasyonlarının ekolojik risk değerlendirmesi yapılmıştır. Bu amaçla ekolojik risk indeksler ve çok değişkenli istatistiksel analizler kullanılmıştır. İndekslerden; kontaminasyon faktörü (CF), kontaminasyon derecesi (DC), jeoakümülyasyon indeksi (Igeo), zenginleştirme faktörü (EF), potansiyel ekolojik risk indeksi (PERI), kirlilik yükü indeksi (PLI) kullanılmıştır. Sonuç olarak Pb, Cd, Cr, Mn, Fe, Cu ve Zn' nin ortalama konsantrasyonlarının toksisite referans değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Islam ve diğerleri (2022), “Spatial distribution and ecological risk of heavy metal in surface sediment of Old Brahmaputra River, Bangladesh” bu çalışmada eski Brahmaputra Nehri'nden yüzey çökeltilerindeki potansiyel toksik element konsantrasyonları, dağılımları, kaynakları ve olası ekolojik riskler ortaya konulmuştur. Zenginleştirme faktörü (EF), kirlenme faktörü (CF), jeoakümülyasyon indeksi (Igeo), potansiyel ekolojik risk indeksi (PERI), kirlilik yükü indeksi (PLI), ekolojik risk faktörü (Eri) ve potansiyel ekolojik risk endeksi (PERI) kullanılarak ekolojik risk analizi yapılmıştır. Ni ve Cd'nin yüksek ekolojik risk yarattığı belirlenmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE

1.1. Element

Potansiyel toksik elementler fiziksel özellikleri açısından yoğunluğu 5 g/cm^3 ' ten fazla olan elementlerdir. Bir elementin yoğunluk değeri onun biyolojik etkilerini tanımlamamakta, sadece periyodik sistemdeki yerini belirtmektedir. Elementin kimyasal özellikleri ise bulunduğu grubun işlevini belirtmektedir. Biyolojik etkileri tanımlamak için elementin ait olduğu gruba bakmak gerekir. Ekolojik sistem üzerindeki etkileri ortaya koymak bakımından bu daha uygundur (Kahvecioğlu vd., 2009).

Periyodik Tablo

Atom numarası → 1 **H** **Sembol**
İsim → Hidrojen **Bağıl atom kütlesi** → 1.01

Renk Kodları

Diger ametaller	Soygazlar
Alkali metaller	Lantenitler
Geçiş metalleri	Aktinitler
Diger metaller	Bilinmeyen kimyasal özellik
Alkali toprak metalleri	
Halojenler	

Tablo 1.1. Periyodik Tablo

Kaynak: <https://tr.khanacademy.org/science/ap-chemistry-beta/x2eef969c74e0d802:atomic-structure-and-properties/x2eef969c74e0d802:atomic-structure-and-electron-configuration/a/the-periodic-table-electron-shells-and-orbitals-article> (erişim tarihi: 26.04.2022).

Ekosistemler potansiyel toksik element konsantrasyonlarının artışından olumsuz etkilenmektedir. Elementler su kaynaklarına geçtiklerinde önemli ölçüde seyrelirler. Çeşitli katı bileşik oluşturarak su tabanına çökeliş zenginleşirler. Adsorpsiyon kapasitesi çökeliş tabakasında sınırlı olduğu için sulardaki element konsantrasyonu devamlı olarak artış göstermektedir. Uygun ortam koşullarında ise çökelen elementler tekrar suya karışmaktadır.

Örneğin, Türkiye’de Tuz Gölü gibi çevreyi korumaya yönelik yeterli önlem alınmayan, kontrolsüz sanayileşmeye müsaade edilen kapalı havzalarda element birikimi sürekli artmaktadır. (Kahvecioğlu vd., 2009). Su kaynaklarında konsantrasyon gösteren elementler günümüzdeki mevcut arıtma sistemleri ile arıtılamamaktadır. Bunun için ileri biyolojik sistemli arıtma tesisleri gerekmektedir fakat maliyetinin çok yüksek olması nedeniyle bu tarz tesisler bulunmamaktadır.

Artan element birikimleri hem çevre kirliliği yaratmakta ve çeşitli bilim dalları tarafından araştırmalara konu olarak, mevcut ya da potansiyel risklerin ortaya konulması için ekolojik risk çalışmaları yapılmaktadır.

1.2. Yaygın Bulunan Elementlerin Çevreye ve İnsan Sağlığına Etkileri

1.2.1. Kurşun (Pb)

Kurşun, yüzyıllardır süregelen ve günümüzde de devam eden insan faaliyetleri sonucu çevreye ve canlılara en büyük zararı veren ilk potansiyel toksik elementtir. Atmosfere element ya da birleşik formda yayılır ve bu iki formda da toksik özellik taşır. Böylece hem çevresel kirlilik yaratır hem de insan sağlığına olumsuz etki eder.

Kurşun, periyodik cetvelde 4A grubunda ve atom numarası 82’dir. Kaynama noktası ise 1740°C’dir (Özbolet ve Tuli, 2016). Yüzyıllardır kurşun ve birleşikleri; boru, tabak, para, boya, dekoratif süsleme, kozmetik alanında ve çeşitli gıda maddelerinde onlara tat vermek için kullanılmıştır (Dündar ve Aslan, 2005). Antik uygarlıklar tarafından 4000-5000 yıl öncesinde keşfedilmiştir. O dönemden sonra da kullanımı giderek artmıştır. Roma İmparatorluğu’nda su borularında ve su saklamada kurşun kullanılmıştır. Bilim insanları, kurşun zehirlenmesi bağlı oluşan düşünme kapasitesinin düşmesi, doğum oranlarının ve yaşam süresinin azalması gibi hususların Roma İmparatorluğu’nun çöküşünün temel nedenini oluşturduğunu tahmin etmektedir (Kahvecioğlu vd., 2009).

Gün içerisinde insanlar tarafından alınan kurşun miktarı 20-400 mg değerindedir. Kurşuna maruziyet çevresel ve endüstriyel yollarla meydana gelebilmektedir. FAO ve WHO iş birliği ile oluşturulan komitenin belirttiğine göre kurşunun tolare edilebilecek haftalık alım miktarı 3000 mg kadardır (Özbolet ve Tuli, 2016).

1920'lerde kurşunun benzine ilave edilmesiyle çevreye yayılımı artmıştır. Günümüzde kurşunsuz benzin kullanımıyla atmosfere kurşun yayılımı azalmıştır; fakat kurşunsuz benzin içerisinde bulunan kurşunun ve bileşiklerinin yayılımı birçok birincil elementin üretim faaliyetleri sırasında devam etmektedir (Kahvecioğlu vd., 2009) Yapılan araştırmalarda tarımsal topraklarda araç trafiğinin oldukça az olmasından dolayı 3,75 kg/dekar kurşun; kent alanlarında ise 250 kg/dekar kurşun tespit edilmiştir (Dündar ve Aslan, 2005).

Boyalarda kullanılan kurşun oksidin tatlı bir tadı vardır. Bu tat çocukların bu boyaların artıklarını yemelerine ve dolayısıyla da sağlık problemlerine neden olmuştur. Almanya vb. gelişmiş ülkeler 1971'de kurşunun boya maddelerindeki kullanımını ve 1979'da ise yiyecek saklanan kutularda kullanımını sınırlandıran kanunlar çıkarmıştır (Dündar ve Aslan, 2005).

Kurşun çeşitli yiyecekler ve suda bulunur. Özellikle şehir merkezlerine yakın ve sanayi alanlarda yetiştirilen ürünler bünyelerinde olması gereken seviyelerin üzerinde kurşun bulundurulur. Kurşunun suya karışmasının en önemli nedenlerden biri su borularında kullanımıdır. Ayrıca kozmetik malzemeler, sigara ve böcek ilaçları da kurşun kaynakları arasındadır (Dündar ve Aslan, 2005).

Ebeveynlerin meslekleri, kapalı ortamların havası, sigara dumanı, hijyensizlik gibi faktörler kurşuna maruz kalmada önemli nedenlerdir. Hamilelik ve emzirme döneminde annelerin kurşuna maruz kalma seviyesi bebekler için bir risk yaratıp yaratmaması açısından önemlidir. Anne sütünde belli miktarlarda kurşun bulunmaktadır. Kurşun temel olarak üç yolla vücuda alınmaktadır:

İnhalasyon: Kurşunun çevreye yayılması açısından hava en önemli yoldur (Dündar ve Aslan, 2005). Havadaki kurşunun önemli kaynakları endüstriyel faaliyetlerle ortaya çıkan tozlar ve kurşun içeren yakıtların dumanlarıdır. Bu yolla alınan kurşun partiküllerinin %90'ı insan vücudu tarafından emilir (Özbolet ve Tuli, 2016). Havada yüksek miktarlarda bulunan kurşunu duyumlarımızla hissedemesek de solunum yoluyla vücudumuza alırız (Dündar ve Aslan, 2005).

Sindirim: Az miktarda kurşun bile sindirim sisteminden emilerek kan yoluyla dokulara iletilmektedir. Bu daha çok çocuklarda yaygındır, çünkü hafif tatlı tadı nedeniyle özellikle boya malzemeleri yoluyla çocuklar tarafından tüketilebilmektedir (Dündar ve Aslan, 2005).

Deriden emilim: Genellikle organik kurşun bileşikler deri tarafından emilir. İnorganik kurşun bileşiklerinin deriden emilmediği söylense de yapılan araştırmalarda boyalarda bulunan kurşun bileşiklerinin, işçilere temas yoluyla geçtiği ortaya konulmuştur (Dündar ve Aslan, 2005).

Kurşunun vücuttan atılım hızı oldukça yavaştır. Kurşuna uzun süre maruz kalınırsa vücutta depolanır. Kurşunun esas olarak kemikler ve dişlerde bulunur. Yetişkinlerde biriken kurşunun yaklaşık olarak %94'ünün buralarda biriktiği tespit edilmiştir (Özbolat ve Tuli, 2016).

Farklı şekillerde alınsa da kurşunun vücutta ortaya çıkarttığı etki aynıdır. Hem erişkinlerde hem de çocuklarda kurşunun vücuttaki temel hedefi, sinir sistemidir. Ayrıca kalp-damar sistemi ve böbrekler de kurşuna karşı duyarlıdır (Özbolat ve Tuli, 2016).

Kandaki kurşun seviyelerinin ölçümüyle kurşun zehirlenmesi tanısı konulur. İz kurşun zehirlenmelerinde kanda kurşun düzeyi, 80 µg/dl'nin üzerinde değere sahiptir. Kurşunun vücutta birikmesiyle oluşan gastrointestinal sorunlar ve nörolojik sorunlar ortaya çıkar. Böbreklerde işlevsel hasar yaratmaktadır. Kronik böbrek yetmezliği olan kişilerde kurşun seviyesi daha yüksektir. Bununla birlikte kurşunun üreme sistemlerinde de etkileri vardır. Kemiklerde biriken kurşun nedeniyle annenin kurşuna maruz kalmasından yıllar sonra bile doğan bebek kurşundan etkilenebilmektedir. Bunun sonucunda bebekte organ gelişimi ve bilişsel gelişimde gerilik görülebilir. Kurşun maruziyetine bağlı erkeklerde hiperspermi, teratospermi ve hipogonadizm gibi hastalıklar oluşabilmektedir (Özbolat ve Tuli, 2016).

Kurşun zehirlenmelerinin önüne geçmenin kesin ve en kolay yolu, çalışılan ortamlarda önlemler alarak (Tablo 1.3) kurşunla temasın ortadan kaldırılmasıdır. Böylece, kurşunun ekolojik sisteme verdiği etki günden güne azalacaktır.

- Çalışma alanlarında kurşun toz ve dumanlarının etrafa yayılımı önlenmelidir
- Kurşun toz ve dumanlarının bulunduğu ortam yeterince havalandırılmalıdır.
- Çalışma alanlarındaki ortam çalışma öncesi ve sonrası su ile yıkanıp, ıslak bez ile silinmelidir.
- Maske kullanılarak kişisel temizliğe dikkat edilmelidir.
- Kurşunun bulunduğu ortamdaki kurşun miktarı 10 m ³ içerisinde havada 1,5 mg'ı geçmemelidir.

Tablo 1.2. Kurşuna Maruz Kalınma İhtimalinin Bulunduğu Çalışma Alanlarında

Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Kaynak: Kahvecioğlu vd., 2009, Bakar ve Baba, 2009.

Toplumsal bilinç, kurşunun zararlı etkilerinden korunmada belirleyici bir faktördür. Bununla birlikte bireylere verilen eğitimin yanında, çevreyi ve insan sağlığını tehdit eden kurşun içerikli ürünlerin ortadan kaldırılması ya da kontrol altına alınması temel hedef olmalıdır.

1.2.2. Arsenik (As)

Atom numarası 33 olan arseniğin, erime noktası 614°C ve kaynama noktası 820°C'dir (Özbolat ve Tuli, 2016).

Arseniğin kanserojen özelliğinin ortaya çıkmasından sonra bilim insanları, geçmişte ve günümüzde de arseniğin kronik etkileri hakkında araştırmalar yapmıştır. Arseniğin çeşitli cilt hastalıklarına ve hava yolu kanserlerine neden olduğu bilinmektedir. 1980'de EPA (Çevre Koruma Ajansı), arseniğin toksik etki gösteren bir hava kirleticisi olduğunu ve bu maddenin insanlarda kansere neden olduğunu bildirmiştir. New York Bölge Mahkemesi'nin verdiği kararın ardından, EPA 1983'te arsenik emisyonlarıyla ilgi düzenleme yapılmasını önermiştir. Bu düzenlemenin amacı, %0,7'den yüksek ve düşük arsenik miktarına sahip olan bakır eritme ve cam üreten tesislerin faaliyetleri sonucu ortaya çıkan arsenik miktarları denetlenmektedir. 1200 ton civarındaki arsenik atığının %85'ten daha fazla miktarının bahsi geçen kaynaklardan geldiği öngörülmektedir. Bu nedenle EPA, bu kaynakları veri tabanı olarak dikkate almaktadır. (Bakar ve Baba, 2009).

İnsanlar arseneğe hem doğal hem de beşeri nedenlerle maruz kalmaktadır. Doğal olanlar, volkanik faaliyetler ve yeraltı sularıyken doğal nedenler haricinde; pestisitler, sigara, arsenik bulaşmış yiyecek ve yakıtların kullanılmasıyla da arseneğe maruz kalınmaktadır. Arseniğin formuna bağlı olarak toksik etki derecesi de değişmektedir. Örneğin arseniğin inorganik formu organik formundan daha toksiktir (Bakar ve Baba, 2009).

Arsenik, endüstride yaygın olarak yarı iletken teknolojilerinde kullanılmaktadır. Ayrıca en bilinen kullanım alanı da zehir olarak kullanılmasıdır. Ağız yoluyla 60 ppm üzerinde inorganik arsenik bileşiği vücuda alındığında ölümcüldür (Güven vd., 2004).

Özellikle madencilik faaliyetleri, demir ve diğer elementlerin eritilmesi ve fosil yakıtların kullanımıyla arsenik havaya, suya ve toprağa yayılarak kirliliğe neden olmaktadır. Ayrıca tarımsal ilaçlarda ve kerestelerin muhafaza edilmesinde arsenik kullanılması çevre kirliliğine yol açmaktadır. Yapılan araştırmalarda kırsal bölgelerde havadaki ortalama toplam arsenik miktarının kentsel bölgelerdeki arsenik miktarından daha az olduğu ortaya konulmuştur. Arsenik, yeryüzü sularında ise geniş bir yayılım göstermektedir. (Güven vd., 2004).

İçme suyunda izin verilen en fazla arsenik miktarı 1993 yılında Dünya Sağlık Örgütü tarafından 10µg/lt olarak belirlemiştir. Fakat yüksek arsenik konsantrasyonuna sahip gelişmekte olan ülkeler, çeşitli uygulama zorluklarından dolayı içme suyunda bulunabilecek en fazla arsenik sınırlarının 50 µg/lt olarak belirlenmesi önermiştir (Bakar ve Baba, 2009).

Düşük miktarlarda arsenik insan vücudu için gereklidir. Yetişkinler için bu miktar 20 µg/lt civarındadır. Arsenatlar yani organik arsenik bileşikleri doğal olarak yeryüzünde ve yiyeceklerde bulunur ve çok zehirli değildir. Böbreklerle vücuttan kolayca atılır. Endüstriyel faaliyetlerde ise genellikle arseniktrioksitler gibi, inorganik arsenik bileşikleri kullanılırlar. Çevreyi kirleten ve insan sağlığını tehdit eden asıl bileşikler bunlardır (Güven vd., 2004).

Arsenik, yetişkinler tarafından temel olarak mide-bağırsak sistemiyle alınır. Bu alımın büyük bölümü su ürünleri yoluyla olur. Karaciğer, akciğer, böbrek, dalak ve gastrointestinal sistemde yerleşir fakat kısa sürede vücuttan atılır. Keratine zengin dokularda ise (saç, tırnak ve deri) birikir. Arseniğin öldürücü etkisi akut alımda 100-200 mg arasındadır. Akut arsenik zehirlenmesinin en önemli bulgularından biri bulantı-kusma ve ishaldir. Bununla birlikte böbrek ve karaciğerlerde hasar, görme problemleri, kas felçleri ve deri pigmentasyonunda artış da ortaya çıkmaktadır. Zehirlenmenin akut ya da kronik olması farketmeksizin mide vasıtasıyla meydana gelirse ölüme yol açar (Bakar ve Baba, 2009).

Saç, tırnak ve idrar örnekleri genellikle kişinin arseniğe maruz kalma durumunun değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalarda arsenik değerlerinin kandan bakılmasının kronik arsenik maruziyetinin değerlendirilmesi ve vücuttaki arsenik miktarının ortaya konmasında faydalı olabileceğini belirtmişlerdir (Bakar ve Baba, 2009).

1.2.3. Cıva (Hg)

Cıva, oda sıcaklığında sıvı halde bulunur, atom numarası 80'dir. Kaynama noktası 356,95°C ve yoğunluğu 13,546 g/cm³'tür (Kahvecioğlu vd., 2004; Özbolat ve Tuli, 2016).

Cıvanın toksik özelliği kimyasal formuna bağlıdır. 3 formu bulunur. Bunlar: metalik, organik ve inorganik formlardır. Endüstride, bu 3 formda kullanım alanları vardır. Özellikle termometrelerdeki kullanım alanı herkes tarafından bilinmektedir. Ayrıca bazı elementlerin üretim süreçlerinde, ilaç sanayisinde, laboratuvarlardaki çeşitli uygulamalarda, boya sanayisinde ve kâğıt sanayisinde kullanılmaktadır (Bakar ve Baba, 2009). Fakat yol açtığı riskler nedeniyle kullanım alanları giderek azalmaktadır. Cıva, fosil yakıt kullanımıyla, pillerin çevreye atılmasıyla, cıva içeren kayaçların kırılmasıyla, cıva üretimi sırasındaki sızmayla ve dolgu malzemesi gibi diş hekimliğinde kullanılan malzemelerle çevreye yayılarak insan sağlığını da etkilemektedir (Bakar ve Baba, 2009).

Cıvanın sülfür, klor ve oksijen ile birleşmesiyle inorganik cıva meydana gelmektedir. Bu bileşiklere "cıva tuzları" denilmektedir ve merkürik ve merküröz olarak iki şekilde bulunurlar. Merkürik cıva suda kolay çözündüğü için daha zehirlidir. Metil cıva,

fenil cıva ve etil cıva gibi bileşikler ise organik cıva bileşikleridir. Bu üç formunda insan sağlığına etki şekilleri farklıdır (Özbolat ve Tuli, 2016).

Organik cıva bileşiği olan metil cıva, doğada yaygın olarak bulunan ve çeşitli mikroorganizmalar sayesinde doğal süreçlerde dönüşerek ortaya çıkan organik cıva bileşiğidir. Alkil cıva ise organik bileşikler içinde en tehlikelidir. Alkil cıva ve tuzları mantar ilacı olarak kullanılmıştır. Cıva ile işlenmiş tohumların kullanımına bağlı zehirlenmeler ortaya çıkmıştır. Bu zehirlenmeler Irak, Pakistan, Gana ve Guatemala’da meydana gelmiştir. 1971 yılında Irak, metil cıva ile işlenmiş tahıllar ithal etmiş ve bu tahıllar ekimde kullanılmıştır. Bu tahıllardan yapılan ekmekleri tüketen insanlardan çok sayıda kişi zehirlenmiş ve 500’ü ölmüştür (Sarkar, 2002; Bakar ve Baba 2009). Ayrıca 1950-1960 yıllarında İsveç’te bazı kuşu türlerinin azalarak kısa zamanda yok oldukları tespit edilmiştir. Bu kuşların çeşitli iç organlarında yüksek düzeylerde cıva bulunduğu ve bu hayvanların cıva zehirlenmesi yaşadıkları anlaşılmıştır (Beker, 2014).

Cıva buharına maruz kalma çoğunlukla meslekseldir. Altın madencileri tarafından cıva ile altın çıkarılmaktadır. Özellikle havalanmanın yeterli olmadığı alanlarda yüksek miktarda cıva buharına maruz kalınmaktadır. (Sarkar, 2002; Bakar ve Baba 2009).

