

**T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NEVŞEHİR İLİ KIZILIRMAK NEHRİ'NDEN ALINAN
BOZULMAMIŞ SEDİMENT KAROT ÖRNEKLERİNDE
AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ**

**Tezi Hazırlayan
Fatih İLALAN**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğretim Üyesi Ömer BİLHAN**

**Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans Tezi**

**AĞUSTOS 2021
NEVŞEHİR**

**T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NEVŞEHİR İLİ KIZILIRMAK NEHRİ'NDEN ALINAN
BOZULMAMIŞ SEDİMENT KAROT ÖRNEKLERİNDE
AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ**

**Tezi Hazırlayan
Fatih İLALAN**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğretim Üyesi Ömer BİLHAN**

**Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans Tezi**

**AĞUSTOS 2021
NEVŞEHİR**

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmam süresince bilimsel olarak tecrübelerini benimle paylaşan ve desteğini benden esirgemeyen danışmanım, İnşaat Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Dr. Öğretim Üyesi Ömer BİLHAN' a, çalışmalarım süresince her zaman yanımda olan ve manevi desteklerini esirgemeyen eşim Betül İLALAN ve aileme teşekkürlerimi sunarım.



Fatih İLALAN
İnşaat Mühendisi

**NEVŞEHİR İLİ KIZILIRMAK NEHRİ'NDEN ALINAN BOZULMAMIŞ
SEDİMENT KAROT ÖRNEKLERİNDE AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN
İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Fatih İLALAN

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Ağustos 2021

ÖZET

Son yıllarda, sanayi ve teknoloji alanında gerçekleşen ilerlemeler, yanlış tarım politikaları ve diğer antropojenik etkilere bağlı olarak ortaya çıkan, akarsularda ve göllerde ağır metal kaynaklı kirlilik araştırmaları; farklı bilim dallarında araştırmalar yürüten birçok bilim insanının ilgi odağı olmaktadır. Türkiye'nin en önemli nehirlerden bir tanesi olan Kızılırmak Nehri, hızlı kentleşme, sanayileşme ve antropojenik etkiler nedeniyle yüksek oranlarda ağır metal yükü taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı, Nevşehir ili sınırlarından geçen Kızılırmak Nehrinin, Gülşehir, Avanos ve Sarıhıdır Köyü hattında, nehir tabanından multisampler (bozulmamış sediment örnekleyici) cihazı kullanılarak alınan, bozulmamış sediment karot örneklerindeki Manganez (Mn), Demir (Fe), Krom (Cr), Çinko (Zn), Kurşun (Pb), Bakır (Cu), Alüminyum (Al) ve Arsenik (As) ağır metallerinin, mevcudiyetini araştırmak ve analiz etmektir. Bu çalışma kapsamında, saha çalışmaları, Orta Kızılırmak Havzası Nevşehir İli, Gülşehir ilçesi ve Sarıhıdır Köyü arasındaki bölgede nehrin doğal akışı ve arazi yapısı da göz önüne alınarak, 7 örnekleme noktası tespit edilerek gerçekleştirilmiştir. Sediment kalitesini incelemek ve kirlilik düzeyini derecelendirmek için, Kanada Sediment Kalite Yönergesi, PEL (olası etki seviyesi), TEL (Sınır etki seviyesi), ERL (Etki aralığı alt sınırı), ERM (Etki aralığı ortancası) ve Ref. (Endüstri öncesi referans değerler) sınır değerleri dikkate alınmıştır. Ayrıca, Cr, Zn, Pb, Cu, As ağır metal analiz sonuçları, elementlerin toksik etkilerinin belirlenmesi için kullanılan TRI (Toksik Risk İndeksi) esas alınarak değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Nevşehir, Kızılırmak, Sediment, Ağır Metal

Tez Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Ömer BİLHAN

Sayfa Adeti: 104



**INVESTIGATION OF HEAVY METAL LEVELS IN INDISTURBED
SEDIMENT CORE SAMPLES TAKEN FROM THE KIZILIRMAK RIVER IN
NEVŞEHİR PROVINCE
(M. Sc. Thesis)**

Fatih İLALAN

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

August 2021

ABSTRACT

In recent years, researches on heavy metal-related pollution in rivers and lakes due to advances in industry and technology, wrong agricultural policies and other anthropogenic effects; it is the focus of attention of many scientists who conduct research in different branches of science. The Kızılırmak River, one of the most important rivers in Turkey, carries heavy metal loads at high rates due to rapid urbanization, industrialization and anthropogenic effects. The aim of this study is to determine the Manganese (Mn), Iron (Fe), Chromium (Cr) in the undisturbed sediment core samples taken from the river bottom on the line of Gülşehir, Avanos and Sarıhıdır Villages of Kızılırmak River, which passes through the borders of Nevşehir province, using a multisampler device. To investigate and analyze the presence of heavy metals Zinc (Zn), Lead (Pb), Copper (Cu), Aluminum (Al) and Arsenic (As). Within the scope of this study, field studies were carried out by determining 7 sampling points, taking into account the natural flow of the river and the land structure, in the region between the Middle Kızılırmak Basin, Nevşehir Province, Gülşehir District and Sarıhıdır Village. To examine the sediment quality and rate the pollution level, the Canadian Sediment Quality Directive, PEL (probable impact level), TEL (Boundary impact level), ERL (lower impact range), ERM (median impact range) and Ref. Limit values (pre-industrial reference values) were taken into account. In addition, Cr, Zn, Pb, Cu, As heavy metal analysis results were evaluated on the basis of TRI (Toxic Risk Index), which is used to determine the toxic effects of elements.

Keywords: Nevşehir, Kızılırmak, Sediment, Heavy Metal

Thesis Supervisor: Instructor Dr. Ömer BİLHAN
Page Number: 104



İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	I
TEZ BİLDİRİM SAYFASI	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÖZET	IV
ABSTRACT.....	VI
İÇİNDEKİLER	VIII
TABLOLAR LİSTESİ.....	X
ŞEKİLLER LİSTESİ	XII
RESİMLER LİSTESİ	XVI
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	XVII
1.BÖLÜM	1
GİRİŞ	1
1.1.Genel Bilgiler.....	3
1.2. Literatür Taraması.....	6
2.BÖLÜM	16
MATERYAL VE METOT	16
2.1. Saha Çalışmaları	16
2.2. Saha Çalışmalarında Kullanılan Cihazlar	19
2.2.1. 1. Lokasyona Ait Veriler.....	20
2.2.2. 2. Lokasyona Ait Veriler.....	21
2.2.3. 3. Lokasyona Ait Veriler.....	22
2.2.4. 4. Lokasyona Ait Veriler.....	24
2.2.5. 5. Lokasyona Ait Veriler.....	25
2.2.6. 6. Lokasyona Ait Veriler.....	27
2.2.7. 7. Lokasyona Ait Veriler.....	28
2.3. Sediment Numunelerinin Nehir Tabanından Alınması ve Analizlere Hazır Hale Getirilmesi.....	30
3. BÖLÜM.....	33
ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	33
3.1. Manganez (Mn) Ağır Metal Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	35
3.2. Demir (Fe) Ağır Metal Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	39
3.3. Krom (Cr) Ağır Metal Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	43
3.4. Çinko (Zn) Ağır Metal Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	49

3.5. Kurşun (Pb) Ağır Metal Sonuçlarının Değerlendirilmesi	53
3.6. Bakır (Cu) Ağır Metal Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	58
3.7. Alüminyum (Al) Ağır Metal Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	63
3.8. Arsenik (As) Ağır Metal Sonuçlarının Değerlendirilmesi	67
3.9. Ağır Metal Analiz Sonuçlarının Toksik Risk İndeksi (TRI)'ne Göre Değerlendirilmesi	71
3.10. MTA Genel Müdürlüğü Tarafından Sunulan Mevcut Çalışmanın Gerçekleştirildiği Bölgeye Ait Mn, Cr, Zn, Pb, Cu, Al ve As Ağır Metallerine Ait Verilerin Değerlendirilmesi	88
4. BÖLÜM	93
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	93
KAYNAKLAR	96
ÖZGEÇMİŞ	104

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Yaygın ağır metallerin özellikleri	4
Tablo 2.1. Saha Çalışmalarının Yürütüldüğü Örnekleme Noktalarına Ait Koordinatlar	17
Tablo 2.2. 1. Lokasyonda Riverray ADCP – Stream Pro ADCP – Hemisphere A325 DGPS Cihazı İle Yapılan Ölçümler Sonucunda Alınan Hidrolik Ve Hidrolojik Veriler	20
Tablo 2.3. 2. Lokasyonda Riverray ADCP – Stream Pro ADCP – Hemisphere A325 DGPS Cihazı İle Yapılan Ölçümler Sonucunda Alınan Hidrolik Ve Hidrolojik Veriler	22
Tablo 2.4. 3. Lokasyonda Riverray ADCP – Stream Pro ADCP – Hemisphere A325 DGPS Cihazı İle Yapılan Ölçümler Sonucunda Alınan Hidrolik Ve Hidrolojik Veriler	23
Tablo 2.5. 4. Lokasyonda Riverray ADCP – Stream Pro ADCP – Hemisphere A325 DGPS Cihazı İle Yapılan Ölçümler Sonucunda Alınan Hidrolik Ve Hidrolojik Veriler	25
Tablo 2.6. 5. Lokasyonda RiverRay ADCP – Stream Pro ADCP – Hemisphere A325 DGPS cihazı ile yapılan ölçümler sonucunda alınan hidrolik ve hidrolojik veriler	26
Tablo 2.7. 6. Lokasyonda Riverray ADCP – Stream Pro ADCP – Hemisphere A325 DGPS Cihazı İle Yapılan Ölçümler Sonucunda Alınan Hidrolik Ve Hidrolojik Veriler	27
Tablo 2.8. 7. Lokasyonda Riverray ADCP – Stream Pro ADCP – Hemisphere A325 DGPS Cihazı İle Yapılan Ölçümler Sonucunda Alınan Hidrolik ve Hidrolojik Veriler	29
Tablo 3.1. Skalalar ve Sınır Değerler.....	34

Tablo 3.2. Kanada Sediment Kalite Yönergesi	35
Tablo 3.3. Cr, Zn, Pb, Cu, As Ağır Metal Konsantrasyonlarının TRI _i Değerleri	72
Tablo 3.4. Cr, Zn, Pb, Cu, As Ağır Metal Konsantrasyonları göre Hesaplanan TRI (TEC) Değerleri.....	78



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Amerika Birleşik Devletleri Great Lakes Havzası, Riley Barajı Rezervuarı Numune Alım Noktaları ve Sediment Örneklerinin Dilimlenerek Laboratuvar Analizlerine Hazır Hale Getirilmesi.....	11
Şekil 2.1. Kızılırmak Nehri Üzerinde Saha Çalışmalarının Gerçekleştirildiği Örnekleme Noktaları.....	17
Şekil 2.2. Saha Çalışmalarının Gerçekleştirildiği Bölgenin Jeolojik Haritası	18
Şekil 2.3. 1. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Profili Görüntüsü	20
Şekil 2.4. 1. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Ölçüm Görüntüsü	21
Şekil 2.5. 2. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Profili Görüntüsü.....	22
Şekil 2.6. 2. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Ölçüm Görüntüsü	22
Şekil 2.7. 3. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Profili Görüntüsü.....	23
Şekil 2.8. 3. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Ölçüm Görüntüsü	24
Şekil 2.9. 4. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Profili Görüntüsü	25
Şekil 2.10. 4. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Ölçüm Görüntüsü	25
Şekil 2.11. 5. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Profili Görüntüsü.....	26
Şekil 2.12. 5. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Ölçüm Görüntüsü	27
Şekil 2.13. 6. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Profili Görüntüsü.....	28
Şekil 2.14. 6. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Ölçüm Görüntüsü	28
Şekil 2.15. 7. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Profili Görüntüsü.....	29
Şekil 2.16. 7. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Ölçüm Görüntüsü	30
Şekil 3.1. Manganez Ağır Metalinin Lokasyonlardan Alınan Bozulmamış Sediment Örneklerindeki Yoğunluk Dağılımı	37
Şekil 3.2. Manganez Ağır Metali için Lokasyonlardan Alınan ve Dilimlere Ayrılmış Bozulmamış Sediment Örneklerinde Aynı Derinliklerdeki Yoğunluk Dağılım Grafiği	38

Şekil 3.3. Manganez Ağır Metali Ortalama Konsantrasyon Değerlerinin Lokasyonlara Göre Dağılım Grafiği	39
Şekil 3.4. Kızılırmak Nehri üzerinde Örnekleme Noktalarından Alınan Sediment Numunelerinde Manganez Ağır Metal Konsantrasyonlarına Ait Yoğunluk Dağılımı ...	39
Şekil 3.5. Demir Ağır Metalinin Lokasyonlardan Alınan Bozulmamış Sediment Örneklerindeki Yoğunluk Dağılımı	41
Şekil 3.6. Demir Ağır Metali için Lokasyonlardan Alınan ve Dilimlere Ayrılmış Bozulmamış Sediment Örneklerinde Aynı Derinliklerdeki Yoğunluk Dağılım Grafiği	42
Şekil 3.7. Demir Ağır Metali Ortalama Konsantrasyon Değerlerinin Lokasyonlara Göre Dağılım Grafiği	43
Şekil 3.8. Kızılırmak Nehri üzerinde Örnekleme Noktalarından Alınan Sediment Numunelerinde Demir Ağır Metal Konsantrasyonlarına Ait Yoğunluk Dağılımı.....	43
Şekil 3.9. Krom Ağır Metalinin Lokasyonlardan Alınan Bozulmamış Sediment Örneklerindeki Yoğunluk Dağılımı	45
Şekil 3.10. Krom Ağır Metali için Lokasyonlardan Alınan ve Dilimlere Ayrılmış Bozulmamış Sediment Örneklerinde Aynı Derinliklerdeki Yoğunluk Dağılım Grafiği	47
Şekil 3.11. Krom Ağır Metali Ortalama Konsantrasyon Değerlerinin Lokasyonlara Göre Dağılım Grafiği	48
Şekil 3.12. Kızılırmak Nehri üzerinde Örnekleme Noktalarından Alınan Sediment Numunelerinde Krom Ağır Metal Konsantrasyonlarına Ait Yoğunluk Dağılımı	48
Şekil 3.13. Çinko Ağır Metalinin Lokasyonlardan Alınan Bozulmamış Sediment Örneklerindeki Yoğunluk Dağılımı	49
Şekil 3.14. Çinko Ağır Metali için Lokasyonlardan Alınan ve Dilimlere Ayrılmış Bozulmamış Sediment Örneklerinde Aynı Derinliklerdeki Yoğunluk Dağılım Grafiği	51

Şekil 3.15. Çinko Ağır Metali Ortalama Konsantrasyon Değerlerinin Lokasyonlara Göre Dağılım Grafiği	53
Şekil 3.16. Kızılırmak Nehri üzerinde Örnekleme Noktalarından Alınan Sediment Numunelerinde Çinko Ağır Metal Konsantrasyonlarına Ait Yoğunluk Dağılımı	53
Şekil 3.17. Kurşun Ağır Metalinin Lokasyonlardan Alınan Bozulmamış Sediment Örneklerindeki Yoğunluk Dağılımı	55
Şekil 3.18. Kurşun Ağır Metali için Lokasyonlardan Alınan ve Dilimlere Ayrılmış Bozulmamış Sediment Örneklerinde Aynı Derinliklerdeki Yoğunluk Dağılım Grafiği	56
Şekil 3.19. Kurşun Ağır Metali Ortalama Konsantrasyon Değerlerinin Lokasyonlara Göre Dağılım Grafiği	58
Şekil 3.20. Kızılırmak Nehri üzerinde Örnekleme Noktalarından Alınan Sediment Numunelerinde Kurşun Ağır Metal Konsantrasyonlarına Ait Yoğunluk Dağılımı	58
Şekil 3.21. Bakır Ağır Metalinin Lokasyonlardan Alınan Bozulmamış Sediment Örneklerindeki Yoğunluk Dağılımı	59
Şekil 3.22. Bakır Ağır Metali için Lokasyonlardan Alınan ve Dilimlere Ayrılmış Bozulmamış Sediment Örneklerinde Aynı Derinliklerdeki Yoğunluk Dağılım Grafiği	61
Şekil 3.23. Bakır Ağır Metali Ortalama Konsantrasyon Değerlerinin Lokasyonlara Göre Dağılım Grafiği	63
Şekil 3.24. Kızılırmak Nehri üzerinde Örnekleme Noktalarından Alınan Sediment Numunelerinde Bakır Ağır Metal Konsantrasyonlarına Ait Yoğunluk Dağılımı	63
Şekil 3.25. Alüminyum Ağır Metalinin Lokasyonlardan Alınan Bozulmamış Sediment Örneklerindeki Yoğunluk Dağılımı	65
Şekil 3.26. Alüminyum Ağır Metali için Lokasyonlardan Alınan ve Dilimlere Ayrılmış Bozulmamış Sediment Örneklerinde Aynı Derinliklerdeki Yoğunluk Dağılım Grafiği	66

Şekil 3.27. Alüminyum Ağır Metali Ortalama Konsantrasyon Değerlerinin Lokasyonlara Göre Dağılım Grafiği	67
Şekil 3.28. Kızılırmak Nehri üzerinde Örnekleme Noktalarından Alınan Sediment Numunelerinde Alüminyum Ağır Metal Konsantrasyonlarına Ait Yoğunluk Dağılımı	67
Şekil 3.29. Arsenik Ağır Metalinin Lokasyonlardan Alınan Bozulmamış Sediment Örneklerindeki Yoğunluk Dağılımı	69
Şekil 3.30. Arsenik Ağır Metali için Lokasyonlardan Alınan ve Dilimlere Ayrılmış Bozulmamış Sediment Örneklerinde Aynı Derinliklerdeki Yoğunluk Dağılım Grafiği	69
Şekil 3.31. Arsenik Ağır Metali Ortalama Konsantrasyon Değerlerinin Lokasyonlara Göre Dağılım Grafiği	71
Şekil 3.32. Kızılırmak Nehri üzerinde Örnekleme Noktalarından Alınan Sediment Numunelerinde Arsenik Ağır Metal Konsantrasyonlarına Ait Yoğunluk Dağılımı	71
Şekil 3.33. Ağır Metallerin TEC Toksik Risk Etki Yüzdeleri.....	81
Şekil 3.34. MTA Genel Müdürlüğü Tarafından 2018 Yılında Tamamlanan ve Mevcut Çalışmanın Gerçekleştirildiği Bölgeye Ait Mn, Cr, Zn, Pb, Cu, Al ve As Ağır Metallerinin Yoğunluk Dağılım Haritası	89

RESİMLER LİSTESİ

Resim 2.1. Riverray Adcp – Stream Pro Adcp – Hemisphere A325 Dgps Cihazı.....	19
Resim 2.2. Eijkelkamp Multisampler Bozulmamış Sediment Örnekleyici.....	19
Resim 2.3. 1. Lokasyonda Yürütülen Saha Çalışmaları	20
Resim 2.4. 2. Lokasyonda Yürütülen Saha Çalışmaları	21
Resim 2.5. 3. Lokasyonda Yürütülen Saha Çalışmaları.	23
Resim 2.6. 4. Lokasyonda Yürütülen Saha Çalışmaları.	24
Resim 2.7. 5. Lokasyonda Yürütülen Saha Çalışmaları.	26
Resim 2.8. 6. Lokasyonda Yürütülen Saha Çalışmaları	27
Resim 2.9. 7. Lokasyonda Yürütülen Saha Çalışmaları.	29
Resim 2.10. Saha Çalışmalarında Kızılırmak Nehir Tabanından Sediment Karot Örneklerinin Alınması.....	31
Resim 2.11. Saha Çalışmalarında Sediment Örneklerinin Alınarak Laboratuarda Analize Hazır Hale Getirilmesi.	32

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

As	Arsenik
Cd	Kadmiyum
Hg	Civa
Pb	Kurşun
Sn	Kalay
Mn	Manganez
Fe	Demir
Cr	Krom
Zn	Çinko
Cu	Bakır
Al	Alüminyum
Ni	Nikel
Ba	Baryum
Co	Kobalt
Sr	Stronsiyum
V	Vanadyum
N	Azot
P	Fosfor
K	Potasyum
Ca	Kalsiyum
S	Kükürt
Rb	Rubidyum
Th	Toryum
La	Lantan
Ce	Seryum
Sm	Samaryum
Sb	Antimon
Se	Selenyum

Cs	Sezyum
U	Uranyum
Na	Sodyum
Mg	Magnezyum
Pu	Plütonyum
Ppm	mg/kg
µm	Mikrometre
USEPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
FRN	Serpinti Radyonüklidleri Yöntemi
İTASHY	İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik
KM	Kuru Madde
PEL	Olası Etki Seviyesi
TEL	Sınır Etki Seviyesi
ERM	Etki Aralığı Ortancası
ERL	Etki Aralığı Alt Sınırı
Ref	Endüstri Öncesi Referans Değerler
MDL	The Method Detection Limit (Gözlenebilme Sınır Değeri)
ICP-ES	Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy (İndüksiyonla Birleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi)
İRAP	İl Afet Risk Azaltma Planı
MTA	Maden Teknik ve Arama
BAP	Bilimsel Araştırma Projesi
KSKY	Kanada Sediment Kalite Yönergesi
KSKY-min	Kanada Sediment Kalite Yönergesi En Düşük Etki Seviyesi
KSKY-max	Kanada Sediment Kalite Yönergesi Kuvvetli Etki Seviyesi
TRİ _i	Toksik Risk Katsayısı
TRİ	Bütünleşmiş Toksik Risk Katsayısı
TEC	Toksik Etki Kontaminasyonu

1.BÖLÜM

GİRİŞ

Yeryüzündeki canlı yaşamı için, suyu kullanmak ve kontrol altına almanın gerekliliğinden dolayı bütün medeniyetler, tarihin başlangıcından beri su ile ilgilenmişlerdir. Suyun özelliklerini tanımaya, hareketini yöneten kanunları belirlemeye, oluşturabileceği tehlikeleri önlemeye ve sudan en iyi şekilde yararlanmaya çalışmışlardır. Bunu yaparken de suyun hem kullanımını hem de önemini daha iyi kavramışlardır [1].

Dünyamızda tatlı su kaynakları gezegenimiz üzerindeki su kaynaklarının sadece %2,5'ini oluşturur. Bu suyun da %70'i buzul ve kar kütleleri içinde saklıdır. Bütün canlılar için vazgeçilmez bir kaynak olan su, yaşamsal önem taşıyan bir değerdir. Dünya yüzeyinin sadece %1'ini kaplamalarına rağmen, tatlı su ekosistemleri bilinen tüm hayvan türlerinin %10'una ev sahipliği yapar [2].

Dünyamızda hızlı nüfus artışı ve insanların yaşam standartlarının yükselmesine bağlı olarak özellikle akarsular üzerine inşa edilen regülasyon yapılarının sayılarının artması, endüstri ve sanayi atıklarındaki kirliliğin göl ve nehir gibi alıcı ortamlara ulaşması ile içilebilir ve kullanılabilir su miktarında azalmalar ve su kalitesinde bozulmalar görülmektedir [3].

Yüzeysel su ortamlarında ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde sediment analizi en önemli yöntemlerden biridir. Çünkü atık sular ile birlikte sucul ortamlara deşarj edilen ağır metallerin düşük bir miktarı suda çözünür, geri kalan büyük kısmı tabanda bulunan sediment üzerinde birikme eğilimindedir [4].

Akarsular, geçtikleri araziye karakterize eden toprak ve sedimentleri karalardan alıp denize ve göl kıyılarına taşırlar. Bunlar derin deniz havzalarına taşınıp oralarda depolanarak derin su sedimentlerini oluştururlar. Ancak erozyonla oluşan bütün akarsu sedimentlerinin deniz ve göllere taşındığı düşünülemez. Bunların bir kısmı akarsu işlemlerinin etkisiyle karalarda ve akarsu kenarlarında depolanırlar. Akışın azalmasından dolayı nehir ağızları genellikle sediment toplanma yeri olduğu için, metaller sedimentlerle ve buna bağlı olarak da depolanmayla ilişkilidir [43].

Sediment çekirdekleri içerisindeki seviyelere göre ağır metal dağılımı, kentsel ve sanayileşmiş alanlarda geçmiş ve mevcut metal kirliliğini incelemek için yaygın olarak kullanılmıştır. Sedimentler ana kirletici taşıyıcıları teşkil eder ve bunların birikimi, çoklu süreçlerin etkilerini yansıtarak antropojenik etkilerle ilgili faydalı mekânsal ve zamansal bilgiler sağlar [39]. Antropojenik etkiler, doğada insanoğlunun neden olduğu etkileri ifade etmek için kullanılmaktadır.

Antropojenik kaynaklardan gelen ağır metaller, atık su, endüstriyel çamur, nehirler, havadan girdiler, yağış ve toz çökeltmesi gibi farklı kaynaklardan çevre koşullarının tüm bileşenleri arasında bulunur [2]. Sedimentlerin, çeşitli analitik tekniklerle güvenilir bir şekilde ölçülebilen seviyelerde kirleticiler biriktirdiklerinden dolayı çevre kirliliğinin mükemmel göstergeleri olduğu kanıtlanmıştır [5]. Bu durum, sedimentleri hem doğal hem de antropojenik kaynaklardan gelen ağır metaller için etkili bir değerlendirme aracı haline getirir.

Kızılırmak nehri, Türkiye topraklarından doğarak yine Türkiye topraklarından denize dökülen en uzun akarsudur. Nehir adını akarsu yatağının tabanında bulunan, üçüncü zaman ortalarında çökelmiş kırmızı renkteki kumlu killi tortudan almaktadır ve uzunluğu yaklaşık olarak 1300 km'dir. Nehir, Sivas ilinde bulunan Kızıldağ'ın güney yamaçlarından doğarak Bafra Burnu'ndan Karadeniz'e dökülür. Nehir bu akış sırasında sırasıyla Sivas, Kayseri, Nevşehir, Kırşehir, Kırıkkale, Ankara, Çankırı, Çorum ve Samsun illerinden geçer ve çok sayıda dere ve çayın sularını toplar. Yağmur ve kar sularıyla beslenen nehrin rejimi düzensizdir. Nehrin ortalama debisi 184 m³/sn' dir. Kızılırmak nehrinin binlerce yıl süresince taşıdığı alüvyonlar uluslararası öneme sahip olan ve Ramsar sözleşmesiyle koruma altına alınan Kızılırmak Deltasını oluşturmuştur. Kızılırmak nehrinin drenaj alanı yaklaşık 78180 km² 'dir [6]. Kızılırmak Nehri, Türkiye su potansiyelinin, yıllık 6,48 milyar m³ akış hacmiyle %3,5' ini oluşturmaktadır [7].