Cıva bileşiklerine karşı sinir sisteminin çok yüksek hassasiyeti vardır. Ayrıca cıvanın beyin ve böbreklere de ciddi zarar verdiği tespit edilmiştir (Güven vd., 2004). Cıva zehirlenmesi, akut ya da kronik maruziyete ya da cıvanın formlarına bağlı olarak farklı bulgular ortaya çıkarır. Akut etkilenmede; güçsüzlük, ürperme, bulantı, kusma, solunumda güçlüğü meydana gelebilir, ayrıca akciğerde kalıcı hasara yol açabilir. Kronik etkilenmede ise bulgular daha yavaş gelişir. Nörolojik ve kardiyolojik belirtiler görülür. Ayrıca psikolojik hastalıklar da ortaya çıkmaktadır (Bakar ve Baba 2009).

Metil cıva zehirlenmesi genellikle nörolojiktir. Görme, sinir sistemi ve zihinsel bozukluklar, kaslarda titreme, dengesiz hareketler ve ölümler görülebilmektedir (Bakar ve Baba 2009). Buna karşın inorganik cıva bileşiklerinin vücuda alınması durumunda böbreklerde birikir ve hasara neden olur. Cıvanın, kısa sürede yüksek doza maruz kalmak suretiyle özellikle vücutta ciğerler ve solunum yollarına zarar verdiği görülmüştür. Ayrıca vücutta cıva miktarının yükselmesi kalp ve damar hastalıklarına, deri hastalıklarına ve görme problemlerine neden olabilmektedir. Örneğin, endüstriyel cıva atıklarından dolayı, 1950’lerde Japonya’daki Minamata Körfezi’nde cıva değeri ölçülmüş ve olması gerekenden değerden neredeyse 20 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Orada yaşayan çoğu kişide sinir sistemi hastalıkları, koma hatta ölümler meydana gelmiştir (Güven vd., 2004). Hastalıklar özellikle körfezden balık yiyenlerde ortaya çıkmıştır ve bu durum fabrikanın kurulmasıyla birlikte gerçekleşmiştir. Metil

cıvanın sebep olduğu bu durum 1963 yılında tespit edilmiş ancak 1968 yılında üretim durdurulmuştur. Bu olaydan sonra bu cıva zehirlenmesine Minamata hastalığı adı verilmiştir. 2013 yılında cıvanın zararlı etkilerine karşı Minamata Sözleşmesi kabul edilmiştir. 98 ülke tarafından onaylanarak, 2017 yılında yürürlüğe girmiştir (Beker, 2014).

1.2.4. Kadmiyum (Cd)

Periyodik cetvelde 2B grubunda olan kadmiyumun atom numarası 48, yoğunluğu $8,658,65 \text{ g/cm}^3$, kaynama noktası 767°C , erime noktası ise $321,7^\circ\text{C}$ 'dir.

Endüstride yoğun olarak kullanılan kadmiyum, çinko üretiminde kullanılan element olarak üretilmiştir ve bu üretim şekli var olana kadar çevreye yayılması önemli miktarlarda olmamıştır. Fakat günümüzde hem çevre kirliliğine sebep olmakta hem de sağlığını tehdit etmektedir.

Toprakta hareketli olan kadmiyum, bu özelliği sayesinde bitkiler tarafından kolayca alınabilmekte, besin zincirine dahil olması veya suya karışması ciddi çevre sorunları yaratmaktadır. Kadmiyumun yarılanma ömrünün 15-1100 yıl olması ciddi çevre kirliliğine neden olmakta, bu yüzden kirliliğinin önlenmesi için gerekli tedbirler alınmalıdır (Asri vd., 2007).

Endüstriyel olarak kadmiyum; pillerde, gemi ve boya sanayinde, PVC stabilizatörü olarak, alaşım ve elektronik sanayisinde kullanılmaktadır. Ayrıca fosfat içeren gübrelerde, deterjanlarda bulunan kadmiyum ciddi derecede kirliliğe neden olmaktadır. Kadmiyumun doğaya yayılımı yıllık 25.000–30.000 ton arasındadır. Bu miktarın 4.000–13.000 tonunun insan faaliyetleri sonucu ortaya çıktığı yapılan araştırmalar sonucu tespit edilmiştir (Kahvecioğlu vd, 2009).

Kadmiyuma başlıca maruziyet ağız ve inhalasyon yoluyla olmaktadır. İnsan sağlığını etkileyen temel kadmiyum kaynakları arasında sigara, rafine yiyecekler, kahve, çay, tesisat boruları, kömürün yakılması, gübre kullanımı ve endüstriyel üretim sırasında ortaya çıkan gazlar yer almaktadır. Endüstriyel olarak kadmiyum zehirlenmesine yapılan çeşitli alaşımlar, elektrokimyasal kaplamalar, boyalar ve piller neden olmaktadır (Asri vd., 2007).

Diğer potansiyel toksik elementlerle karşılaştırıldığında suda çözünme özelliği daha fazladır. Buna bağlı olarak doğada yayılım hızı da fazladır. Bitkiler ve deniz canlıları tarafından alınarak, onların ekosistemlerinde birikirler. İnsan vücudunda ise kadmiyum konsantrasyonu, yaşın ilerlemesiyle artış gösterir. Normal şartlarda insan vücudunda 40 mg civarında kadmiyum bulunabilir ve 40 μg kadarı günlük olarak vücuttan dışarı atılabilmektedir. Bu değerler,

bölgeden bölgeye değişiklik gösterir. Örneğin endüstri bölgelerinde havada bulunan kadmiyum oranı kırsal alanlara oranla çok daha yüksek seyretmektedir (Kahvecioğlu vd., 2009).

Et ürünleri, balık mahsülleri, meyveler 1-50 µg/kg içerebilir.
Tahıllarda 150 µg/kg kadar içerebilir.
Kabuklu deniz canlılarında 100-1000 µg/kg'a kadar bulunabilir.
Sigara 1-2 µg kadar içerir.

Tablo 1.3. Çeşitli Alanlarda Kadmiyum Birikme Miktarları

Kaynak: Beker, 2014.

WHO'nun bildirisine göre haftalık 0,4-0,5 mg kadmiyum sağlık açısından risk yaratmamaktadır. Vücuda giren kadmiyumun %3-8'i böbrek ve ciğerlerde birikmekte, bu miktar yaşla birlikte artmaktadır. Bu nedenle kadmiyum kaynaklı böbrek rahatsızlıkları çoğunlukla elli yaşını geçmiş insanlarda görülmektedir (Özbek vd., 1995; Asri vd., 2007). Ayrıca kadmiyum vücut içerisindeki çeşitli metabolizmaları bozarak kemikler üzerinde de etkili olabilmektedir (Beker, 2014).

Örneğin, ilk kez 1950'li yıllarda Japonya'da tanımlanan itai itai sendromu, kadmiyum zehirlenmesinin neden olduğu bir hastalıktır. Toyama bölgesinde yapılan madencilığe bağlı olarak ortaya çıkmıştır. Nehirlere karışan kadmiyum, sulamayla birlikte pirinçlere karışmış ve insanların besin zincirine girerek (Tablo 1.3) insanlarda kadmiyum zehirlenmesine yol açmıştır.

Kronik kadmiyum zehirlenmesi akciğer ve prostat kanserine neden olmaktadır. Ayrıca kemik erimesi, diş dökülmesi, anemi (kansızlık) ve koku kaybı da yaşanan rahatsızlıklar arasındadır. Solunum yoluyla insan vücuduna kadmiyum alımı özellikle çimento üretimi, demir işlemesi ve fosil yakıt kullanımı sonucunda kadmiyumun atmosfere yayılmasıyla meydana gelir (Asri vd., 2007).

1.2.5. Bakır (Cu)

Atom numarası 29 olan bakırın, atom ağırlığı 63,54 g/mol, erime noktası 1083°C ve kaynama noktası 2300°C'dir (MTA, 2016). Periyodik tabloda 1B grubunda yer alır. M.Ö. 5000 yılından beri tanınan bakır, ilk defa Kıbrıs'ta bulunmuştur. Adını da Kıbrıs'ın latinesinden almıştır (Kartal vd., 2003).

Çeşitli kaya ve minerallerde bolca bulunur. Vücuttaki metabolik süreçler için gerekli olan bir potansiyel toksik elementdir (Özolat ve Tuli, 2016).

İlk kez Mısırlılar tarafından üretilen bakır, Bronz Çağı'ndan itibaren Anadolu'da, Yunanistan ve Hindistan gibi ülkelerde çeşitli alaşımlarda kullanılmıştır. Elektriği ve ısıyı iyi iletmesi, aşınmaya karşı dirençli olması, çekilebilme ve dövülebilme gibi önemli özelliklere sahiptir. Bununla birlikte oldukça çeşitli alaşımları olup endüstride (otomotiv, tesisat, elektrik-elektronik vb.) farklı amaçlar için kullanılmaktadır (Kartal vd., 2003). Ayrıca bakır tuzları veteriner hekimlikte ve tarımda fungusit olarak kullanılmaktadır. Genellikle solunumla, içilen suyla, yiyeceklerle ya da deri teması sonucunda vücuda alınabilir (Özbolat ve Tuli, 2016).

Bakırın kimyasal formu ve etkilediği canlının büyüklüğüne göre bitkiler ve canlılar üzerindeki etkisi değişir. Basit yapıdaki küçük canlılar açısından toksikken, büyük canlılar açısından ise temel yapı bileşenidir. Bu yüzden bakır böcek ilacı olarak da tarım zararlılarını ortadan kaldırmak için kullanılır. Hastanelerde sık temas edilen bölgelerde bakır alaşımlarından elde edilen malzemeler kullanılır ve bu malzemenin sahip olduğu antiseptik özelliği sayesinde mikropların yayılması engellenir. Ayrıca bakır birçok sebze ve meyvede de bulunmaktadır. Bakır eksikliği hayvanlarda ve insanlarda bazı sağlık problemlerine neden olur. Bu problemler, gelişim geriliği, kemik erimesi, solunum sistemi hastalıkları, saç ve deride pigment kaybı, anemi görülebilir (Kartal vd., 2003).

Bakır, vücut işlevleri açısından önemlidir. İnsan vücudunda tüm organlar ve dokularda bakır bulunur. Özellikle saç, deri, kemik gibi iç organlarda temel bileşen olarak bulunur. İnsan metabolizmasında biyokatalizör olarak birçok işlevi vardır. Demirin vücutta düzenli kullanımı için de gereklidir. Bakır yetişkin bir insanda ortalama 50-120 mg bulunur. Bağırsak, karaciğer, kalp, mide ve beyinde yüksek konsantrasyonu vardır (Kartal vd., 2003; Özbolat ve Tuli, 2016).

Oral yolla meydana gelen bakır zehirlenmesi en ciddi olandır. Memelilerin dokularında birikebilir ve sınır değerine ulaştığı zaman toksik etki gösterir. Maruziyetle birlikte özellikle karaciğer ve böbrek gibi pek çok doku zarar görmektedir (Özbolat ve Tuli, 2016).

Akut bakır zehirlenmesi genelde yiyecek ve içeceklere bakırın karışması sonucu meydana gelir. Oral yolla 100 mg/kg'dan fazla alınması akut zehirlenmeye yol açar (Kartal vd., 2003).

Bağırsaktan bakır emilimi azalırsa "Menkes Sendromu" ortaya çıkar. Hastalıkla birlikte büyüme yavaşlar, vücut ısısı düşer, saçlarda beyazlama görülür. Bakırın eksikliği kalp hastalığı riskini azaltırken, bağırsaktan emiliminin fazla olduğu durumlarda "Wilson Hastalığı" ortaya çıkar. Alınan bakır özellikle beyin ve karaciğerde birikir (Özbolat ve Tuli, 2016).

Yemek servisinde ve saklamasında bakır içeren kapların kullanımı ayrıca bakır tesisata sahip evlerde yaşayan insanlarda, borular yoluyla içme sularına bakır karışması bakır zehirlenmesine neden olabilir. Zehirlenmenin belirtileri bulantı, kusma, mide yanmasıdır.

Bakır yetişkin bir insan vücudunda 100-150 mg değerinde bulunabilir. Bu değer %90'ı kas, kemik ve karaciğerde birikir. 150 mg'dan fazla elementel bakırın vücuda alınmasıyla daha ciddi belirtiler ortaya çıkar. Zihinsel kusurlara neden olmakla birlikte ölüm dahi görülebilir (Özbolat ve Tuli, 2016).

1.2.6. Krom (Cr)

Günümüzde genellikle alaşım elementi olarak kullanılan ve periyodik tabloda 6B grubunda yer alan kromun atom numarası 24, yoğunluğu 7,19 g/cm³, erime noktası 1907°C ve kaynama noktası ise 2672°C'dir. Krom, Yunanca'da renkler anlamına gelmektedir. Çok renkli olmasından dolayı bu adı almıştır (Kahvecioğlu vd., 2009).

Krom vücutta insülinin hareketini sağlamaktadır. Havada 0,1 µg/m³, temiz suda 1 µg/L ve genelde toprakta 2- 60 mg/kg bulunurken, temiz toprakta ise 4 g/kg değerinde bulunur (Kahvecioğlu vd., 2009). Kullanım alanı oldukça geniş bir potansiyel toksik elementtir (Tablo 1.4).

• Demir - Çelik Sanayi
• Deri- Dokuma Sanayi
• Metal Hazırlama
• Metal Kaplama
• Enerji Sanayi
• Pigment Endüstrisi
• Kağıt ve Kauçuk Endüstrisi
• Soğutma Sistemlerinde
• Toprak ve Kaya aşınmaları

Tablo 1.4. Kromun Başlıca Kullanım Alanları

Kaynak: Beker, 2014.

İçerisinde krom barındıran minerallerin endüstriyel kaynaklı oksidasyon, fosil yakıt kullanımı, kâğıt ürünlerinin veya ağaç yakılmasıyla doğada (hexavalent) altı değerlikli krom meydana gelir. Krom, önce toprağa sonra suya, sonra havaya ve oradan tekrar toprağa geçerek ekosisteme karışır. Yılda yaklaşık 6700 ton krom bu döngüyle denize ulaşarak okyanus tabanında çöker. Kromun oksidasyon kademesi, bu kademenin kimyasal özellikleri ve bulunduğu ortamdaki fiziksel yapısı, insan bünyesindeki ve diğer canlı organizmalardaki davranışını etkilemektedir (Kahvecioğlu vd., 2009).

Vücut 250 µg' a kadar alınan kromu tolere edebilir. Günlük tüketilen besin maddeleri ile vücuda alınan krom değeri yakından ilişkilidir. En iyi krom kaynakları; et, hububat, bakliyat ve baharatlardır. Süt ve süt ürünleri, birçok sebze ve meyve az miktarda krom içermektedir (Kahvecioğlu vd, 2009). Krom özellikle sulu ortamlarda birikir bu nedenle balıklarda yüksek miktarda krom birikebilir ve yemek oldukça tehlikelidir. Krom eksikliği, kurşunun zararlı etkisini artırır ve aşırı Cr^{6+} (hegzavalent krom) kanser oluşumuna yol açmaktadır (Kahvecioğlu vd., 2009).

Genellikle kroma maruziyet deri ile temas veya solumayla olmaktadır. En genel alerjen maddelerden biri kromattır. Pek çok araştırmayla solunum ve temasla birlikte kroma maruziyetin sağlık sorunlarına yol açtığı tespit edilmiş fakat kesin bir sınır değerleri belirlenmemiştir. Cr^{6+} 'nın (hegzavalent krom) solunumu ile solunum yollu hastalıkları hatta astım krizleri görülmektedir (Kahvecioğlu vd., 2009). Uzun süre yüksek miktarda maruz kalındığında karaciğerde, sinir dokularında, böbrek dolaşımında ve deride çeşitli hastalıklara yol açabilmektedir.

Cr^{6+} (hegzavalent krom), Cr^{3+} e (trivalent krom) göre daha zehirli yani toksiktir. Cr^{3+} kimyasal ve biyolojik olarak karalı bir özellik gösterir ve kanserojen bir madde değildir (Kahvecioğlu vd., 2009). Damar tıkanıklığı ve diyabetin önlenmesinde etkili olan krom insan vücudu için gereklidir. Hegzavalent kromun (Cr^{6+}) solunmasının insanlarda kanserojen etki yarattığı ve akciğer kanseri olma riskini artırdığı da ortaya konulmuştur (Beker, 2014).

1.2.7. Çinko (Zn)

Periyodik tablonun 2 B grubunda yer alan ve 30 atom numarasına sahip çinko, mavimsi türde ve açık tonlu gri renktedir. Oda sıcaklığında katı halde bulunur.

Antik çağlardan beri bilinen çinko, kullanımının tam olarak anlaşılamaması nedeniyle diğer elementlerle karıştırılarak kullanılmıştır. Ortalama konsantrasyonunun 70 ppm olduğu tahmin edilmektedir (Kartal vd., 2003).

Nikel-çinko karışımının akü sanayisinde kullanılması oldukça yaygındır. Genellikle çatı kaplama ve izolasyonunda kullanılırken, değerli tüm cevherlerin ayrıştırılması ve bileşen olarak kullanılması (Tablo 1.5) açısından önemlidir (TMMOB, 2001).

• Çeşitli elementlerle yapılan alaşımlar
• Çeliğin dayanıklı hale getirilmesi
• Bronz alaşımlar
• Döküm sanayi
• Hammadde

- Siyanür ve halojenlerin bileşik hale getirilmesi

Tablo 1.5. Çinkonun Yaygın Kullanım Alanları

Kaynak: TMMOB, 2001.

Çinko oksit (ZnO), boyaya pigment vermek için kullanılır. Çinko elementi ve çoğu bileşiğinin diğer elementlere oranla toksik etkisi oldukça düşüktür. Çinkodan yapılmış besin kaplarında çinkonun çözünmesiyle yiyeceklere karışması ya da çalışma ortamlarında çinko ya da çinko oksit tozunun solunması zehirlenmelere neden olabilir. Uzun süre çinko oksit buharına maruz kalanlarda “Çinko-Ateşi” olarak adlandırılan hastalık ortaya çıkar. Hastalığa bağlı ortaya çıkan bulgular birkaç gün içinde kaybolur. Akut zehirlenmede; sindirim hastalıkları, ishal, mide bulantısı ve karın ağrısı meydana gelir. Sınır değer üzerinde maruz kalındığında uyusukluk, kas fonksiyonlarında zayıflama gibi semptomlar gözlenir (Kartal vd., 2003).

Çinko insanların yanında bitkiler ve hayvan yaşamı için de önemli ve yaşamsal elementlerdendir. Günlük 10-20 mg doz alınmalıdır. Gelişim, bağışıklığın güçlenmesi, yaraların iyileşmesi ve çeşitli metabolik süreçler için gereklidir. Çinko yetersizliği ise gelişim bozukluklarına, kemik gelişiminde yavaşlığa, anemiye, deri iltihabına, iştahsızlığa ve davranışlarda değişikliklere neden olmaktadır (Kartal vd., 2003).

1.2.8. Nikel (Ni)

Parlak gümüş beyazı rengine nikelin atom numarası 28, yoğunluğu $8,90 \text{ g/cm}^3$ ve ergime sıcaklığı 1455°C 'dir. Periyodik cetvelde 8B grubunda bulunan bir geçiş elementidir. Genellikle çeşitli elementlerle (bakır, krom, kurşun, altın ve gümüş) alaşım yapılarak kullanılır. (MTA, 2018).

Fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı nikel, geniş bir kullanım alanına sahiptir. Çok yüksek ve düşük ısılara karşı dayanıklı olduğu için özellikle motor parçalarının yapımında kullanılır. Bunun yanında ulaştırma ve inşaat, mimari, tıbbi cihazlar ve madeni para yapımında; tıp sektöründe özellikle kalp-damar hastalıklarında stent yapımında kullanılmaktadır. Enerji santrallerinde, fabrika bacalarından çıkan gazların filtre edilmesinde ve nükleer enerji gibi ileri teknoloji enerji çözümlerinde gerekli bir elementtir. Nikelin büyük miktarı paslanmaz çelik yapımında, alaşımlarda, kaplama ve pil üretiminde kullanılmaktadır (MTA, 2018).

Nikel orta seviyede toksik özellik göstermektedir. Doğal yollarla ya da insan aktiviteleri sonucu açığa çıkar. Organik formadaki nikel, inorganik formdaki nikel göre daha zehirlidir. Kanserojen özellik gösterir, deride tahrişe neden olur, kalp-damar hastalıklarına yol açar (Kartal vd., 2003).

Havadan soluma yoluyla nikel uzun süre maruz kalmak, sağlığı olumsuz etkilemektedir. Nikel içeren yakıtların ve kentsel atıkların yanması madencilik faaliyetleri ile

atmosfere yayılır. Ayrıca sigarada (0–0.51µg/sigara) ve lağım çamuru karışmış toprakta bulunmaktadır (Seven vd., 2018).

Bazı bitkiler için nikel yararlı bir elementtir, fakat yüksek miktarda alındığında (0,18-5 ppm) zehirleyici olmaktadır (Kartal vd., 2003). Nikel bitkiler tarafından absorbe edilerek bünyelerine alınır, böylece sebze ve meyvelerden diğer canlıların vücutlarında nikel geçişi gerçekleşir (Seven vd, 2018).