Bu tez çalışmasının amacı, Kızılırmak Nehri üzerinde Nevşehir ili Gülşehir ilçesi ve Sarlıdır Köyü hattı üzerinde belirlenen yedi örnekleme noktasından alınan bozulmamış sediment karot örneklerinde, nehri tehdit eden kirleticilerden Manganez (Mn), Demir (Fe), Krom (Cr), Çinko (Zn), Kurşun (Pb), Bakır (Cu), Alüminyum (Al), Arsenik (As) ağır metallerinin mevcudiyetini araştırarak ortaya koymaktır. Bu amaçla bu tez çalışmasında, 2014 yılında saha çalışmaları tamamlanan NEUBAP14F4 numaralı BAP projesinden elde edilen verilerden yararlanılmıştır.

1.1.Genel Bilgiler

Doğal bir akarsuda bitkisel ve hayvansal yaşam ile ilgili olarak ekosistemin dengede olduğu bilinen bir gerçektir. Kirletici maddeler bu doğal ortamın ve dengenin değişmesine neden olurlar [8].

Sularda kirletici etki yapan unsurlar; organik maddeler, gübre atıkları, deterjanlar, pestisitler, petrol ve türevleri, bakteri ve virüsler gibi hastalık yapıcı canlılar, tuzluluk ve canlılarda toksik etki yapan maddelerdir. Bu kirletici kaynakların en önemlilerinden birini de toksik etki yapan ağır metaller oluşturur [9].

“Ağır metal” terimi, dansitesi yüksek olan ya da düşük dansiteli bile olsa toksik veya zehirli elementleri ifade etmektedir. Genellikle kontaminasyon ve potansiyel toksisite ya da eko-toksisite ile ilişkilendirilen metaller ya da yarı-metaller (metalloidler) olarak tanımlanır [10]. Ayrıca ağır metaller su kaynaklarına; endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının, toprağı ve dolayısı ile bileşiminde bulunan ağır metalleri çözmesi sonucunda çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına ulaşmasıyla da karışabilirler [11].

Bazı eser elementler Fe, Cu ve Zn gibi, organizmaların normal büyümesi ve işlevi için gerekli olan temel mikro besinlerdir. Diğer bazı eser elementler ise, As (Arsenik), Cd (Kadmiyum), Hg (Civa), Pb (Kurşun) ve Sn (Kalay) gibi insan sağlığı ve sudaki yaşam açısından toksik olarak kabul edilir. Ağır metaller, toksik ve kanserojen yapıları ve insan sağlığına belgelenmiş zararlı etkileri nedeniyle özel bir öneme sahiptir [12]. Ağır metal kirliliğı endişe vericidir. Çünkü gelişmekte olan ülkelerde kullanılan klorlama, kaynatma ve güneş dezenfeksiyonu gibi birçok içme suyu arıtma tekniğı ağır metallerin arıtılmasında etkili değildir [13]. Arsenik (As), Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Bakır (Cu), Kurşun (Pb) ağır metallerinin insan sağlığına etkileri ve kaynakları Tablo 1.1.’ de gösterilmiştir.

Tablo 1.1. Yaygın ağır metallerin özellikleri [14], [15]

Ağır Metal	İnsan Sağlığına Etkileri	Ortak Kaynaklar	Maksimum Kirlenme Seviyesi	
			USEPA ^a	WHO ^b
Arsenik (As)	Cilt hasarı, dolaşım sistemi sorunları	Doğal olarak meydana gelen, elektronik üretimi	0.010 mg/L	0.010 mg/L
Kadmiyum (Cd)	Böbrek hasarı, kanserojen	Doğal olarak meydana gelen, çeşitli kimya endüstrisi	0.005 mg/L	0.003 mg/L
Krom (Cr)	Alerjik dermatit, ishal, bulantı ve kusma	Doğal olarak meydana gelen, çelik imalat	0.1 mg/L	0.05 mg/L
Bakır (Cu)	Sindirim sorunları, karaciğer veya böbrek hasarı	Doğal olarak meydana gelen, ev tesisat sistemleri	1.3 mg/L	2.0 mg/L
Kurşun (Pb)	Böbrek hasarı, azalan sinir gelişimi	Kurşun bazlı ürünler, ev tesisat sistemleri	0.0 mg/L	0.01 mg/L

^aAmerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı tarafından belirlenen Değerler (USEPA,2019) [14].

^bDünya Sağlık Örgütü tarafından oluşturulan değerler (WHO, 2017a,b) [15].

Ağır metaller, yerkabuğunda doğal olarak bulunan bileşiklerdir. Bozulmaz ve yok edilemezler, çevrede özellikle biyosferde geniş bir yayılım gösterirler, bu sebeple zararlı formdaki konsantrasyonları önemli boyutlara ulaşır. Ağır metaller sucul ortama taşınırken farklı kimyasal formda bulunurlar [16]. Bu formları genel olarak aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

- Solüsyon içinde inorganik iyon olarak ya da hem inorganik hem de organik kompleksler olarak,
- Yüzeyle tutunmuş olarak,
- Katı organik partiküller olarak,
- Yağışlardan sonra detritus partikülleri üzerine kaplanmış olarak veya özellikle demir ve manganez oksitlerin içinde tutunarak,
- Detritustaki kristalimsi materyalin kafes yapılarında,
- Detritus partikülleri üzerine saf halde çökelmiş olarak,
- Serbest iyonlar halinde bulunurlar [16].

Ağır metaller organizmaya ağız, solunum ve deri yolu ile alınır ve çoğu özel bir destek olmadan vücutun boşaltım yolları ile (böbrek, karaciğer, barsak, akciğer, deri) atılamazlar. Bu nedenle ağır metallerin büyük bir bölümü, biyolojik organizmalarda birikirler. Birikim sonucu, canlıların bünyesinde yoğunlaşan bu metaller, etkili dozlara ulaştıklarında, ciddi hastalıklara (tiroit, nörolojik, otizm ve kısırlık gibi) hatta ölümlere neden olabilirler [10].

Yaşadığımız çevreyi temel olarak birbirine ayrılmaz bir şekilde bağlı ve birbirleri ile sürekli etkileşim içerisinde olan toprak, hava ve su meydana getirmektedir. Bu parçalardan herhangi birinde oluşacak bozulma diğer parçalarında etkilenmesine neden olacaktır. Hızlı bir şekilde artan dünya nüfusu ile ortaya çıkan sağlıksız kentleşme, bilinçsiz endüstrileşme, savaşlar, nükleer denemeler ve verimi arttırma amaçlı kullanılan tarım ilaçları, yapay gübreler ve bunun gibi kimyasallar hava, su ve toprağı büyük oranda kirleterek gerek canlılar gerekse çevre için zararlı boyutlara ulaşmıştır. Ülkemizde son yıllarda giderek artan çevresel problemlerin başında ağır metallerden kaynaklanan su kirliliği gelmektedir. Su kirliliğinin artması endüstri alanındaki büyümeyi çok iyi bir şekilde yansıtmaktadır [17]. Çevrede, denizlerin ve akarsuların kirlenmesine neden olan birçok toksik ağır metal bulunmaktadır. Ekolojik dengeyi bozan ağır metallerin başlıca kaynakları; tarımsal drenaj, fabrika atıkları, kanalizasyon akıntıları, kimyasal akıntıların sulara karışması, deniz taşıtlarından kaynaklı petrol akıntıları, bazı organik maddeler, yağlar, tarımsal gübreler, fosil yakıtlar, pestisitler ve çeşitli kimyasallardır [18].

Sucul sedimentlerde ağır metal kirliliği, endüstriyel alanlarda ve yerleşimin olduğu yerlerde çok önemli bir çevresel problemdir. Metallerin kaynakları, evsel ve endüstriyel atıklar, atmosfer, yağışlar, erozyon, tarımsal kaynaklar, katı atıklar ve litosferdir. Ağır metaller biyolojik olarak parçalanmaz ve dayanıklılık gösterirler. Metaller, sucul çevreye doğal ve antropojenik kaynaklarla girmektedir. Metaller, yeraltı sularına sızarak veya göl ve ırmaklarla yağışlarla gelerek katı maddeye adsorbe olabilmektedir. Sucul ortama taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik oluşturarak su tabanına çökerek sediment bünyesinde birirmektedirler [19].

Tane boyutu, sedimentlerin metalleri biriktirme kapasiteleri üzerinde etkili olan en önemli faktörlerden biridir. Bu nedenle sediment tane boyutu dağılımı ve ayrımı ile ilgili çalışmalar metal çalışmalarında çok önemlidir. Metal kirliliği ile ilgili çalışmalarda kirlenmiş yüzeylerin bir belirleyicisi olarak belirli bir tane boyutunda çalışılması tavsiye

edilmiştir. Önerilen tane boyutu 63 µm'den küçük (silt-kil) tane boyundaki fraksiyonlardır. Çünkü 63 µm'den küçük tane boyutundaki fraksiyonlar doğal ve yapay bileşenlerin en etkili taşıyıcısıdır. Ayrıca bu tane boyutundaki fraksiyonlar uzun mesafeler boyunca taşınmaktadır [20].

Bölgesel toprak erozyonu, yetersiz su kullanım yönetimi ve orman alanlarında yapılan tahribatlar akarsulardaki su kalitesinin azalmasının temel etkenlerindedir. Ek olarak, kentsel ve endüstriyel kaynaklı ağır metal içeren geniş ve önemli kontrolsüz kirletici girdileri nehir kirliliğinin artmasına sebep olmaktadır. Ağır metaller su kaynaklarına, endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarıyla toprağı ve dolayısıyla bileşiminde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin akarsu, göl veya yeraltı sularına ulaşmasıyla geçerler. Kıyı alanlarındaki ağır metallerin biriktiğı ana ortamlar olan sedimentler, çevresel indikatörler olarak büyük ölçüde kullanılmaktadırlar. Bu nedenle sediment analizleri metal kirliliğinin oluştuğı çevrelerin kalitesinin değerlendirilmesinde önemli rol oynarlar [21].

Ağır metaller, akuatik ortamlara doğal kaynaklardan ve insan faaliyetleri sonucunda karışmaktadır. Metaller denizel ortama erozyonla taşınan kaya parçalarıyla, rüzgar yoluyla taşınan tozlarla, volkanik aktivitelerle ve nehirlerle taşınabilmektedir. Hatta, bu nehirlerin endüstriyel ya da kentsel bölgelerden geçmesi sonucu insan atıklarının da karışmasıyla bu birikim çok daha fazla olabilmektedir. Sularda çözünen haldeki metaller çökerek sediment parçaları tarafından adsorbe olurlar. Özellikle nehrin denizle birleştiğı geniş kısımlarda ağır metallerin birikimi daha yoğun olduğundan göl ve deniz sedimentlerinde yüksek oranda ağır metal biriktiğı söylenebilir [22].

Ağır Metallerin bazıları (Fe, Cu, Co, Ni vb.) hayvanlar ve insanlar için gerekli bir element özelliğı taşımakta, vücutta yetersiz düzeyde bulunduğunda çeşitli sağlık problemlerine ve gelişim geriliklerine yol açmaktadır. Organizmada aşırı miktarlarda biriken iz elementler temel metaller olsa bile, özellikle karaciğerde toksik etkiler oluşturmaktadır. [23].

1.2. Literatür Taraması

Nehir tabanında biriken sediment genellikle kirlidir, çünkü sudaki kirleticiler sedimente absorbe olur. Kontamine olmuş sediment, sucul yaşam için direk toksik olabilir veya bu kirleticiler besin zincirinde biyoakümülyasyon için bir kaynak olabilir [24].

Reid ve Dunne; çalışmalarında nehirlerin, suyun akışının doğası gereğı sediment

içerdiğini ifade etmektedirler. Sedimentlerin; bitkiler, hayvanlar, gübreleme, akarsu yatağının doğal şekli ve genel nehir morfolojisi için yaşamsal önem taşıdığına ifadelerine eklemiştir. Suyun akışı ile gelen kumlar, taşlar, topraklar nehir tabanında birikme eğilimi gösterirler. Diğer taraftan suyun akışı, bu sedimenti erozyona uğratar. Doğal nehirlerde, sedimentasyon ve erozyon birbirlerini dengelerler. Böylece sürekli olarak akarsular kendi doğal yapılarını korurlar. Sediment, nehir yatağının erozyon nedeniyle derinleşmesinin önüne geçer [25].

Sedimentasyonun meydana getirdiği zararlar özetlenecek olursa:

- Sulama kanalları, barajları ve limanları doldurur. Bu yapıların kullanımlarını güçleştirir. Bunu bertaraf edebilmek için çok pahalı olan temizleme işlemleri gerekir.
- Aquatik canlıları tahrip eder. Çünkü suların dibine çöken sedimentler balık yuvalarını doldurur ve balık yumurtalarını kapatır.
- Güneş ışınlarını suyun derinliklerine kadar inmesini engeller. Bu da bitkiler için gerekli olan fotosentez olayını yavaşlatır. Bunun sonucu olarak, sudaki hayvanlar için gerekli oksijen konsantrasyonu azalır ve normal hayat çevrimi bozulur.
- Su bulanıklaşır. Dolayısıyla musluk suyu olarak kullanılmasını güçleştirdiği gibi fabrikalarda tribünlere büyük zarar verir. Tribünlerin korozyona uğramasına sebep olur.
- Bazı sedimentlerde oldukça kuvvetli radyoaktif çekirdekler bulunabilir. Bu radyoaktif çekirdeklerin yaydığı ışınlar canlılar için çok zararlı hatta bazen öldürücüde olabilir. Çünkü sediment içindeki bu çekirdekler sindirim ve solunum sistemine geçer. Orada oldukça uzun süre kalır ve ışın yaymaya devam eder. Zararın derecesi radyoaktif çekirdeğin cinsine, miktarına, vücutta kalma süresine ve kana karışıp karışmadığına bağlı olarak yayılan ışınlar canlı dokularına büyük zararlar verirler. Her radyoaktif çekirdeğin kendine özgü bir ışın yayma hızı vardır. Bu hız genellikle çekirdeğin yarılanma ömrü ile ifade edilir. Bu yarılanma ömrü birkaç saniye olabildiği gibi birkaç yıl da olabilir. Yarılanma ömrü çok uzun olan çekirdekler çevrelerine çok fazla zarar vermezler. Fakat yarılanma ömrü orta uzunlukta olanlar (20-30 yıl gibi) çevreleri için çok zararlıdır. Yarılanma ömrü çok kısa olan çekirdeklerin zararı da yarılanma ömrü orta uzunlukta olanlara oranla azdır. Bazı radyoaktif çekirdekler yer kabuğunda doğal olarak bulunurlar.

Bazıları da yapaydır [26].

Sediment birikme veriminin ve sediment oluşumunun tahmini için son yıllarda, literatürde kullanılan 4 önemli yöntem vardır.

- İlk yöntem, sedimantasyon verimini değerlendirmek için rezervuarda batimetrik çıkarım yapmaktır. Baraj yapısı kurulmadan önceki, taban yapısı için en iyi başlama noktalarını veren bazı rezervuarlar, akustik doppler akım profilsisi kullanılarak haritalandırılır. Baraj yapımına kadar, barajın arkasında biriken sediment miktarı CBS (GIS) yardımıyla haritalandırılır.
- İkinci yöntem, ABD Jeoloji Birliği'nin yaptığı sediment ölçümüdür. Bu ölçümler kısa bir süre için çalışma rezervuarlarının üzerinde yapılır. Ortalama sediment yükleme verimini bulmak için, çeşitli çalışmalar yapılarak tahmin edilir.
- Sediment veriminin tahmini için kullanılan üçüncü yöntem, eğilim çizgilerinin kullanılmasıdır.
- Radionuclide Analiz: Bu yöntem, rezervuardaki daha küçük bir alanda, daha kesin sediment oluşum hızını verir. Bu çalışmayı yapabilmek için rezervuar boyunca sediment oluşum hızını belirlemek gerekir. Ancak iki ya da üç tane sediment çekirdeği çıkarıldığında bu metot daha kesin sonuçlar verir. Bu metotta bölgenin toplam derinliği, sediment çekirdeğinin uzunluğu olarak kabul edilir. Fakat her bölgede sediment çekirdeği uzunluğu toplam derinliğe eşit olmayabilir. Su havzalarındaki toprak erozyonu ve sedimantasyon genel olarak toprak ve su koruma önlemlerinin belirlenmesine yönelik olarak değerlendirilmektedir. Radyonüklid analiz sonuçları ile yıllık, santimetre cinsinden sedimantasyon hızı elde edilir. Ayrıca bu analiz tekniği, diğer sediment verimi tahmin tekniklerine göre daha doğru sonuçlar vermektedir Andersen E., Sediment örnekleri için analizlerde, genellikle Pb-210, Cs-137 ve C-14 radyonüklitlerin kombine kullanımları ile sediment birikimi ve karıştırma oranları belirlenebilmektedir. Radyonüklid analiz yöntemiyle; öngörülen arazi kullanım şekillerinin su havzalarının toprak erozyonu ve sediment verimi üzerindeki etkisini belirlemek için uygun bir yöntem olmasına karşılık, Türkiye'de az kullanılan ve geliştirilmeye açık bir yöntemdir [27].

Ackers ve White; Yang; Brownlie; Karim ve Kennedy gibi birçok araştırmacı nehir yatağı

erozyonunun hesaplanmasında sıklıkla sediment transferi eşitlikleri kullanmıştır. Bu eşitlikler özellikle toplam yatak yükünü hesaplamak için geliştirilmiştir. Günümüzde kullanılan HEC-RAS ve SWAT gibi nümerik modellemeler yapan programlar da bu sediment transfer eşitliklerinden yararlanıldığını ifade etmişlerdir [27-29].

Ackers ve White, sediment taşınım oranını hesaplamak için, geliştirdikleri eşitlikte sediment çapı, sedimentin özgül ağırlığı, ortalama akış hızı, kayma hızı, akış derinliği, akışkanın kinematik viskozitesi ve yerçekimi ivmesi olmak üzere yedi farklı parametre kullanmışlardır [27].

Wong tarafından yapılan çalışmada, Oahu adasının doğusunda yer alan Kamooalii Nehri üzerindeki Waimaluhia rezervuarında, 1983 ve 1998 yılları arasında sediment miktarında meydana gelen değişim incelenmiştir. 1983, 1988, 1993 ve 1998 yıllarındaki ölçümlerle batimetrik haritalar hazırlanmış, sediment biriken alanların belirlenmesi için bu haritalar coğrafi bilgi sistemi teknolojisi ile analiz edilmiştir. 1983, 1988 ve 1990 yılları verilerinde Arc/Info GIS v5, 1991 ve 1993 yılı verilerinde Arc/Info v6, 1994 ve 1998 yılları verilerinde Arc/Info v7 yazılımı kullanılmıştır. Sonuç olarak, Waimaluhia rezervuarında 1983 ve 1998 yılları arasında sediment biriken alanlar haritalanmıştır ve ölçüm yapılan yıllara ait batimetrik haritalar 2 metre kontur aralığı ile sayısal ortamda hazırlanmıştır [31].

Karadeniz ve Ege Denizi kıyılarında ve Marmara Denizi'nden yapılan araştırmalar kapsamında toplanan sediment örneklerindeki ağır metal seviyeleri değerlendirilmiştir. Kut ve diğ.; Balkıs ve Çağatay; Topcuoğlu ve diğ.; Balkıs ve diğ., Doğu Karadeniz'in sahillerinden topladıkları sediment örneklerinde ^{137}Cs , ^{238}U , ^{232}Th gibi radyonüklidleri tespit etmiştir. Bu çalışmanın sonucu, sediment örneklerinde radyonüklid konsantrasyonlarının toplama alanlarının etkisi nedeniyle önemli derecede yüksek olduğunu gösterdi. Aynı zamanda, Rize'den alınan sediment örneklerinde Pb, Cu, Zn ve Mn konsantrasyonları benzer tane boyundaki Pazar'dan alınan sediment örneklerinden daha yüksek olduğu görülmüştür [32-33-34-35].

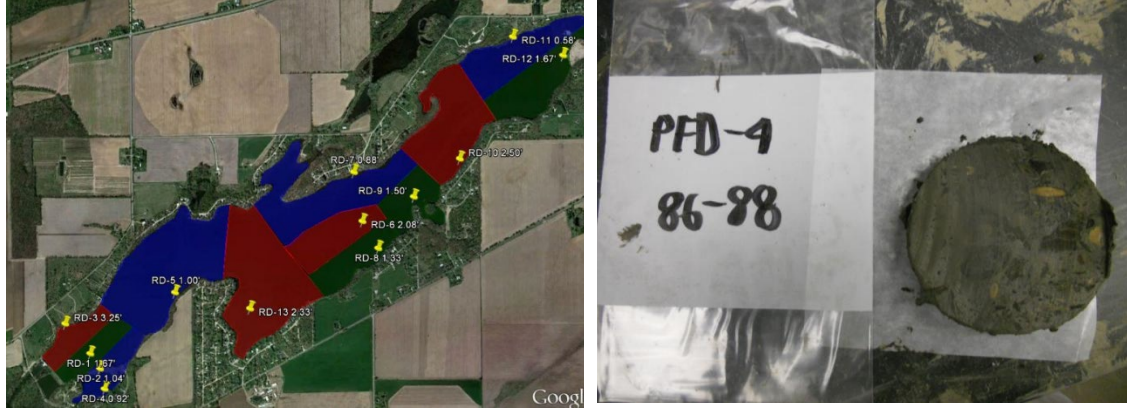
Kızıldaş ve diğ., serpinti radyonüklidlerinin (Cs-137, Pb-210, Be-7) radyoaktivitesini temel alan serpinti radyonüklidleri yöntemi (FRN)'ni Ömerli havzasında yer alan Paşaköy (fundalık) ve Esenceli (mera) köylerinden bozulmamış sediment örnekleri olarak uygulamışlardır. Araştırma sonucunda, toprak kaybının fundalık ve mera alanlarında yıllık değişim miktarları hesaplanmış, sonuçların fundalık alandaki toprak kaybının

araştırma alanlarındaki topraklar için öngörülen tolerans değerinden büyük olduğunu ortaya koymuşlardır [36].

Chen ve diğ., Çin'in güney doğusunda bulunan Huangdong rezervuarından aldıkları sediment önekleri için, CS-137 Pb-210 radyonuklidlerini kullanarak, sedimentasyon çökeltme hızını ve oranlarını belirlemişlerdir [37].

M. S. Al-Masri ve arkadaşları 2002 yılında Al-Oteibeh Gölü'nden topladıkları 5 sediment karot örneğinde ²¹⁰Pb ile tarihleme yapmışlardır. Ayrıca aynı çalışmalarında göldeki dört önemli elementin (Fe, K, Mg ve Na) ve altı iz metalin (Co, Ni, Cr, Pb, Zn, U ve Cu) tarihsel değişimini değerlendirmişlerdir [38].

2012 yılında, Wayne State University College of Engineering Urban Watershed Environmental Research Group ve U.S. Army Corps of Engineers'in işbirliğiyle, Kuzey Amerika'nın Great Lakes havzasında gerçekleştirilen "*Sediment Yield and Dam Capacity in the Great Lakes Watershed - Methods Analysis*" başlıklı bir araştırma tamamlanmıştır. Bu çalışmada, havza üzerindeki farklı baraj rezervuarlarında sediment verimini tahmin etmek için, tarihi verilerle birlikte, batimetrik çıkarım, eğilim çizgileri tahmin yöntemi ve radyonuklide analiz yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak, sediment tahmini ve verimi için geliştirilen regresyon eşitlikleri gelecekte havza üzerinde inşa edilecek barajlar için kullanılabilir. Ayrıca bu araştırmanın sonuçlarıyla belirli alanlarda ağaçlandırma çalışmaları başlatılmış ve bölgede yerleşim yerleri, tarım arazileri yeniden değerlendirilmiştir. Şekil 1.1.'de bu çalışma içerisinde yer alan Great Lakes Havzası'nda Riley Barajı rezervuarından, numune örneklerinin alındığı lokasyonlar ve alınan numune örneklerinin seviyelendirme yapıldıktan sonra dilimlere ayrılarak, analizlere hazır hale getirilmesi gösterilmiştir [39].



Şekil 1.1.Amerika Birleşik Devletleri Great Lakes Havzası, Riley Barajı Rezervuarı Numune Alım Noktaları ve Sediment Örneklerinin Dilimlenerek Laboratuvar Analizlerine Hazır Hale Getirilmesi [39]

Valette-Sliver ve diğerleri; Antropojenik olarak üretilen ağır metallerin dikey sedimentler çekirdeklerde yoğunlaşması, bu kirliliği analiz etmek ve bunu tarihi havza faaliyetleriyle ilişkilendirmek için kronolojik bir endeks oluşturmaktadır. Günümüzde yüzeysel sediment çökeltilerinde, bu tür kirlenmeler son birkaç on yılda çarpıcı bir şekilde azalmıştır. Ancak bu konsantrasyonların tarihsel bir bağlamda nasıl değiştiğini ve insan faaliyetlerinin bu değişikliklere ne katkıda bulunabileceğini anlamamız hayati önem taşımaktadır. Organik bileşiklerin aksine bu ağır metaller, daha uzun bir süre boyunca dönüştürme yapmazlar, ancak asılı maddeye absorbe olma eğilimindedirler. Kirlilik girdilerinin zamansal olarak yeniden yapılandırılması yalnızca çevresel izleme için değil aynı zamanda kirlilik kontrolünün değerlendirilmesi için de önemli bir araçtır [40].

Santschi ve diğ. ve Smith, J.N. çalışmalarında; ^{210}Pb ~ 120 yılda sediment birikimi oranını belirlemek için yaygın bir şekilde kullanıldığını, Krishnaswamy ve diğerleri, ve Robbins, J.A., Çökeltme merkezlerinde $^{239,240}\text{Pu}$ ve ^{137}Cs 'nin, ^{210}Pb 'nin üstünde birikmesine bağlı dikey dağılımı sediment birikim hızlarından sediment karışım oranını belirlemek için kullanıldığını ifade etmişlerdir. Buffoni ve diğerleri; Su ve Huh çalışmalarında; ^{210}Pb 'yi kullanarak dinamik nehir sedimentlerinde güvenilir jeokronoloji oluşturmak, fiziksel ve biyolojik süreçler yoluyla partiküllerin depolanma sonrası karıştırılması nedeniyle çok karmaşık olduğunu, bundan dolayı, $^{239,240}\text{Pu}$, mükemmel partikül reaktif doğası nedeniyle ^{137}C 'lerle birlikte kullanıldığını ve su ve deniz çökeltilerinde etkili bir şekilde korunduğunu ifade etmişlerdir [41-42, 66-68].