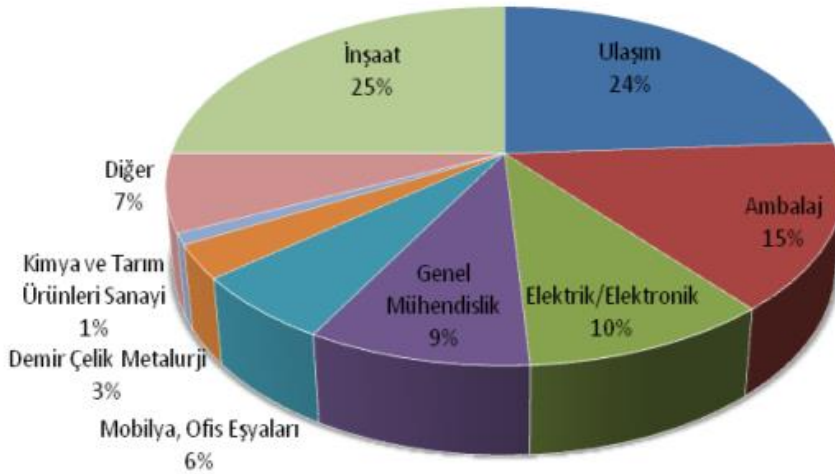
Nikel ve alaşımları, düşük oranda zehirlidirler. Buna karşın toz halinde bulunan nikel ve nikelin kimyasal bileşikleri kanserojendir.(Kartal vd., 2003):

Nikel alerjisi, özellikle kadınlar tarafından kullanılan takıların nikel içermesi nedeniyle meydana gelebilmektedir. Nikel alerjisi ilk kez 1923 yılında tanımlanmış; alerjenin giderek yaygınlaştığı ve günümüzde kadınlarda %40, erkeklerde ise %5-10 seviyelerine ulaştığı ileri sürülmektedir. Çalışma alanlarında havada solunan nikelin 0,015 mg/m³ (TWA-8 saat) değerini aşmaması gerekmektedir. Besin olarak vücuda alınmasında, hayvan ve bitkilerin bünyelerinde aldıkları miktar önem taşımaktadır. Ekmek, içecekler ve tahılların tüketimi günlük nikel alımının yaklaşık yarısını oluşturmaktadır (Kartal vd., 2003).

1.2.9. Alüminyum (Al)

3A grubunda yer alan numarası 13 olan alüminyumun yoğunluğu 3,70 g/cm³, erime noktası 660,32°C, kaynama noktası ise 2519°C'dir. Son derece önemli olan bu element yerkabuğunun yaklaşık 8'ini oluşturmaktadır (Bakar ve Baba, 2009).

Yumuşak ve hafif olması, elektriği ve ısıyı iyi iletmesi, uzun ömürlü olması, dış etkenlere karşı dayanıklı olması, kolay şekillendirilebilmesi ve renklendirilebilmesi, teknolojik açıdan ürün çeşitliliği sağlaması önemli özellikleridir. Bu nedenle alüminyum 21. yüzyıl elementi olarak görülmektedir. Oldukça yaygın bir kullanım alanı vardır (Şekil 1.2) (Akman vd., 2011).



Şekil 1.2. Alüminyumun Başlıca Kullanımı

Kaynak: Akman, vd., 2011.

Çeşitli alanlarda alüminyum tuzlarından da çok faydalanılmaktadır. Örneğin, su içermeyen alüminyum klorür petrol endüstrisinde kullanılır ve bazı tepkimelerde katalizör görevi üstlenmektedir. Bununla birlikte alüminyum oksitten saflaştırma yöntemi ile zümrüt, yakut gibi kıymetli taşlar elde edilmektedir. Tıpta ise tedavi amacı ile kullanılmaktadır (Akman vd., 2011).

Alüminyum, vücuda temel olarak sindirim yoluyla alınır ve genellikle karaciğer ve kemiklerde depolanır. Böbrekler yoluyla da vücuttan atılmaktadır (Bakar ve Baba, 2009). Ayrıca alüminyum safra yoluyla da vücuttan atılabilmektedir, fakat böbrekler tarafından atılmasıyla vücuttaki alüminyum dengelenmektedir. Alüminyumun insan vücudunda bulunmasını sınırı 30-40 mg arasındadır. Kentte yaşayan ve sağlıklı bir insanda yiyeceklerden alınan ortalama günlük miktar kg başına 0,01–1,4 mg arasındadır (Bakar ve Baba, 2009; Akman vd., 2011).

Alüminyum görülen en önemli etkisini sinir sistemi üzerinde gerçekleştirmektedir. Yapılan araştırmalarla alüminyumun güçlü bir nörotoksik madde olduğu görülmüştür. Bu araştırmalar sonucunda beynin alüminyum kaynaklı hasara yatkın olduğu ve fazla maruziyet sonucu alzheimer hastalığının gelişiminde etkili olabileceği ortaya çıkmıştır (Bakar ve Baba, 2009).

Vücuda alüminyum alımı genellikle çevresel etkileşimle birlikte kronik ve içme sularının tüketimiyle ortaya çıkmaktadır. Sinir sistemi üzerindeki etkisinin ortaya çıkması yıllar sürmekle birlikte tedavi edilememektedir. Buna bağlı olarak içme sularında risk taşıdığı tespit edilen bölgelerde içme sularının tüketimine dikkat edilmelidir (Bakar ve Baba, 2009).

1.2.10. Manganez (Mn)

Manganezin atom numarası 25'tir. Periyodik tablonun 7-B grubunda, geçiş elementidir. Erime noktası 1246°C, kaynama noktası 2061°C'dir. Yerkabuğunda en bol bulunan elementler arasında beşinci sırada olan manganez demir dışında en çok bulunan elementtir(Eskier, 2017).

Manganezin başlıca kaynakları; demir ve çelik dökümhaneleri, manganez madenleri, kaynak dumanı ayrıca; kurşunsuz benzinlerde, pestisit üretiminde ve lityum pil üretiminde kullanılır. Alaşımları ise pillerde, suni gübrelerde, otomotivde, elektrik- elektronik ürünlerde, korkuluklar ve metal içecek kutularında kullanılır. Yerkabuğu yaklaşık %0,1 oranında manganez içerir ve toprak, hava, su ve yiyeceklerde yaygın olarak bulunur. Genel olarak maruziyetin ana kaynağı yiyeceklerdir (Eskier, 2017).

İnsan vücudunda az miktarda bulunmaktadır. İnsan vücudunda ortalama 10-20 mg değerinde bulunur. Genellikle birikim yerleri; böbrek, karaciğer, pankreas ve kemiklerdir. Günde 2-3 mg manganez alımı sağlık için gereklidir (Çeliker, 2015). İnsan vücudunda kemik gelişimi, hormonal düzen ve bağışıklık sistemi üzerinde birçok etkisi vardır. Bitkiler için hayati öneme sahiptir, fotosentez için gereklidir (Eskier, 2017).

Manganeze yüksek miktarda maruz kalınması ise zehirlenmelere neden olur. İnsan vücuduna besinler aracılığı ile girer. Solunum yoluyla vücuda giren manganez ise "manganizm" hastalığına yol açmaktadır. Spazm, titreme ve ruhsal bozukluklar görülebilir. Özellikle içme sularında bol miktarda bulunmasının çocukların bilişsel yeteneklerinde gerilemeye neden olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca hamile kadınların fazla maruziyet yaşaması sonucu doğan çocuklarda davranışsal bozuklukların meydana geldiği belirlenmiştir (Akgiray, 2003).

1.2.11. Kobalt (Co)

Atom numarası 27 olan kobalt periyodik tabloda 9B grubunda yer almaktadır. Kobalt'ın yoğunluğu 8,90 g/cm³'tür. Erime noktası 1495°C ve kaynama noktası 2927°C'dir.

Orta Çağ Avrupa madencileri bu geçiş metalini şeytan anlamına gelen "Kobold" olarak isimlendirmişlerdir. Kobalt yeryüzünde ortalama 25 mg/ton bulunur ve az bulunan elementler grubundadır (Kartal vd., 2003).

Dayanıklı ve oksitlenmeye karşı dirençli olan kobalt; elektronik kaplamalarda, elmas takımlarında, porselen ve cam yapımında kullanılır. Ürünlere parlak mavi rengin verilmesinde kobalt tuzları kullanılır. Ayrıca anser tedavisinde kobalt izotopu kullanılmaktadır (Boğa, 2007).

Kobalt, B12 vitaminin bileşenidir (Kartal vd., 2003). Günlük kobalt ihtiyacı düşük olmakla birlikte 5 µg değerindedir (Boğa, 2007). Kobaltın, kırmızı kan hücrelerinde,

karaciğerde, dalakta, böbrekte, pankreasta konsantrasyonu vardır. Sigara dumanında da kobalt bulunmaktadır (Kartal vd., 2003).

Kobalt zehirlenmesi, soluma ya da deriyle temas sonucunda meydana gelir. Solunmasıyla akciğerlere sonrasında kana ve idrara karışmaktadır. Kobaltoksit (Co_3O_4) suda çözünmez bu nedenle solunumla alınan bu kobalt bileşiği vücut tarafından iyi emilemediğinden kana karışması da birkaç gün sürmektedir. Suda çözünebilen kobalt bileşikleri oral yolla vücuda alındığında ise %75'i vücuttan atılır, atılamayan kobalt ise kan ve böbrek, karaciğer ve akciğer gibi organlarda birikir. Kobalt tuzlarına uzun süre maruziyet alerjik tepkimelere ve bronşite yol açmaktadır. Kobaltın çok nadir olarak deride tahrişe neden olur ve bu olası etkisi iki gruba ayrılır (Kartal vd., 2003):

- Birinci grup; sıcak havalarda ve ellere kobalt temasından vücudun bazı bölgelerinde oluşan kızarıklıklar şeklinde meydana gelir.
- İkinci grup; Uzun yıllar temas sonucunda meydana gelen egzamadır.

Kobalt ve bileşiklerinin kanserojen etkisi olup olmadığı hakkında net bir bilgi yoktur. Fakat riskli olduğu tespit edildiği için kanserojen olarak tanımlanmaktadır. Vücutta kobalt içerikli implantın takıldığı yerlerde tümör oluşumu gözlenmiştir. Kobalt ve bileşiklerinin hayvanlar üzerinde yapılan deneylerde kansere neden olduğu ortaya çıkmıştır (Kartal vd., 2003).

1.2.12. Demir (Fe)

Atom numarası 26 olan demir 8B grubunda yer alır. Erime noktası 1535°C ve kaynama noktası 2740°C 'dir. Demir, dünyada en çok bulunan ve insanlık tarihi boyunca en fazla kullanılan elementtir. Demir en çok döküm ve çelik sanayisinde kullanılmaktadır. Otomotiv, inşaat, metalürji sektörü gibi farklı alanlarda çok geniş kullanımı vardır. Manyetik depolama ürünleri, elektrik-elektronik ürünler, delici ve kesici aletler, ulaşım araçları, mutfak aletleri, cerrahi aletler, küçük ev aletleri, beyaz eşyalar gibi ürünlerde yaygın olarak bulunur (Eskier, 2017).

Demir, kandaki hemoglobin yapısı için önemlidir. Vücutta yeterli miktarda olmadığına kırmızı kan hücresinin az üretilmesine bağlı hemoglobin azalır. Buna bağlı olarak vücuttaki oksijen de azalır. Sonuç olarak “demir eksikliği anemisi” hastalığı ortaya çıkar ve o da başka hastalıklara neden olur (Eskier, 2017). Demirin de vücuda yüksek miktarlarda alınması toksik

etkiye neden olabilmektedir. Demir zehirlenmeleri özellikle fazla ilaç kullanımı ve bunun yanında insan faaliyetleri sonucu doğaya fazla miktarlarda salınmasıyla meydana gelir.

Demir konsantrasyonu yüzey sularında 0,05 ile 0,2 mg/L değerlerindedir. Yeraltı sularında ise bu miktar 1,0-10,0 mg/L arasında değişir. Suyun hammadde olarak kullanıldığı içecek imalatı, tekstil ve kâğıt endüstrisi gibi faaliyetlerde yüksek miktarda demir ve manganez içeren sular hem kirlilik hem de insan sağlığı açısından problemlere neden olmaktadır (Akgiray, 2003). İçme sularının fazla demir içermesi demir zehirlenmesine yol açmaktadır. Karaciğer demir zehirlenmesinden en çok etkilenen organ olmakla birlikte kalp, böbrek, akciğerler de zarar görebilmektedir (Tanıdır vd., 2012).

1.3. Ekolojik Risk

Risk, zararın meydana gelmesi durumunda ortaya çıkan sonuçlarının büyüklüğünü niteleyen bir kavramdır (Okuyama, 2004). Yaşam boyunca insanlar çeşitli risklere maruz kalmış ve kalmaya da devam etmektedirler. Risk, sadece bir olayın sonuçlarının büyüklüğünü değil aynı zamanda olayın ortaya çıkma olasılığını da kapsamaktadır.

$$\text{Risk (R)} = f(p, C(v))$$

“P” ortaya çıkma olasılığı, “C(v)” sonuç değerini ifade etmektedir. Fonksiyonla çarpım ise sonucu yani riskin beklenen değerini belirtmektedir (Rowe, 1981).

Ekoloji, canlıların birbirleri ve çevreleriyle ilişkilerini inceleyen bir bilim dalıdır. Kısaca çevre bilimi olarak da tanımlanabilir. Ekosistem kavramı ise canlı (biyotik) ve cansız (abiyotik) çevrenin tamamını kapsamaktadır. Biyotik faktörlere; fauna, flora, toprak; abiyotik faktörlere ise hava, su, iklim gibi cansız faktörler örnek verilebilir. Bu organizmalar yani canlılar, bitkiler, hayvanlar veya insanlara ait bireyleri ya da bunlardan oluşan toplumları ifade etmektedir. Işık, su, hava, toprak gibi faktörleri kapsayan cansız çevre, organizmaların yaşadıkları ortam olarak ifade edilmektedir (Ekinci, 2005).

Ekosistemlerin yapısının ve fonksiyonunun bozulmasına neden olan olaylar vardır. Bunlara ekosistemleri sınırlayıcı faktörler denilmektedir (Evrendilek, 2004). Bu faktörler doğal ve insan kaynaklı olmak üzere ikiye ayrılır. Volkanik faaliyetler, kütle hareketleri, doğal yangınlar, sel, kuraklık, çığ gibi olaylar doğal faktörlere örnektir (White 1979). İnsana bağlı yani antropojenik faktörler ise ekosistemlerde ortamların yanlış ve aşırı kullanımından kaynaklanmaktadır (Evrendilek, 2004). Bu faktörlerin ekosistem üzerinde meydana getireceği

olası ya da meydana gelmiş olumsuz etkilerin ortaya konulması için ekolojik risk analizi yapılmaktadır.

Risk değerlendirmelerinin tarihine bakıldığı zaman uzun yıllar yalnızca ekonomi ve halk sağlığı gibi alanlara odaklıyken; 1992 yılında EPA (ABD Çevre Koruma Ajansı), halk sağlığıyla ilişkili olan ‘ekolojik risk değerlendirmesi’ kavramını ortaya koymuştur. Bununla birlikte ‘ekolojik risk değerlendirmesi’ yönteminin tanımları, çerçevesi ortaya konularak, uygulanması gerekliliği belirtilmiştir. EPA (ABD Çevre Koruma Ajansı) tarafından ekolojik risk değerlendirmesi, bir ya da birden çok strese maruz kalma sonucunda olumsuz ekolojik etkilerin ortaya çıkma ihtimalini değerlendiren bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Ekolojik risk değerlendirmeleri, mevcut ya da olası çevresel problemlerin tanımlanmasına, önceliklerin belirlenerek, konuyla ilgili düzenleyici faaliyetler için bilimsel bir zemin oluşturmasına yardımcı olmaktadır (USEPA, 1992).

İKİNCİ BÖLÜM

ALAKIR ÇAYI'NIN DOĞAL VE BEŞERİ ÖZELLİKLERİ

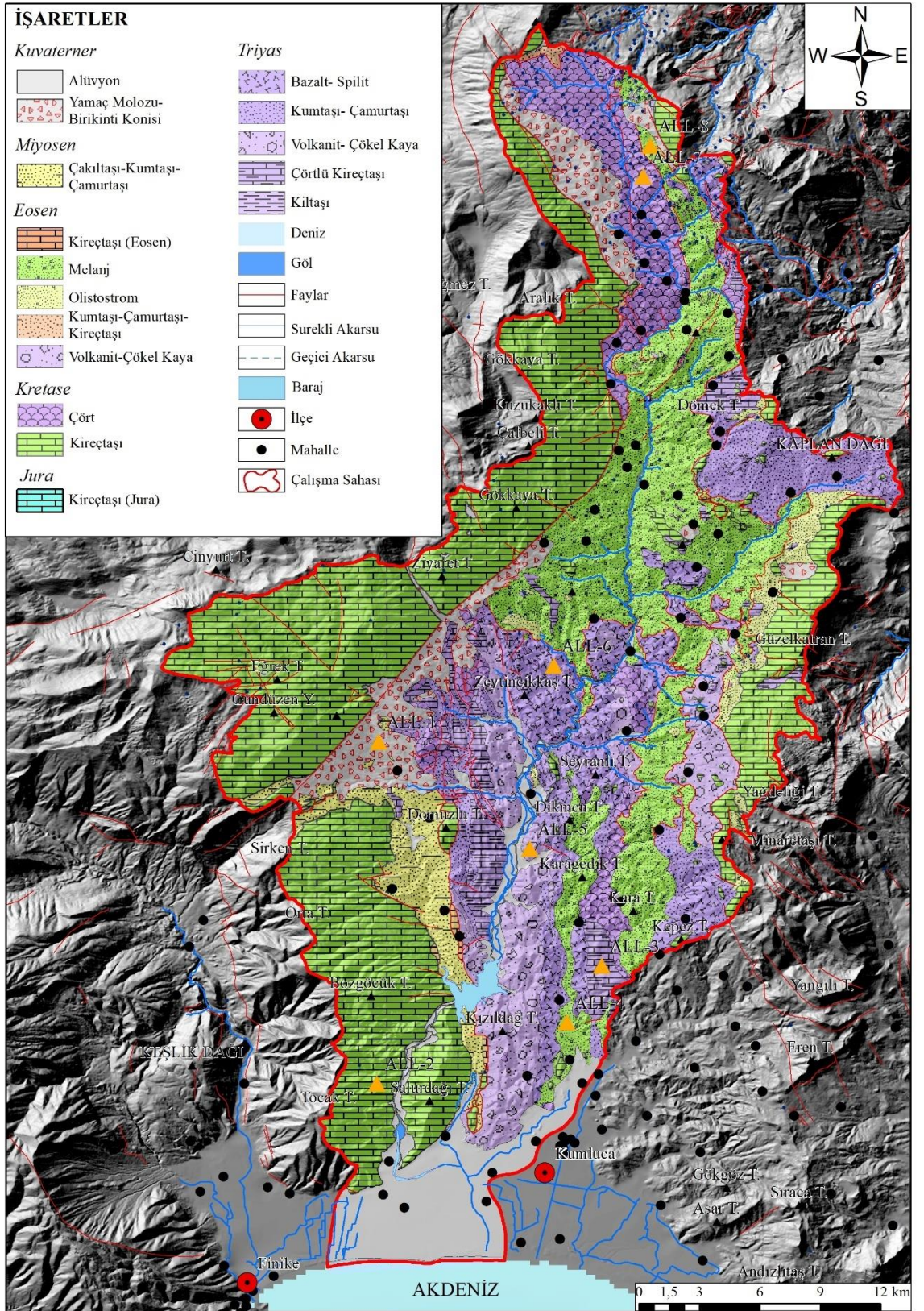
2.1. Jeoloji

Çalışma alanı olarak seçilen Alakır Havzası alanı 13 farklı litolojik birimden oluşmaktadır (Harita 2.1). Bu birimler; alüvyon, yamaç molozu-birikinti konisi, kumtaşı-çamurtaşı, çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı, kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı, kireçtaşı, melanj, olistostrom, volkanit-çökel kaya, kilitaşı, spilitik bazalt, çört ve çörtlü kireçtaşıdır (Fotoğraf 2.1).



Fotoğraf 2.1. Kireçtaşı

Bahsi geçen birimlerin jeolojik yaşlarına bakıldığında Kuvaterner'den başlayarak Orta Triyas'a kadar (Ladiniyen) olduğu görülmüştür. Çalışma alanlarının çoğu yamaç molozu (Kuvaterner), Kirdirek Formasyonları (ofiyolit melanj) (Üst Senoniyen), Dereköy Radyolariti (radyolarit, çört, şeyl) (Jura-Kretase) ve Malm kaplı Beydağları Formasyonlarından (neritik kireçtaşı) (Alt Kretase) oluşmaktadır (Ada, 2018).



Harita 2.2 Alakır Çayı Jeoloji Haritası

2.2. Jeomorfoloji

Çalışma sahasını içinde barındıran Kumluca ilçesi engebeli ve yükselti bakımından çeşitlilik arz eden arazilerden oluşmaktadır (Harita 2.3). Bu çeşitliliği farklı yüksekliklerdeki dağ ve tepeler ile ova ve platolar meydana getirir (Harita 2.4). Özellikle kuzeye doğru yükselen engebeli sahalar dikkati çekmektedir. İlçenin ortalama yüksekliğinin 1000 m'nin üzerindedir. Akdağ (3014 m), Beydağları (3086 m) ve Tahtalı Dağları (2366 m) yükseltinin fazla olduğu alanlardır.

Beydağları Kumluca İlçesi'nin kuzey sınırlarını kuşatmıştır. Elmalı Ovası ile Antalya Körfezi arasında bulunan dağ takımına genel olarak Beydağları olarak adlandırılmıştır. Oldukça geniş ve yüksek olan Beydağları, Antalya körfezi kıyısını yakından takip eden "Kıyı Sıradağları" ve batıda arka tarafta Elmalı Ovalarından yükselen "Asıl Beydağları" olarak birbirinden farklı iki sıraya ayrılmıştır (Sarı, 1998).

Kıyı sıradağları, Alakır Vadisi ile körfez arasında uzanmaktadır. Bu kıyı sıradağları arka tarafında bulunan asıl Beydağlarına nazaran alçaktır. Özellikle körfez üstünde ve Alakır Vadisinde oldukça yükselmiş ve yarılmıştır. Bunun sonucunda birbirinden derin ve dar, kısa mesafelerde vadilerle ayrılan dağ kümeleri, sivri ve kaya blokları haline gelmişlerdir (Saraçoğlu, 1989, 199-215). Tahtalı Dağı (2366), kıyı sıradağın en bilinen ve en yüksek dağlarından birisidir.

Avlan belinden başlayarak, Korkuteli yakınlarına kadar uzanan Asıl Beydağları ise genel olarak güneyden kuzeye doğru gidildikçe alçalmaktadır. Kalker bünyeli olan Beydağları'nın esas sırt kısmı inişli çıkışlıdır, karstik çöküntülerden ve buzul aşındırmasından oluşan çukurluklar bulunmaktadır. Tepelerin kuzeye bakan yamaçları dik kayalardan oluşmakta, dip kısımları ise kaya döküntüleri ile kaplıdır. Beydağlarının Alakır Vadisine bakan yamacı oldukça dar, Elmalı tarafına bakan yamacı ise git gide alçalarak nispeten daha genişir (Saraçoğlu, 1989, 214-215).

Alakır Vadisi'nin batısında; Beydağları, Sirgen ve Tocak dağları ile doğusunda Kıyı sıradağları bulunmaktadır. Vadi ortada Kumluca Ovasına uzanmakta, Alakır Çayı'nı bünyesinde barındırmaktadır (Saraçoğlu, 1989).

Torosların batısında, Teke Yarımadasındaki vadilerin yamaçlarındaki yerli kaya taraçaları, Akdeniz'e doğru çok fazla eğimlidir. Alakır Çayında ise, bazı alanlarda geri doğru aşınım dalgasının neden olduğu diklikler görülmektedir. Örneğin bu aşınım Karabük yakınında çağlayan oluşturacak kadar büyüktür. Kalan kısımlarında genellikle akış hızlıdır (Ardos, 1979).

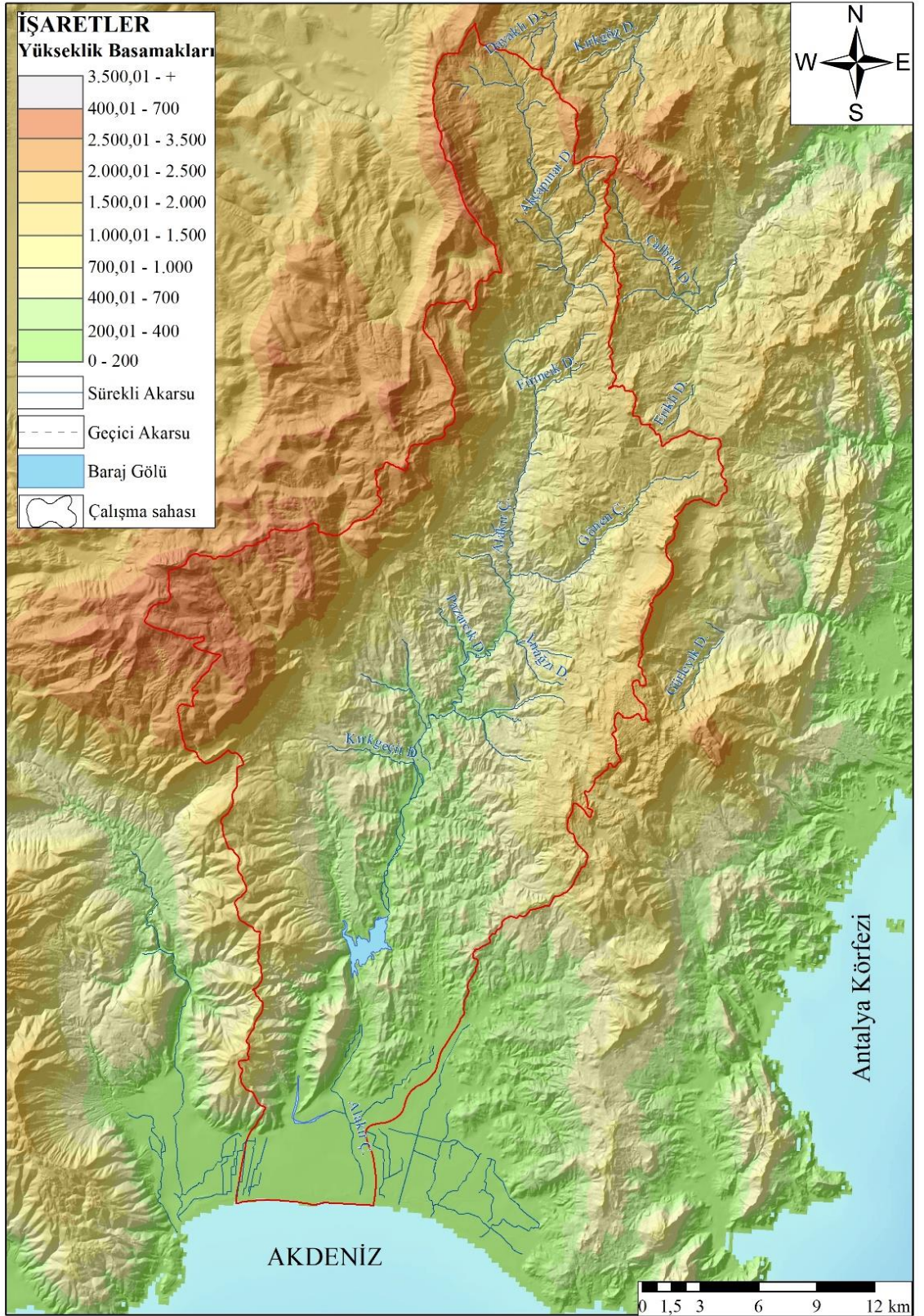
Vadi derin, yer yer kesilmiş ve oldukça engebelidir (Fotoğraf 2.2). Yer yer heyelanlar görülmektedir. Doğu ve batıda yükselen kalker dağlarında oluşan şekiller ise çok daha yumuşak

bir görünüm oluşturmaktadır. Bu alanlarda geniş ovalar yoktur; ormandan ve kayalardan açık yerlerde, dağın etekleri ve su kenarlarında, yer yer düzlükler ve tarlalar bulunmaktadır. İki yanını çevreleyen yüksek sıradağlar arasında, Finike Körfezi'ne doğru açılır bu nedenle deniz etkileri çok yukarı alanlara kadar sokulmaktadır (Saraçoğlu, 1989).

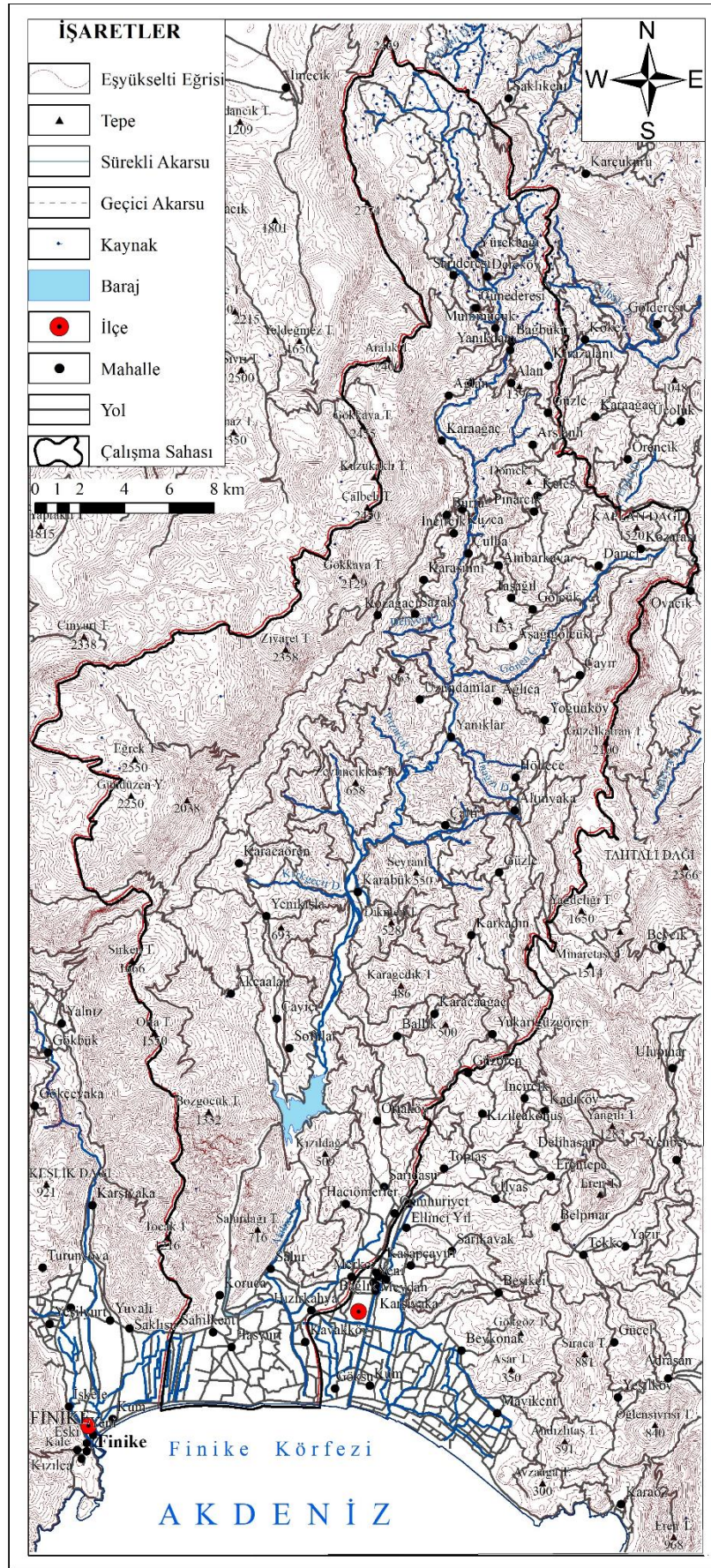


Fotoğraf 2.2. Yarma Vadi

Çalışma sahasının önemli kısımlarından birini Kumluca Ovası oluşturmaktadır. Ova yarı ay şeklini andırmakta ve tabanı Gülmez Dağı'nın doğu dipleri olup, Tocak Dağı'nın ovaya doğru ilerlediği alanda daralmaktadır. Buradan ve Alakır Çayı'ndan ileride ova gittikçe daralarak Mavikent'in doğusunda son bulmaktadır. Böylece Batıda Finike, doğuda Kumluca ovası olarak iki kısma ayrılan ovanın toplam yüzölçümü 80 km² dir. Ova Alakır, Akçay ve Göksu akarsularının deltalarının birleşerek körfezin sonunu doldurmasıyla meydana gelmiştir. Kuvaterner oluşumlu oldukça verimlidir olan bu ova yeraltı ve yerüstü suları açısından büyük potansiyele sahiptir (Saraçoğlu, 1989).



Harita 2.3. Alakır Çayı Fiziki Haritası



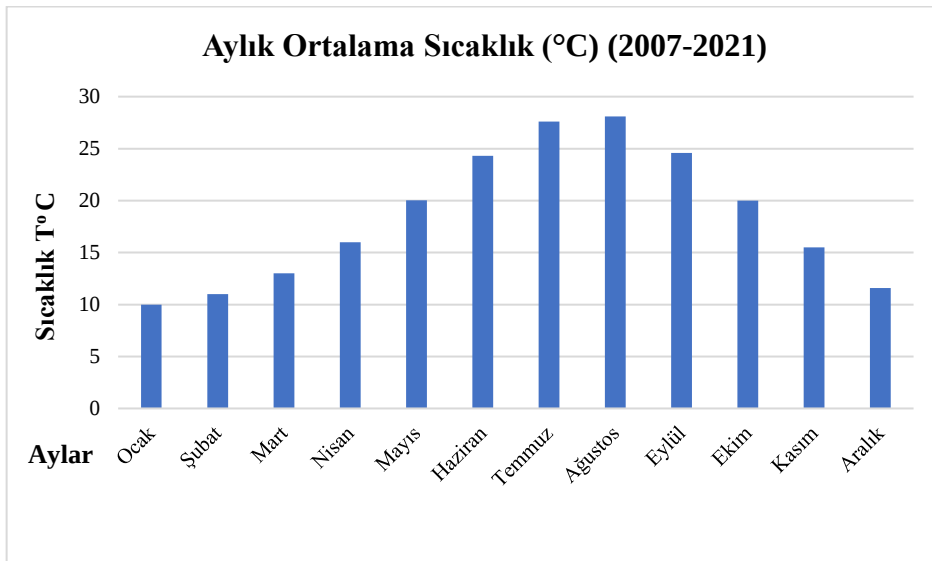
Harita 2.4. Alakır Çayı Topoğrafya Haritası

2.3. İklim

36° 18' 55" kuzey enlemi ile 30° 15' 7" doğu boylamı arasında bulunan Alakır Çayı'nın iklim tipi ve özelliklerinin ortaya koymak amacıyla Antalya meteoroloji istasyonundan uzun yıllık (2007-2021) ortalama iklim kıymetleri bültenlerinin (basınç, sıcaklık, toprak, sıcaklıkları, nem, bulutluluk, yağış, kar, sis, dolu, kırağı, oraj, rüzgar, buharlaşma, güneşlenme süresi ve şiddeti) verileri temin edilmiş ve elde edilen verilerle Thorntwaite yöntemine göre iklim sınıflandırması yapılmıştır.

Thorntwaite iklim sınıflandırmasına göre çalışma sahasında; Yarı nemli-Yarı kurak, düşük sıcaklıkta (Mikrotermal), su fazlası yok veya pek az olan, karasal iklime yakın iklim (C1 C'2 d b'2) olduğu belirlenmiştir. Sahada hakim rüzgar yönü kuzeydoğudur (NE).

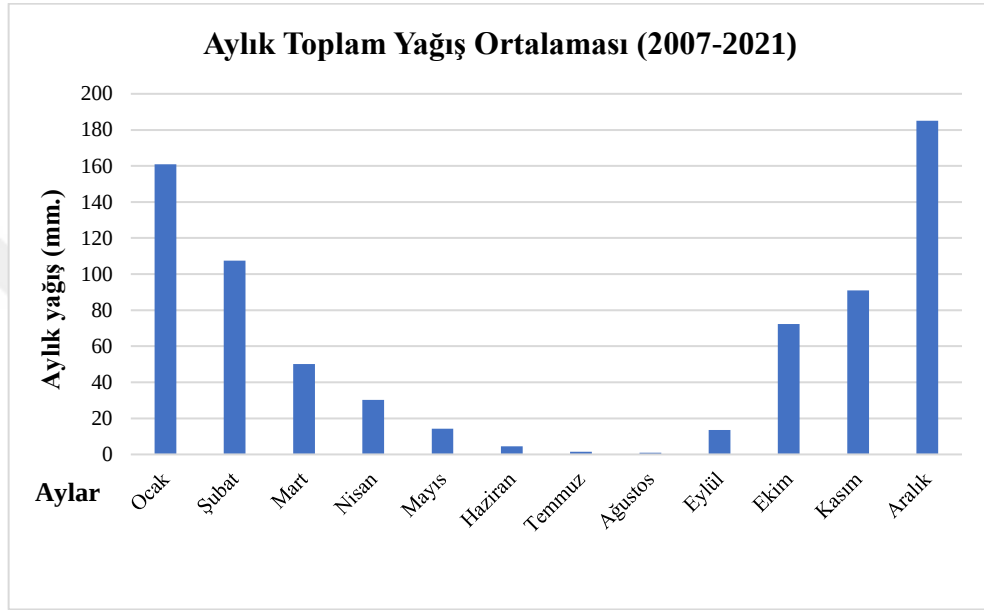
Kumluca ilçesi ortalama sıcaklık verilerine bakıldığında; Aylık maksimum sıcaklık temmuz ayında 44,3°C'dir., Aylık minimum sıcaklık ise ocak ayında -3,3°C'dir. Yıllık ortalama sıcaklık 18,5°C'dir. Günlük sıcaklıkların aylık ortalamasına bakıldığında sıcaklığın en fazla ağustos ayında 21,8°C olduğu, en düşük sıcaklığın ise ocak ayında 5,5° olduğu saptanmıştır (Grafik 2.1) (Tablo 2.6). Çalışma sahasında en sıcak mevsim yaz, en soğuk mevsim kıştır. Elde edilen verilere göre denizellik ve farklı hava kütlelerinin etkisiyle sıcaklığın aylara göre değişiklik gösterdiği görülmüştür. Özellikle kuzey-güney yönlü uzanan ve doğal bir oluk görevi gören Alakır Çayı vadisi denizel etkinin iç kısımlara kadar sokulmasına neden olmaktadır.



Grafik 2.1. Kumluca İlçesi Aylık Ortalama Sıcaklık (°C) (2007-2021)

Kaynak: Meteoroloji Bölge Müdürlüğü

Ortalama yağış verilerine göre; yıllık ortalama yağış miktarı 732.35 mm'dir. En yüksek toplam yağışın aralık ayında 185,02 mm, en düşük toplam yağışın ise ağustos ayında 1,01 mm olduğu tespit edilmiştir. Bölgeye yağışlar en fazla kış ayında düşmektedir (Grafik 2.2) (Tablo 2.6). Yağış oluşumun da yer şekillerinin etkisi görülmektedir. Alakır Çayı'nın batısında bulunan Beydağları hava kütleleri için doğal bir engel oluşturduğu görülmektedir. Bu nedenle hava kütleleri Beydağlarını aşmak isterken yükselmekte ve yağışı dağın kıyıya bakan tarafına bırakmaktadır (Korkmaz, 2009).



Grafik 2.2. Kumluca İlçesi Aylık Toplam Yağış Ortalaması (2007-2021)

Kaynak: Meteoroloji Bölge Müdürlüğü

Aylar	Aylık Yağış	AYLIK SICAKLIKLAR				
		Aylık Ortalama			En Yüksek ve En Düşük	
		Sıcaklık	Max.	Min.	Max.	Min.
	mm.	T°C	T°C	T°C	T°C	T°C
Ocak	160,9	10	16,2	5,5	23,4	-3,3
Şubat	107,5	11	17,2	6,1	25,9	-3,0
Mart	50,2	13	19,3	7,4	28,1	-0,8
Nisan	30,3	16	22,3	9,9	35,2	1,7
Mayıs	14,3	20,02	26,1	14,3	40,9	7,6
Haziran	4,6	24,3	30,2	18,1	42,0	11,8
Temmuz	1,6	27,6	33,8	21,0	44,3	16,5
Ağustos	1,0	28,1	34,1	21,8	42,6	17,3
Eylül	13,6	24,6	30,9	18,4	38,7	11,5
Ekim	72,4	20	26,8	14,3	35,9	5,7
Kasım	91,0	15,5	22,5	10,5	32,2	1,6
Aralık	185,0	11,6	18,0	7,1	27,2	-2,8

Tablo 2.6. Kumluca İlçesi Aylara Göre Sıcaklık ve Yağış Değerleri

Kaynak: Meteoroloji Bölge Müdürlüğü

2.4.Bitki Örtüsü

Alakır Vadisi'nde 0-700 m arasındaki yükseltilerde maki topluluğu bulunmaktadır. Maki topluluğunun yaygın türleri; kermez mesesi (*quercus coccifera*), funda (*Erica arborea*), sandal (*Arbutus andrachne*), kocayemiş (*Arbutus unedo*), sakız (*Pistacia lentiscus*), menengiç (*Pistacia terebinthus*), mersin (*Myrtus communis*), keçiboynuzu (*Ceratonia siliqua*), defne (*Laurus nobilis*), katırtırnağı (*Spartium junceum*), zakkum (*Nerium oleander*), katran ardıcı (*Juniperus oxycedrus*), tesbih (*Styrax officinalis*), yabani zeytindir (*Olea oleaster*). En yaygın tür ise kermez meşesidir (Sayhan, 1990).

0-1200 m arasında yüksekliklerde maki topluluklarıyla beraber kızılçam (*Pinus brutia*) yayılış göstermektedir. 1000 metreden sonra seyrekleşmekle birlikte 1500'lü metrelere kadar görülebilen kızılçamlar yerini sedir ve ardıcılara bırakmaktadır. (Sayhan, 1990). İklim oldukça karasallaştığı için 2000'li metrelerden sonra tek yıllık otsu bitkiler (alpin çayır) yer almaktadır.