Akarsularda ağır metal birikmesine dair yapılan araştırmalar göstermektedir ki, sedimentlerde farklı çevresel faktörlerle biriken ve taşınan ağır metallerin belirli oranların

üzerine çıkması çevreye ciddi zararlar vermesinin yanında, canlı hayatı üzerinde de olumsuz etkileri mevcuttur.

Marengo ve ark.; Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak artmakta olduğunu ve sediment kimyasına bağlı olarak ağır metal reaksiyonları, kirleticilerin toksisitesi ve kimyasal formu, hareketliliği, çözünürlüğünden etkilendiğini belirlemişlerdir [44].

Tessier ve Campbell; ağır metallerin sedimentlerde sürekli olarak sabit olmadığını, fakat bu ağır metallerin sedimentten su kolonuna fiziksel ve biyolojik proseslerle geri dönebilmekte olduğunu ifade etmişlerdir [45].

Wase ve Forster, ağır metal oranlarındaki artışın ilk olarak ortaya çıkışının 1760 ve 1830 yılları arasında gerçekleşen sanayi devrimi sırasında olduğunu ve bu dönemde; kadmiyum, Cr, Co, Cu, Pb, Hg, Ni, Ag, Sn, Zn metallerinin yanı sıra lantanitler, aktinitler grubuna ait birçok metalin çevreye salındığını ifade etmişlerdir [17].

Samecka-Cymerman ve Kempers, Batı Polonya'daki göllerden alınan dip sedimentlerinde ve bitkilerde ağır metal (Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, V, Zn) ve makronütrient (N, P, K, Ca, Mg, S) konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre suda SO_4^{2-} , Cd, Co, Ni, Zn, Pb ve Cu kirliliklerinin olduğu tespit edilmiş ve suda belirlenen konsantrasyonların Hollanda hükümeti tarafından kabul edilen kirlenmemiş yüzey sulardaki kirletici elementlerin konsantrasyonlarını aştığını ifade etmişlerdir [46].

Dündar ve ark., 17 Ağustos 1999 Marmara depremi öncesi ve sonrası Sapanca Gölü'ne akan dereler üzerinde yaptıkları bir çalışmada, İstanbul, Mahmudiye, Kuruçay ve Çark derelerinden alınan su örneklerinde Pb, Cd, Cu, Zn ve Fe düzeylerini tespit etmişlerdir. İstanbul, Mahmudiye ve Kuruçay derelerindeki Pb ve Cd birikiminin deprem sonrasında arttığı, Cu bakımından standartlara uyduğu, Zn ve Fe bakımından deprem öncesi göle kirlilik taşıdığı gözlenirken deprem sonrası bu değerlerin düştüğünü ifade etmişler ve gölün tek deşarj noktası olan Çark deresinde ise Cd dışındaki metal kirliliğinin standartların altında kaldığını gözlemlemişlerdir [47].

Altaş ve Büyükgüngör, Kızılırmak ve Yeşilirmak, Karadeniz Bölgesinin en önemli iki akarsuyudur ve Orta Karadeniz Bölgesinde küçüklü büyüklü çok sayıda endüstrinin

(gıda, çimento, gübre, pestisit, plastik, tekstil, sigara üreticileri) çevresel kirlilik yüklerini Karadeniz'e taşımakta olduğunu belirtmişlerdir. Bu fabrikaların pek çoğu arıtma tesisine sahip olmadığı gibi yerel kirlilik problemleri oluşturma potansiyeline sahip olduğunu belirterek, Orta Karadeniz kıyı şeridinde yer alan nehirlerden elde edilen su ve sediment ağır metal kirlilik seviyelerini belirlemeye çalıştıklarını ifade etmişlerdir. Su ve sediment örneklerinde Pb ve Ni elementlerinin konsantrasyonlarının standart/kriterlerden yüksek bulunduğunu ve seçtikleri örnekleme istasyonlarının çevre yolu üzerinde yer alması, kontrolsüz evsel ve endüstriyel deşarjlar nedeniyle bu tür ağır metallerin yüksek çıkması beklenen bir sonuç olduğunu tespit etmişlerdir [48].

Diaz ve Rosenberg, Subida ve ark., ağır metallerin sediment kısa süre kalabildiğini ve suyun fiziko-kimyasal özelliklerine bağlı olarak mevsimsel olarak değişiklik göstermekte olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca uygun ışık kullanılabilirliği ile besin maddelerinin aşırı yüklenmesi sonucunda, birincil üreticilerin hızlı bir şekilde büyümesine ve bozulmasına neden olduğunu ve sedimentte birikerek organik maddeye dönüşerek fazladan biyokütlenin birikmesine yol açabileceğini de belirtmişlerdir [19].

Foy ve ark.; Endüstriyel işlem ve ürünlerde ağır metal kullanımı son yıllarda hızla artmakta olduğunu ve buna bağlı olarak sucul ortamda yaşayan hayvansal ve bitkisel canlılar üzerinde birçok olumsuzluğa sebep olduğunu ifade etmişlerdir [17].

Theofanis ve ark., ağır metallerin küçük bir kısmının, üstündeki su kütlesine tekrar girerek sudaki biota tarafından alınabilmekte olduğunu ve nehirlerin, nehrin dibinde biriken ve sudaki besin zincirinde biyomagnifikasyon işlemi ile çeşitli noktalardan ve dağınık kaynaklardan hem taşıyıcı hem de potansiyel metal birikimi kaynağı olarak hareket ederek sedimentte depolanmakta olduğunu ifade etmişlerdir [19].

Baş, ağır metallerin çok çeşitli kaynaklardan ortaya çıkabilmeleri, yaygın kirlenme nedeni oluşturmaları, çevre koşullarına dayanıklı olmaları, kolaylıkla besin zincirine girerek canlılarda artan yoğunluklarda birikebilmeleri nedeniyle diğer kirleticiler arasında ayrıca bir önem taşımakta olduğunu ifade etmişlerdir [17].

Li ve ark., ağır metaller, çevresel açıdan büyük bir öneme sahip olmakla ve toksik etkileri nedeniyle dikkatli bir şekilde izlenmeleri, kirlenmiş sedimentlerde kirlilik seviyelerinin belirlenmesi ve tahminin yapılması oldukça önemli olduğunu ifade etmektedirler [19].

Egemen Ö., yaptığı deneysel çalışmalar sonucunda, organizmalardaki ağır metal konsantrasyonlarının bölgeden bölgeye değişim gösterdiğini ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmada; ağır metal konsantrasyonlarının kıyı bölgelerde ve kapalı denizlerde, açık denizlerden daha fazla olduğunu ortaya koymuştur. Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, Ni, Cr ve As gibi elementler belli derişimlerin üzerinde toksik etki yapmaktadırlar ve bir organizmadan diğerine geçişte derişimleri artabilmektedir. Ağır metal birikim düzeyinin; yaş habitat ve beslenme davranışına bağlı olduğu belirtilmektedir. Bazı metaller, canlı yaşamı için gerekli olsada; Hg, Pb, Cd, Cu, Cr, Zn ve Ni gibi metaller, sucul ortamlarda yüksek konsantrasyonlarda toksik etki yaratabileceği vurgulanmıştır [49].

Dauvalter ve Rognerud, Kuzey İskandinavdaki Pasvik nehri (Finlandiya, Rusya ve Norveç ülkelerini kapsayan büyük nehir sistemi) sedimentlerindeki ağır metal kirliliğini araştıran bu çalışmada; 27 istasyondan sediment örneği almışlardır. Ni, Cu, Co, Zn, Cd, Pb ve Hg'nin miktarlarındaki yüksekliğin, bölgedeki maden atık sahalarından sızan ve biriken atık sulardan kaynaklandığı bildirilmiştir. Kirlilik açısından risk değerlendirmesi ve Hakanson risk indeksine göre; bu metallerin değerleri alt nehir yatağında yüksek, üst ve orta nehir yatağında düşük ve orta düzeyde olduğunu tespit etmişlerdir [50].

Akyüz ve ark., Saroz Körfezi yüzey sedimentlerindeki toksik ve iz element analizlerini denetleyen çalışmalarında; Rb ve Sr ($r = 0.64$), Fe_2O_3 ve MnO ($r = 0.59$), Th ve La ($r = 0.71$), Th ve Ce ($r = 0.64$), Th ve Sm ($r = 0.60$) toksik ve iz elementlerini oranları ile birlikte belirlemişlerdir [51].

Kankılıç, G.B., Mayıs 2013-Şubat 2014 tarihleri arasında Kızılırmak Nehri'nin Kırıkkale il sınırları içerisinde kalan kısmında belirlenen altı istasyondan aldıkları sediment örneklerinde ağır metal kirlilik düzeyleri incelemiştir. Araştırmacı, Al, Fe, As, Cr, Ni, Pb, Zn, Cd, Hg elementlerinin konsantrasyonlarını ICP-OES cihazı kullanarak belirlemiştir [52].

Özby vd., Mersin ili sınırlarında bulunan Berdan Çay'ında mevsimsel olarak alınan sediment örneklerindeki Cd, Cr, Mn, Ni, Zn, Cu, Pb, Fe, Al ağır metallerin birikimleri incelemiştir. Çalışmalarından elde ettikleri sonuçlara göre, ağır metal değişimleri $Fe > Al > Mn > Ni > Cr > Zn > Cu > Pb > Cd$ olarak sıralama göstermiştir [53].

Sönmez vd., Karasu Nehri'nde belirlenen 5 örnekleme noktasından alınan su örneklerinde Cu, Zn, Mn, Pb, Ni, Cd ve Fe ağır metal miktarları incelenmiştir. Elde edilen veriler

doğrultusunda yapılan değerlendirmede nehrin yoğun kirlilik unsurları ile karşı karşıya olduğu ve durumun devamı halinde ekolojik dengenin olumsuz yönde etkileneceği belirlenmiştir [54].

Topal, M., ve Topal, E.I.A., içme ve sulama suyu olarak kullanılan Keban Baraj Gölü'nde arsenik konsantrasyonları belirlenmiş ve "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik" (İTASHY)'de belirtilen sınır değerle karşılaştırmışlardır [55].

Üçüncü T., E., çalışmasında, Beyşehir Gölü üzerindeki istasyonlarda su ve sedimentteki ağır metal kirliliğinin belirlenmesi ve sedimentteki antropojenik etkinin oluşturduğu kirliliği değerlendirmiştir [56].

Akyıldız, M. ve Karataş, M. Adana ili çevresinde, Topraklarda Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması amacıyla, bölgeden 52 adet örnek alarak, alınan örnekler üzerinde atomik absorpsiyon spektrometre cihazı ile Fe, As, Al, Mn, Zn, Cu, Hg, Ni, Cr, Pb, Co, Cd, elementlerine ait ağır metal analizleri gerçekleştirmişlerdir [57].

Wang ve diğ., Kızılırmak Nehir tabanından elde ettiği bozulmamış sediment çekirdeği için Cu, Pb, Zn, Ag, Ni, Co, Mn, As, Cd, Sb, V, Cr, Hg ve Se ağır metallerinin zamansal değişimlerini radyonuklid analiz gerçekleştirerek incelemişlerdir [58].

Bilhan Ö. ve İlalan F., Nevşehir ili sınırlarından geçen Kızılırmak Nehrinin Gülşehir, Avanos ve Sarıhıdır hattında, nehri tehdit eden kirleticilerden Arsenik (As) ağır metalinin, multisampler (bozulmamış sediment örnekleyici) cihazı yardımıyla alınan sediment örneklerindeki mevcudiyetini incelemişlerdir [59].

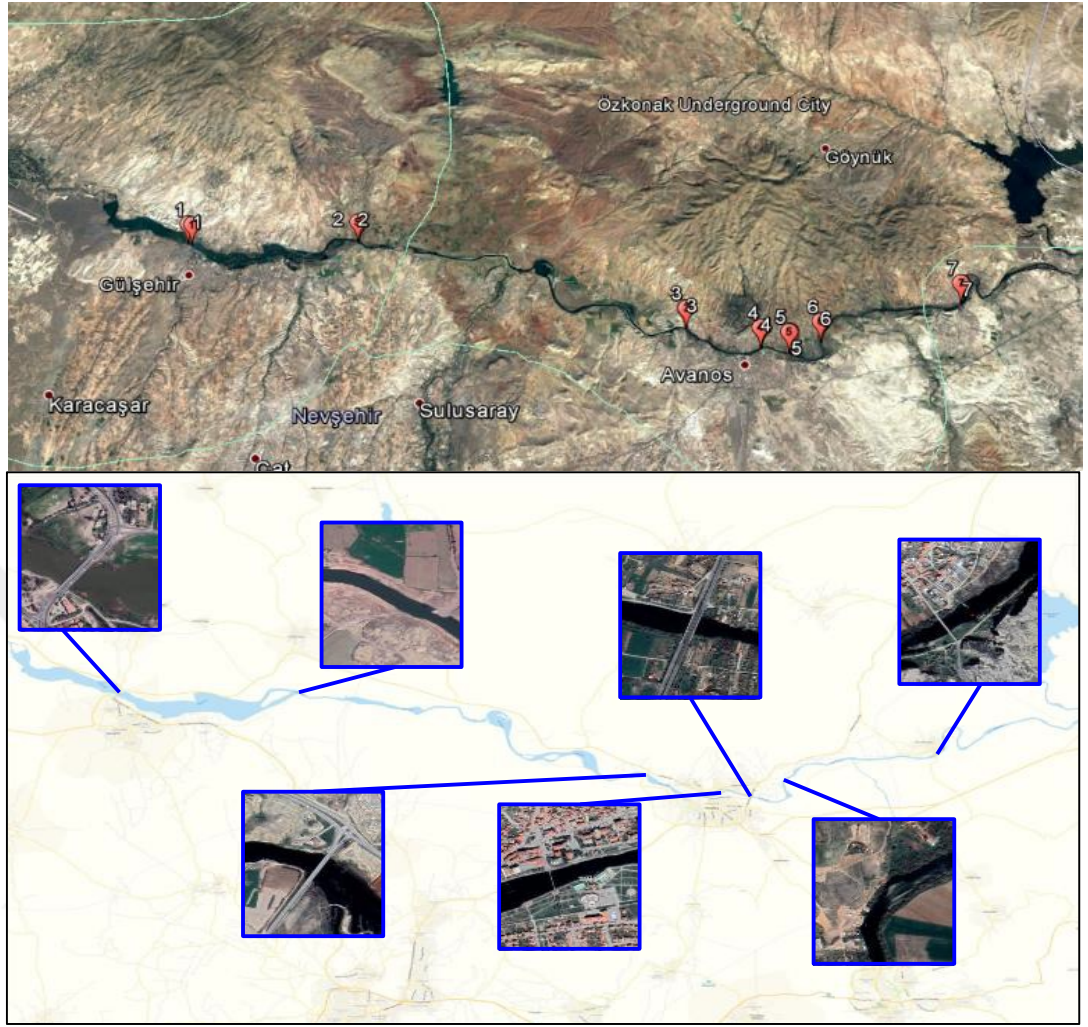
2.BÖLÜM

MATERYAL VE METOT

2.1. Saha Çalışmaları

Bu çalışma kapsamında, Kızılırmak Nehri'nde Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi NEUBAP14F4 numaralı bilimsel araştırma projesi kapsamında 2014 yılı Haziran ayı içerisinde arazi yapısı, sediment örneklerinin toplanabilirliği göz önünde bulundurularak saha çalışmaları Orta Kızılırmak Havzası, Nevşehir ili Gülşehir İlçesi ile Sarıhıdır Köyü arasındaki hat boyunca belirlenen 7 ayrı örnekleme noktasından (Şekil 2.1.) toplanan sediment numuneleri ile, bu koordinatlarda, Eijkelkamp Multisampler Bozulmamış Sediment Örnekleyici cihazı kullanılarak toplam 14 adet nehir tabanından alınan sediment karot numunelerinin değerlendirilmesi yapılmıştır [26]. 7 ayrı örnekleme noktasının koordinatları Tablo 2.1' de gösterilmiştir.

Kızılırmak Havzasının net toplam su potansiyeli yaklaşık 6.544 milyar m³/yıl'dır. Havzanın çoğu bölgesi tarım alanları ve ormanlarla kaplıdır veya yarı doğal alanlardır. Tarımsal alanlar, ormanlık alanlar, yarı doğal alanlar, sulak alanlar, su yüzeyi ve havzanın yapay alanları sırasıyla % 54.68, % 42.74, % 0.34, % 0.94 ve % 1.3'tür. Kuzey ve Orta Kızılırmak Havzası alanlarının, nüfus yoğunluğuna sahip olması ve evsel atıkların yanı sıra sanayilerin çoğundan çıkan atıklar nehre boşaltıldığından dolayı, oldukça fazla kirletici yük aldığı belirlenmiştir. Yüksek kapasiteli barajların varlığı ve işletilmesi, bölgenin nüfus yoğunluğu Türkiye nüfus yoğunluk ortalamasının üzerinde olduğundan, nehrin doğal yapısında bozulmalar görülmektedir [26].



Şekil 2.1. Kızılırmak Nehri Üzerinde Saha Çalışmalarının Gerçekleştirildiği Örnekleme Noktaları

Tablo2.1.Saha Çalışmalarının Yürütüldüğü Örnekleme Noktalarına Ait Koordinatlar [26]

Örnekleme Noktası	Koordinat
1	38° 45.388961'N – 34° 37.077961'E
2	38° 45.439403'N – 34° 41.194519'E
3	38° 43.482521'N – 34° 49.182266'E
4	38° 43.054462'N – 34° 50.917370'E
5	38° 42.974312'N – 34° 51.588608'E
6	38° 43.391777'N – 34° 52.354301'E
7	38° 44.058067'N – 34° 55.854469'E

Bu çalışma kapsamında kullanılan verilere ait saha çalışmaları Orta Kızılırmak Havzasında yer alan Nevşehir İli sınırları içerisinde tamamlanmıştır. Orta Anadolu’da yer alan Nevşehir ili, yaklaşık 38-39° kuzey enlemi ve 34-35° doğu boylamı arasındadır. Konum olarak, Türkiye’nin neredeyse tam ortasında yer alır. Kentin Alanı 5467 km²’dir. Orta Anadolu’da yaygın bir toprak türü olan kahverengi topraklar Nevşehir de geniş bir yelpazeyi kaplar. Erciyes volkanik alanı yine bu bölgenin sınırlarına yakın konumlanmıştır [26]. Saha çalışmalarının gerçekleştirildiği bölgeye ait jeoloji haritası Şekil 2.2.’de sunulmuştur.



Şekil 2.2. Saha Çalışmalarının Gerçekleştirildiği Bölgenin Jeolojik Haritası [64]

2.2. Saha Çalışmalarında Kullanılan Cihazlar

Kızılırmak Nehri üzerinde sediment numunesi alınacak koordinatlarda, debi ölçümleri ve nehrin taban topoğrafyasının çıkarılması amacıyla RiverRay ADCP – Stream Pro ADCP – Hemisphere A325 DGPS cihazı kullanılmıştır. Ayrıca cihaz üzerinde yer alan GPS yardımıyla koordinat tespiti gerçekleştirilmiştir (Resim 2.1.) [26].



Resim 2.1. Riverray Adcp – Stream Pro Adcp – Hemisphere A325 Dgps Cihazı [26]



Resim 2.2. Eijkelkamp Multisampler Bozulmamış Sediment Örnekleyici [26]

Sediment numuneleri “Eijkelkamp Multisampler Bozulmamış Sediment Örnekleyici” ile alınarak laboratuvarda analize hazır hale getirilmiştir (Resim2.2.). Tespit edilen koordinatlardan alınan akış profilleri, ölçüm görüntüleri, hidrolik ve hidrolojik karakteristikler aşağıda sunulmuştur [26].

2.2.1. 1. Lokasyona Ait Veriler

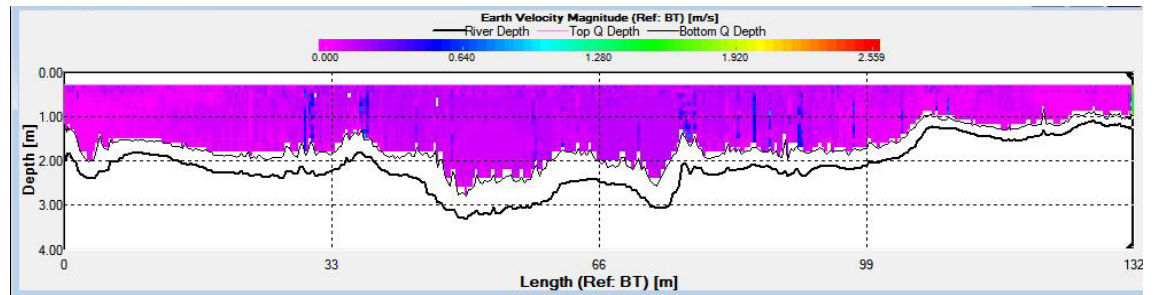
1. örnekleme noktasında yapılan saha çalışmalarında (Resim 2.3.) yapılan ölçüm sonuçları Tablo 2.2.' de gösterilmiştir. Ayrıca aynı veriler üzerinden örnekleme noktasına ait akış profil görüntüsü (Şekil 2.3.) ve akış ölçüm görüntüsü (Şekil 2.4.)' de verilmiştir.



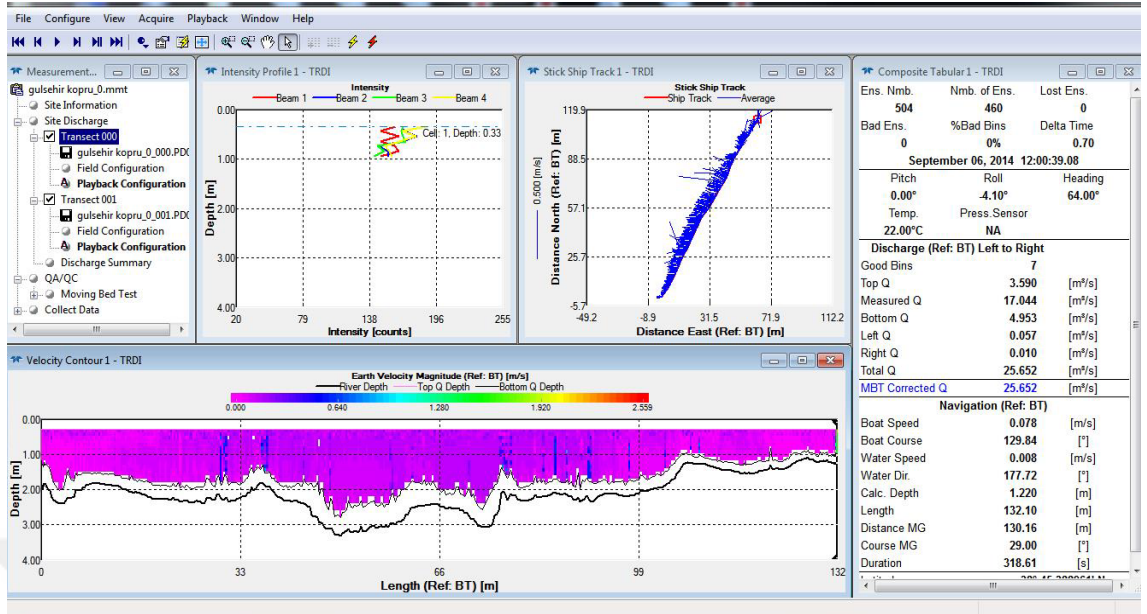
Resim 2.3. 1. Lokasyonda Yürütülen Saha Çalışmaları [26]

Tablo 2.2. 1. Lokasyonda Riverray ADCP – Stream Pro ADCP – Hemisphere A325 DGPS Cihazı İle Yapılan Ölçümler Sonucunda Alınan Hidrolik ve Hidrolojik Veriler [26]

ÖLÇÜM NOKTASI	ORTALAMA SU HIZI (m/s)	MAKSİMUM SU HIZI (m/s)	ORTALAMA DERİNLİK (m)	MAKSİMUM DERİNLİK (m)	DEBİ (m ³ /s)	SICAKLIK (C°)	GENİŞLİK (m)	ALAN (m ²)
1	0,088	2,56	2,11	3,30	25,0	21,4	134,4	284,2



Şekil 2.3. 1. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Profili Görüntüsü [26]



Şekil 2.4. 1. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Ölçüm Görüntüsü [26]

2.2.2. 2. Lokasyona Ait Veriler

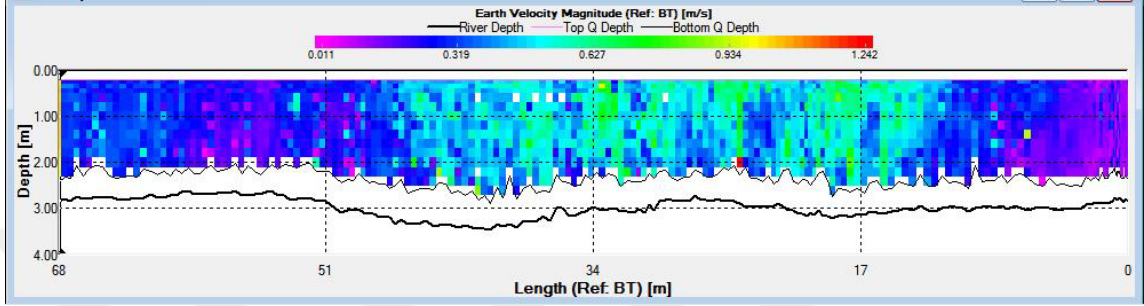
2. örnekleme noktasında yapılan saha çalışmalarında (Resim 2.4.) yapılan ölçüm sonuçları Tablo 2.3.' de gösterilmiştir. Ayrıca aynı veriler üzerinden örnekleme noktasına ait akış profil görüntüsü (Şekil 2.5.) ve akış ölçüm görüntüsü (Şekil 2.6.)' da verilmiştir.



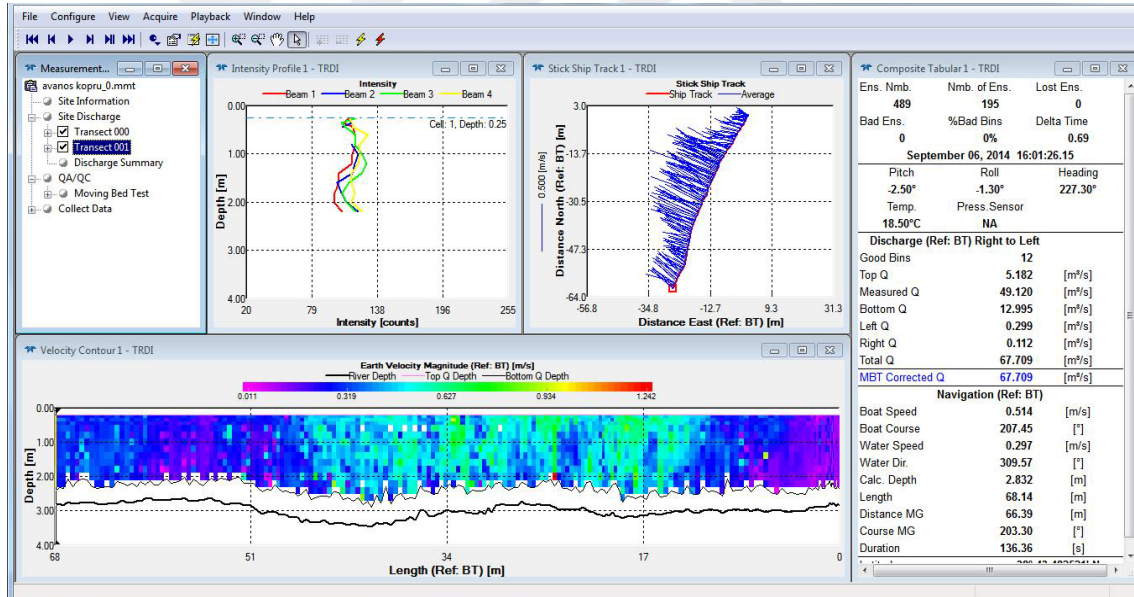
Resim 2.4. 2. Lokasyonda Yürütülen Saha Çalışmaları [26]

Tablo 2.3. 2. Lokasyonda Riverray ADCP – Stream Pro ADCP – Hemisphere A325 DGPS Cihazı İle Yapılan Ölçümler Sonucunda Alınan Hidrolik ve Hidrolojik Veriler [26]

ÖLÇÜM NOKTASI	ORTALAMA SU HIZI (m/s)	MAKSİMUM SU HIZI (m/s)	ORTALAMA DERİNLİK (m)	MAKSİMUM DERİNLİK (m)	DEBİ (m ³ /s)	SICAKLIK (C°)	GENİŞLİK (m)	ALAN (m ²)
2	0,322	1,24	2,92	3,46	66,4	18,8	71,0	207,0



Şekil 2.5. 2. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Profili Görüntüsü[26]



Şekil 2.6. 2. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Ölçüm Görüntüsü [26]

2.2.3. 3. Lokasyona Ait Veriler

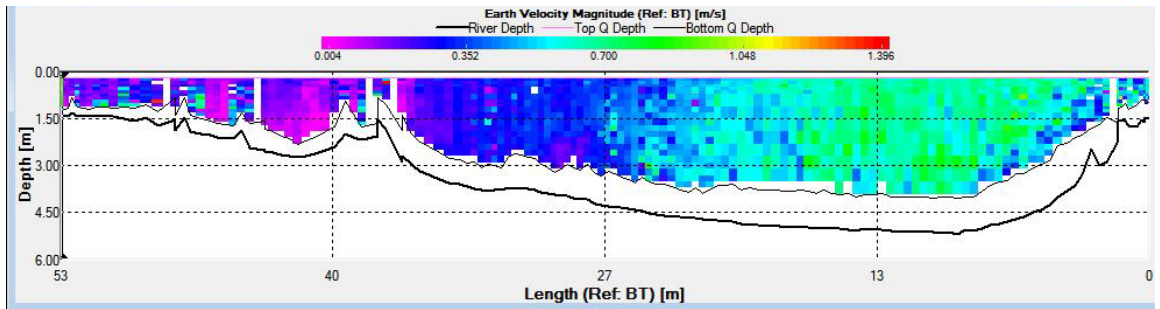
3. örnekleme noktasında yapılan saha çalışmalarında (Resim 2.5.) yapılan ölçüm sonuçları Tablo 2.4.' de gösterilmiştir. Ayrıca aynı veriler üzerinden örnekleme noktasına ait akış profil görüntüsü (Şekil 2.7.) ve akış ölçüm görüntüsü (Şekil 2.8.)' de verilmiştir.



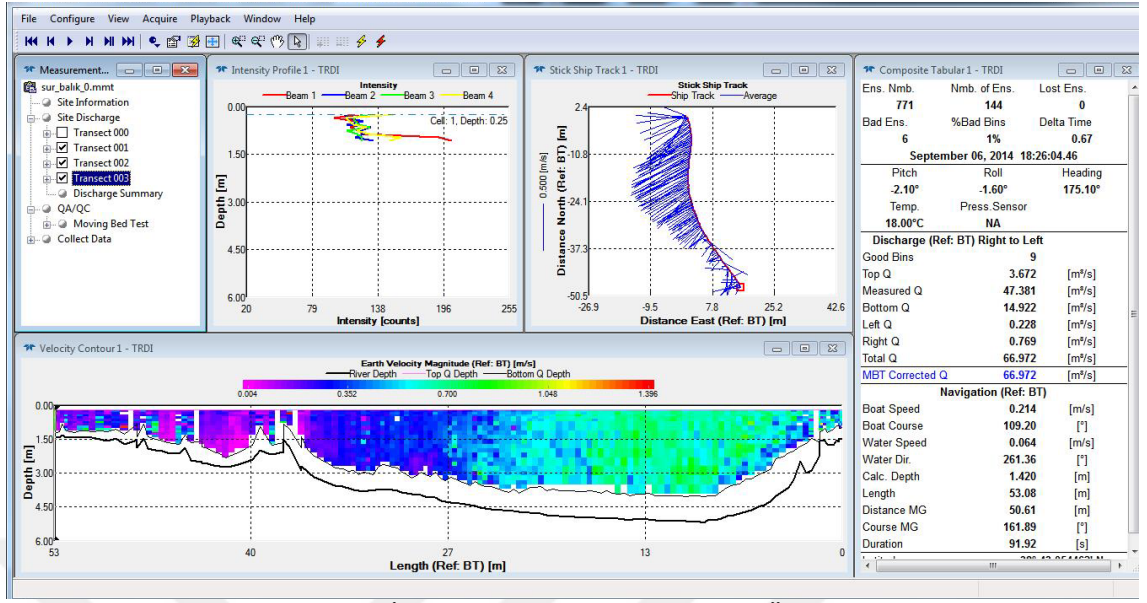
Resim 2.5. 3. Lokasyonda Yürütülen Saha Çalışmaları [26]

Tablo 2.4. 3. Lokasyonda Riverray ADCP – Stream Pro ADCP – Hemisphere A325 DGPS Cihazı İle Yapılan Ölçümler Sonucunda Alınan Hidrolik ve Hidrolojik Veriler [26]

ÖLÇÜM NOKTASI	ORTALAMA SU HIZI (m/s)	MAKSİMUM SU HIZI (m/s)	ORTALAMA DERİNLİK (m)	MAKSİMUM DERİNLİK (m)	DEBİ (m ³ /s)	SICAKLIK (C°)	GENİŞLİK (m)	ALAN (m ²)
3	0,373	1,57	3,35	5,16	68,1	18,4	54,6	182,7



Şekil 2.7. 3. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Profili Görüntüsü[26]



Şekil 2.8. 3. Lokasyon İçin Kızıllırmak Nehri'ne Ait Ölçüm Görüntüsü [26]

2.2.4. 4. Lokasyona Ait Veriler

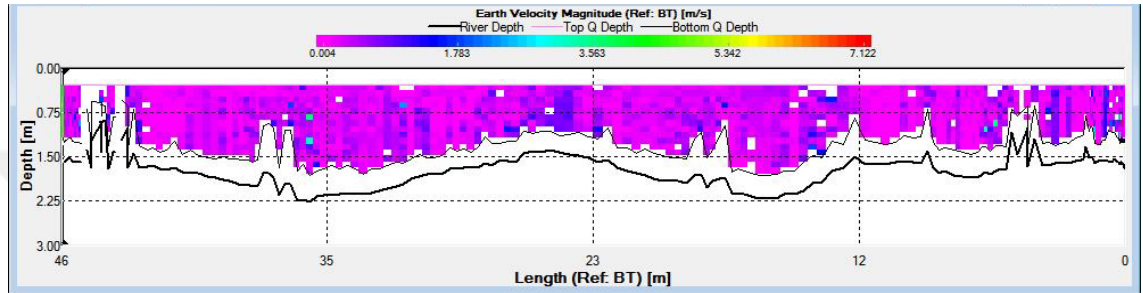
4. örnekleme noktasında yapılan saha çalışmalarında (Resim 2.6.) yapılan ölçüm sonuçları Tablo 2.5.' de gösterilmiştir. Ayrıca aynı veriler üzerinden örnekleme noktasına ait akış profil görüntüsü (Şekil 2.9.) ve akış ölçüm görüntüsü (Şekil 2.10.)' da verilmiştir.



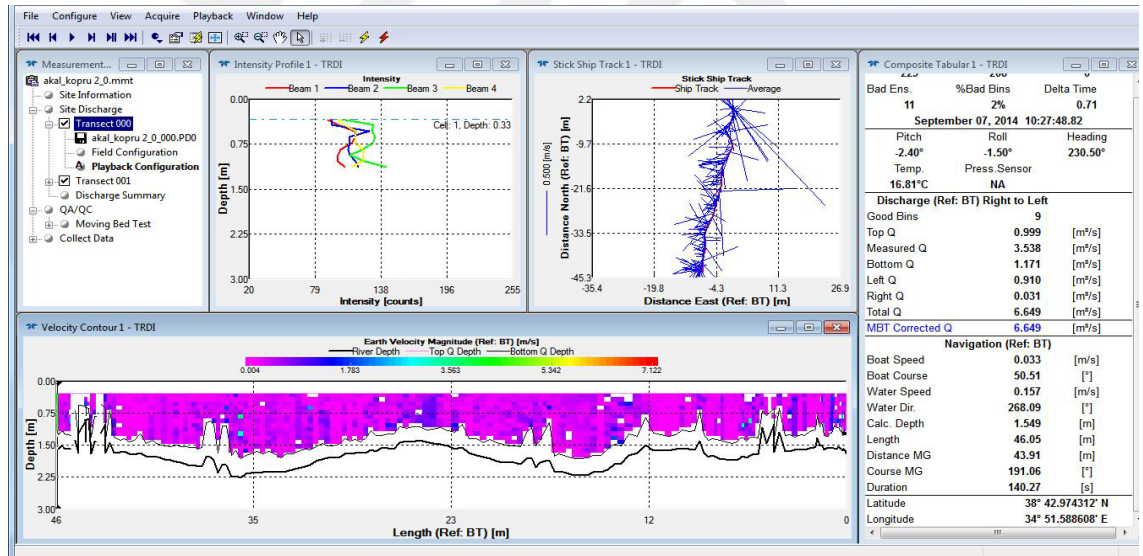
Resim 2.6. 4. Lokasyonda Yürütülen Saha Çalışmaları [26]

Tablo 2.5. 4. Lokasyonda Riverray ADCP – Stream Pro ADCP – Hemisphere A325 DGPS Cihazı İle Yapılan Ölçümler Sonucunda Alınan Hidrolik ve Hidrolojik Veriler [26]

ÖLÇÜM NOKTASI	ORTALAMA SU HIZI (m/s)	MAKSİMUM SU HIZI (m/s)	ORTALMA DERİNLİK (m)	MAKSİMUM DERİNLİK (m)	DEBİ (m ³ /s)	SICAKLIK (C°)	GENİŞLİK (m)	ALAN (m ²)
4	0,075	8,44	1,50	2,25	6,75	16,8	60,6	90,7



Şekil 2.9. 4. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Profili Görüntüsü[26]



Şekil 2.10. 4. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Ölçüm Görüntüsü [26]

2.2.5. 5. Lokasyona Ait Veriler

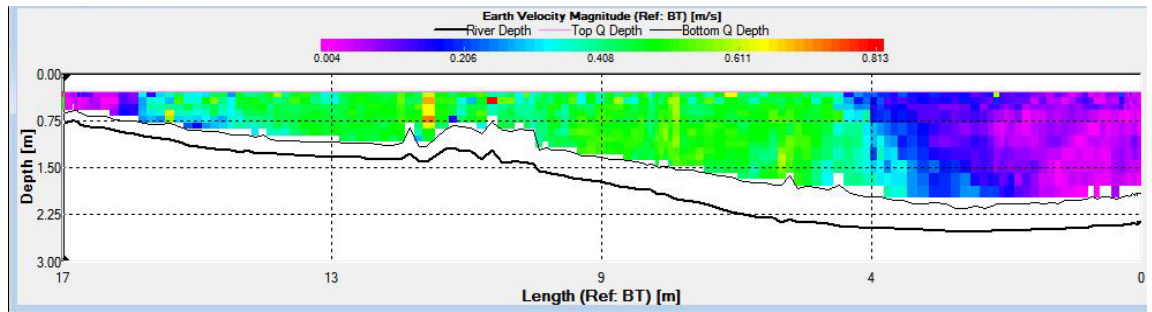
5. örnekleme noktasında yapılan saha çalışmalarında (Resim 2.7.) yapılan ölçüm sonuçları Tablo 2.6.' de gösterilmiştir. Ayrıca aynı veriler üzerinden örnekleme noktasına ait akış profil görüntüsü (Şekil 2.11.) ve akış ölçüm görüntüsü (Şekil 2.12.)' da verilmiştir.



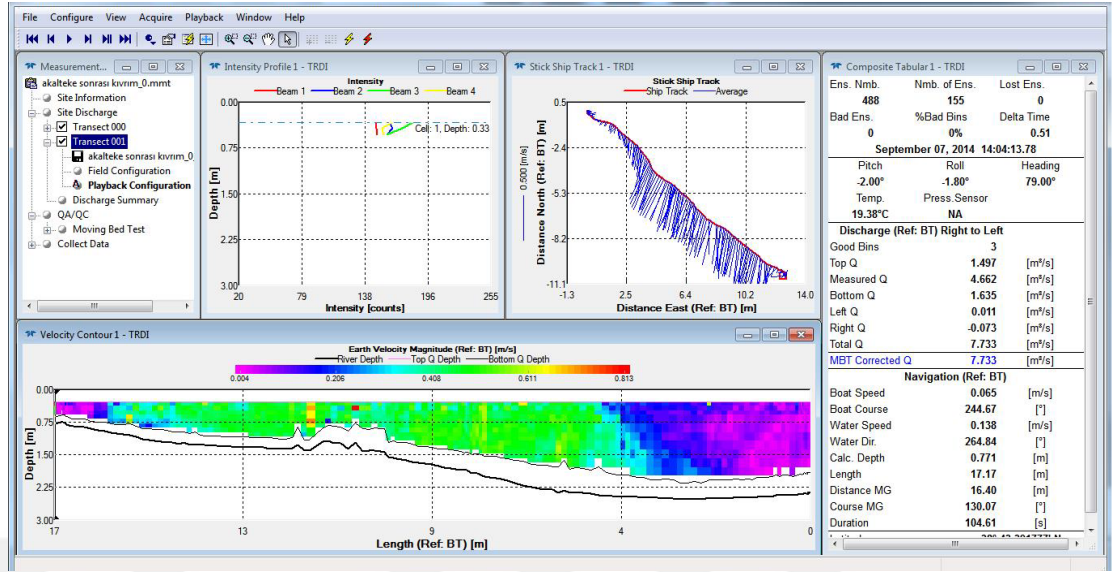
Resim 2.7. 5. Lokasyonda Yürütülen Saha Çalışmaları [26]

Tablo 2.6. 5. Lokasyonda RiverRay ADCP – Stream Pro ADCP – Hemisphere A325 DGPS cihazı ile yapılan ölçümler sonucunda alınan hidrolik ve hidrolojik veriler [26]

ÖLÇÜM NOKTASI	ORTALAMA SU HIZI (m/s)	MAKSİMUM SU HIZI (m/s)	ORTALMA DERİNLİK (m)	MAKSİMUM DERİNLİK (m)	DEBİ (m ³ /s)	SICAKLIK (C°)	GENİŞLİK (m)	ALAN (m ²)
5	0,236	0,904	1,56	2,53	7,94	19,7	21,6	33,7



Şekil 2.11. 5. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Profili Görüntüsü[26]



Şekil 2.12. 5. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Ölçüm Görüntüsü [26]

2.2.6. 6. Lokasyona Ait Veriler

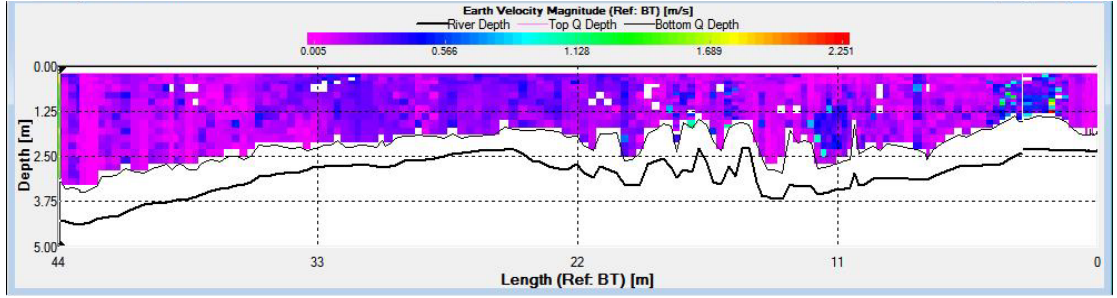
6. örnekleme noktasında yapılan saha çalışmalarında (Resim 2.8.) yapılan ölçüm sonuçları Tablo 2.7.' de gösterilmiştir. Ayrıca aynı veriler üzerinden örnekleme noktasına ait akış profil görüntüsü (Şekil 2.13.) ve akış ölçüm görüntüsü (Şekil 2.14.)' de verilmiştir.



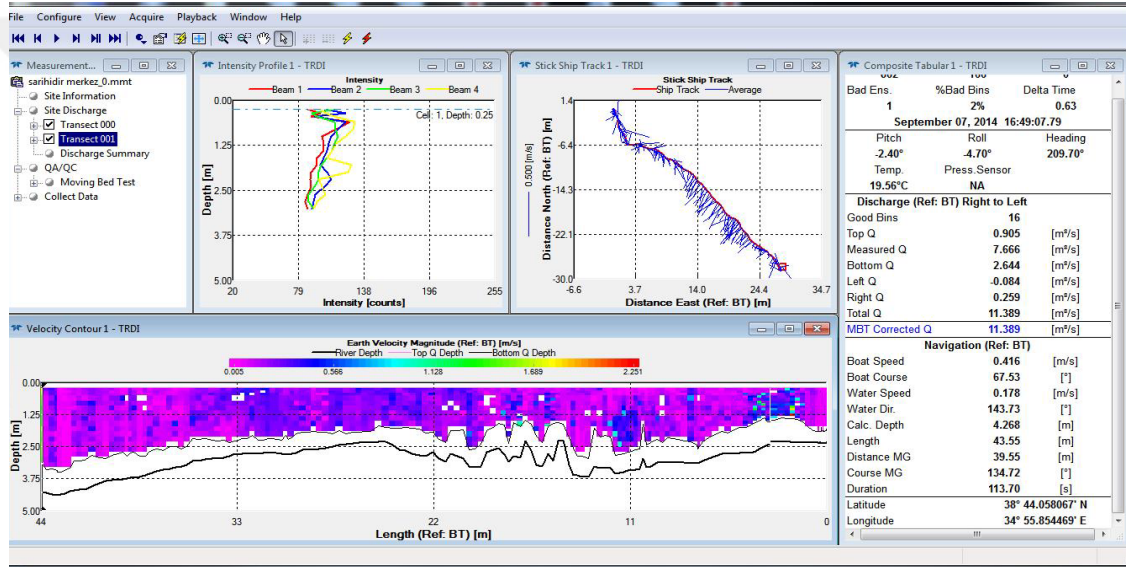
Resim 2.8. 6. Lokasyonda Yürütülen Saha Çalışmaları [26]

Tablo 2.7. 6. Lokasyonda Riverray ADCP – Stream Pro ADCP – Hemisphere A325 DGPS Cihazı İle Yapılan Ölçümler Sonucunda Alınan Hidrolik ve Hidrolojik Veriler [26]

ÖLÇÜM NOKTASI	ORTALAMA SU HIZI (m/s)	MAKSİMUM SU HIZI (m/s)	ORTALAMA DERİNLİK (m)	MAKSİMUM DERİNLİK (m)	DEBİ (m ³ /s)	SICAKLIK (C°)	GENİŞLİK (m)	ALAN (m ²)
6	0,082	6,44	2,56	4,38	10,9	19,6	52,2	133,1



Şekil 2.13. 6. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Profili Görüntüsü[26]



Şekil 2.14. 6. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Ölçüm Görüntüsü [26]

2.2.7. 7. Lokasyona Ait Veriler

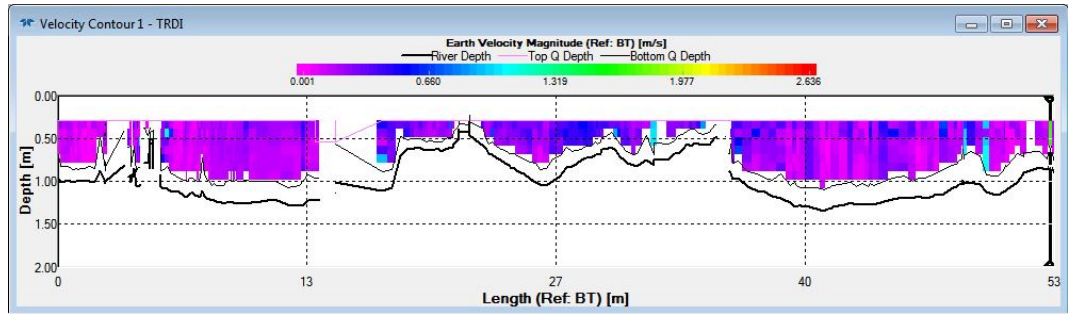
7. örnekleme noktasında yapılan saha çalışmalarında (Resim 2.9.) yapılan ölçüm sonuçları Tablo 2.8.' de gösterilmiştir. Ayrıca aynı veriler üzerinden örnekleme noktasına ait akış profil görüntüsü (Şekil 2.15.) ve akış ölçüm görüntüsü (Şekil 2.16.)' de verilmiştir.



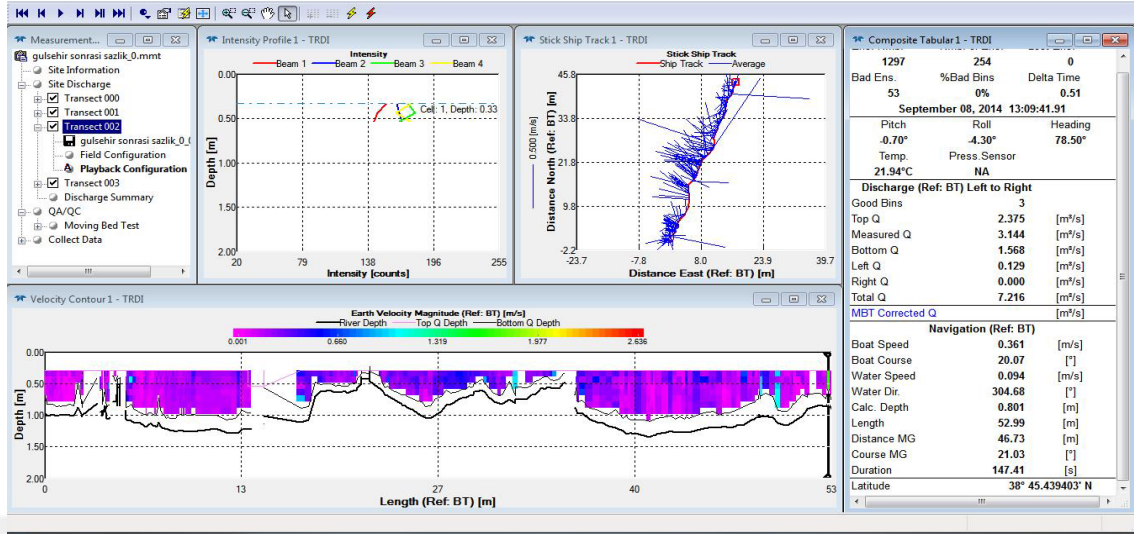
Resim 2.9. 7. Lokasyonda Yürütülen Saha Çalışmaları [26]

Tablo 2.8. 7. Lokasyonda Riverray ADCP – Stream Pro ADCP – Hemisphere A325 DGPS Cihazı İle Yapılan Ölçümler Sonucunda Alınan Hidrolik ve Hidrolojik Veriler [26]

ÖLÇÜM NOKTASI	ORTALAMA SU HIZI (m/s)	MAKSİMUM SU HIZI (m/s)	ORTALAMA DERİNLİK (m)	MAKSİMUM DERİNLİK (m)	DEBİ (m ³ /s)	SICAKLIK (C°)	GENİŞLİK (m)	ALAN (m ²)
7	0,138	2,64	0,842	1,34	7,45	21,9	64,6	54,1



Şekil 2.15. 7. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Profili Görüntüsü[26]



Şekil 2.16. 7. Lokasyon İçin Kızılırmak Nehri'ne Ait Akış Ölçüm Görüntüsü [26]

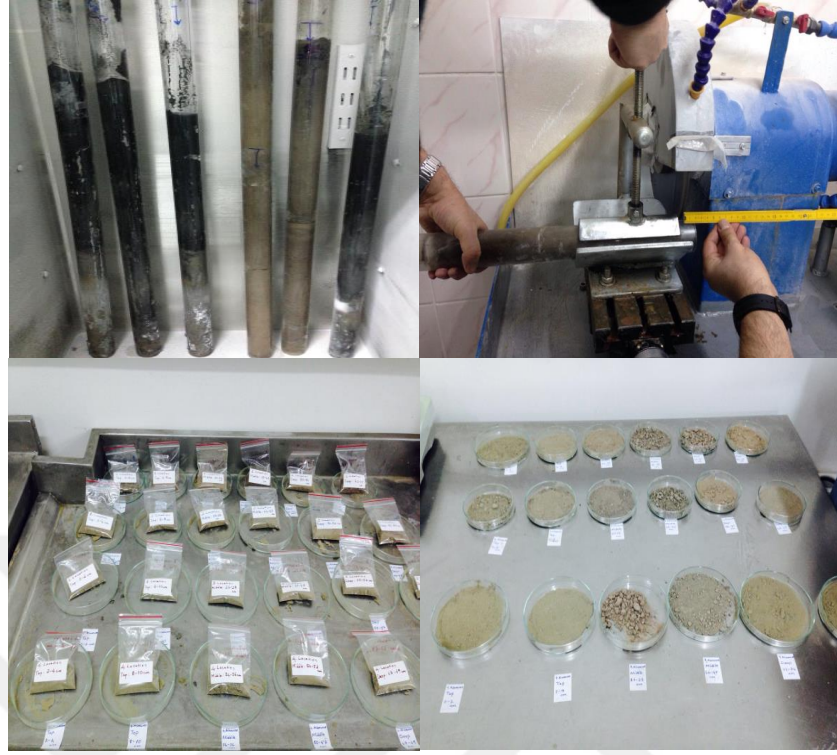
2.3. Sediment Numunelerinin Nehir Tabanından Alınması ve Analizlere Hazır Hale Getirilmesi

Bu çalışma kapsamında, sediment numuneleri 2014 yılı Haziran ayı içerisinde Orta Kızılırmak Havzası Nevşehir ili Gülşehir İlçesi ile Sarıhıdır Köyü arasındaki hat boyunca belirlenen 7 ayrı lokasyondan toplanmıştır. 7 çalışma sahasında, Eijkelkamp Multisampler Bozulmamış Sediment Örnekleyici cihazı kullanılarak toplam 14 adet bozulmamış sediment karot numunesi nehir tabanından alınmıştır.