2.5.Toprak

Araştırma sahasında genellikle kahverengi orman toprakları ve alüvyal topraklar yayılım göstermektedir. Alüvyal topraklar akarsular tarafından taşınıp depolandığı için belli iklim koşullarına ve bitki örtüsüne bağlı oluşmazlar. Üretken ve verimli topraklardır. Bulundukları iklime adapte oldukları için her türlü bitkinin yetiştirilmesine elverişlidirler (Atalay, 2006). Bu toprak grubu özellikle Kumluca ovası ve çevresinde, araştırma sahası olan Alakır Çayı'nın kenarlarında yer alan sahalarda bulunmaktadır (Sarı, 1998).

Alakır Vadisi'nin iki tarafında yükseltinin arttığı, kuzey - güney yönlü dağ silsilesinin birbirine yaklaşp, sıkıştığı alanlarda ise kahverengi orman toprakları geniş yayılım göstermektedir (Sarı, 1998: 55).

Bu toprak grupları dışında ilçede daha az yayılım gösteren toprak grupları da vardır. Dağlık alanların eteklerinde, dar vadi tabanlarında bulunan ve yer çekimi ya da küçük akıntılarla taşınmış topraklar Kolüvyal topraklardır. İlçede genellikle Sarıcasu, Salur, Mavikent, Belen, Çavuşköy, Erentepe ve Toptaş köylerinde yaygındır (Sarı, 1998).

Kırmızı kahverengi Akdeniz topraklarına da ilçede rastlanır. Bu topraklar daha çok, Yazır, Belen, Çavuşköy ve Altınyaka'da yaygındır. Kestane rengi toprakları da Karacaören ve Kuzca köylerinde görülmektedir (Sarı, 1998).

2.6.Nüfus ve Yerleşme

Nüfus ve yerleşmenin yoğun olduğu alanlar antropojenik etkinin de fazla olduğu alanlardır. Bu nedenle çalışma sahası içerisindeki nüfus ve yerleşmenin yoğun olduğu alanlarda

antropojenik kaynaklı element konsantrasyonu da şüphesiz daha belirgindir. Saha içerisindeki nüfus ve yerleşmelerin göz önünde bulundurulması bu açıdan önem taşımaktadır.

Çalışma sahasının bulunduğu Kumluca ilçesinin 2022 yılında toplam nüfusu 73.496'dır (Grafik 2.3). Nüfusun cinsiyete göre dağılımına bakıldığında, 37.090'ı erkek ve 36.406'sı da kadın nüfustan oluşmaktadır (TÜİK,2022). Kumluca, kırsal yerleşmelerinin hakim olduğu bir ilçedir (Tablo 2.7). İlçede 41 tane mahalle bulunmaktadır. Dağınık yerleşmeler ilçenin özellikle kuzeyi ve doğusunda bulunmaktadır. Toplu yerleşmeler ise ova üzerinde, ilçe merkezi ve etrafında yoğunlaşmıştır.

Arazinin çoğunlukla engebeli olması nedeniyle yerleşmeler dağınık haldedir. Mevcut ilçede bulunan Alakır Çayı havzası ve çevresinde de kırsal yerleşmeleri mevcuttur. Birçok kırsal yerleşmesinin Alakır Çayı boyunca dağınık olarak bulunduğu gözlemlenmiştir.

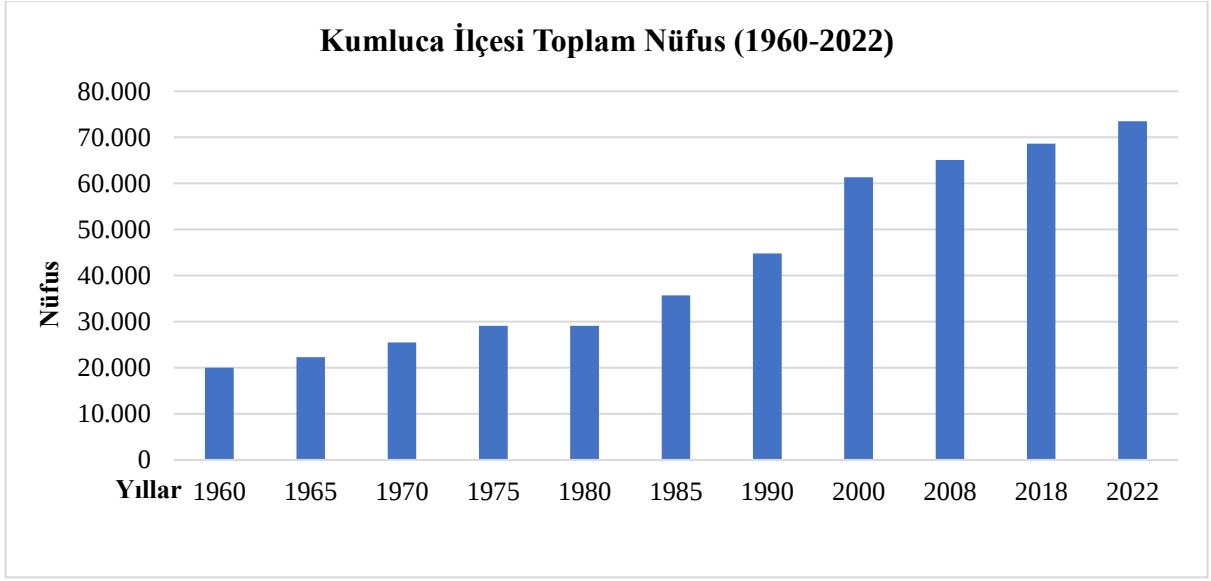
Güzören, Gölcük, Kuzca, Büyükalın, Dereköy dağınık yerleşmelere örnektir. Beşikçi, Hacıveliler, Beykonak, Mavikent, Hızırkahya, Kavakköy, Çavuşköy ve Salur yerleşmeleri toplu yerleşmelere örnek gösterilebilir.

Bu yerleşmelerde çoğunlukla tarım faaliyeti yapılmaktadır. İlçenin bünyesinde Olimpos, Adrasan gibi önemli turizm merkezleri nedeniyle turizm faaliyetleri de mevcuttur. Ayrıca Karagöl, Söğütçuması gibi yaylalar da halkın yazı geçirdiği kırsal yerleşmeleridir.

Dağınık, Sırtta, Orman içi	Güzören, Yenikışla, Büyükalın, Karacaagaç, Çaltı, Karacaören
Dağınık, Etekte, Orman içi	Erentepe, Yazır, Dereköy, Gölcük, Kuzca
Dağınık, Etekte, Orman bitişiği	İncircik, Toptaş, Çayıçi
Dağınık, Etekte, Dağ köyü	Belen
Dağınık, Ovada, Orman bitişiği	Beşikçi
Toplu, Ovada, Sahil köyü	Beykonak, Mavikent, Hacıveliler, Hızırkahya, Kavakköy, Çavuşköy
Toplu, Ovada, Orman bitişiği	Salur
Seyrek, Sırtta, Orman içi	Yeşilköy
Toplu, Sırtta, Orman içi	Altınyaka
Toplu, Sırtta, Orman bitişiği	Sarıcasu, Ortaköy

Tablo 2.7. Kumluca İlçesi'nde Yerleşme Şekilleri ve Tipleri

Kaynak: Sarı, 1998, 3-12



Grafik 2.3. Kumluca İlçesi Toplam Nüfus Grafiği (1960-2022)

Kaynak: TÜİK, 2023

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

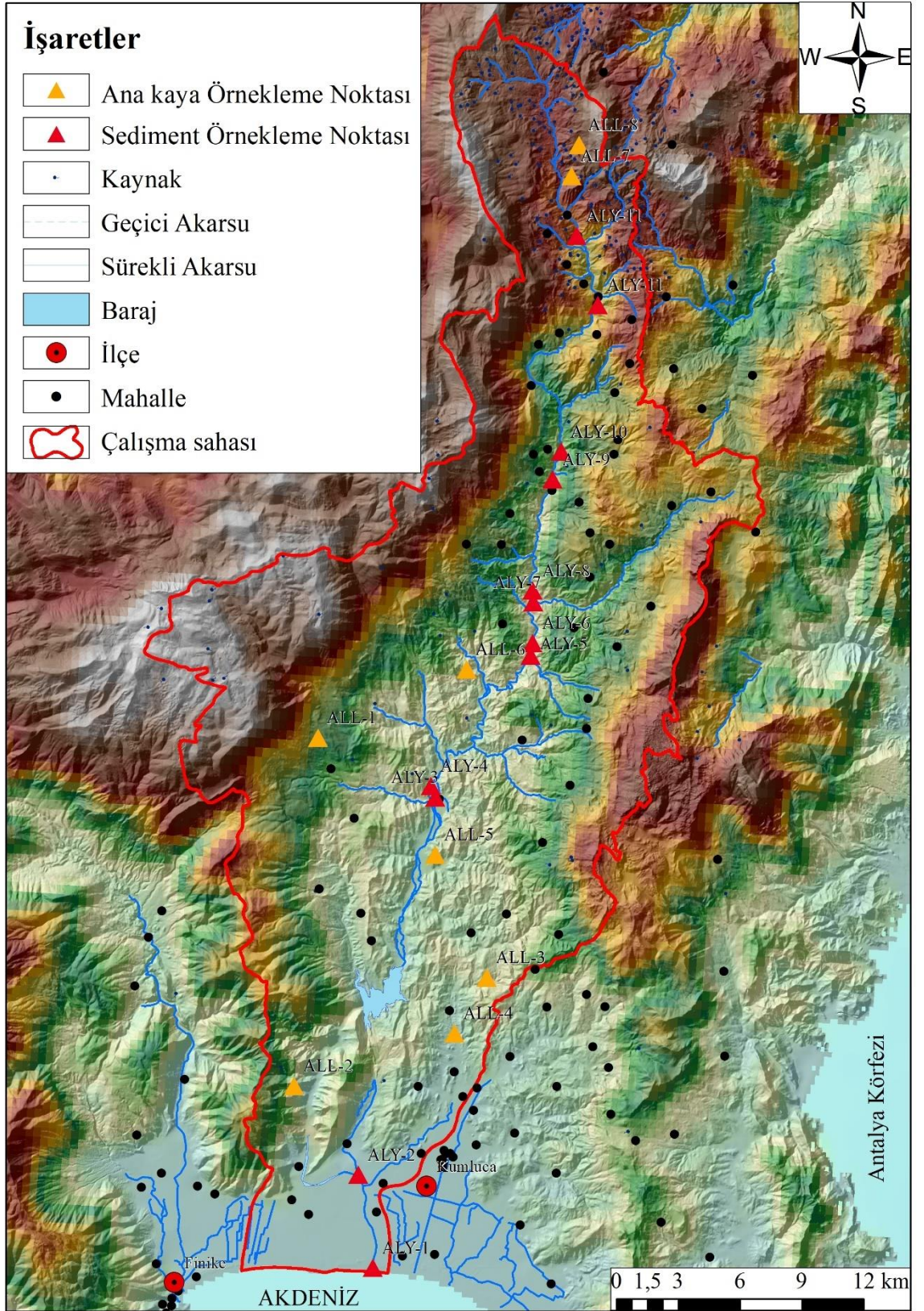
YÖNTEM

3.1. Ekolojik Risk Verilerin Toplanması ve Düzenlenmesi

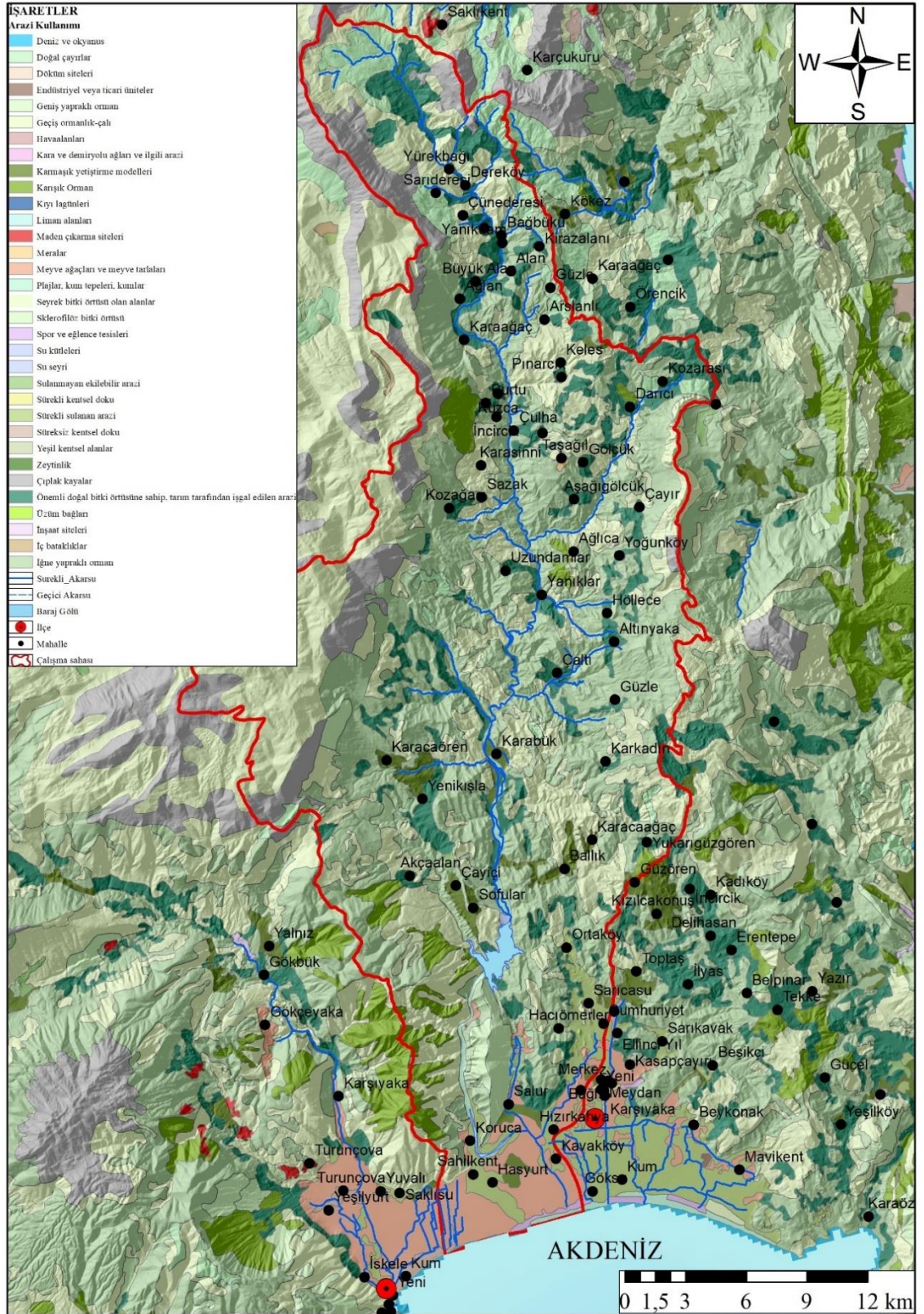
Yüzey çökelleri ve ana kaya örneklerinin toplanması amacıyla 02.01.2023 ve 03.01.2023 tarihlerinde 2 ayrı arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Alakır Çayı'nın ana hattı boyunca denize ulaştığı noktadan kaynak noktasına kadar 12 adet yüzey çökeli örneği alınmıştır (Harita 3.5). Potansiyel toksik elementler suda mevsimsel olarak değişirken yüzey çökellerinde daha uzun süre sabit kalabilmektedir. Bu nedenle ekolojik riskin en iyi göstergesi olarak kabul edilmektedir. Araştırmada da bu nedenle örnekler yüzey çökellerinden alınmıştır. Örnekleme yerleri arazi kullanım haritası göz önünde bulundurularak belirlenmiştir (Harita 3.6).

Yüzey çökel örnekleri Van Veen Grab kullanılarak alınmıştır. Her örnek alındıktan sonra saf su ile yıkanmıştır. Toplanan örnekler kilitli poşetlere konularak etiketlenmiş (Fotoğraf 3.3) ve örnek alınan konumlar GPS ile kayıt altına alınmıştır.

Yüzey çökelleri haricinde arazi çalışması boyunca Background değerini belirlemek amacıyla ana kayadan jeolog çekici yardımıyla 8 örnek alınmıştır. Alınan örnekler kilitli poşetlere konulup, etiketlenerek konumları GPS ile kayıt altına alınmıştır (Fotoğraf 3.4).



Harita 3.5. Alakır Çayı Ana Kaya ve Yatak Örnekleri Lokasyon Haritası



Harita 3.6. Alakır Çayı Arazi Kullanım Haritası



Fotoğraf 3.3. Yatak Örneğinin Alınma Aşamaları



Fotoğraf 3.4. Ana kaya Örneği Alınması

3.2. Örneklerin Hazırlanması ve Verilerin Analizi

Tez kapsamında, Alakır Çayı yatağından alınan çökel örnekleri +4°C'de muhafaza edilmiş ve alınan ana kaya örnekleri ile Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Genel jeoloji Laboratuvarına gönderilmiştir.

Yüzey çökeli örneklerinin bir kısmı petri kutularına konularak, etüv cihazında 80 C° sıcaklıkta 36 saat kurutulmuştur. Sonrasında örnekler havan ile dövülmüştür. Çakıl boyutunda unsur bulunduran örnekler ise önce 11 mesh elekten (0,25 mm) geçirilmiş sonrasında ise havanla dövülmüştür (Fotoğraf 3.5). Örnekler en az 10 gr olacak şekilde kilitli poşetlere konularak etiketlenmiştir.

Alınan ana kaya örneklerinden jeolog çekici ile daha küçük bir parça alındıktan sonra örnekler kil boyutuna gelecek şekilde havanla dövülmüş ve kilitli poşetlere konulup etiketlenerek analize hazır hale getirilmiştir.

Hazırlanan örnekler Argetest laboratuvarına gönderilmiş ve potansiyel toksik elementler ICP-MS (İndüktif Olarak Eşleşmiş Kütle Spektrometresi) ile belirlenmiştir.



Fotoğraf 3.5. Örneklerin Analize Hazırlanma Aşamaları

3.3. Background Değerinin Hesaplanması

Araştırma sahasında 8 ayrı noktadan ana kaya örnekleri alınmıştır. Yapılan analizler sonucu örneklerdeki potansiyel toksik element konsantrasyonları ortaya konulmuştur (Tablo 3.8). Background değerini hesaplamak amacıyla, her örnek noktası için tespit edilen potansiyel toksik element konsantrasyon değerleri toplanmış, uç değerler çıkarılarak aritmetik ortalaması alınmıştır.

	Cu	Pb	Zn	Ni	Mn	Fe	As	Cd	Cr	Al	Hg	Ort. Değer
ALL-1	1	4,09	5,6	5,43	11,7	0,04	0,3	0,15	5,6	0,05	0,3	3,17
ALL-2	14,7	3	36,8	1000	792	5,02	0,3	0,05	1000,9	0,24	0,3	8,6

ALL-3	153,47	10,1	43,4	30,83	3827,6	1,77	0,3	0,05	11,2	1,57	0,3	17,08
ALL-4	31,3	11,1	29,5	10,76	25,1	0,5	0,3	0,05	7,8	0,7	0,3	11,73
ALL-5	70,4	3,2	57,3	52	622,5	4,56	0,3	0,05	47,6	2,08	0,3	26,41
ALL-6	30,9	8,2	29,1	15,59	657	0,53	0,3	0,33	5	0,41	0,3	10,06
ALL-7	1,2	2,9	4,1	2,54	15,8	0,02	0,3	0,05	1,9	0,03	0,3	3,63
ALL-8	14	3,3	29,7	1000	689,8	4,86	0,3	0,05	957,8	0,24	0,3	7,52

Tablo 3.8. Ana Kaya Örneklerindeki Element Konsantrasyonları

3.4. Antropojenik Etki Değerlendirmesi

3.4.1. Zenginleşme Faktörü (EF)

Zenginleşme faktörü (EF), çökelte bulunan element konsantrasyonlarının doğal ya da antropojenik kaynaklardan gelip gelmediğini ortaya koymaktadır. Zenginleşme faktörünü hesaplamasında çökel içerisinde tane boyu kaynaklı hatanın en aza indirilmesi için konservatif element olarak Fe, Ti ya da Al kullanılmaktadır (Zhang vd., 2007). Güncel element/referans element oranının ardalan element/referans element oranına bölünmesiyle elde edilmektedir.

$$EF = \frac{C_i/C_{ref}}{B_i/B_{ref}} \quad (1)$$

Burada C_i element konsantrasyonu, C_{ref} , normalizasyon için kullanılan referans elementin konsantrasyonu, B_i elementin bölgesel ardalan değeri, B_{ref} ise normalizasyon için seçilen referans elementin ardalan değeridir.

Sutherland (2000)'e göre; $EF > 2$ zenginleşme yok / minimal zenginleşme, $EF = 2-5$ orta düzeyli zenginleşme, $EF = 5-20$ önemli zenginleşme, $EF = 20-40$ yüksek zenginleşme, $EF < 40$ ise çok yüksek zenginleşme olarak tanımlanmaktadır.