Resim 2.10. Saha Çalışmalarında Kızılırmak Nehir Tabanından Sediment Karot Örneklerinin Alınması [26]

Tablo 2.1.'de verilen koordinatlara göre 1. Örnekleme noktasından çıkarılan sediment numunesinin boyu 74 cm olmak üzere, 2, 3, 4, 5, 6. ve 7. Örnekleme noktalarında sırasıyla 80, 54, 70, 52, 36 ve 78 cm'lik uzunlukta sediment numuneleri alınmıştır. Her bir lokasyondan ağır metal analizleri için 1 tanesi yedek olmak üzere, 2 adet örselenmemiş sediment karot numunesi alınmıştır. Saha çalışmaları sırasında, sediment numuneleri çıkarıldıktan sonra, kuru buz yardımıyla dondurulmuş ardından laboratuvara taşınarak analizlerin gerçekleştirilmesine kadar $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de dondurucuda muhafaza edilmiştir (Resim 2.10.)



Resim 2.11. Saha Çalışmalarında Sediment Örneklerinin Alınarak Laboratuvar ortamında Analize Hazır Hale Getirilmesi [26]

Laboratuvar ortamında muhafaza edilen donmuş haldeki sediment numuneleri ağır metal analizleri için seviyelendirme yapıldıktan sonra, laboratuvar ortamında kesilerek dilimlere ayrılmıştır. Dilimlere ayrılan sediment numuneleri etüvde 85°C kurutulmuştur. Elmas uçlu kesici ile seviyeler dikkate alınarak kesilen her bir numune isimlendirilip numaralandırılarak kayıt altına alınmıştır. 7 lokasyona ait her bir numune için tepe, orta ve dip (top, middle ve bottom) olarak belirlenen seviyelerden 2 şer numune alınıp etüvde kurutulduktan sonra ziplocked numune poşetlerine konularak ağır metal analizlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla Kanada merkezli Acme Analitik Laboratuvar Hizmetleri Limited Şirketi'ne gönderilmiştir (Resim 2.11.).

Bu çalışma kapsamında, Kızılırmak Nehri Gülşehir-Sarıhıdır hattı üzerinde, 7 örnekleme noktasında, nehir tabanından bozulmamış sediment örnekleri alınmıştır. Alınan örneklerde Manganez (Mn), Demir (Fe), Krom (Cr), Çinko (Zn), Kurşun (Pb), Bakır (Cu), Alüminyum (Al) ve Arsenik (As) metal konsantrasyonları belirlenerek, sediment ortamlarının Manganez (Mn), Demir (Fe), Krom (Cr), Çinko (Zn), Kurşun (Pb), Bakır (Cu), Alüminyum (Al), Arsenik (A kirliliği bakımından değerlendirilmiştir.

3. BÖLÜM

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında, elde edilen Manganez (Mn), Demir (Fe), Krom (Cr), Çinko (Zn), Kurşun (Pb), Bakır (Cu), Alüminyum (Al) ve Arsenik (As) ağır metal değerleri Tablo 3.1.'de sunulan skalalar ve sınır değerler ile birlikte değerlendirilmiştir. Tablo 3.1.'de PEL, Olası etki seviyesi, TEL:Sınır etki seviyesi [18], ERM: Etki aralığı ortancası, ERL: Etki aralığı alt sınırı [19], Ref: Endüstri öncesi referans değerler [20] olarak ifade edilmektedir.

Ağır metal analizleri ACME Analytical Laboratories Ltd. (Kanada) analitik kimya laboratuvarında ICP-ES cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. ICP-ES bir başka ifadeyle, indüksiyonla birleşmiş plazma atomik emisyon spektroskopisi (Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy/ICP-ES), kimyasal elementlerin tespiti için kullanılan analitik bir tekniktir. Bu teknik ile iz elementlerde alt analiz limitleri değerlendirildiğinde MDL (The Method Detection Limit) gözlenebilme sınırdeğeri sırasıyla Mn için 5 ppm, Fe için % 0,01, Cr için 2 ppm, Zn için 2 ppm, Pb için 5 ppm, Cu için 2 ppm, Al için % 0,01 ve As için 5 ppm olarak belirtilmiştir.

Tablo 3.1. Skalalar ve Sınır Değerler [60].

Sınır Değerler											
	Cu	Pb	Zn	Ni	Mn	Fe	As	Cd	Cr	Al	Hg
PEL	197	91	315	36			17	3.5	90		0.49
ERM	390	110	270	50			85	9	145		1.30
TEL	35	35	123	18			5.9	0.6	37.3		0.17
ERL	70	35	120	30			33	5	80		0.15
Ref.	45	20	95	68	850	47200.00	13	0.3	90	80000.00	0.40

Kontaminasyon Faktörü (C_f^i)							
$C_f^i < 1$ respectively to low	$1 \leq C_f^i < 3$ moderate		$3 \leq C_f^i < 6$ considerable		$C_f^i \geq 6$ very high		
Kontaminasyon Derecesi (C_d)							
$C_d \leq 8$ low	$8 \leq C_d \leq 16$ moderate		$16 \leq C_d \leq 32$ considerable		$C_d \geq 32$ very high		
Modifiye Kontaminasyon Derecesi (mC_d)							
$mC_d < 1.5$	$1.5 \leq mC_d < 2$	$2 \leq mC_d < 4$	$4 \leq mC_d < 8$	$8 \leq mC_d < 16$	$16 \leq mC_d < 32$	$mC_d \geq 32$	
nil to very low	low	moderate	high	very high	extremely high	ultra high	
Zenginleştirme Faktörü (EF)							
$EF < 2$ minimal	$2 \leq EF < 5$ moderate		$5 \leq EF < 20$ significant		$20 \leq EF < 40$ very high		$EF \geq 40$ extremely high
Jeoakümülyasyon İndeksi (l_{geo})							
$l_{geo} \leq 0$ practically uncontami- nated	$0 < l_{geo} < 1$ uncontaminated to moderately	$1 < l_{geo} < 2$ moderately	$2 < l_{geo} < 3$ moderately to strongly	$3 < l_{geo} < 4$ strongly	$3 < l_{geo} < 4$ strongly to extremely	$l_{geo} \geq 5$ extremely	
Kirlilik Yükleme İndeksi (PLI)							
0 perfection	1 baseline					> 1 deterioration	
Potansiyel Ekolojik Risk Faktörü (Er^i)							
$Er^i < 40$ low	$40 \leq Er^i < 80$ moderate		$80 \leq Er^i < 160$ considerable		$160 \leq Er^i < 320$ high		$320 \geq Er^i$ very high
Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (RI)							
$RI < 150$ low	$150 \leq RI < 300$ moderate		$300 \leq RI < 600$ considerable		$600 \geq RI$ high		
Ortalama Etki Aralığı Medyanı Oranı (m-ERM-Q)							
$m-ERM-Q < 0.1$ %9 toxic	$0.11 < m-ERM-Q < 0.5$ %21 toxic		$0.51 < m-ERM-Q < 1.5$ %49 toxic		$m-ERM-Q > 1.5$ %76 toxic		
Ortalama Muhtemel Etki Seviyesi Oranı (m-PEL-Q)							
$m-PEL-Q < 0.1$ unimpacted	$0.1 < m-PEL-Q < 1$ moderately impacted				$m-ERM-Q > 1$ highly impacted		

PEL: Olası etki seviyesi, Tel: Sınır etki seviyesi Smith vd. (1996) [61].

ERM: Etki aralığı ortancası, ERL: Etki aralığı alt sınırı Long ve Morgan (1991) [62].

Ref: Endüstri öncesi referans değerler Turekian ve Wedepohl (1961) [63].

Sediment kalitesini incelemek ve kirlilik düzeyini derecelendirmek için dünyada çok fazla kalite yönergesi mevcut değildir. Kanada'da değerlendirme için bir sistem mevcut olup, bu çalışma kapsamında Tablo 3.1.'de belirtilen Sediment Kalite Yönergesi'ni mevcut çalışma kapsamında değerlendirdik. 1992 yılında yayınlanan Kanada Sediment Kalite Yönergesi'nde analiz edilen metaller için, “Kanada Tatlısu Sedimanı En Düşük Etki Seviyesi ve Kuvvetli Etki Seviyeleri” aşağıda Tablo 3.2.'de gösterilmektedir.

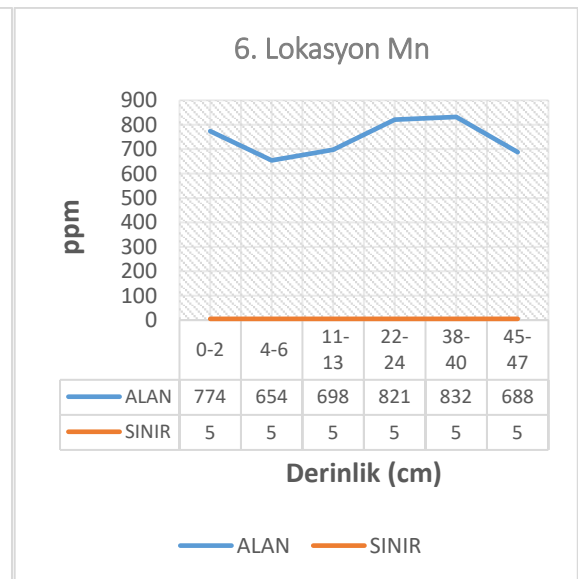
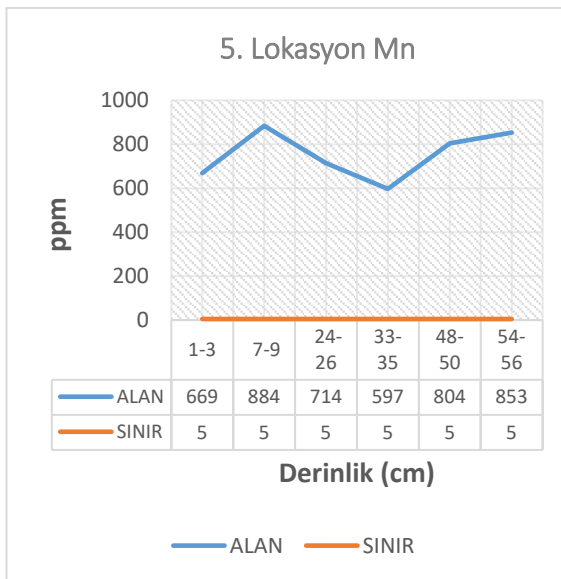
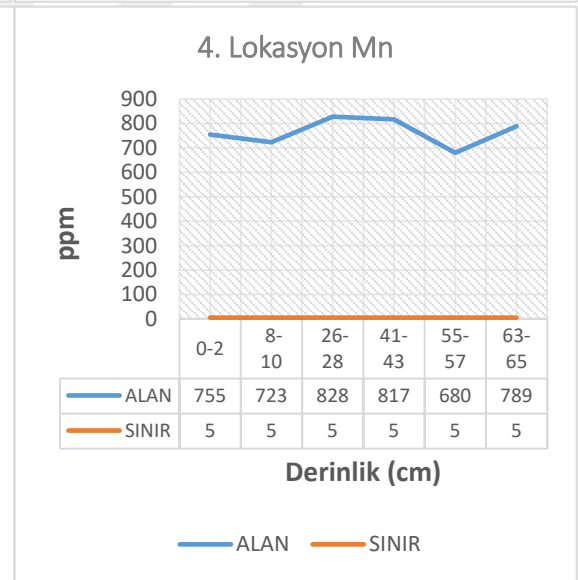
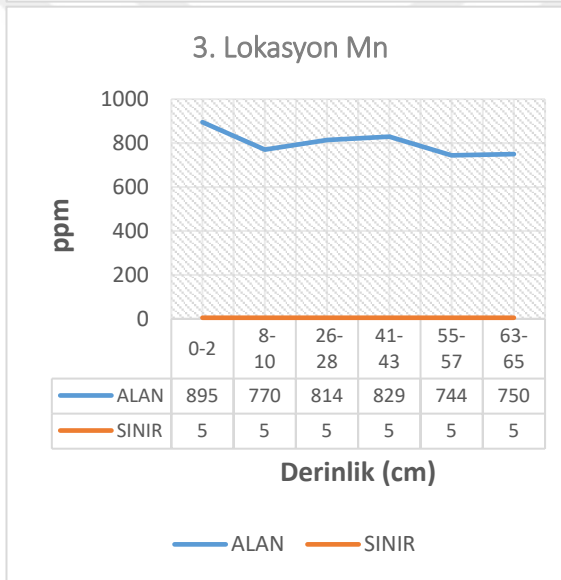
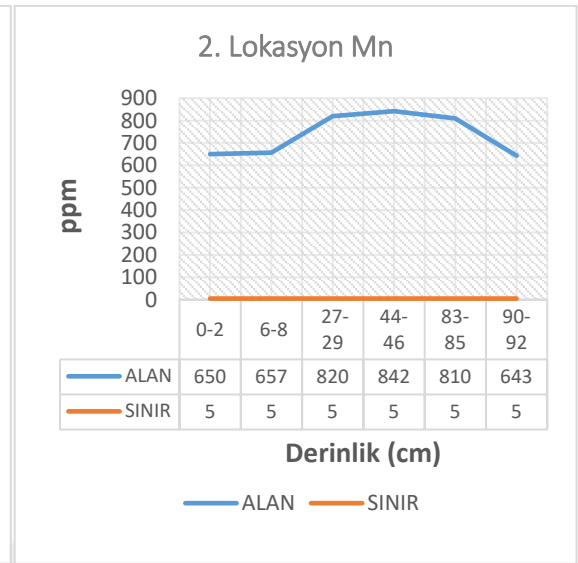
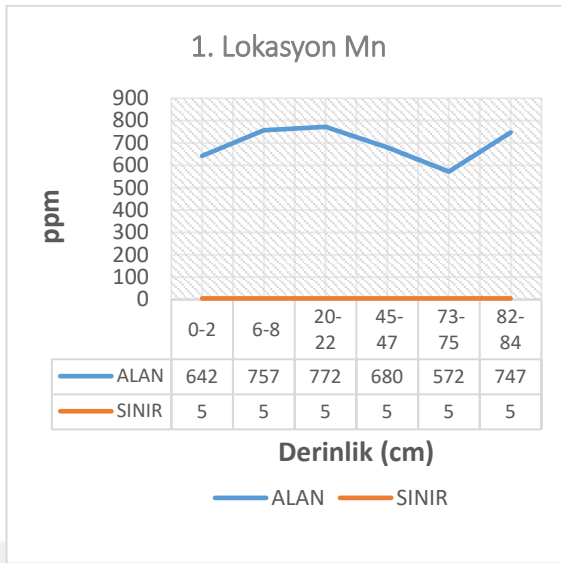
Tablo 3.2.' de Kanada Çevre Bakanlığı Konseyi tarafından geliştirilen yönergede sediment içerisindeki ağır metallerin olumsuz etkilerin nadiren meydana geldiği sınır değerler en düşük etki seviyesi kategorisinde; olumsuz etkilerin sıklıkla meydana geldiği sınır değerler ise kuvvetli etki seviyesi kategorisinde nitelendirilmiştir. Etki seviyelerinin değerleri mg/kg kuru madde (KM) biriminde verilmiştir.

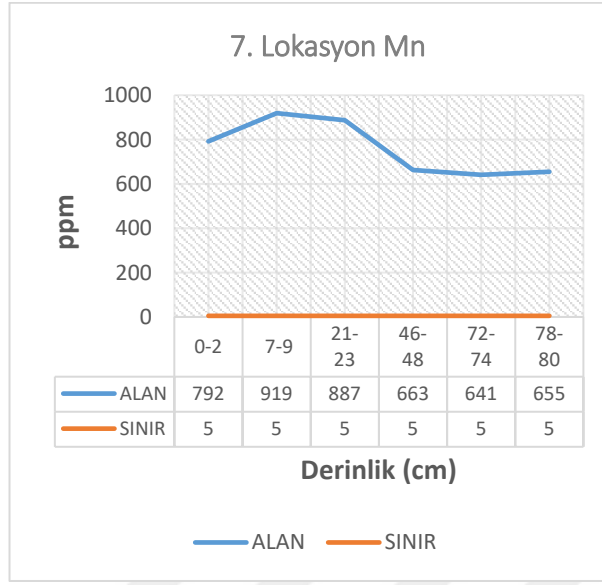
Tablo 3.2. Kanada Sediment Kalite Yönergesi [65]

Metaller	En Düşük Etki Seviyesi (mg/kg KM)	Kuvvetli Etki Seviyesi (mg/kg KM)
Kadmiyum	0,6	33
Krom	26	110
Bakır	16	110
Demir (%)	2	4
Kurşun	31	250
Manganez	460	1100
Nikel	16	75
Çinko	120	820

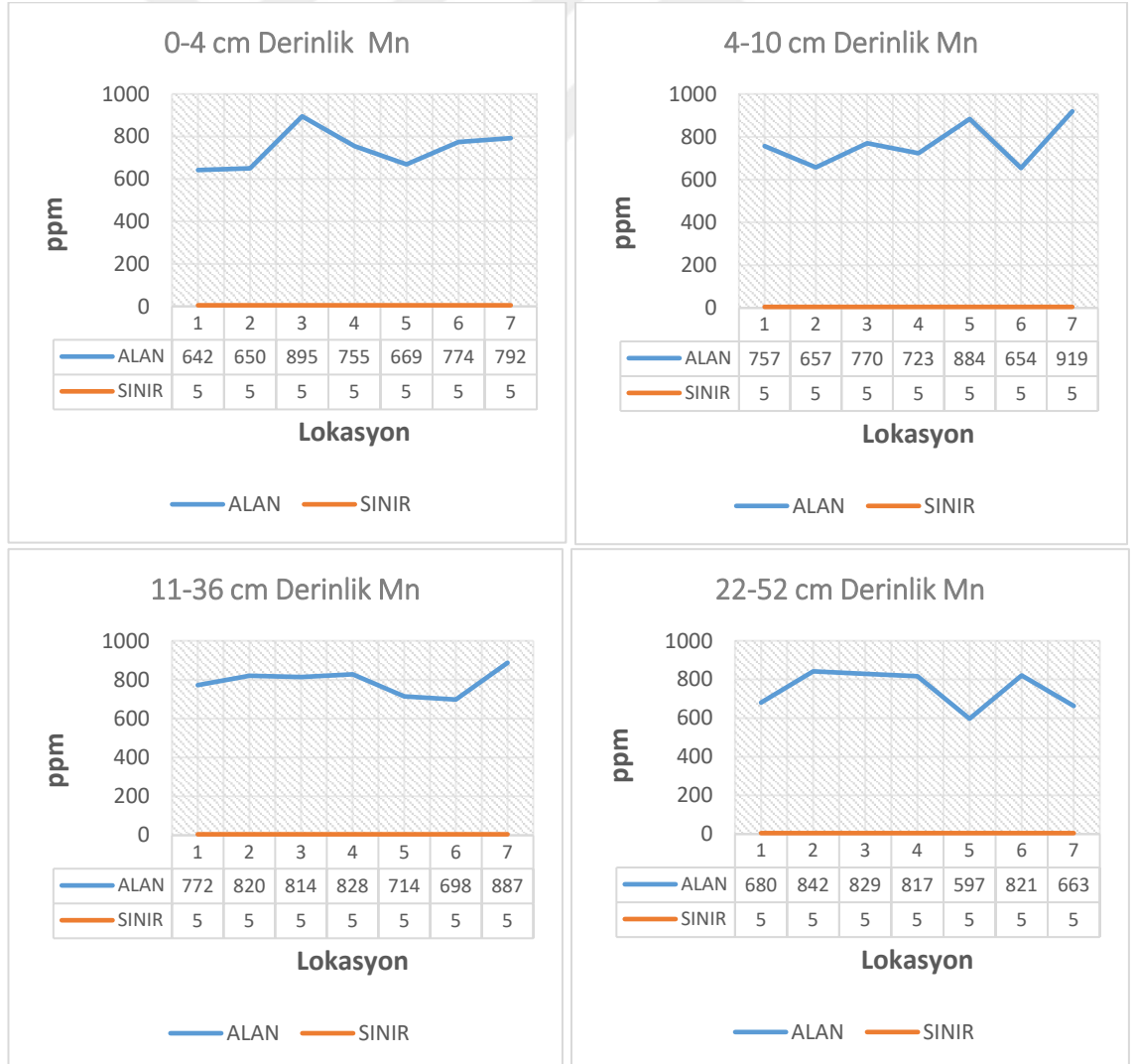
3.1. Manganez (Mn) Ağır Metal Sonuçlarının Değerlendirilmesi

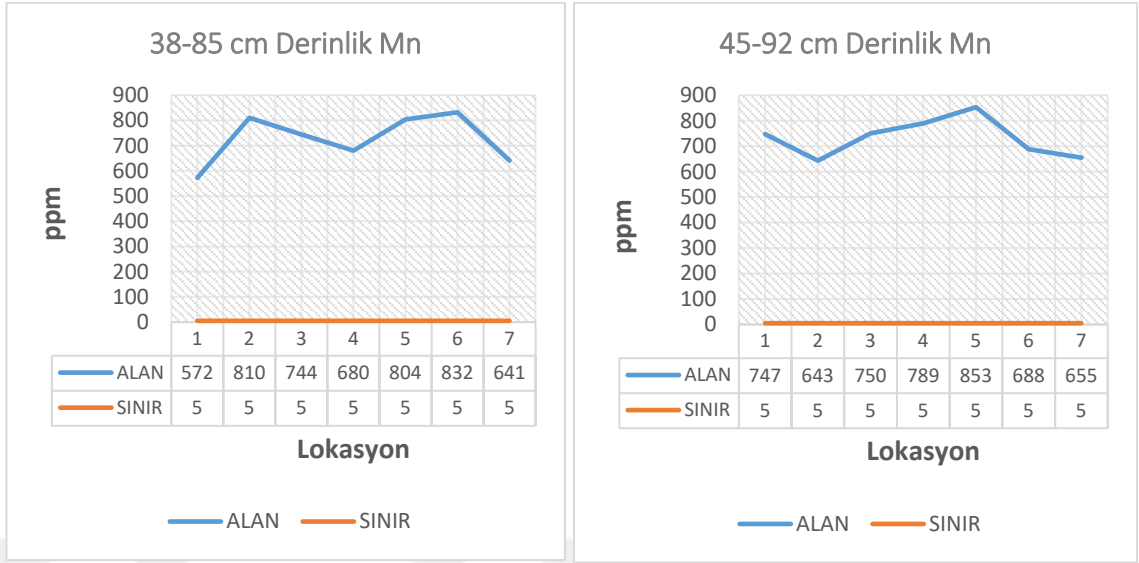
Yaşam için gerekli bir element olan manganez, tahıl, çay gibi birçok gıdada bulunan bir iz elementtir. Nehir, göl ve yeraltı sularında doğal olarak bulunan manganez, suda bulunan bitkiler tarafından da bir miktar alınarak birikebilir. Yerkabuğunda karbona yakın seviyelerde bulunan manganez, yaygın bir dağılım göstermez [73]. Örneklem noktalarında bulunan Mn ağır metali (Şekil 3.1.) birikme oranları incelendiğinde çevresel koşulların değişen etkileriyle yıllara göre değişkenlik gösterdiği anlaşılmaktadır.





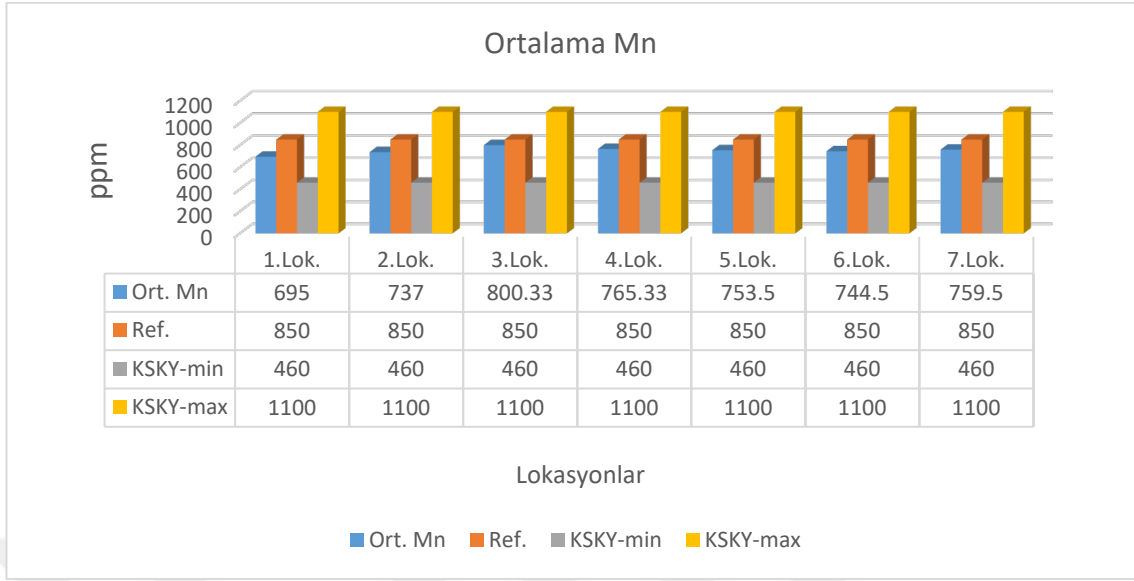
Şekil 3.1. Manganez Ağır Metalinin Lokasyonlardan Alınan Bozulmamış Sediment Örneklerindeki Yoğunluk Dağılımı



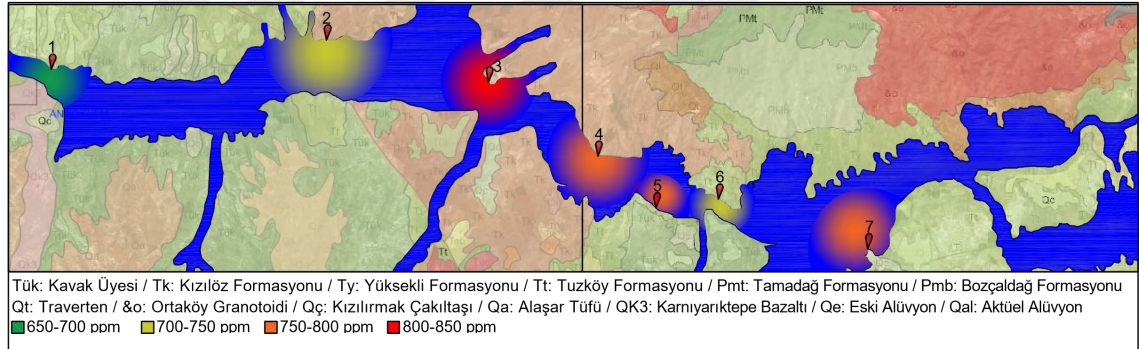


Şekil 3.2. Manganez Ağır Metali için Lokasyonlardan Alınan ve Dilimlere Ayrılmış Bozulmamış Sediment Örneklerinde Aynı Derinliklerdeki Yoğunluk Dağılım Grafiği

Şekil 3.2.'ye göre, çalışma alanında Manganez (Mn) elementine ait analiz sonuçları değerlendirilirse, en yüksek değer 919 ppm, olarak 7. Lokasyon üzerinden alınan sediment numunesinin 0-4 cm derinliğinde tespit edilmiştir. Minimum değer ise 572 ppm olarak 1. Lokasyon üzerinden alınan örselenmemiş sediment karot numunesinin 38-85 cm derinliğinde tespit edilmiştir. Tablo 3.1.' de Tüm lokasyonlardan alınan örneklerdeki her bir lokasyon için ortalama Mn değerleri esas alındığında, 1., 2., 3., 4., 5., 6. ve 7. Lokasyonlar için sırasıyla, 695,00 ppm, 737,00 ppm, 800,33 ppm, 765,33 ppm, 753,50 ppm, 744,50 ppm ve 759,50 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu değerler göre, 2. Lokasyonun en yüksek ortalama Mn değerine sahip olduğu ve 1. lokasyonun ise en düşük ortalama Mn değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Kanada Sediment Kalite Yönergesi (Tablo 3.2.)' ye göre Mn (Manganez) muhtemel etki düzeyi üst sınırı 1.100 mg/kg kabul edildiğinde, bütün örnekleme noktalarında Mn konsantrasyonu sınır değerinin altında kalmaktadır.



Şekil 3.3. Manganez Ağır Metali Ortalama Konsantrasyon Değerlerinin Lokasyonlara Göre Dağılım Grafiği



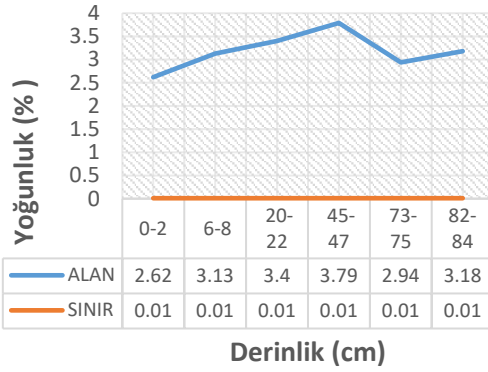
Şekil 3.4. Kızılırmak Nehri üzerinde Örnekleme Noktalarından Alınan Sediment Numunelerinde Manganez Ağır Metal Konsantrasyonlarına Ait Yoğunluk Dağılımı

Manganez ağır metalinin örnekleme noktalarındaki ortalama değerleri (Şekil 3.3.) kullanılarak, Şekil 3.4.' te bölgenin jeoloji haritası üzerinde yoğunluk dağılımı sunulmuştur.

3.2. Demir (Fe) Ağır Metal Sonuçlarının Değerlendirilmesi

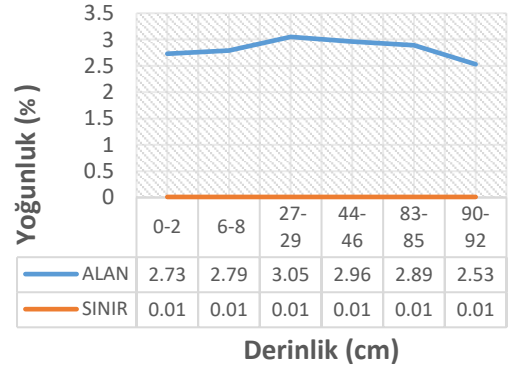
Yaygın bir element olan demir, en çok kullanılan metal olup tüm dünyada üretilen metallerin ağırlıkça %95'ini oluşturur. Toprak ve kayalarda bol miktarda bulunan demir, bitkiler, hayvanlar ve insanlar tarafından ihtiyaç duyulan bir elementtir [73].

1. Lokasyon Fe



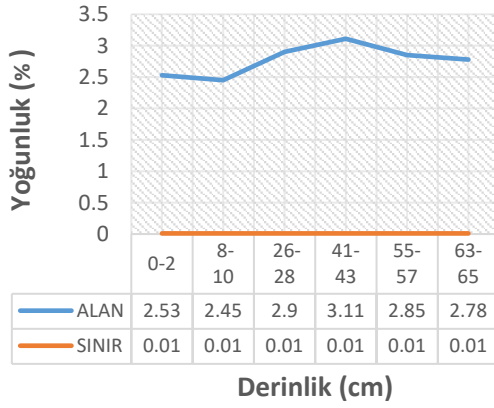
— ALAN — SINIR

2. Lokasyon Fe



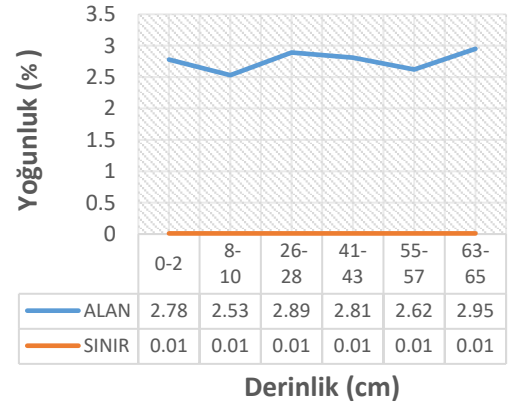
— ALAN — SINIR

3. Lokasyon Fe



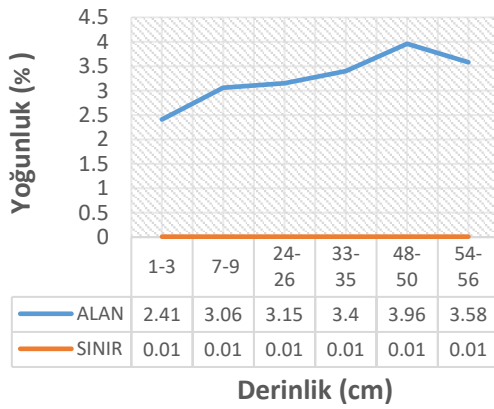
— ALAN — SINIR

4. Lokasyon Fe



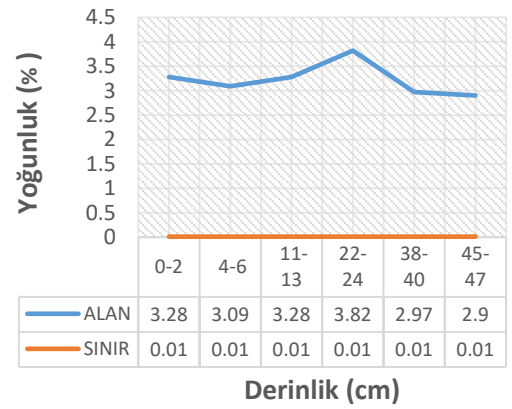
— ALAN — SINIR

5. Lokasyon Fe

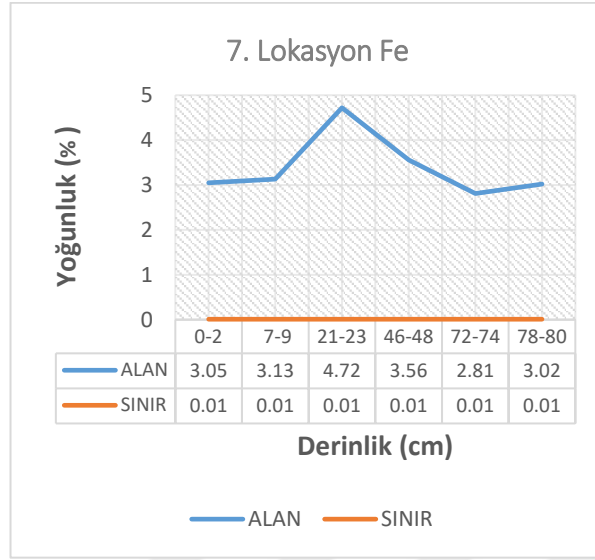


— ALAN — SINIR

6. Lokasyon Fe



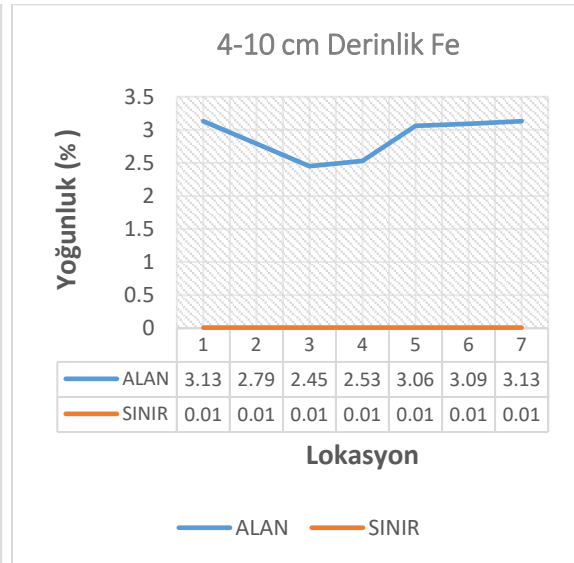
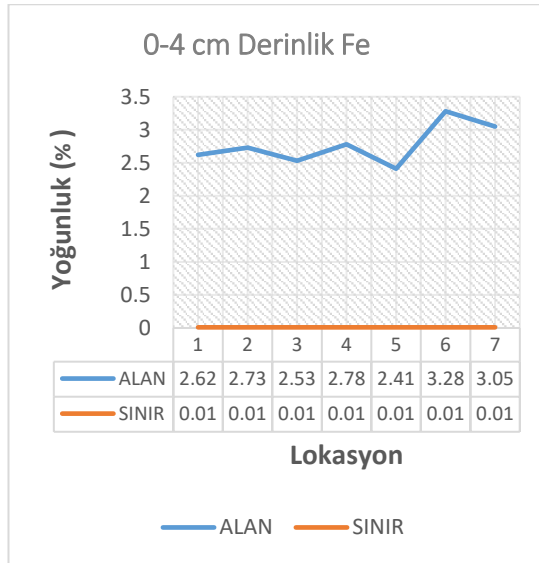
— ALAN — SINIR

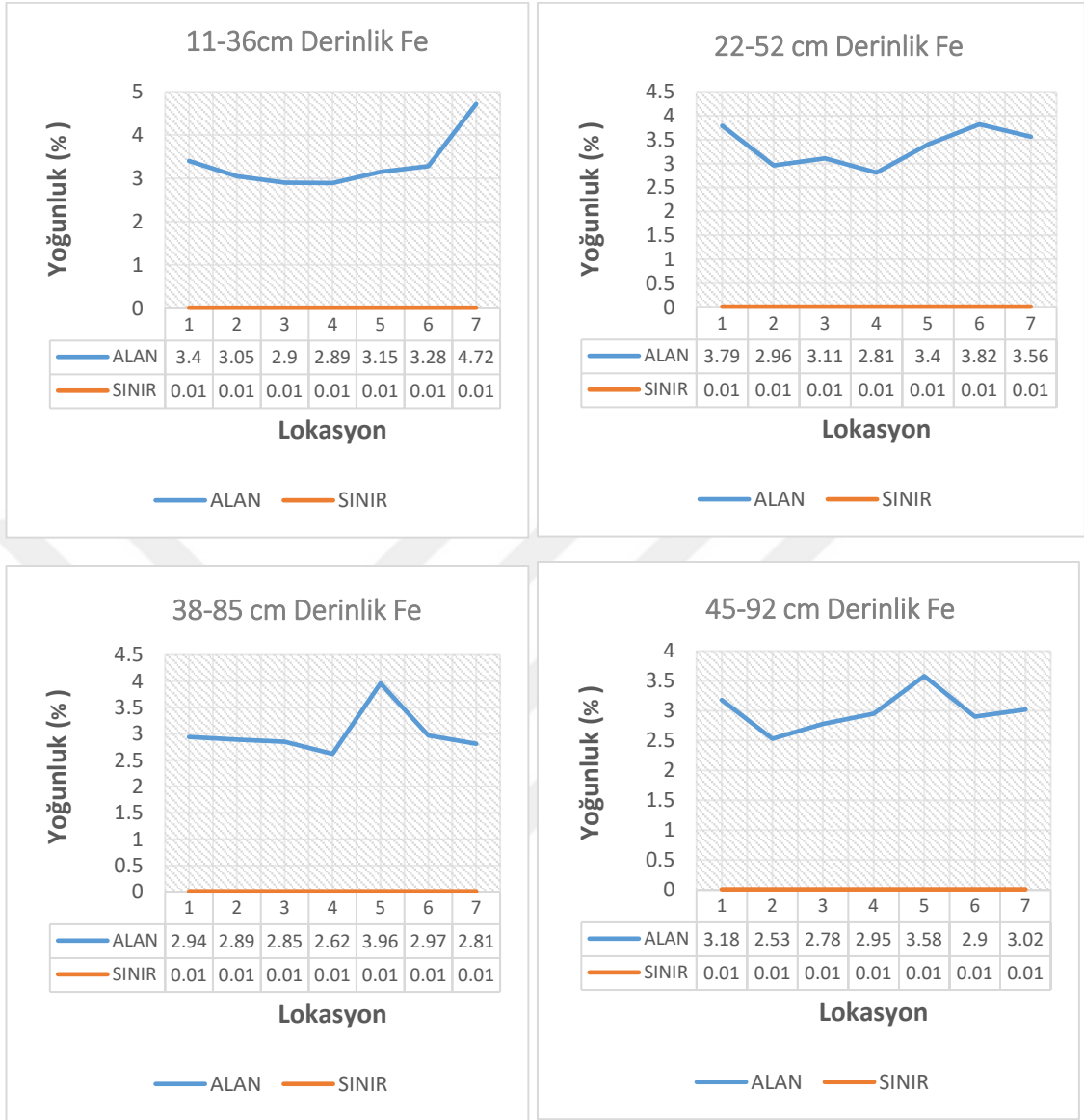


Şekil 3.5. Demir Ağır Metalinin Lokasyonlardan Alınan Bozulmamış Sediment Örneklerindeki Yoğunluk Dağılımı

Örnekleme noktalarında bulunan Fe ağır metali (Şekil 3.5.) birikme oranları incelendiğinde çevresel koşulların değişen etkileriyle yıllara göre değişkenlik gösterdiği anlaşılmaktadır.

Normal olarak çözünemeyen formda olmasına rağmen, doğal olarak gerçekleşen pek çok reaksiyonla, demirin çözülebilir formları oluşabilir ve bunlar girdikleri suyu kirletirler [73].

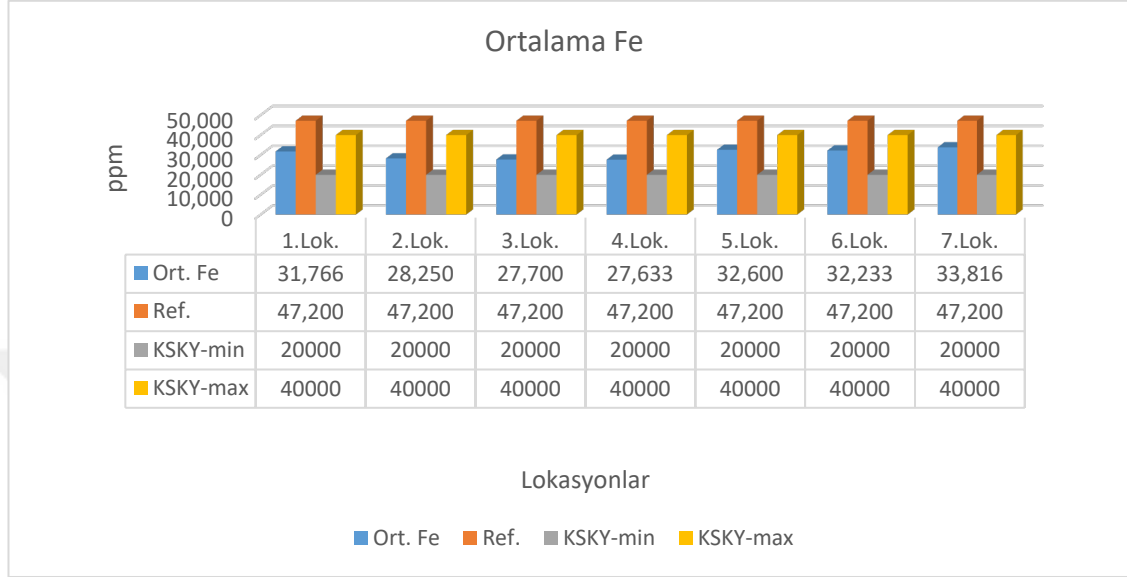




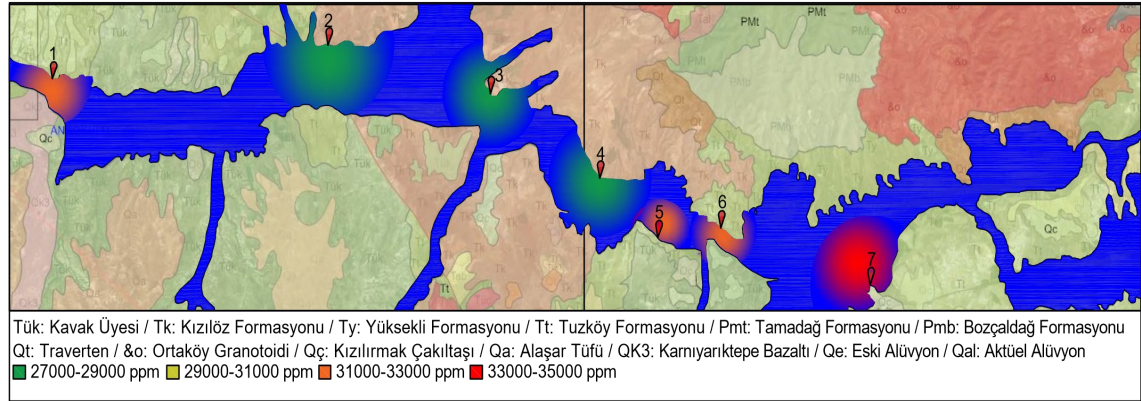
Şekil 3.6. Demir Ağır Metali için Lokasyonlardan Alınan ve Dilimlere Ayrılmış Bozulmamış Sediment Örneklerinde Aynı Derinliklerdeki Yoğunluk Dağılım Grafiği

Demir elementine ait analiz sonuçlarına göre (Şekil 3.6.)’ da değerlendirildiğinde ($\% = 10^4$ ppm), en yüksek değer 47.200 ppm olarak 7. Lokasyon üzerinden alınan numunenin 11-36 cm derinliğinde görülmüştür. Minumum değer ise 24.100 ppm olarak 5. Lokasyon üzerinden alınan numunenin 0-4cm derinliğinde tespit edilmiştir. Tablo 3.1.’ de Ref. sınır değeri esas alındığında, Tüm lokasyonlardan alınan örneklerdeki Her bir lokasyon için ortalama Fe değerleri esas alındığında, 1., 2., 3., 4., 5., 6. ve 7. Lokasyonlar için sırasıyla, 31.766 ppm, 28.250 ppm, 27.700 ppm, 27.633 ppm, 32.600 ppm, 32.233 ppm ve 33.816 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu değerlere göre 7. Lokasyonun en yüksek ortalama Fe değerine sahip olduğu ve 4. Lokasyonun ise en düşük ortalama Fe değerine sahip olduğu

belirlenmiştir. Kanada Sediment Kalite Yönergesi (Tablo 3.2.)’ ne göre Fe (Demir) muhtemel etki düzeyi üst sınırı 40.000 mg/kg kabul edildiğinde, 7. örnekleme noktasında, 11-36 cm derinlik sediment diliminde Fe konsantrasyonu sınır değerini aşmaktadır.



Şekil 3.7. Demir Ağır Metali Ortalama Konsantrasyon Değerlerinin Lokasyonlara Göre Dağılım Grafiği



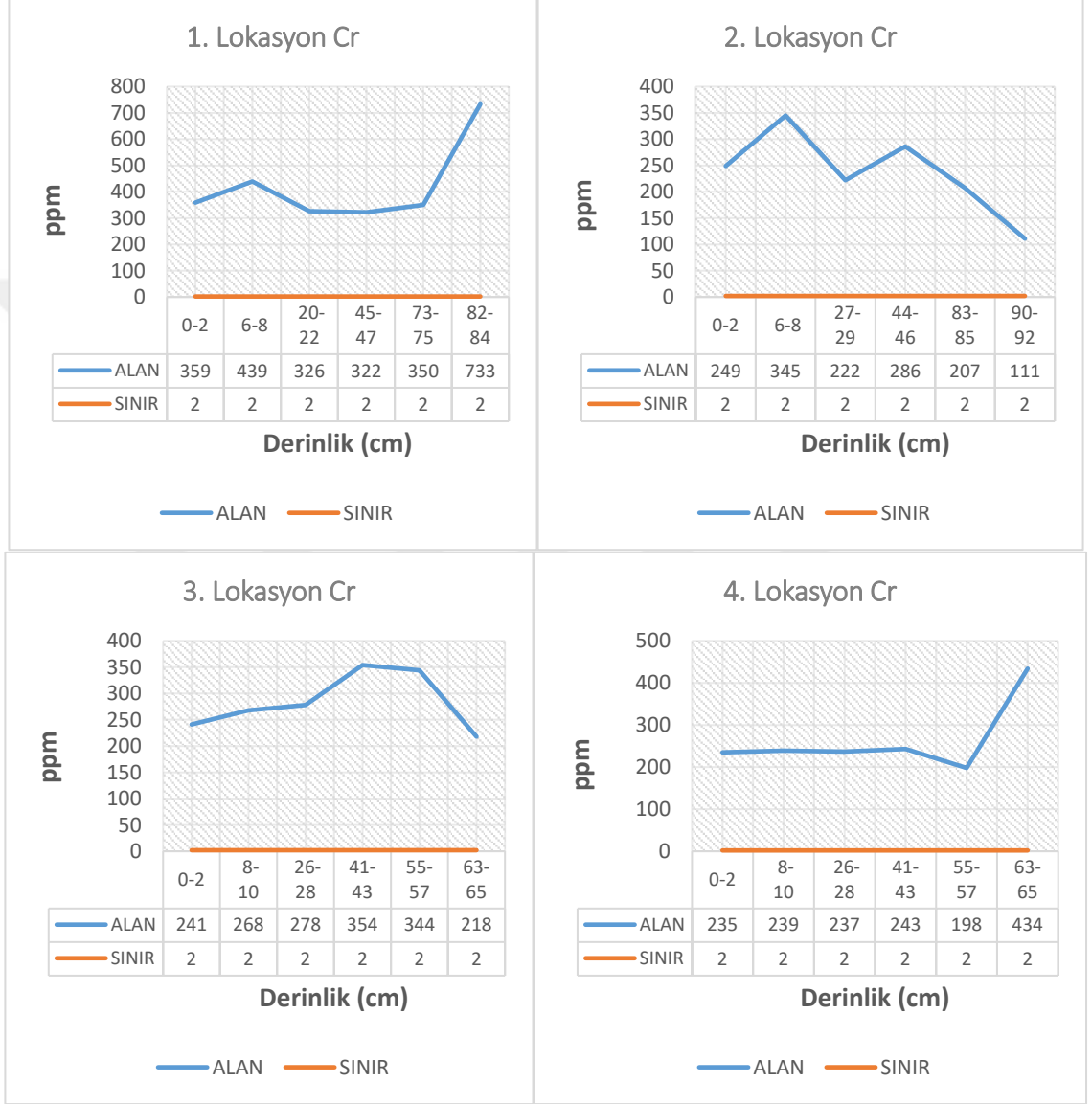
Şekil 3.8. Kızılırmak Nehri üzerinde Örnekleme Noktalarından Alınan Sediment Numunelerinde Demir Ağır Metal Konsantrasyonlarına Ait Yoğunluk Dağılımı

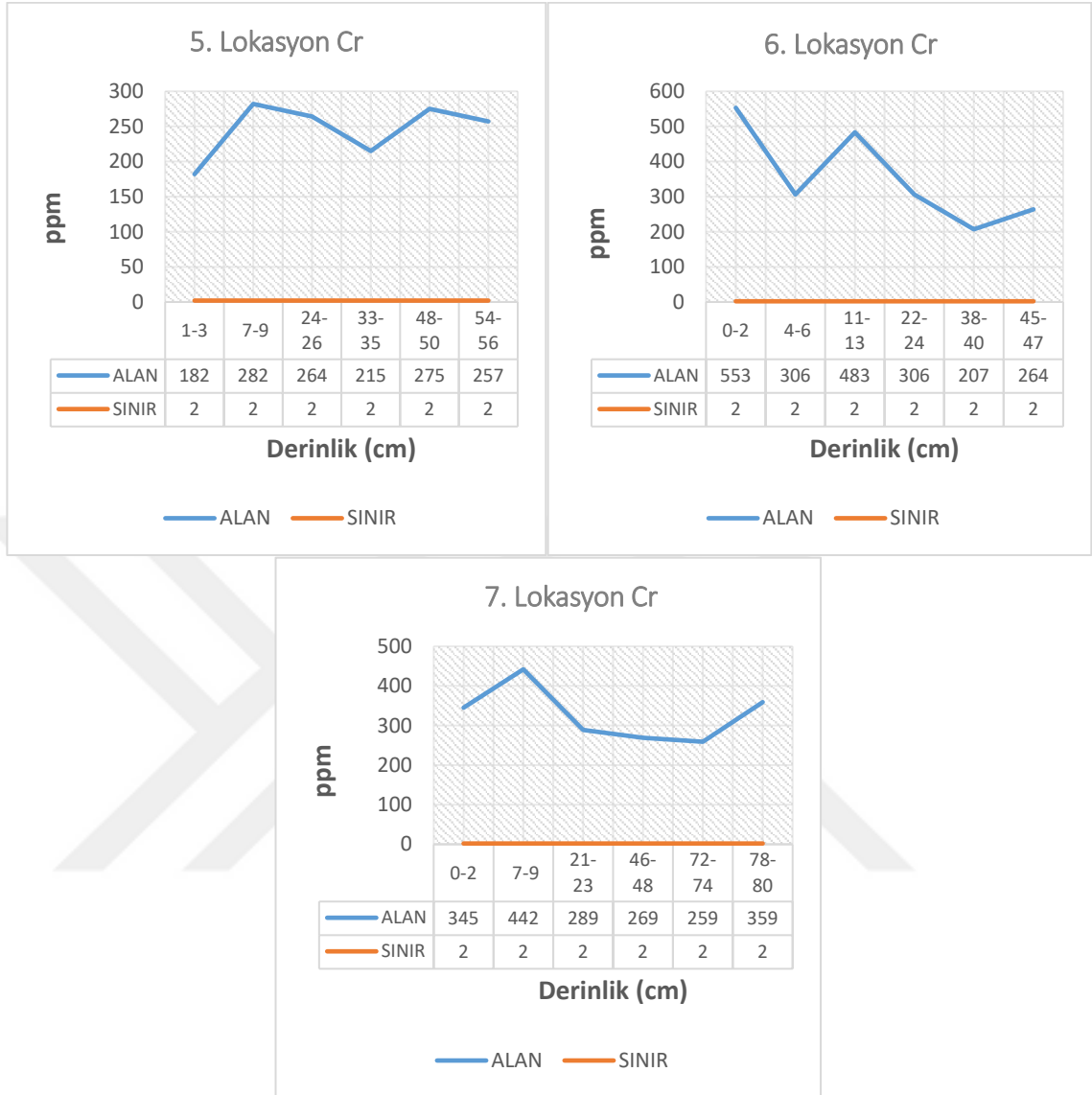
Demir ağır metalinin örnekleme noktalarındaki ortalama değerleri (Şekil 3.7.) kullanılarak, Şekil 3.8.’ de bölgenin jeoloji haritası üzerinde yoğunluk dağılımı sunulmuştur.