3.4.2. Kontaminasyon faktörü (CF)

Kontaminasyon faktörü (CF), çökel konsantrasyonundaki muhtemel insan etkilerini ortaya koymaktadır. Çökeldeki element konsantrasyonunun ardalan element konsantrasyonuna bölünmesiyle elde edilmektedir.

$$CF = C_i / C_{ni} \quad (2)$$

Formülde; C_i , element konsantrasyonu, C_{ni} ise elementin ardalı değerine karşılık gelmektedir. Hakanson (1980)'a göre kontaminasyon düşük ($CF < 1$), orta ($CF = 1-3$), yüksek ($CF = 3-6$) ve çok yüksek ($CF > 6$) olarak sınıflandırılmaktadır.

3.4.3. Modifiye kontaminasyon faktörü (mCd)

Kontaminasyon faktörü (CF) hesaplanırken jeokimyasal normalizasyon yapılmamaktadır. Bundan dolayı tane boyutundan gelen hataların giderilmesi açısından yeterli değildir. Bu nedenle modifiye kontaminasyon faktörü (mCd) geliştirilmiştir (Abraham & Parker, 2008).

$$mCd = \frac{\sum_{i=1}^n CF}{n} \quad (3)$$

Formülde, CF kontaminasyon faktörünü, n analizde kullanılan element sayısını ifade etmektedir.

Bulgular şu şekilde değerlendirilmektedir; $mCd < 1.5$ çok düşük, $1.5 < mCd < 2$ düşük, $2 < mCd < 4$ orta, $4 < mCd < 8$ yüksek, $8 < mCd < 16$ çok yüksek, $16 < mCd < 32$ ultra yüksektir (Abraham ve Parker, 2008).

3.4.4. Jeoakümülayon İndeksi (Igeo)

1969 yılından Müller (1969) tarafından önerilen bu indeks hem doğal antropojenik kaynaklı kirliliğin belirlenmesi amacıyla kullanılan bir başka indekstir.

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_m}{B_m \times 1.5} \quad (4)$$

Formülde kullanılan “ C_m ” element konsantrasyonunu, “ B_m ” ardalı element değerini ifade eder.

Buna göre; $I_{geo} < 0$ kirlenmemiş, $I_{geo} = 0-1$ kirlenmemiş veya orta derecede kirlenmiş, $I_{geo} = 1-2$ orta derecede kirlenmiş, $I_{geo} = 2-3$ orta-çok derecede kirlenmiş, $I_{geo} = 3-4$ çok kirlenmiş, $I_{geo} = 4-5$ çok-aşırı kirlenmiş, $I_{geo} > 5$ aşırı kirlenmeyi ifade etmektedir (Müller, 1969).

3.5. Toksik ve Ekolojik Risk Değerlendirmesi

3.5.1. Toksik Risk İndeksi (TRI)

TRI, elementlerin toksik etkilerinin ortaya konulması için kullanılan yöntemlerdendir (Zhang vd., 2016).

$$TRI_i = \sqrt{\frac{((C_i/TEL)^2 + (C_i/PEL)^2)}{2}} \quad (5)$$

Elementlerin ayrı ayrı toksik risk katsayısını (TRI_i) belirlemek için bu formül kullanılmaktadır;

Formülde; C_i element konsantrasyonunu, TEL (threshold effect level) “eşik etki seviyesini”, PEL (probably effect level) “olası etki seviyesini” ifade etmektedir (Mac Donald vd., 1996). Elementlerin toplam TRI’si şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$TRI = \sum_{i=1}^n TRI_i \quad (6)$$

Formülde kullanılan; TRI_i elementin toksik risk katsayısını, i element konsantrasyonunu, n analizde kullanılan element sayısını, TRI toplam toksik risk değerini ifade etmektedir.

Veriler şu şekilde değerlendirilmektedir;

- $TRI \leq 5$ toksik risk yok,
- $5 < TRI \leq 10$ düşük toksik risk,
- $10 < TRI \leq 15$ orta seviyede risk,
- $15 < TRI \leq 20$ önemli seviyede toksik risk,
- $TRI > 20$ çok önemli seviyede toksik risk (Zhang vd., 2016).

3.5.2. Ekolojik Risk İndeksi (ERİ)

Her element için ayrı hesaplanan değiştirilmiş risk faktörü (Eri) şu şekilde hesaplanmaktadır (Hakanson, 1980):

$$mEri = EF, \times T \quad (7)$$

Formülde 'mEri' her element için ayrı hesaplanan risk faktörü, 'EF' zenginleştirme faktörü ve 'T' her element için ayrı toksisite katsayısıdır.

Hakanson'a (1980) göre; ($mEri < 40$) *düşük potansiyel ekolojik risk*, ($40 < mEri < 80$) *orta potansiyel ekolojik risk*, ($80 < mEri < 160$) *önemli potansiyel ekolojik risk*, ($160 \leq mEri < 320$) *yüksek potansiyel ekolojik risk* ve ($mEri < 320$) *çok yüksek potansiyel ekolojik risk* olarak yorumlanmaktadır. İstasyon bazında ekolojik risk değerlendirmesi, elementlerin potansiyel ekolojik risk indeks seviyeleri toplanarak yapılmaktadır.

3.5.3. Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PER)

Potansiyel ekolojik risk seviyesi (PER), tortuda birikim gösteren elementlerin potansiyel toksik etkileri hakkında öngörude bulunmak için kullanılmaktadır.

$$PER = \sum MRI \quad (8)$$

Formülde 'PER' istasyon bazında ekolojik risk değerlendirmesini ve 'MRI' ise her bir element için yapılan değerlendirmeyi ifade etmektedir.

Buna göre; Düşük ekolojik risk ($PER < 150$), orta ekolojik risk ($PER 150 < 300$), önemli ekolojik risk ($PER 300 < 600$) ve çok yüksek ekolojik risk olarak yorumlanır (Hakanson 1980).

3.6. Çok Değişkenli İstatistiksel Analizler

Elementlerin taşınma süreçlerini ve olası kaynaklarını ortaya koymak amacıyla Cluster analizi ve Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar diğer analiz verileriyle karşılaştırılarak elementlerin kaynak tespiti gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmaları, ekolojik risk indeksleri, mekansal analizler ve istatistiksel analizler birlikte kullanılarak elde edilen bulguların geçerliliği ve güvenilirliğinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR

Alakır Çayı'na ait örneklerle yapılan laboratuvar çalışmaları sonucunda elementlerin konsantrasyon değerleri tespit edilmiş ve elde edilen veriler ekolojik risk indeksleri uygulanarak değerlendirilmiştir.

4.1. Çökel Örneklerindeki Element Konsantrasyonları

	Cu	Pb	Zn	Ni	Mn	Fe	As	Cd	Cr	Al	Hg
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
ALY-1	59,10	19,50	60,2	267,2	869	27200	1,0	0,17	106,3	14600	0,24
ALY-2	33,60	11,50	50,8	276,0	994	23300	0,3	0,15	116,5	9600	0,12
ALY-3	17,30	11,00	40,0	115,9	389	16000	0,3	0,22	47,2	11800	0,18
ALY-4	32,50	6,20	40,7	641,1	840	35100	0,3	0,05	250,2	16100	0,17
ALY-5	62,40	14,60	54,7	147,8	1139	27500	2,5	0,31	59,8	12900	0,16
ALY-6	38,50	11,00	46,6	570,6	999	35300	0,7	0,14	202,9	14700	0,05
ALY-7	50,20	12,00	47,7	156,0	1225	23500	0,3	0,05	62,7	14600	0,05
ALY-8	31,10	6,40	47,4	575,7	892	40700	0,3	0,05	187,2	19700	0,32
ALY-9	33,30	6,70	39,6	260,8	1246	26800	0,3	0,11	110,1	12100	0,41
ALY-10	34,50	7,60	4,6	249,0	1140	24500	0,6	0,05	100,7	12500	0,35
ALY-11	49,30	11,20	50,0	169,4	1020	27100	0,7	0,14	74,5	15400	0,05
ALY-12	51,10	16,80	37,9	78,1	1134	13700	0,3	0,05	32,4	10000	0,11

Tablo 4.9. Çökel Örneklerindeki Elementlerin Ham Değerleri (ekolojik risk indisi uygulanmamış konsantrasyon değerleri)

Cu, çökel örneği alınan noktalarda 17,30 ile 62,40 ppm aralığında değer göstermektedir. Örnek noktalarında en düşük 17,30 ppm ile ALY-3 noktasında, en yüksek 62,40 ile ALY-5 noktasında konsantrasyonu tespit edilmiştir.

Pb, çökel örneği alınan noktalarda 6,20 ppm ile 19,50 ppm aralığında değer göstermektedir. Örnek noktalarında en düşük 6,20 ppm ile ALY-4, en yüksek 19,50 ile ALY-1 noktasında konsantrasyonu gözlenmektedir.

Zn, çökel örneği alınan noktalarda 4,6 ppm ile 60,2 ppm aralığında değer göstermektedir. Örnek noktalarında en düşük 4,6 ppm ile ALY-10, en yüksek 60,2 ile ALY-1 noktasında konsantrasyonu vardır.

Ni, çökel örneği alınan noktalarda 78,1 ppm ile 641,1 ppm aralığında değer göstermektedir. Örnek noktalarında en düşük 78,1 ppm ile ALY-12, en yüksek 641,1 ile ALY-4 noktasında konsantrasyonu tespit edilmiştir.

Mn, çökel örneği alınan noktalarda 389 ppm ile 1246 ppm aralığında değer göstermektedir. Örnek noktalarında en düşük 389 ppm ile ALY-3, en yüksek 1246 ile ALY-9 noktasında konsantrasyonu gözlemlenmektedir.

Fe, çökel örneği alınan noktalarda 13700 ppm ile 40700 ppm aralığında değer göstermektedir. Örnek noktalarında en düşük 13700 ppm ile ALY-12, en yüksek 40700 ppm ile ALY-8 noktasında konsantrasyonu bulunmaktadır.

As, çökel örneği alınan noktalarda 0,3 ppm ile 2,5 ppm aralığında değer göstermektedir. 0,3 ppm ile ALY-2, ALY-3, ALY-4, ALY-7, ALY-8, ALY-9 ve ALY-12 noktalarına en düşük değerde, 2,5 ppm ile ALY-5 noktasında en yüksek değerde konsantrasyonu tespit edilmiştir.

Cd, çökel örneği alınan noktalarda 0,05 ppm ile 0,31 ppm aralığında değer göstermektedir. 0,05 ppm ile ALY-4, ALY-7, ALY-8, ALY-10 ve ALY-12, noktalarında en düşük değerde, 0,31 ile ALY-5 noktasında en yüksek değerde konsantrasyonu gözlemlenmektedir.

Cr, çökel örneği alınan noktalarda 32,4 ile 250,2 ppm aralığında değer göstermektedir. Örnek noktalarında en düşük 32,4 ppm ile ALY-12 noktasında, en yüksek 250,2 ile ALY-4 noktasında konsantrasyonu bulunmaktadır.

Al, çökel örneği alınan noktalarda 9600 ile 19700 ppm aralığında değer göstermektedir. Örnek noktalarında en düşük 9600 ppm ile ALY-2 noktasında, en yüksek 19700 ile ALY-8 noktasında konsantrasyonu tespit edilmiştir.

Hg, çökel örneği alınan noktalarda 0,05 ile 0,41 ppm aralığında değer göstermektedir. Örnek noktalarında en düşük 0,05 ppm ile ALY-6, ALY-7 ve ALY-11 noktalarında, en yüksek ise 0,41 ile ALY-9 noktasında konsantrasyonu bulunmaktadır.

4.2. Zenginleşme Faktörü (EF)

Zenginleşme faktörü doğal ve antropojenik kaynaklı element konsantrasyonlarının belirlenmesi için kullanılan indekslerden biridir. Alakır Çayı'ndan havasından alınan yüzey çökeli ve ana kaya örnekleri, bunların ardalan değerlerinden elde edilen bulgular ortaya konulmuştur.

	Cu	Pb	Zn	Ni	Mn	Fe	As	Cd	Cr	Hg
ALY-1	0,99	1,53	0,94	0,77	0,48	0,58	1,13	0,78	0,33	1,10
ALY-2	0,85	1,37	1,20	1,21	0,84	0,75	0,45	1,05	0,55	0,84
ALY-3	0,36	1,07	0,77	0,41	0,27	0,42	0,36	1,25	0,18	1,02
ALY-4	0,49	0,44	0,58	1,67	0,42	0,68	0,27	0,21	0,70	0,71
ALY-5	1,18	1,30	0,97	0,48	0,71	0,66	3,32	1,61	0,21	0,83
ALY-6	0,64	0,86	0,72	1,63	0,55	0,74	0,77	0,64	0,62	0,23
ALY-7	0,84	0,94	0,74	0,45	0,68	0,50	0,29	0,23	0,19	0,23
ALY-8	0,38	0,37	0,55	1,23	0,37	0,64	0,22	0,17	0,43	1,09
ALY-9	0,67	0,64	0,74	0,90	0,83	0,69	0,35	0,61	0,41	2,27
ALY-10	0,67	0,70	0,08	0,84	0,74	0,61	0,85	0,27	0,36	1,88
ALY-11	0,78	0,83	0,74	0,46	0,53	0,55	0,77	0,61	0,22	0,22
ALY-12	1,24	1,93	0,86	0,33	0,92	0,42	0,43	0,34	0,15	0,74

Tablo 4.10. Alakır Çayı Yüzey Çökeli Örneklerinin Zenginleşme Faktörü Değerleri

Cu faktörü, 0,36 ppm ile 1,24 ppm arasında değişmektedir. En düşük değer 0,36 ppm ile ALY-3 noktasında, en yüksek değer ise 1,24 ppm ile ALY-12 noktasında gözlenmektedir. Alınan örneklerin Cu zenginleşme faktörü değerlerine bakıldığında zenginleşme olmadığı tespit edilmiştir.

Pb zenginleşme faktörü, 0,44 ppm ile 1,93 ppm arasında değişmektedir. En düşük değer 0,44 ppm ile ALY-4 noktasında, en yüksek değer ise 1,93 ppm ile ALY-12 noktasında gözlenmektedir. Alınan örneklerin Pb zenginleşme faktörü değerlerine bakıldığında zenginleşme olmadığı tespit edilmiştir.

Zn zenginleşme faktörü, 0,08 ppm ile 1,20 ppm arasında değişmektedir. En düşük değer 0,08 ppm ile ALY-10 noktasında, en yüksek değer ise 1,20 ppm ile ALY-2 noktasında gözlenmektedir. Alınan örneklerin Zn zenginleşme faktörü değerlerine bakıldığında zenginleşme olmadığı tespit edilmiştir.

Ni zenginleşme faktörü, 0,33 ppm ile 1,67 ppm arasında değişmektedir. En düşük değer 0,33 ppm ile ALY-12 noktasında, en yüksek değer ise 1,67 ppm ile ALY-4 noktasında gözlenmektedir. Alınan örneklerin Ni zenginleşme faktörü değerlerine bakıldığında zenginleşme olmadığı tespit edilmiştir.

Mn zenginleşme faktörü, 0,27 ppm ile 0,92 ppm arasında değişmektedir. En düşük değer 0,27 ppm ile ALY-3 noktasında, en yüksek değer ise 0,92 ppm ile ALY-12 noktasında gözlenmektedir. Alınan örneklerin Mn zenginleşme faktörü değerlerine bakıldığında zenginleşme olmadığı tespit edilmiştir.

Fe zenginleşme faktörü, 0,42 ppm ile 0,74 ppm arasında değişmektedir. En düşük değer 0,42 ppm ile ALY-3 ve ALY-12 noktalarında, en yüksek değer ise 0,74 ppm ile ALY-6 noktasında gözlenmektedir. Alınan örneklerin Fe zenginleşme faktörü değerlerine bakıldığında zenginleşme olmadığı tespit edilmiştir.

As zenginleşme faktörü, 0,22 ppm ile 3,32 ppm arasında değişmektedir. En düşük değer 0,22 ppm ile ALY-8 noktasında, en yüksek değer ise 3,32 ppm ile ALY-5 noktasında gözlenmektedir. Alınan örneklerin As zenginleşme faktörü değerlerine bakıldığında, ALY-5 noktasında orta derecede zenginleşme olduğu, diğer noktalarda ise zenginleşmenin olmadığı tespit edilmiştir. As'nin başlıca doğal kaynakları volkanik patlamalar ve jeotermal kaynaklarıdır (Bakar ve Baba 2009). Antropojenik kaynakları ise kimyasal gübrelerin ve fosil yakıtların kullanılmasıdır (Atabey, 2009). ALY-5 noktasında tarımsal faaliyetlerin varlığının As'nin orta derecede zenginleşme göstermesinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Cd zenginleşme faktörü, 0,17 ppm ile 1,61 ppm arasında değişmektedir. En düşük değer 0,17 ppm ile ALY-8 noktasında, en yüksek değer ise 1,61 ppm ile ALY-5 noktasında gözlenmektedir. Alınan örneklerin Cd, zenginleşme faktörü değerlerine bakıldığında zenginleşme olmadığı tespit edilmiştir.

Cr zenginleşme faktörü, 0,15 ppm ile 0,70 ppm arasında değişmektedir. En düşük değer 0,15 ppm ile ALY-12 noktasında, en yüksek değer ise 0,70 ppm ile ALY-4 noktasında gözlenmektedir. Alınan örneklerin Cr zenginleşme faktörü değerlerine bakıldığında zenginleşme olmadığı tespit edilmiştir.

Hg zenginleşme faktörü, 0,23 ppm ile 2,27 ppm arasında değişmektedir. En düşük değer 0,23 ppm ile ALY-6 ve ALY-7 noktasında, en yüksek değer ise 2,27 ppm ile ALY-9 noktasında gözlenmektedir. Alınan örneklerin Hg zenginleşme faktörü değerlerine bakıldığında ALY-9 noktasında orta derecede zenginleşme olduğu, diğer noktalarda ise zenginleşme olmadığı tespit edilmiştir. Hg'nin başlıca kaynaklarına bakıldığında; madenlerin ya da ocaklarının varlığı, fosil yakıtların kullanımı, endüstriyel atıklar, çimento ve çeşitli element fabrikalarının varlığı olarak gösterilebilir. Arazi çalışmaları sırasında bu noktaya yakın konumda küçük çaplı maden ocağı varlığının orta derecede Hg zenginleşmesine neden olduğu düşünülmektedir.

4.3. Kontaminasyon faktörü (CF)

	Cu	Pb	Zn	Ni	Mn	Fe	As	Cd	Cr	Al	Hg
ALY-1	2,15	3,34	2,04	1,67	1,05	1,26	2,46	1,70	0,72	2,18	2,40
ALY-2	1,22	1,97	1,73	1,73	1,20	1,08	0,64	1,50	0,79	1,43	1,20
ALY-3	0,63	1,88	1,36	0,73	0,47	0,74	0,64	2,20	0,32	1,76	1,80
ALY-4	1,18	1,06	1,38	4,02	1,01	1,63	0,64	0,50	1,69	2,40	1,70
ALY-5	2,27	2,50	1,86	0,93	1,37	1,27	6,38	3,10	0,40	1,93	1,60
ALY-6	1,40	1,88	1,58	3,58	1,20	1,63	1,69	1,40	1,37	2,19	0,50
ALY-7	1,82	2,05	1,62	0,98	1,48	1,09	0,64	0,50	0,42	2,18	0,50
ALY-8	1,13	1,10	1,61	3,61	1,07	1,88	0,64	0,50	1,26	2,94	3,20
ALY-9	1,21	1,15	1,35	1,63	1,50	1,24	0,64	1,10	0,74	1,81	4,10
ALY-10	1,25	1,30	0,16	1,56	1,37	1,13	1,59	0,50	0,68	1,87	3,50
ALY-11	1,79	1,92	1,70	1,06	1,23	1,25	1,77	1,40	0,50	2,30	0,50
ALY-12	1,86	2,88	1,29	0,49	1,37	0,63	0,64	0,50	0,22	1,49	1,10

Tablo 4.11. Alakır Çayı Yüzey Çökeli Örneklerinin Kontaminasyon Faktörü Değerleri

Cu kontaminasyon faktörü, 0,63 ppm ile 2,27 ppm arasında değişmektedir. En düşük değer 0,63 ppm ile ALY-3 noktasında, en yüksek değer ise 2,27 ppm ile ALY-5 noktasında gözlenmektedir. Alınan örneklerin Cu kontaminasyon faktörü değerlerine bakıldığında ALY-5 noktasında orta düzeyde kontaminasyon, diğer noktalarda ise düşük kontaminasyon bulunmaktadır.

Pb kontaminasyon faktörü, 1,06 ppm ile 3,34 ppm arasında değişmektedir. En düşük değer 1,06 ppm ile ALY-4 noktasında, en yüksek değer ise 3,34 ppm ile ALY-1 noktasında gözlenmektedir. Alınan örneklerin Pb kontaminasyon faktörü değerlerine bakıldığında, ALY-1 noktasında yüksek kontaminasyon, diğer noktalarda ise düşük kontaminasyon tespit edilmiştir. Pb'nin başlıca antropojenik kaynakları; endüstriyel faaliyetler, pil artıkları, madencilik, gübreler, pestisitler, insektisitler, su boruları ve boyalardır (Eich vd 1999). ALY-1 örnek noktası Alakır Çayı'nın denize ulaştığı yere en yakın konumundan alınmıştır. Bu alan örnek alanlar içerisinde yerleşmenin en yoğun olduğu alandır. Bu nedenle antropojenik faaliyetler yoğundur. Pb'nin yüksek kontaminasyonunun sözü edilen antropojenik nedenlerden ortaya çıktığı tespit edilmiştir.