3.3. Krom (Cr) Ağır Metal Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Krom, kayalarda, hayvan, bitki, toprak, volkanik toz ve gazlarda doğal olarak bulunan bir elementtir. Çevrede birkaç formu olabilir ve bunlardan en yaygını; Cr⁺³, Cr⁺⁶’dır.

Oldukça geniş bir endüstriyel kullanım alanına sahip olan krom, çelik üretiminde, ısı değiştiricilerinde korozyon inhibitörü olarak, birçok alaşımının yapısında, soğutma sularında pompaları korumak için, metal kaplamada, tekstil boyalarında, tekstil endüstrisinde sıkça kullanılan bir metaldir [73].





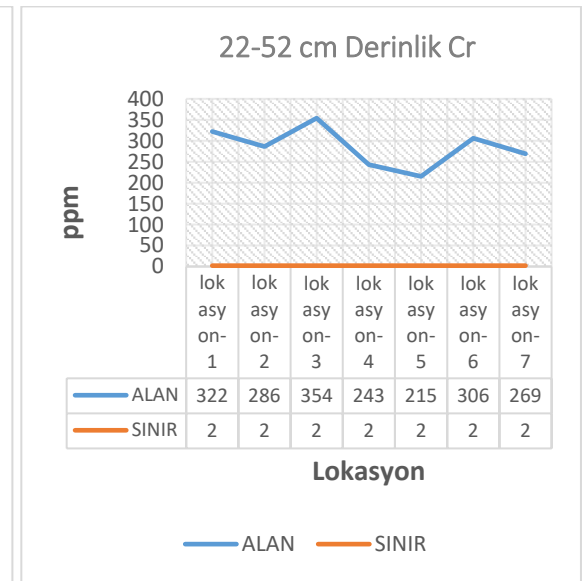
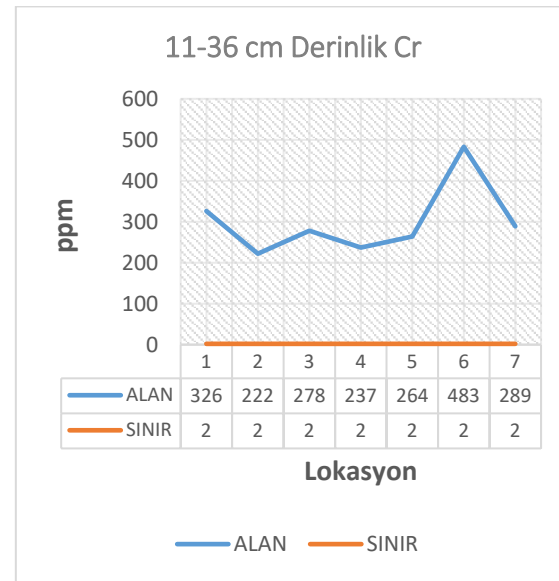
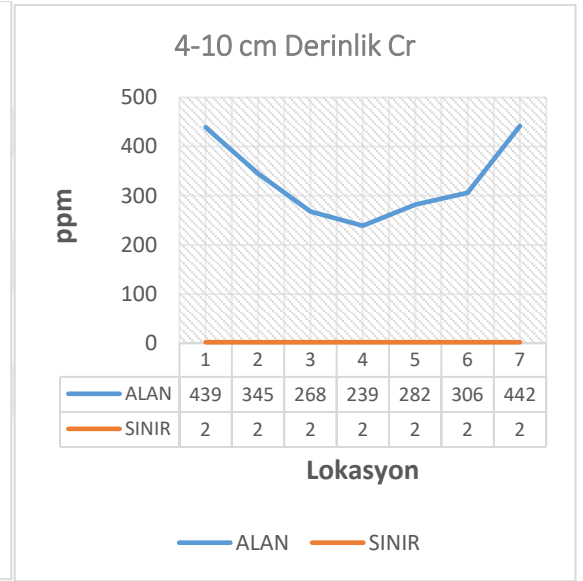
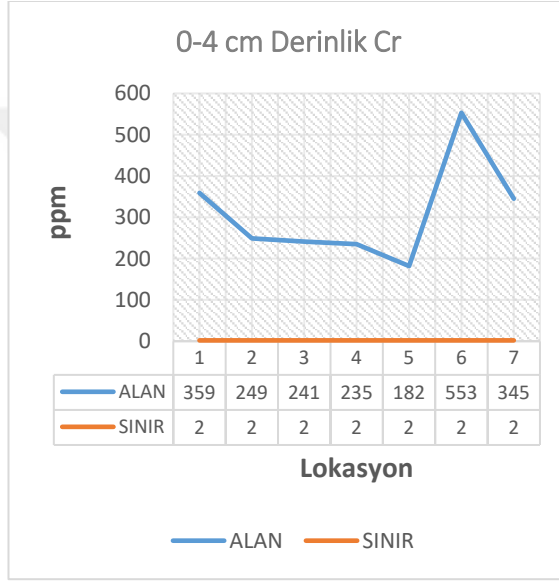
Şekil 3.9. Krom Ağır Metalinin Lokasyonlardan Alınan Bozulmamış Sediment Örneklerindeki Yoğunluk Dağılımı

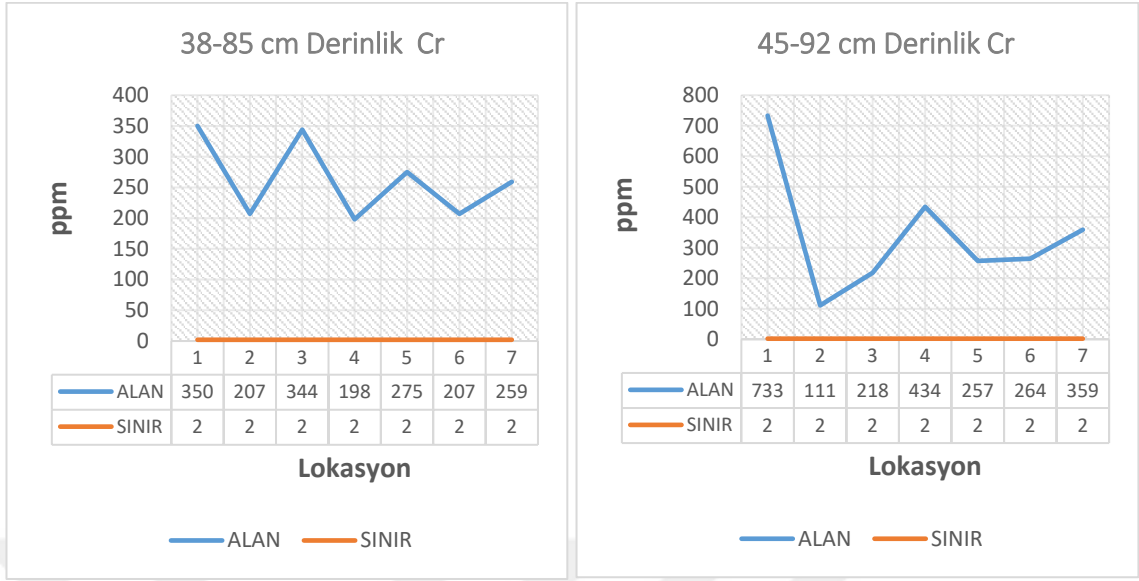
Örnekleme noktalarında bulunan Cr ağır metali (Şekil 3.9.) birikme oranları incelendiğinde çevresel koşulların değişen etkileriyle yıllara göre değişkenlik gösterdiği ve her örnekleme noktasında aynı derinlik seviyelerinde farklı oranlarda yoğunluğa sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Krom, Nikel ve Arsenik gibi bazı ağır metal ve metal benzeri maddeler ile güçlü bir solvent malzeme olan benzen, kömür katranı klorometil eter gibi bazı maddeler kanserojen etkiye sahiptir. Özellikle Krom tuzları, formaldehit tabakhane işçilerinde bronşial astıma sebep olan özel bir madde içermektedir. Krom intoksikasyonu, karaciğer

ve böbrek bozukluklarına sebep olabilmektedir. Kullanılan solventlerin karaciğere toksik etki yapma riski yüksektir [69].

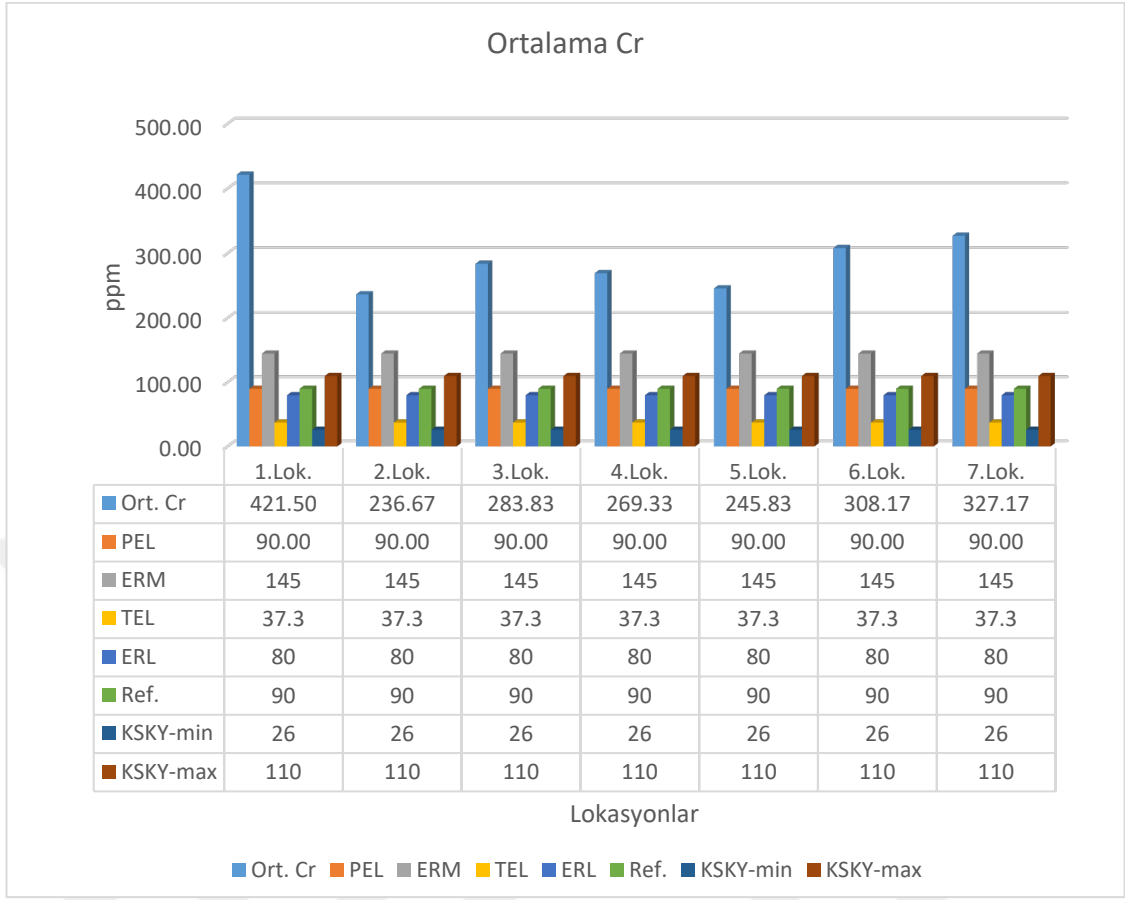
Yüksek düzeyde Cr solunumunda, solunum problemleri, astım, öksürük, nefes darlığı veya hırıltı gibi sağlık problemlerine neden olabilmektedir [70]. Ayrıca vücuda fazla miktarda krom tuzu girmesi ile beraber oluşan akut zehirlenme (1-5 gr Cr tuzu alınması sonucu), kanama bozukluğu, nöbetler, kalp damar sisteminde şoka bağlı ölüm görülebilmektedir [71].



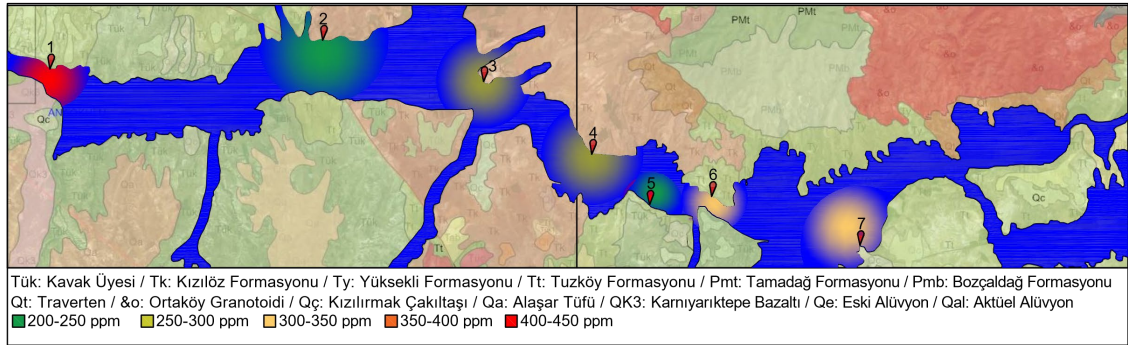


Şekil 3.10. Krom Ağır Metali için Lokasyonlardan Alınan ve Dilimlere Ayrılmış Bozulmamış Sediment Örneklerinde Aynı Derinliklerdeki Yoğunluk Dağılım Grafiği

Krom elementine ait analiz sonuçları (Şekil 3.10.) değerlendirildiğinde, en yüksek değer 733 ppm olarak 1. lokasyondan alınan numunenin 45-92 cm derinliğinde görülmüştür. Minimum değer ise 111 ppm olarak 2. Lokasyon üzerinden alınan numunenin 45-92 cm derinliğinde tespit edilmiştir. Tablo 3.1.' de PEL, TEL ve ERL sınır değerleri esas alındığında, tüm lokasyonlarda Krom için PEL, TEL, ERL ve Ref. sınır değerlerinin aşıldığı görülmektedir. İkinci lokasyondan alınan örselenmemiş numune üzerindeki 45-92 cm derinlikte yapılan analiz ERM sınır değer altında olmasına karşın diğer tüm lokasyon ve seviyelerde ERM sınır değerinin aşıldığı tespit edilmiştir. Herbir lokasyon için ortalama Cr değerleri esas alındığında, 1., 2., 3., 4., 5., 6. ve 7. Lokasyonlar için sırasıyla, 421,5 ppm, 236,67 ppm, 283,83 ppm, 269,33 ppm, 245,83 ppm, 308,17 ppm, ve 327,17 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu değerlere göre, 1. Lokasyonun en yüksek ortalama Cr değerine sahip olduğu ve 2. Lokasyonun ise en düşük ortalama Cr değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Kanada Sediment Kalite Yönergesi (Tablo 3.2.)' ne göre Cr (Krom) muhtemel etki düzeyi üst sınırı 110 mg/kg kabul edildiğinde, 1.,2.,3.,4.,5.,6.,7. örnekleme noktalarında, bütün derinlik sediment dilimlerinde Cr konsantrasyonu sınır değerini aşmaktadır.



Şekil 3.11. Krom Ağır Metali Ortalama Konsantrasyon Değerlerinin Lokasyonlara Göre Dağılım Grafiği

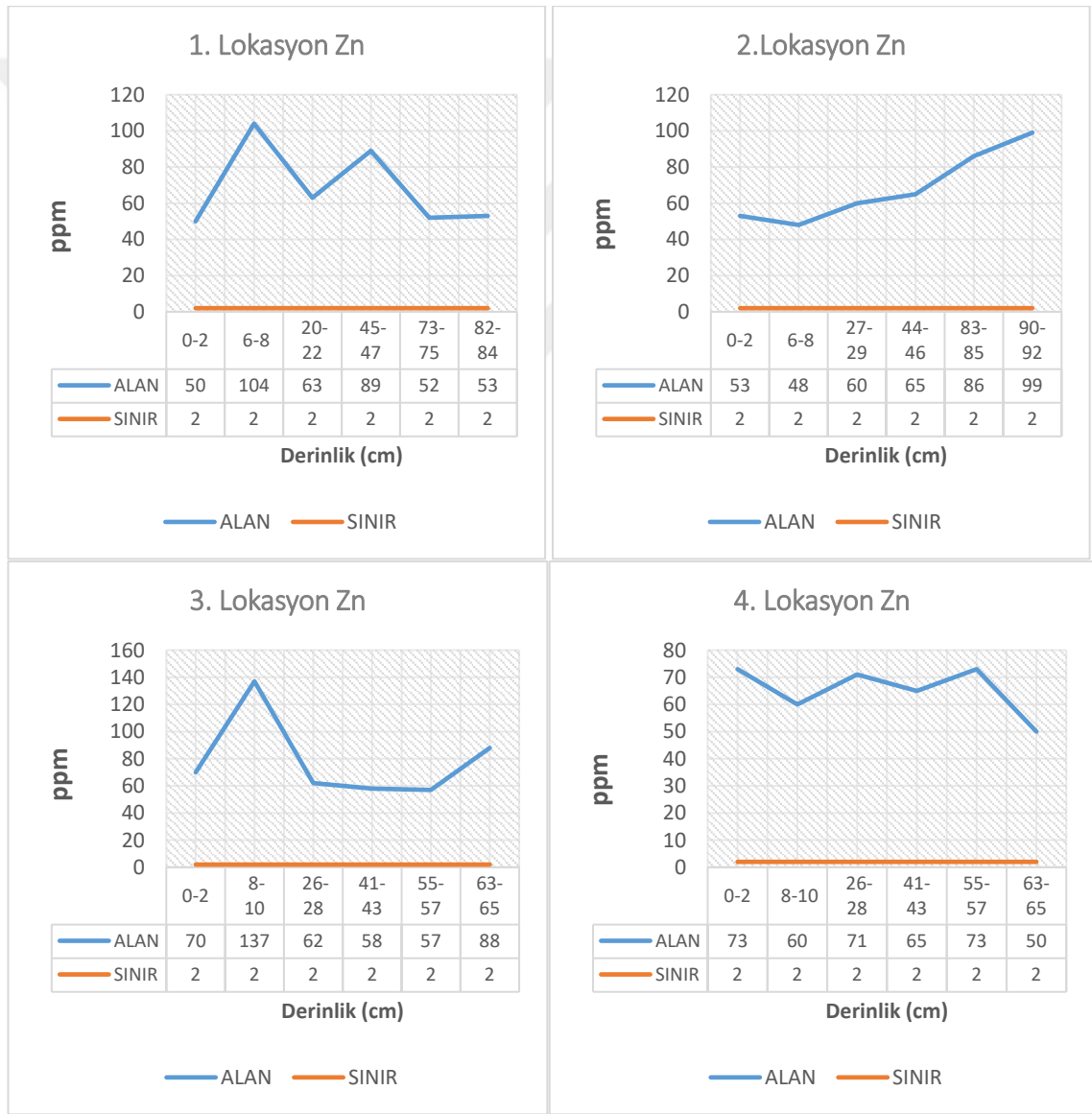


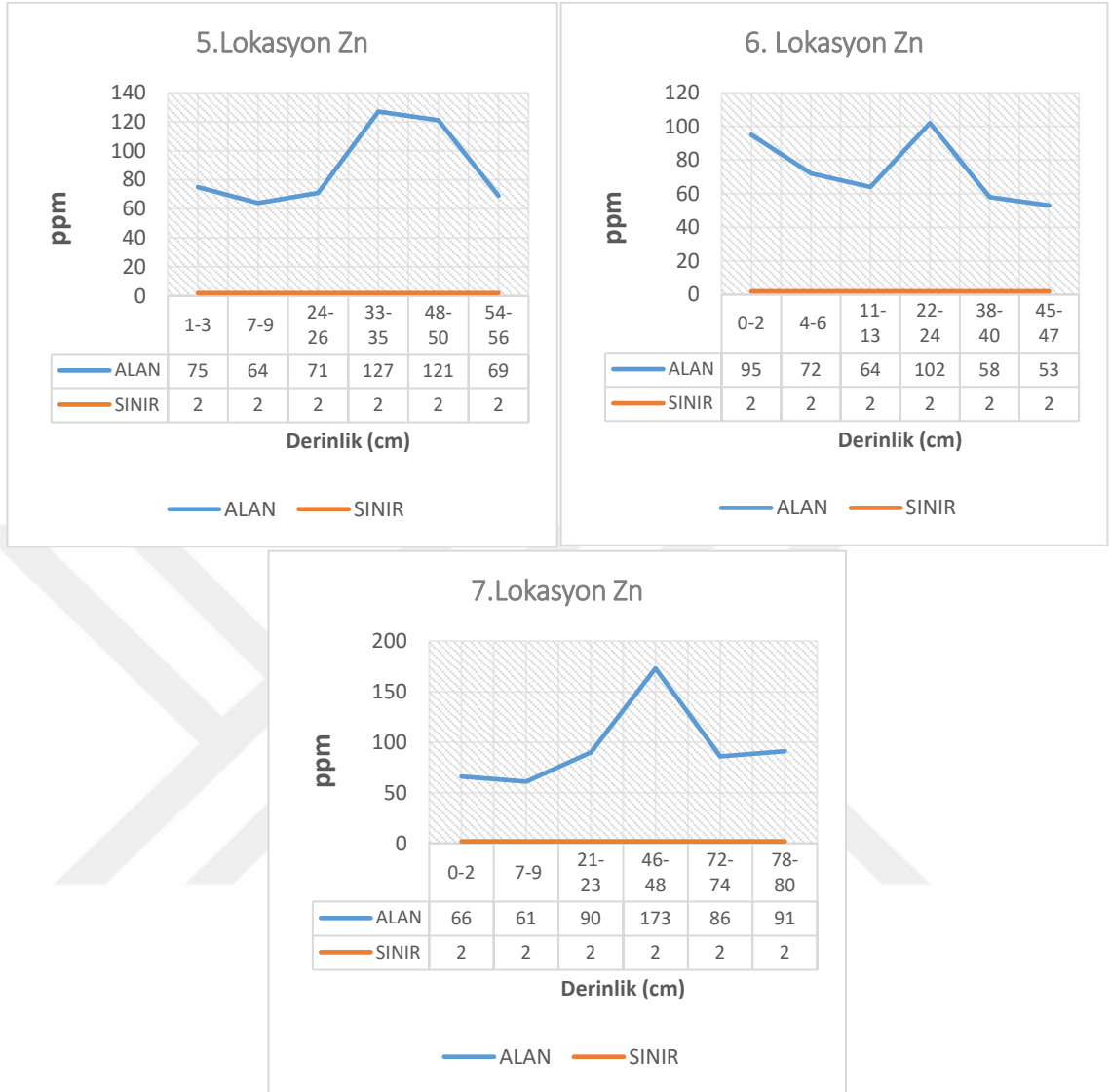
Şekil 3.12. Kızılırmak Nehri üzerinde Örnekleme Noktalarından Alınan Sediment Numunelerinde Krom Ağır Metal Konsantrasyonlarına Ait Yoğunluk Dağılımı

Krom ağır metalinin örnekleme noktalarındaki ortalama değerleri (Şekil 3.11.) kullanılarak, Şekil 3.12.' de bölgenin jeoloji haritası üzerinde yoğunluk dağılımı sunulmuştur.