Zn kontaminasyon faktörü, 0,16 ppm ile 2,04 ppm arasında değişmektedir. En düşük değer 0,16 ppm ile ALY-10 noktasında, en yüksek değer ise 2,04 ppm ile ALY-1 noktasında gözlenmektedir. Alınan örneklerin Zn kontaminasyon faktörü değerlerine bakıldığında ALY-10 noktasında düşük kontaminasyon, ALY-1 ve diğer noktalarda ise orta düzeyde kontaminasyon gözlemlenmektedir.

Ni kontaminasyon faktörü, 0,49 ppm ile 4,02 ppm arasında değişmektedir. En düşük değer 0,49 ppm ile ALY-12 noktasında, en yüksek değer ise 4,02 ppm ile ALY-4 noktasında gözlenmektedir. Alınan örneklerin Ni kontaminasyon faktörü değerlerine bakıldığında, ALY-3 ALY-5, ALY-7, ALY-12 noktalarında düşük kontaminasyon, ALY-4, ALY-6, ALY-8 noktalarında yüksek kontaminasyon, diğer noktalarda orta düzeyde kontaminasyon tespit edilmiştir. Mermer ve kireçtaşı ocaklarının bu noktalara yakın olmasının Ni kontaminasyon değerinin yüksek çıkmasında etkili olduğu düşünülmektedir.

Mn kontaminasyon faktörü, 0,47 ppm ile 1,50 ppm arasında değişmektedir. En düşük değer 0,47 ppm ile ALY-3 noktasında, en yüksek değer ise 1,50 ppm ile ALY-9 noktasında gözlenmektedir. Alınan örneklerin Mn kontaminasyon faktörü değerlerine bakıldığında ALY-3 noktasında düşük, diğer noktalarda ise orta düzeyde kontaminasyon tespit edilmiştir.

Fe kontaminasyon faktörü, 0,63 ppm ile 1,88 ppm arasında değişmektedir. En düşük değer 0,63 ppm ile ALY-12 noktasında, en yüksek değer ise 1,88 ppm ile ALY-8 noktasında gözlenmektedir. Alınan örneklerin Mn kontaminasyon faktörü değerlerine bakıldığında ALY-3 noktasında düşük, diğer noktalarda ise orta düzeyde kontaminasyon tespit edilmiştir.

As kontaminasyon faktörü, 0,64 ppm ile 6,38 ppm arasında değişmektedir. En düşük değer 0,64 ppm ile ALY-2, ALY-3, ALY-4, ALY-7, ALY-8, ALY-9 ve ALY-12 noktalarında, en yüksek değer ise 6,38 ppm ile ALY-5 noktasında gözlenmektedir. Alınan örneklerin As kontaminasyon faktörü değerlerine bakıldığında ALY-2, ALY-3, ALY-4, ALY-7, ALY-8, ALY-9 ve ALY-12 noktalarında düşük kontaminasyon, ALY-1, ALY-6, ALY-11, ALY-10 noktalarında orta düzeyde kontaminasyon, ALY-5 noktasında ise çok yüksek kontaminasyon tespit edilmiştir. Bu noktada As kontaminasyon değeri Tarımsal faaliyet kaynaklı olarak çok yüksektir.

Cd kontaminasyon faktörü, 0,50 ppm ile 3,10 ppm arasında değişmektedir. En düşük değer 0,50 ppm ile ALY-4, ALY-7, ALY-8, ALY-10, ALY-12 noktalarında, en yüksek değer ise 3,10 ppm ile ALY-5 noktasında gözlenmektedir. Alınan örneklerin Cd kontaminasyon faktörü değerlerine bakıldığında ALY-4, ALY-7, ALY-8, ALY-10, ALY-12 noktalarında düşük kontaminasyon, ALY-1, ALY-2, ALY-3, ALY-6, ALY-9, ALY-11 noktalarında orta düzeyde kontaminasyon ve ALY-5 noktasında ise yüksek kontaminasyon değeri tespit edilmiştir. Cd

fosfatlı gübrelerin hammaddesidir. ALY-5 noktasında tarımsal faaliyetlerin yoğun olmasının yüksek Cd kontaminasyonunda etkili olduğu görülmektedir.

Cr kontaminasyon faktörü, 0,22 ppm ile 1,69 ppm arasında değişmektedir. En düşük değer 0,22 ppm ile ALY-2 noktasında, en yüksek değer ise 1,69 ppm ile ALY-4 noktasında gözlenmektedir. Alınan örneklerin Cr kontaminasyon faktörü değerlerine bakıldığında ALY-4,ALY-6,ALY-8 noktalarında düşük kontaminasyon diğer noktalarda ise orta düzeyde kontaminasyon tespit edilmiştir.

Al kontaminasyon faktörü, 1,43 ppm ile 2,94 ppm arasında değişmektedir. En düşük değer 1,43 ppm ile ALY-2 noktasında, en yüksek değer ise 2,94 ppm ile ALY-8 noktasında gözlenmektedir. Alınan örneklerin Al kontaminasyon faktörü değerlerine bakıldığında örnek alınan tüm noktalarda orta düzeyde kontaminasyon gözlemlenmektedir.

Hg kontaminasyon faktörü, 0,50 ppm ile 4,10 ppm arasında değişmektedir. En düşük değer 0,50 ppm ile ALY-6, ALY-7, ALY-11 noktalarında, en yüksek değer ise 4,10 ppm ile ALY-9 noktasında gözlenmektedir. Alınan örneklerin Hg kontaminasyon faktörü değerlerine bakıldığında ALY-1,ALY-2,ALY-3,ALY-4,ALY-5,ALY-12 noktalarında orta düzeyde kontaminasyon, ALY-8,ALY-9 ve ALY-10 noktalarında ise yüksek kontaminasyon değeri tespit edilmiştir. Yüksek kontaminasyon değeri olan noktaların maden ocaklarına yakın olmasının bu konuda etkisi olduğu gözlemlenmiştir.

4.4. Modifiye Kontaminasyon İndeksi (mCd)

	mCd
ALY-1	1,91
ALY-2	1,32
ALY-3	1,14
ALY-4	1,56
ALY-5	2,15
ALY-6	1,68
ALY-7	1,36
ALY-8	1,72
ALY-9	1,50
ALY-10	1,36
ALY-11	1,40
ALY-12	1,13

Tablo 4.12. Alakır Çayı Yüzey Çökeli Örneklerinin Modifiye Kontaminasyon İndeksi Değerleri

Modifiye Kontaminasyon değerleri hesaplaması sonucunda örnek alınan noktalarda değerler çok düşük, düşük ve orta seviyede seyrettiği ortaya konulmuştur.

4.5. Jeoakümülayson İndeksi (Igeo)

	Cu	Pb	Zn	Ni	Mn	Fe	As	Cd	Cr	Al	Hg
ALY-1	0,52	1,15	0,45	0,16	-0,52	-0,25	0,71	0,18	-1,06	0,54	-0,64
ALY-2	-0,30	0,39	0,20	0,21	-0,33	-0,48	-1,23	0,00	-0,93	-0,07	-1,64
ALY-3	-1,26	0,33	-0,14	-1,05	-1,68	-1,02	-1,23	0,55	-2,23	0,23	-1,06
ALY-4	-0,35	-0,50	-0,12	1,42	-0,57	0,12	-1,23	-1,58	0,17	0,68	-1,14
ALY-5	0,60	0,74	0,31	-0,70	-0,13	-0,24	2,09	1,05	-1,89	0,36	-1,23
ALY-6	-0,10	0,33	0,08	1,25	-0,32	0,12	0,17	-0,10	-0,13	0,55	-2,91
ALY-7	0,28	0,45	0,11	-0,62	-0,02	-0,46	-1,23	-1,58	-1,83	0,54	-2,91
ALY-8	-0,41	-0,45	0,10	1,27	-0,48	0,33	-1,23	-1,58	-0,25	0,97	-0,23
ALY-9	-0,31	-0,39	-0,16	0,12	0,00	-0,27	-1,23	-0,45	-1,01	0,27	0,13
ALY-10	-0,26	-0,20	-3,26	0,06	-0,13	-0,40	0,08	-1,58	-1,14	0,31	-0,10
ALY-11	0,26	0,35	0,18	-0,50	-0,29	-0,26	0,24	-0,10	-1,58	0,62	-2,91
ALY-12	0,31	0,94	-0,22	-1,62	-0,13	-1,24	-1,23	-1,58	-2,78	-0,01	-1,77

Tablo 4.13. Alakır Çayı Yüzey Çökeli Örneklerinin Jeoakümülayson İndeksi Değerleri

Cu jeoakümülayson seviyesi -1,26 ppm ile 0,60 ppm arasındadır. Alınan örneklerin Cu jeoakümülayson seviyesi değerlerine bakıldığında örnek noktalarında kirlenme olmadığı ya da orta düzeyde kirlenme olduğu tespit edilmiştir.

Pb jeoakümülayson seviyesi -0,50 ppm ile 1,15 ppm arasında değişmektedir. Alınan örneklerin Pb jeoakümülayson seviyesi değerlerine bakıldığında örnek noktalarında kirlenme olmadığı, bazı noktalarda ise orta düzeyde kirlenme olduğu tespit edilmiştir.

Zn jeoakümülayson seviyesi -3,26 ppm ile 0-45 ppm arasındadır. Alınan örneklerin Zn jeoakümülayson seviyesi değerlerine bakıldığında örnek noktalarında kirlenme olmadığı ya da orta düzeyde kirlenme olduğu tespit edilmiştir.

Ni jeoakümülayson seviyesi -1,62 ppm ile 1,27 ppm arasında değişmektedir. Alınan örneklerin Ni jeoakümülayson seviyesi değerlerine bakıldığında örnek noktalarında kirlenme olmadığı, bazı noktalarda ise orta düzeyde kirlenme olduğu tespit edilmiştir.

Mn jeoakümülayson seviyesi -1,68 ppm ile 0,00 ppm arasındadır. Alınan örneklerin Mn jeoakümülayson seviyesi değerlerine bakıldığında örnek noktalarında kirlenme olmadığı, bazı noktalarda ise orta düzeyde kirlenme olduğu tespit edilmiştir.

Fe jeoakümülayson seviyesi -1,24 ppm ile 0,33 ppm arasındadır. Alınan örneklerin Fe jeoakümülayson seviyesi değerlerine bakıldığında örnek noktalarında kirlenme olmadığı gözlemlenmektedir.

As jeoakümülayson seviyesi -1,23 ppm ile 2,09 ppm arasındadır. Alınan örneklerin As jeoakümülayson seviyesi değerlerine bakıldığında ALY-5 noktasında çok- orta derecede kirlenmenin olduğu, diğer örnek noktalarında kirlenme olmadığı tespit edilmiştir.

Cd jeoakümülayson seviyesi -1,58 ppm ile 1,05 ppm arasında değişmektedir. Alınan örneklerin Cd jeoakümülayson seviyesi değerlerine bakıldığında örnek noktalarında kirlenme olmadığı, bazı noktalarda ise orta düzeyde kirlenme olduğu tespit edilmiştir.

Cr jeoakümülayson seviyesi -2,78 ppm ile 0,17 ppm arasında değişmektedir. Alınan örneklerin Cr jeoakümülayson seviyesi değerlerine bakıldığında örnek noktalarında kirlenme olmadığı ya da orta düzeyde kirlenme olduğu tespit edilmiştir.

Al jeoakümülayson seviyesi -0,07 pmm ile 0,97 ppm arasında değişmektedir. Bu değerlere göre kirlenme olmadığı ya da orta düzeyde kirlenme olduğu tespit edilmiştir.

Hg jeoakümülayson seviyesi -2,91 pmm ile 0,13 arasında değişmektedir. Hg jeoakümülayson seviyesi değerlerine bakıldığında kirlenme olmadığı ya da orta düzeyde kirlenme olduğu tespit edilmiştir.

4.6. Toksik ve Ekolojik Risk Değerlendirmesi

4.6.1. Toksik Risk İndeksi (TRI)

Elementlerin toksik etkilerini ortaya koyan bir indekstir. Veriler şu şekilde değerlendirilmektedir;

	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Cr	Hg	TRI
ALY-1	1,19	0,42	0,37	11,74	0,12	0,20	2,18	1,04	17,26
ALY-2	0,68	0,25	0,31	12,12	0,03	0,18	2,39	0,52	16,48
ALY-3	0,35	0,24	0,25	5,09	0,03	0,26	0,97	0,78	7,97
ALY-4	0,65	0,13	0,25	28,16	0,03	0,06	5,13	0,73	35,15
ALY-5	1,26	0,32	0,34	6,49	0,32	0,37	1,23	0,69	11,01
ALY-6	0,77	0,24	0,29	25,06	0,08	0,17	4,16	0,22	30,99
ALY-7	1,01	0,26	0,29	6,85	0,03	0,06	1,29	0,22	10,01
ALY-8	0,63	0,14	0,29	25,29	0,03	0,06	3,84	1,38	31,66
ALY-9	0,67	0,14	0,24	11,45	0,03	0,13	2,26	1,77	16,71
ALY-10	0,69	0,16	0,03	10,94	0,08	0,06	2,07	1,51	15,54
ALY-11	0,99	0,24	0,31	7,44	0,09	0,17	1,53	0,22	10,98
ALY-12	1,03	0,36	0,23	3,43	0,03	0,06	0,66	0,47	6,29

Tablo 4.14. Alakır Çayı Yüzey Çökeli Örneklerinin Toksik Risk İndeksi Değerleri

Örnek noktalarında toksik risk seviyesi değerlendirildiğinde ALY-3 ve ALY-12 noktalarında düşük toksik risk; ALY-5, ALY-7, ALY-11 noktalarında orta seviyede risk; ALY-1, ALY-2, ALY-10 noktalarında önemli seviyede risk; Ni için ALY-4, ALY-6, ALY-8 noktalarında ise çok önemli seviyede toksik risk tespit edilmiştir.

4.6.2. Ekolojik Risk İndeksi (ERİ)

	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Cr	Hg
ALY-1	4,93	7,66	0,94	3,84	11,30	23,40	0,66	44,05
ALY-2	4,26	6,87	1,20	6,04	4,47	31,41	1,10	33,50
ALY-3	1,78	5,35	0,77	2,06	3,64	37,47	0,36	40,88
ALY-4	2,46	2,21	0,58	8,36	2,67	6,24	1,41	28,30
ALY-5	5,89	6,49	0,97	2,41	33,16	48,30	0,42	33,24
ALY-6	3,19	4,29	0,72	8,15	7,71	19,14	1,25	9,12
ALY-7	4,18	4,71	0,74	2,24	2,94	6,88	0,39	9,18
ALY-8	1,92	1,86	0,55	6,13	2,18	5,10	0,86	43,53
ALY-9	3,35	3,18	0,74	4,52	3,55	18,27	0,82	90,81
ALY-10	3,36	3,49	0,08	4,18	8,52	8,04	0,73	75,04
ALY-11	3,90	4,17	0,74	2,31	7,70	18,27	0,44	8,70
ALY-12	6,22	9,64	0,86	1,64	4,29	10,05	0,29	29,48

Tablo 4.15. Alakır Çayı Yüzey Çökeli Örneklerinin Modifiye Ekolojik Risk Faktörü Değerleri

Buna göre alının örneklerde Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cr için ekolojik risk düşüktür. Cd için ALY -5 noktasında 48,30 pm ile orta derecede ekolojik risk vardır. ALY-5 noktasında orta derecede risk yaratan Cd konsantrasyonu yoğun tarımsal faaliyet kaynaklıdır.

Hg için ALY-1, ALY-3 ve ALY-8 noktalarında düşük, ALY-9 noktasında ve ALY-10 noktasında orta ekolojik risk tespit edilmiştir. ALY-9 ve ALY-10 noktalarının madenlere olan yakınlıklarından dolayı mevcut olan Hg konsantrasyonunun orta derecede ekolojik risk yarattığı gözlemlenmektedir.

4.6.3. Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PER)

	PER
ALY-1	96,78
ALY-2	88,85
ALY-3	92,32
ALY-4	52,21
ALY-5	130,87
ALY-6	53,57
ALY-7	31,28
ALY-8	62,14
ALY-9	125,25
ALY-10	103,44
ALY-11	46,22
ALY-12	62,48

Tablo 4.16. Alakır Çayı Yüzey Çökeli Örneklerinin Potansiyel Ekolojik Risk Faktörü Değerleri

Çalışma sahasında alınan örneklerdeki element konsantrasyon değerlerinin analizi sonucu düşük ekolojik risk (PER <150) olduğu ortaya konulmuştur.

4.7. Çok Değişkenli İstatiksel Analizler

4.7.1. Pearson Korelasyon Analizi

Pearson korelasyon analiziyle elementlerin kaynakları ve taşınma süreçlerini belirleyerek, değişkenler arasındaki ilişkileri ortaya koymak için kullanılmıştır. Kırmızıyla işaretlenmiş değer çok yüksek ilişkiyi, turuncuyla işaretlenmiş değerler yüksek ilişkiyi, sarıyla işaretlenmiş değerler ise orta derecede ilişkiyi temsil etmektedir (Tablo 4.17).

Elementler arasındaki bu değerlere bakıldığında Cr ve Ni elementinin çok yüksek ilişki gösterdiği görülmektedir. Bu durum bu elementlerin kaynak ve taşınma süreçlerinin aynı olduğunu göstermektedir. Özellikle ALY-1 örnek noktasında antropojenik kaynaklı Cr ve Ni konsantrasyonu fazladır. Yine ALY-1 noktasında yüksek ilişki gösteren Cu ve Pb konsantrasyonu antropojenik faaliyet kaynaklıdır. Ancak Zn, Ni, Cd, Fe, Mn, Hg, As diğer elementler ile daha az ilişkilidir. Bu durum sözü edilen elementlerin kaynaklarının ve taşınma süreçlerinin birbirinden farklı olduğunu göstermektedir. Çalışma sahasında As'nin olası kaynağının tarım arazilerindeki pestisitler olduğu tespit edilmiştir. Cd'nin olası kaynağının da tarımda kullanılan gübreler olduğu gözlemlenmiştir. Uygulanan ekolojik risk indeksleri bulguları da korelasyon analizi bulgularını doğrulamaktadır.

	Cu	Pb	Zn	Ni	Mn	Fe	As	Cd	Cr	Al
Cu										
Pb	0,715									
Zn	0,428	0,474								
Ni	-0,340	-0,540	0,037							
Mn	0,541	0,013	-0,130	-0,143						
Fe	-0,063	-0,481	0,200	0,874	0,051					
As	0,648	0,414	0,301	-0,212	0,186	0,092				
Cd	0,246	0,415	0,462	-0,341	-0,281	-0,157	0,752			
Cr	-0,339	-0,550	0,020	0,989	-0,126	0,844	-0,219	-0,336		
Al	-0,006	-0,353	0,213	0,649	-0,126	0,825	-0,014	-0,259	0,586	
Hg	-0,321	-0,412	-0,428	0,140	0,051	0,183	-0,084	-0,156	0,134	0,094

Sarı: Orta derecede ilişki

Turuncu: Yüksek ilişki

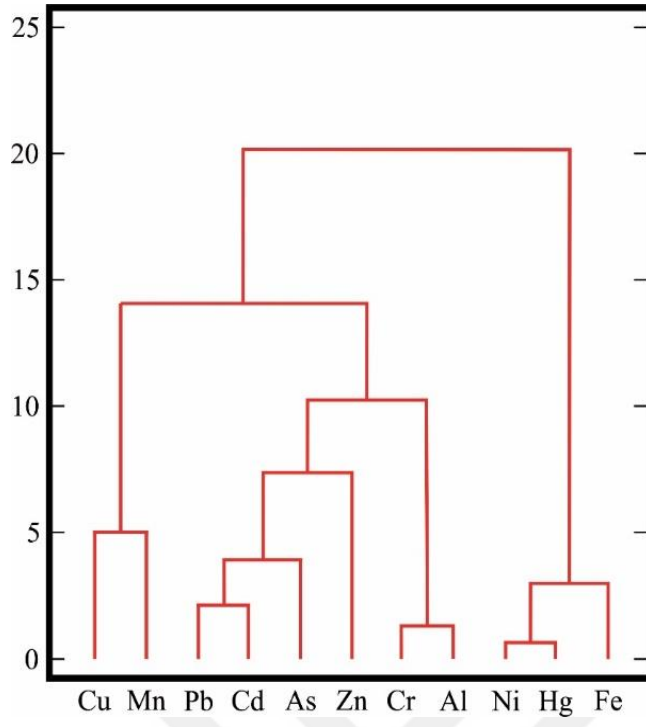
Kırmızı: Çok Yüksek ilişki

Tablo 4.17. Pearson Korelasyon Analizi

4.7.2. Cluster (Kümeleme) Analizi

Hangi potansiyel toksik elementlerin birlikte akarsuya taşındığını tespit etmek için kümeleme (cluster) analizi yapılmıştır. Bu analize göre Cu ve Mn; Pb, Cd, As, Zn, Cr ve Al son olarak Ni, Hg ve Fe birlikte taşınmışlardır (Grafik 4.4).

Çalışma sahasında Cd ve As'nin tarımsal faaliyet kaynaklı olduğu görülmüştür. Tarımsal faaliyetin yoğun olduğu noktalarda bu iki elementin konsantrasyonu da artış göstermektedir. Pb, Cd, As, Zn, Cr ve Al'nin özellikle kentleşmenin en yoğun olduğu ALY-1 noktasında daha çok antropojenik kaynaklı konsantrasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Cluster analizi, yapılan korelasyon analizi ve arazi çalışması sonucu ortaya çıkan bulgularla örtüştüğü gözlemlenmiştir.



Grafik 4.4. Cluster (Kümeleme) Analizi

SONUÇ

Bu çalışma kapsamında Alakır Çayı'ndaki potansiyel toksik element konsantrasyonları belirlenerek, ekolojik risk değerlendirilmesinin yapılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda çalışma sahasından 12 yüzey çökeli örneği ve background değerini belirlemek amacıyla ana kayadan 8 adet örnek alınmıştır. Laboratuvar analizleri sonucu, alınan örneklerde belirlenen element konsantrasyon değerlerine ekolojik risk indeksleri uygulanarak riskin olup olmadığı ortaya konulmuştur.

Analiz sonuçlarına uygulanan ekolojik risk indekslerinin genel bir değerlendirmesi yapıldığında sahada ekolojik bir riskin olmadığı görülmüştür. Ancak bazı noktalarda element konsantrasyon seviyelerinin olması gereken düzeyden daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Öncelikle ALY-1 örnek noktası Alakır Çayı'nın denize döküldüğü yere en yakın konumundan alınmıştır. Bu alan yerleşmenin yoğun olduğu bir alandır. Cu, Zn, Ni, Mn, Fe, As, Cd, Hg için bu noktada kontaminasyon orta seviyededir. Pb için ise 3,34 ppm ile yüksek kontaminasyon olduğu tespit edilmiştir. Antropojenik faaliyetlerin yoğun olduğu bir alan olması Pb'nin yüksek kontaminasyonunda etkili olduğu düşünülmektedir. Jeokümüülasyon seviyesi sonucuna göre ALY-1 noktası potansiyel toksik elementler tarafından kirlenmemiş ve orta kirlenmiş olarak tanımlanmaktadır. Toksik risk seviyesine bakıldığında ise bu noktada elementlerin konsantrasyon değerleri açısından 17,26 ppm ile önemli seviyede toksik riskin mevcut olduğu görülmüştür. Kentleşmenin ve beşeri faaliyetlerin yoğun olması en etkili nedendir. Genel olarak tarımsal faaliyet yapılan alanlarda kullanılan tarım ilaçları, endüstriyel faaliyetlerin varlığı ve fosil yakıtların kullanımının bu alanda potansiyel toksik elementlerin konsantrasyon değerlerini arttırdığı düşünülmektedir.

ALY-5 örnek noktasının birçok indeks ve element konsantrasyonları açısından diğer alanlardan yüksek değerlere sahip olması dikkat çekmektedir. As zenginleşme faktörü 3,32 ppm, Cd için ise 1,61 ppm ile zenginleşmenin orta düzeyde olduğu tespit edilmiştir. As 6,38 ppm ile çok yüksek kontaminasyon, Cd ise 3,10 ppm ile yüksek kontaminasyon değeri göstermektedir. Ayrıca As'nin jeokümüülasyon seviyesinde orta derecede kirlenme yarattığı görülmektedir. Toksik ekolojik risk ALY-5 noktası için 11,01 ppm ile orta seviyede risk olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda özellikle kontaminasyon faktörü analizinde As'nin çok yüksek, Cd'nin ise yüksek çıkması bu alanda insan faaliyetlerinin varlığını bize göstermektedir. Bu durum hem arazi kullanımı haritası incelendiğinde hem de bu elementlerin kaynaklarına bakıldığında bu nokta tarımsal faaliyetlerin olduğunu işaret etmektedir. Cd fosfatlı gübrelerin hammaddesidir. As ise tarımda kullanılan ilaçlarda ve pestisitlerde bulunmaktadır.

Bu veriler ışığında bu noktada tarımsal faaliyet yani antropojenik kaynaklı bazı element konsantrasyonlarının yüksek olduğu söylenebilir.

Ekolojik risk indeksleri ALY-4, ALY-6 ve ALY-8 örnek noktalarında Ni konsantrasyonlarının fazla olduğunu ortaya koymaktadır. Toksik risk seviyesine göre bu noktalarda Ni için çok önemli seviyede toksik risk bulunmaktadır. Çalışma sahasında bulunan mermer ve kireçtaşı ocaklarının bu noktalara yakın olmasının Ni değerinin yüksek çıkmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca ALY-8, ALY-9, ALY-10 noktalarında Hg konsantrasyonunun yüksek olmasının maden ocağı varlığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Element konsantrasyonlarının potansiyel ekolojik risk analizi, sahada düşük ekolojik risk potansiyeli (PER <150) olduğunu ortaya koymaktadır. Sahada doğal kaynaklı konsantrasyonlar haricinde bazı noktalarda antropojenik kaynaklı özellikle As, Cd, Pb ve Hg gibi potansiyel toksik element konsantrasyonlarının yüksek değerlerde olması şu an için önemli bir ekolojik risk yaratmasa da önemler alınmazsa sahanın riskle karşılaşmasına neden olacaktır. Konsantrasyonların fazla olmasının en önemli nedeninin tarımsal faaliyetler olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tez çalışması kapsamında ortaya konulan hipotezler yapılan analizler sonucu doğrulanmıştır. Fakat “Doğal koruma alanları antropojenik etkinin olmadığı ya da en az düzeyde olduğu ekolojik risk açısından riskin bulunmadığı alanlardır” hipotezine bakıldığında, Alakır Çayı’nın antropojenik etkiye maruz kaldığı, özellikle bazı örnek noktalarında bu etkinin daha yoğun olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu hipotez doğrulanamamıştır.

Doğal koruma alanlarının gerçekten korunup korunmadığı sorusuyla yola çıkılan bu araştırmada, sahada hâlihazırda mevcut bir ekolojik risk mevcut olmasa da belirli noktalarda antropojenik etkinin potansiyel toksik element konsantrasyonlarındaki etkisi bariz şekilde görülmektedir. O nedenle kontrolsüz yapılan her beşeri müdahale çalışma sahasında gelecek için elbette ki risk oluşturabilmekte, potansiyel riski arttırabilmektedir.

Sahada ekolojik risk potansiyelinin artmaması için;

- I.Derece Doğal Sit Alanı statüsünde, "Kesin Korunacak Hassas Alan", "Nitelikli Doğal Koruma Alanı" ve "Sürdürülebilir Koruma ve Kontrollü Kullanım Alanı" olarak tescil edilen Alakır Çayı’nda sit alanı koruma ve kullanma yönetmeliğinin tam anlamıyla uygulanması gerekmektedir.
- Tarımsal faaliyet kaynaklı Cd ve As konsantrasyonlarının azalması için tarımsal faaliyetlerin olduğu alanlarda kontrolsüz tarım uygulamalarının önüne geçilmesi için gerekli denetlemeler yapılmalıdır.

- Mermer ve maden ocaklarının varlığının Ni ve Hg değerini arttırdığı tespit edilen noktalarda gerekli denetimlerin yapılması ve önemlerin alınması gerekmektedir.
- Mevcut HES varlığının su seviyesini azaltarak çökellerde element konsantrasyonlarını arttırdığı tespit edilmiştir. Bu alana daha fazla HES yapılmaması ve mevcut olanların da denetimlerinin yapılması gerekmektedir.

Ancak tüm bu öneriler dikkate alınıp, uygulamaya geçildiğinde Alakır Çayı ve onun gibi diğer doğal koruma alanlarımızı koruyabilir, sürdürülebilirlik sağlayabilir ve gelecek nesillere aktarabiliriz.



KAYNAKÇA

- Abdullah M. Z., Louis V. C., Abas M. T. (2015).“Metal Pollution and Ecological Risk Assessment of Balok River Sediment, Pahang Malaysia” *American Journal of Environmental Engineering* 5(3A): 1-7.
- Abraham, G., ve Parker, R. (2008). Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. *Environmental Monitoring and Assessment*, 136, 227-238.
- Ada, M. (2018). *Alakır Çayı (Antalya) Havzasının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Haritalaması*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Akgiray, Ö. (2003). İçme Sularında Demir ve Manganez Problemleri. *Tesisat Dergisi*
- Akman, Ö., Atasever, S., Güçlü, E., Gümüş, G. (2011). Alüminyum ve İnsan. *Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi XII. Öğrenci Sempozyumu*, Ankara.
- Ardos, M. (1979). *Türkiye Jeomorfolojisinde Neotektonik*, Edebiyat Fakültesi Basımevi, İstanbul.
- Asri, F. Ö., Sönmez, S., Çıtak, S. (2007). *Kadmiyumun Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri*.
- Asomba, C., Bede, E., Janefrances, O, C., & Islam, Md. (2023). Grain size analysis and ecological risk assessment of metals in the sediments of Konsin River and Igboho dam reservoir, Oyo State, Nigeria, under agricultural disturbances. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2023. 378
- Atalay, İ., (2006), Toprak Oluşumu, Sınıflandırması ve Coğrafyası, *Çevre ve Orman Bakanlığı Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü Yayını*, İzmir.
- Atabey, E. (2009). Arsenik ve Etkileri. Ankara: *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları*,Ankara.
- Bakar, C., ve Baba, A. (2009). Metaller ve İnsan Sağlığı: Yirminci Yüzyıldan Bugüne ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu. *1. Tıbbi Jeoloji Kurultayı*, 162-185, Nevşehir.
- Boğa, A. (2007). Potansiyel toksik elementlerin Özellikleri ve Etki Yolları. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 16 (3), 218-234.
- Çiçek, A., Tokatlı, C., Köse, E. (2013). "Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Sediment of Felent Stream, Sakarya River Basin, Turkey." *PAKISTAN JOURNAL OF Derim*, 24 (1), 32-39.
- Dündar, Y., ve Aslan, R. (2005). Yaşamı Kuşatan Ağır Metal Kurşunun Etkileri. *Kocatepe*

Tip Dergisi, 6 (2), 1-5.

- Eich, M.J., Peak, J.D., Brady, P.V., Pesek, J.D. 1999. Kinetics of lead adsorption and goethite: Residence time effect. *Soil Science*, 164,28-39.
- Falkenmark, M., Lundqvist, J., and Widstrand, C. (1989). Macro-Scale Water Scarcity Requires Micro-Scale Approaches. *Natural Resources Forum*, (13), 258 - 267
- Fural, Ş. (2020). *İkizcetepeler Baraj Gölü (Balıkesir) çökellerinin ekolojik risk analizi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir.
- Fural, Ş., Kükrer, S., Cürebal, İ., Aykır, D. (2021). Spatial distribution, environmental risk assessment, and source identification of potentially toxic metals in Atikhisar dam, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*,193.
- Fural, Ş., ve Kükrer, S. (2021). Sulak alanlarda potansiyel toksik element (PTE) kaynaklı bölgesel ekolojik risk araştırmalarında kullanılan analitik metotlar. *Türk Coğrafya Dergisi*, (77), 211-222.
- Güven, A., Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G.,Timur, S. (2004). Metallerin Çevresel Etkileri- III.
- Hakanson, L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control: A Sedimentological approach. *Water Research*, 14, 975- 1001.
- Huang, Z., Liu, C., Zhao, X. Dong, J., Zheung, B. (2020). *Risk Assessment of Heavy Metal in the Surface Sediment at the Drinking Water Source of the Xiangjiang River in South China*, 15(5).
- Ilie, M. Marinescu, F.,Szep,R., Ghita, G., Deak, G., Anghel A.,M., Petrescu A., Iritescu B. (2017). Ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments from the Danube River. *Carpathian journal of earth and environmental sciences*. 12(2).
- Iqbal, J., Tirmizi SA., Shah, MH. (2013). Statistical apportionment and risk assessment of selected metals in sediments from Rawal Lake (Pakistan). *Environmental Monitoring and Assessment*, 185, 729-743.
- Islam, M. A., Das, B., Quraishi, S. B., Khan, R., Naher, K., Hossain, S. M., Karmaker, S., Shaikh, S., ve Hossen, M. B. (2020). Heavy metal contamination and ecological risk assessment in water and sediments of the Halda river, Bangladesh: A natural fish breeding ground. *Marine pollution bulletin*, 160.
- Islam, Md., Shammi, R. Jannat, R., Kabir, Md., Islam, Md. (2023) Spatial distribution and e ecological risk of heavy metal in surface sediment of Old Brahmaputra River, Bangladesh, *Chemistry and Ecology*, 39:2, 173-201.

- Chen, Liwei & Wei, Qi & Xu, Guangsu & Wei, Meng & Chen, Hao. (2022). Contamination and Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Surface Sediments of Huangshui River, Northwest China. *Journal of Chemistry*. 2022.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S. (2009). *Metallerin Çevresel Etkileri - I*. Kartal, G., Güven, A., Kahvecioğlu, Ö., Timur, S. (2003). *Metallerin Çevresel Etkileri- II*. Kaynak Tarama Dergisi, 25 (4), 502-521.
- Korkmaz, M. (2009). Kumluca (Antalya) İlçesi Tarım Coğrafyası. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Kormoker, T., Proshad, R., Islam, Md. (2009). Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Sediment of the Louhajang River, *Bangladesh*. *SF J Environ Earth Sci*. 2019; 2(2): 1030.
- Kükrer, S. (2016). Tortum Gölü Yüzey Çökellerindeki Metal Birikiminin Ekolojik İndeksler Yolu ile Kapsamlı Risk Değerlendirmesi. *Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(12), 1185-1191.
- Leventeli, Y., ve Yalçın, F. (2019), “Heavy Metal Pollution Index (HPI) in Surface Water Between Alakır Dam And Alakır Bridge, Antalya- Turkey” *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22, 125-131.
- MacDonald, D., Carr, R., Calder, F., Long, E. (1996). Development and Evaluation of Sediment Quality Guidelines for Florida Coastal Waters. *Ecotoxicology*, 5, 253-278.
- Maden Mühendisleri Odası (2012). *Nikel Raporu*, TMMOB, Ankara.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (2016). *Türkiye ve Dünya’da Bakır Raporu*, MTA, Ankara.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (2018). *Dünya’da ve Türkiye’de Nikel Raporu*, MTA, Ankara.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü Kumluca İklim Verileri, 2023.
- Müller, G. (1969). Index of geo-accumulation in sediments of the Rhine river. *Geochem, J.*, 2, 108 -118.
- Özbolat, G., ve Tuli, A. (2016). İz Metallerin İnsan Sağlığına Etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 25 (4), 502-521.
- Özçandır, A. (2018). *Dibek Tabiatı Koruma Alanı (Kumluca/Antalya) Florası*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Proshad, R., Islam, S., Kormoker, T., Masud, MEM., Ali, MM., Ali, MM., 2018. Assessment of toxic metals contamination with ecological risk of surface water and çökel of Korotoa river in Bangladesh. *International Journal of Advanced Geosciences*, 6 (2), 214-221.

- Saraçoğlu, H. (1989), *Akdeniz Bölgesi*, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul.
- Sarı, C. (1998). *Kumluca (Antalya) İlçesi Coğrafyası*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Sarkar B., (2002). Heavy Metals in the Enviroment, *Marcel Dekker, Inc.* New York.
- Sayhan, S. (1990). *Teke Yarımadası Bitki Coğrafyası*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Seven, T., Can, B., Darende, B. N., Ocak, S. (2018). Hava ve Toprakta Ağır Metal Kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2), 91-103.
- Sutherland, R. A. (2000). Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, *Hawaii. Environmental Geology*, 39, 611- 627.
- Tanıdır, İ. C., Şilfeler, İ., Acar, Y., Kaçar, A., Pekün, F. (2012). Ölümcül Dozda Demir Zehirlenmesi: *Olgu Sunumu*, 99-102.
- Tepe, Y., Şimşek, A., Ustaoglu, F., Taş, B. (2022). Spatial-temporal distribution and pollution indices of heavy metals in the Turnasuyu Stream sediment, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*. 194, 1-19.
- TMMOB, *Metalurji Mühendisleri Odası Metalurji Dergisi*, 136, 47-53.
- TMMOB, *Metalurji Mühendisleri Odası Metalurji Dergisi*, 137, 46-51.
- TMMOB, *Metalurji Mühendisleri Odası Metalurji Dergisi*, 138, 64-71.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). (2015). *Risk based screening table- generic, summary table*.
- Ustaoglu, F. (2022). Evaluation of metal accumulation in Terme River sediments using ecological indices and a bioindicator species, *Environmental Science and Pollution Research*, 29 (4).
- Ustaoglu, F. (2021). Ecotoxicological risk assessment and source identification of heavy metals in the surface sediments of Çömlekci stream, Giresun, Turkey, *Environmental Forensics*, 22:1-2, 130-142.
- Ustaoglu, F., ve Islam, S. (2020). *Potential toxic elements in sediment of some rivers at Giresun, Northeast Turkey: A preliminary assessment for ecotoxicological status and health risk. Ecological indicators*, 113, 106237.
- Varol, M. (2020). Environmental, ecological and health risks of trace metals in sediments of a large reservoir on the Euphrates River (Turkey). *Environmental Research*, 187, 109664.
- Yang, Y., Jin, Q., Fang, J., Liu, F., Li, A., Tandonur, P., Shan, A. (2017). “Spatial distribution, ecological risk assessment, and potential sources of heavy metal(loid)s in surface sediments from the Huai River within the Bengbu section, China” 24(12):11360-11370.

- Yıldız, D. (2006). Akdeniz Havzası'nın Hidrojeopolitiği ve Türkiye. *TMMOB Su Politikaları Kongresi*. Ankara, 616-628.
- Yi, Y., Yang, Z., Zhang, S. (2011). *Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin*. *Environmental pollution* (Barking, Essex : 1987), 159(10), 2575–2585.
- Zhang, G., Bai, J., Zhao, Q. (2016). Heavy metals in wetland soils along a wetland-forming chronose quence in the Yellow River Delta of China: Levels, sources and toxic risks. *Ecological Indicators* 69, 331–339.
- Zhang, Z., Li, J., & Mamat, Z., (2016). Sources identification and pollution evaluation of heavy metals in the surface sediments of Bortala River, Northwest China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 126. 94-101.
- Zhang, L., Ye, X., Feng, H., Jing, Y., Ouyang, T., Yu, X. (2007). Heavy metal contamination in western Xiamen Bay sediments and its vicinity, China. *Marine Pollution Bulletin*, 54, 974-982.
- Zhao, L., Dong M., Chen Y., Wang, L., Sun, Y. (2014). Ecological risk assessment and sources of heavy metals in sediment from Daling River basin. *Environmental science and pollution research international*. 22 (8): 5975–5984.

İnternet Kaynakları

- Çeliker, G., “Mangan Nörotoksitesitesi” <http://www.hisam.hacettepe.edu.tr/ismeslek hastaliklari/mangan.pdf> (erişim tarihi: 30.04.2023).
- Eskier, U., "Demir Nedir" (Kullanımı, özellikleri)". <https://www.makaleler.com/demir-nedir-kullanimi-ozellikleri> (erişim tarihi: 29.04.2023).
- <https://tr.khanacademy.org/science/ap-chemistry-beta/x2eef969c74e0d802:atomic-structure-and-properties/x2eef969c74e0d802:atomic-structure-and-electron-configuration/a/the-periodic-table-electron-shells-and-orbitals-article> (erişim tarihi: 26.04.2022).
- <http://www.tuik.gov.tr> (erişim tarihi: 30.04.2023).
- <https://www.kumluca-bld.gov.tr/?Lang=1> (erişim tarihi: 15.02.2023).
- <https://malzemebilimi.net/cinko-nedir-nerelerde-kullanilir-cinko-mineralleri-nelerdir> (erişim tarihi: 12.04.2021).
- <https://www.mta.gov.tr/v3.0/metalik-madenler/kadmiyum> (erişim tarihi: 07.03.2023).
- Kara, İ., “Krom Nedir? Nerelerde Kullanılır?”. <https://www.enerjiportali.com/krom-nedir-nerelerde-kullanilir> (erişim tarihi: 30.04.2023).

Ö Z G E Ç M İ Ş

Adı ve SOYADI	Berfu Naz SARIŞIN
EĞİTİM DURUMU	
Mezun Olduğu Lise	Nevzat Saygan- Levent Saygan Anadolu Lisesi
Lisans Diploması	Akdeniz Üniversitesi
Tezsiz Yüksek Lisans Diploması	
Dönem Proje Konusu	
Tezli Yüksek Lisans Diploması	
Yüksek Lisans Tez Konusu	Korunan Alanlarda Ekolojik Risk Değerlendirmesi: Alakır Çayı Yüzey Sedimentleri Örneği
Doktora Diploması	
Doktora Tez Konusu	
Yabancı Dil / Diller	İngilizce
BİLİMSEL FAALİYETLER	
İŞ DENEYİMİ	
Stajlar	
Projeler	
Çalıştığı Kurumlar	