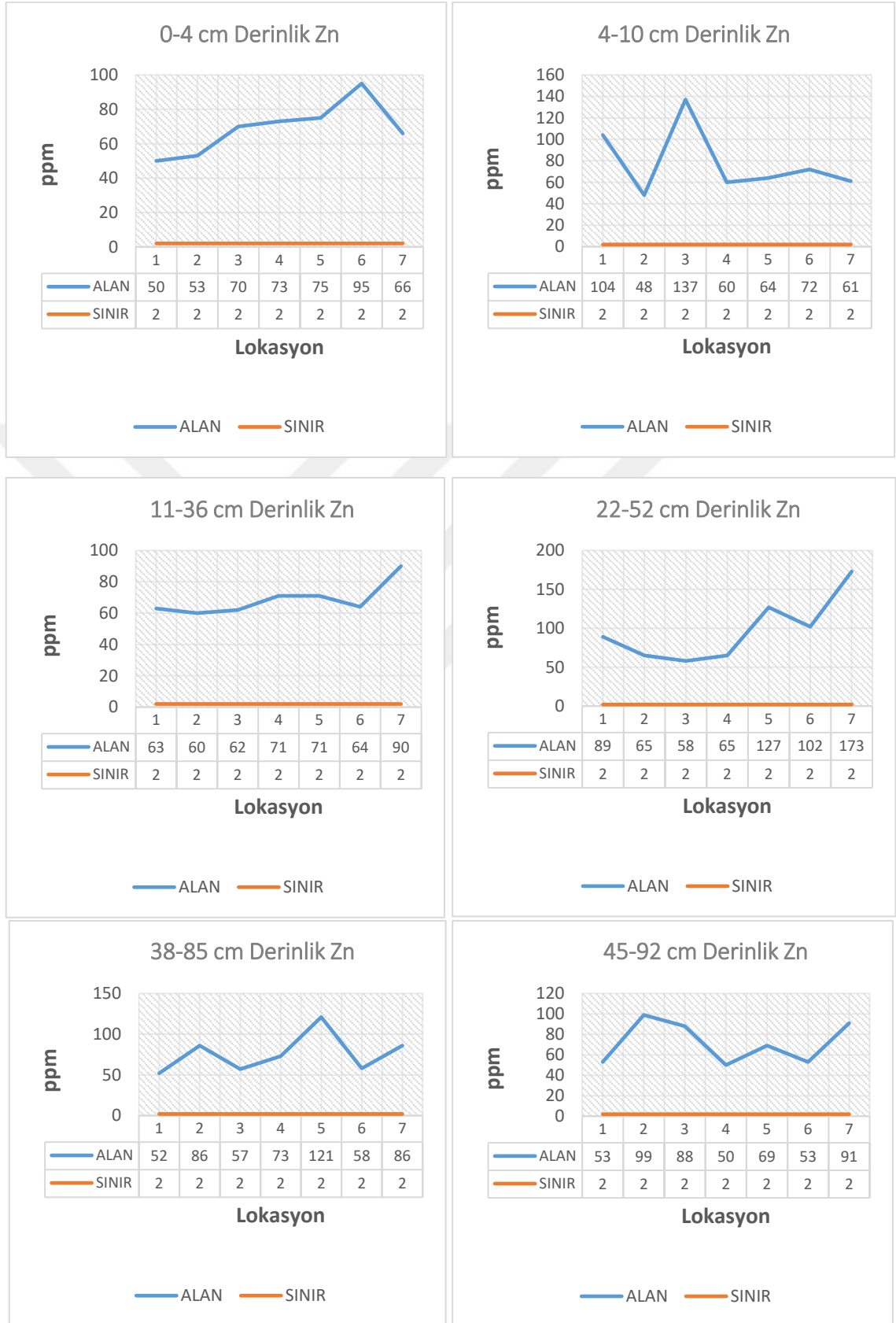
3.4. Çinko (Zn) Ağır Metal Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çinko tuzlarının çoğu suda çözüldüğünden birçok endüstriyel ve evsel atık sularından akuatik ortamlara ulaşan çinkonun da çözülmüş halde olması beklenebilir, bunun yanında çözünmeyen çinko tuzları çökelecek ve doğal sulara taşınacaktır [73]. Örnekleme noktalarında bulunan Zn ağır metali (Şekil 3.13.) birikme oranları incelendiğinde çevresel koşulların değişen etkileriyle yıllara göre değişkenlik gösterdiği ve her örnekleme noktasında aynı derinlik seviyelerinde farklı oranlarda yoğunluğa sahip olduğu anlaşılmaktadır.



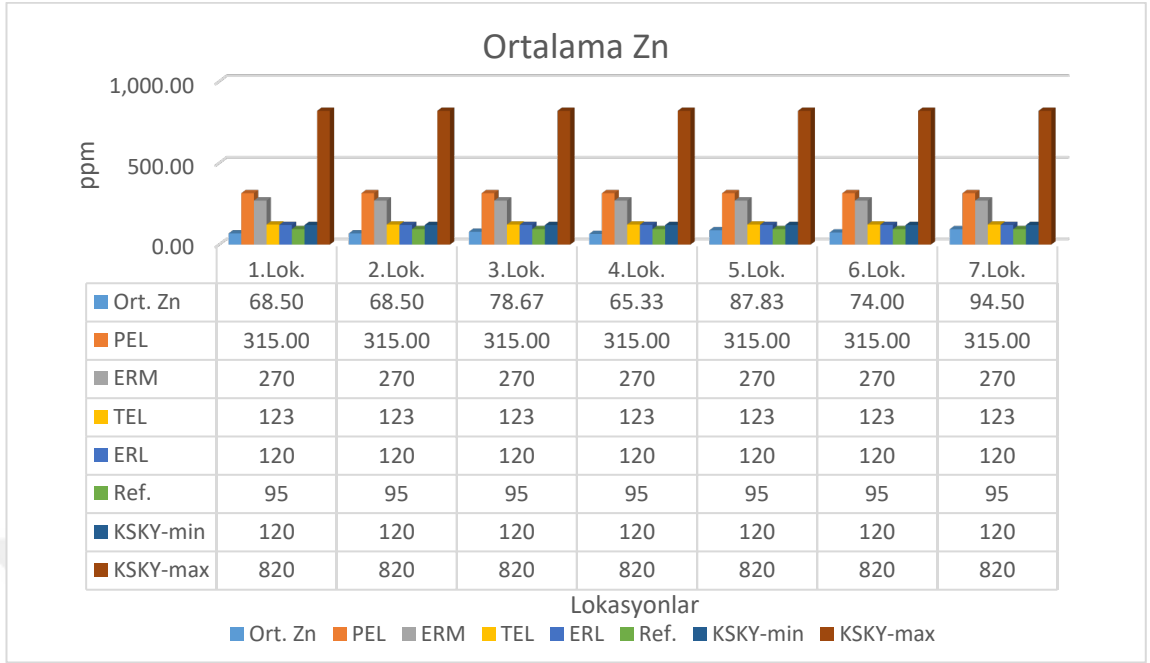


Şekil 3.13. Çinko Ağır Metalinin Lokasyonlardan Alınan Bozulmamış Sediment Örneklerindeki Yoğunluk Dağılımı

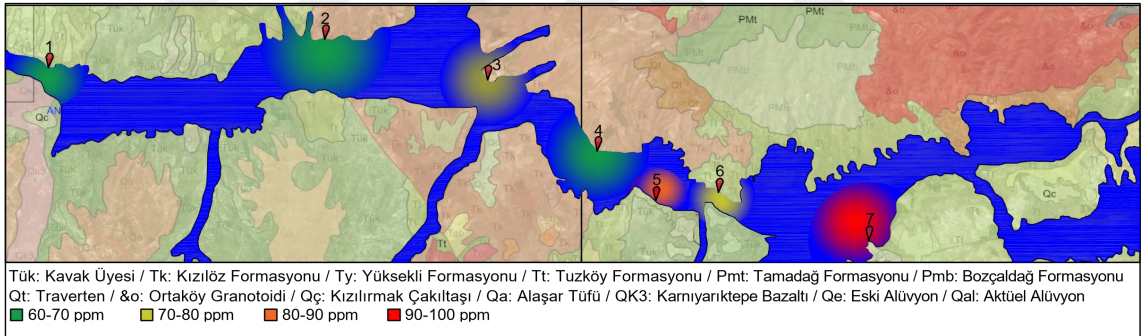


Şekil 3.14. Çinko Ağır Metali için Lokasyonlardan Alınan ve Dilimlere Ayrılmış Bozulmamış Sediment Örneklerinde Aynı Derinliklerdeki Yoğunluk Dağılım Grafiği

Çinko elementine ait analiz sonuçları (Şekil 3.14.) değerlendirildiğinde, en yüksek değer 173 ppm olarak 7. lokasyondan alınan numunenin 22-52 cm derinliğinde tespit edilmiştir. Minimum değer ise 48 ppm olarak 2. Lokasyon üzerinden alınan numunenin 4-10 cm derinliğinde tespit edilmiştir. Tablo 3.1.' de PEL, TEL ve ERL sınır değerleri esas alındığında, tüm lokasyonlarda Çinko için PEL ve ERM sınır değerlerinin altında kaldığı görülmektedir. Üçüncü lokasyondan alınan örselenmemiş numune 4-10 cm derinliğinde, beşinci lokasyondan alınan örselenmemiş numune 22-52 cm derinliğinde ve yedinci lokasyondan alınan örselenmemiş numune 22-52 cm derinliğinde TEL sınır değerinin aşıldığı ama diğer tüm seviyelerde TEL sınır değerinin altında kaldığı tespit edilmiştir. Üçüncü lokasyondan alınan örselenmemiş numune 4-10 cm derinliğinde, beşinci lokasyondan alınan örselenmemiş numune 22-52 cm derinliğinde, yedinci lokasyondan alınan örselenmemiş numune 22-52 cm derinliğinde ve beşinci lokasyondan alınan örselenmemiş numune 38-85 cm derinliğinde ERL sınır değerinin aşıldığı ama diğer tüm seviyelerde ERL sınır değerinin altında kaldığı tespit edilmiştir. Herbir lokasyon için ortalama Zn değerleri esas alındığında, 1., 2., 3., 4., 5., 6. ve 7. Lokasyonlar için sırasıyla, 68,50 ppm, 68,50 ppm, 78,67 ppm, 65,33 ppm, 87,83 ppm, 74,00 ppm ve 94,50 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu değerlere göre, 7. Lokasyonun en yüksek ortalama Zn değerine sahip olduğu 4. Lokasyonun ise en düşük ortalama Zn değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Kanada Sediment Kalite Yönergesi (Tablo 3.2.)' ne göre Zn (Çinko) muhtemel etki düzeyi üst sınırı 820 mg/kg kabul edildiğinde, 1.,2.,3.,4.,5.,6.,7. örnekleme noktalarında, bütün sediment dilimlerinde Zn konsantrasyonu sınır değerinin altında kalmaktadır.



Şekil 3.15. Çinko Ağır Metali Ortalama Konsantrasyon Değerlerinin Lokasyonlara Göre Dağılım Grafiği



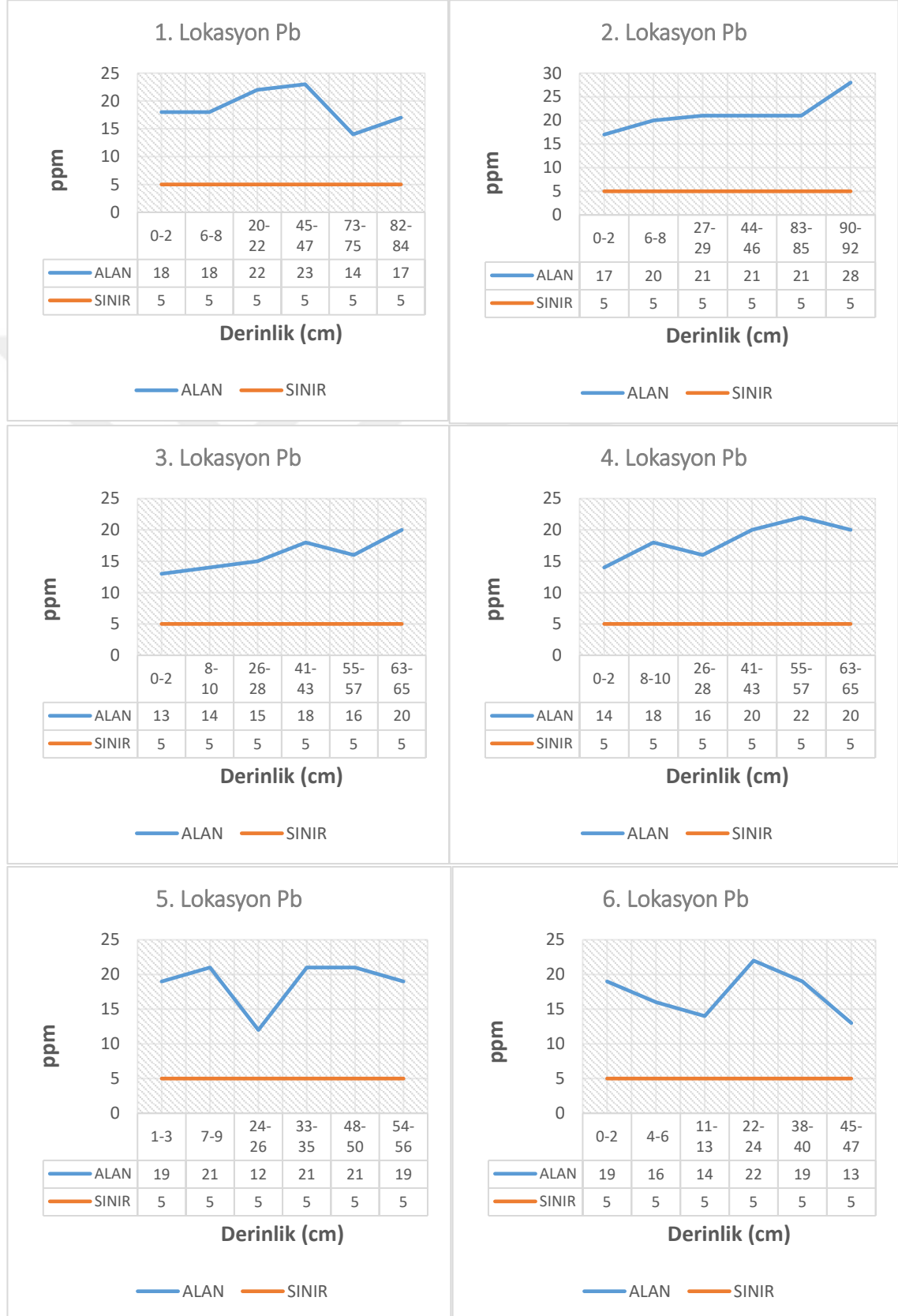
Şekil 3.16. Kızılırmak Nehri üzerinde Örnekleme Noktalarından Alınan Sediment Numunelerinde Çinko Ağır Metal Konsantrasyonlarına Ait Yoğunluk Dağılımı

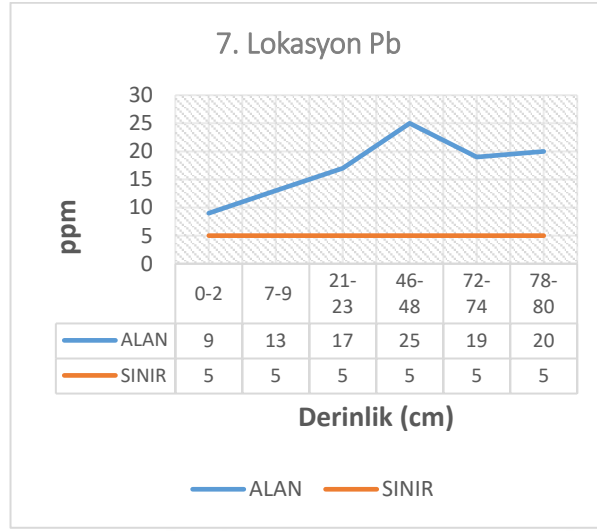
Çinko ağır metalinin örnekleme noktalarındaki ortalama değerleri (Şekil 3.15.) kullanılarak, Şekil 3.16.' da bölgenin jeoloji haritası üzerinde yoğunluk dağılımı sunulmuştur.

3.5. Kurşun (Pb) Ağır Metal Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Periyodik tabloda IVA grubu elementlerinden olan kurşun, çevre kirliliği açısından sorun oluşturan ağır metaller arasında yer almaktadır. Doğal kaynaklardan gelen kurşun çevreye çok fazla katkı sağlamadığı gibi günümüzde Grönland buzullarındaki Pb miktarının, doğal düzeyin 400 katı olduğu ifade edilmektedir [73]. Örnekleme noktalarında bulunan Pb ağır metali (Şekil 3.17.) birikme oranları incelendiğinde antropojenik etkilerle yıllara

göre değişkenlik gösterdiği ve her örnekleme noktasında aynı derinlik seviyelerinde farklı oranlarda yoğunluğa sahip olduğu anlaşılmaktadır.

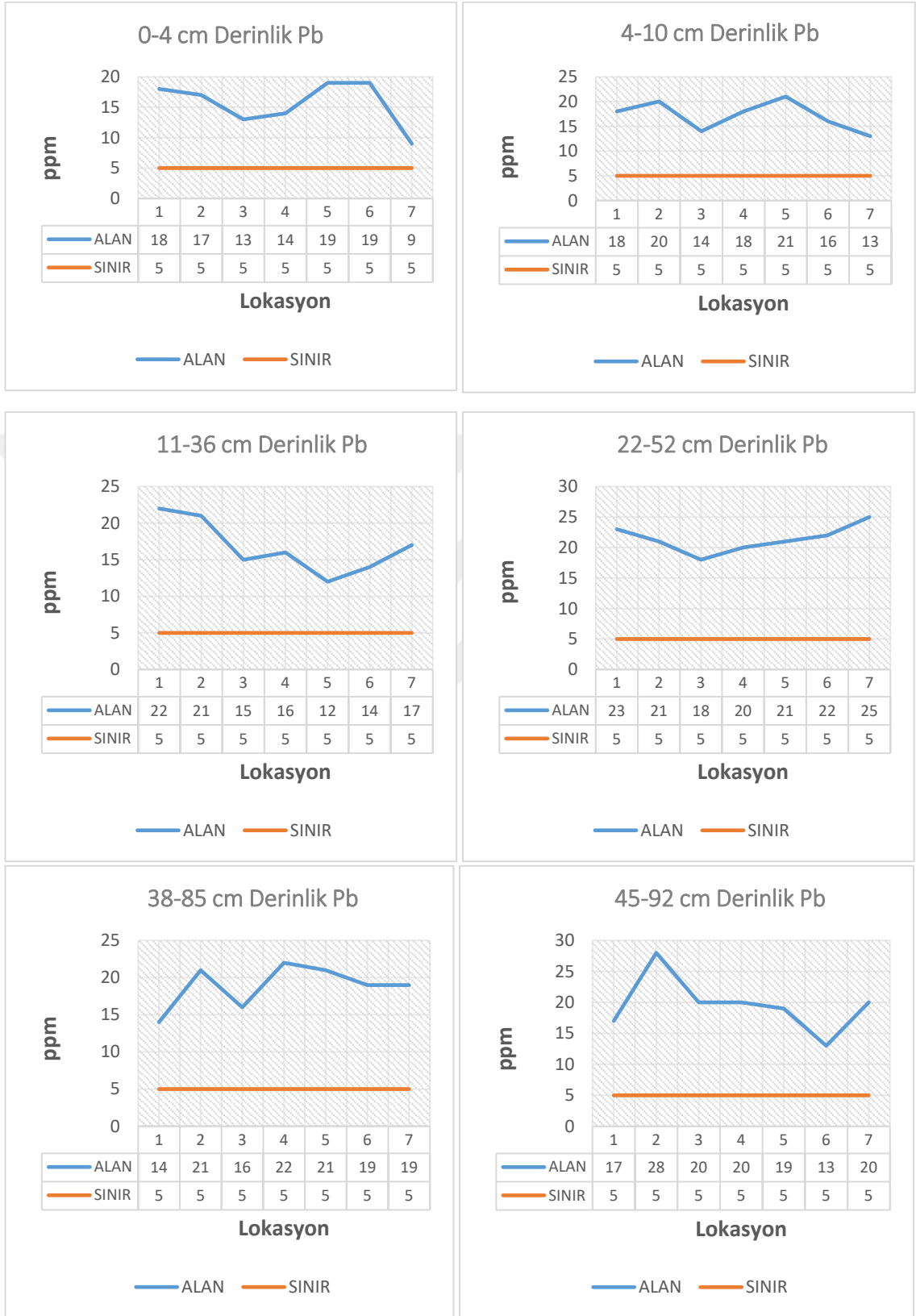




Şekil 3.17. Kurşun Ağır Metalinin Lokasyonlardan Alınan Bozulmamış Sediment Örneklerindeki Yoğunluk Dağılımı

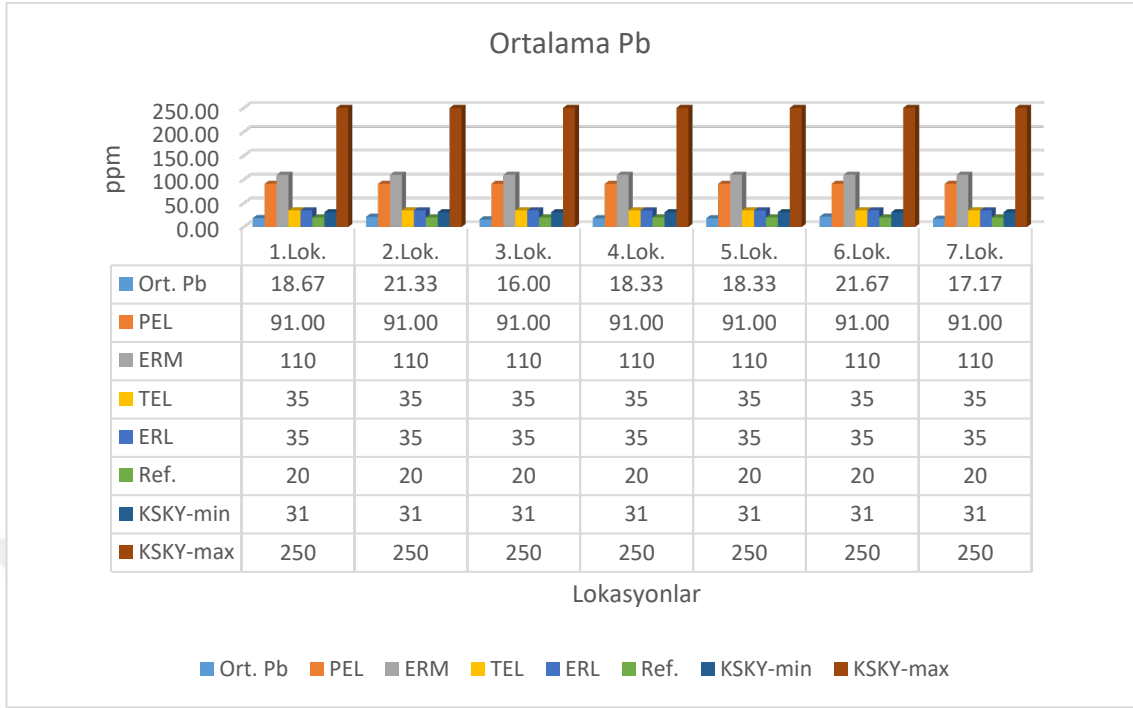
Kurşun, genellikle metal ve metal kaplama sanayi ile madencilik faaliyetleri atık sularında bulunur. Metal sanayi atık sularında Pb konsantrasyonu az olmakla beraber, toksik özellikte olmaları nedeniyle alıcı ortama verilmeden önce arıtılmalıdır. Kurşun ayrıca organik maddelerle kararlı Pb kompleksleri oluşturabilir ve Pb aktarımında etkili olabilir. Ortamın artan pH'ı genellikle kompleksleşmiş Pb miktarını artırır [73].

Endüstriyel atıkların akarsularla taşınması sonucunda deniz canlılarında Pb bulaşmasına rastlanmaktadır. Kurşunun vücutta toksik etki oluşturması için kanda veya yumuşak dokularda belli bir düzeye kadar birikmesi gerekir. Yaş, beslenme ve fizyolojik durumlar gibi birçok faktöre bağlı olarak etkisi değişmektedir. Çocuklar için 40-80 µg Pb/ 100 ml toksik belirtilerin görülebileceği, 80 µg Pb/ 100 ml Kurşun zehirlenmelerinin görüldüğü düzeydir. Saçlar, kemikler ve dişlerdeki kurşun miktarı muhtemel kurşun zehirlenmeleri hakkında bilgi vermektedir [72].

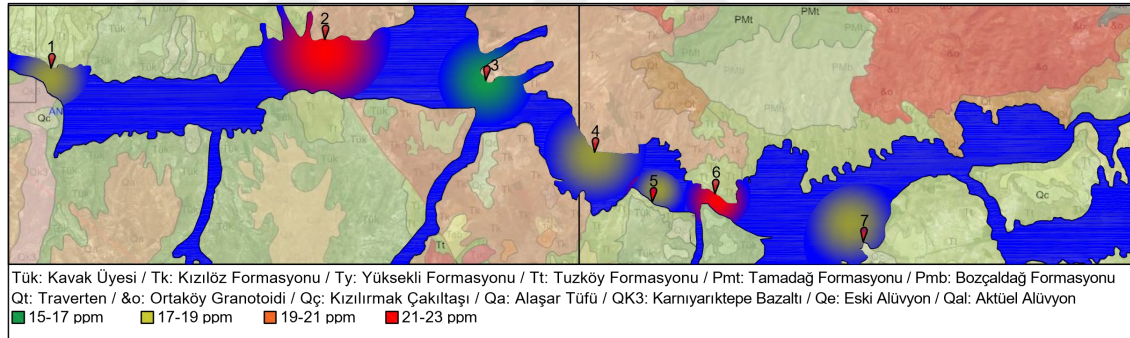


Şekil 3.18. Kurşun Ağır Metali için Lokasyonlardan Alınan ve Dilimlere Ayrılmış Bozulmamış Sediment Örneklerinde Aynı Derinliklerdeki Yoğunluk Dağılım Grafiği

Kurşun elementine ait analiz sonuçlara göre (Şekil 3.18.)’ de değerlendirildiğinde, en yüksek değer 28 ppm olarak 2. lokasyondan alınan numunenin 45-92 cm derinliğinde üzerinde görülmüştür. Minimum değer ise 9 ppm olarak 7. Lokasyon üzerinden alınan numunenin 0-4 cm derinliğinde tespit edilmiştir. Tablo 3.1.1.’ de PEL, TEL ve ERL sınır değerleri esas alındığında, tüm lokasyonlarda Kurşun için PEL, ERM, TEL ve ERL sınır değerlerinin aşıldığı görülmektedir. Beşinci lokasyondan alınan örselenmemiş numuneler üzerindeki 4-10 cm derinliğinde, birinci ve ikinci lokasyondan alınan örselenmemiş numune üzerindeki 11-36 cm derinliğinde, birinci, ikinci, beşinci, altıncı ve yedinci lokasyondan alınan örselenmemiş numuneler üzerindeki 22-52 cm derinliğinde, ikinci, dördüncü, beşinci lokasyondan alınan örselenmemiş numuneler üzerindeki 38-85 cm derinliğinde ve dördüncü lokasyondan alınan örselenmemiş numuneler üzerindeki 45-92 cm derinliğinde Ref. sınır değerinin aşıldığı tespit edilmiştir. Herbir lokasyon için ortalama Pb değerleri esas alındığında, 1., 2., 3., 4., 5., 6. ve 7. Lokasyonlar için sırasıyla, 18,67 ppm, 21,33 ppm, 16 ppm, 18,33 ppm, 18,83 ppm, 21,67 ppm ve 17,17 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu değerlere göre 6. Lokasyonun en yüksek ortalama Pb değerine sahip olduğu 3. Lokasyonun ise en düşük ortalama Pb değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Kanada Sediment Kalite Yönergesi (Tablo 3.2.)’ ne göre Pb (Kurşun) muhtemel etki düzeyi üst sınırı 250 mg/kg kabul edildiğinde, 1.,2.,3.,4.,5.,6.,7. örnekleme noktalarında, bütün sediment dilimlerinde Pb konsantrasyonu sınır değerinin altında kalmaktadır.



Şekil 3.19. Kurşun Ağır Metali Ortalama Konsantrasyon Değerlerinin Lokasyonlara Göre Dağılım Grafiği



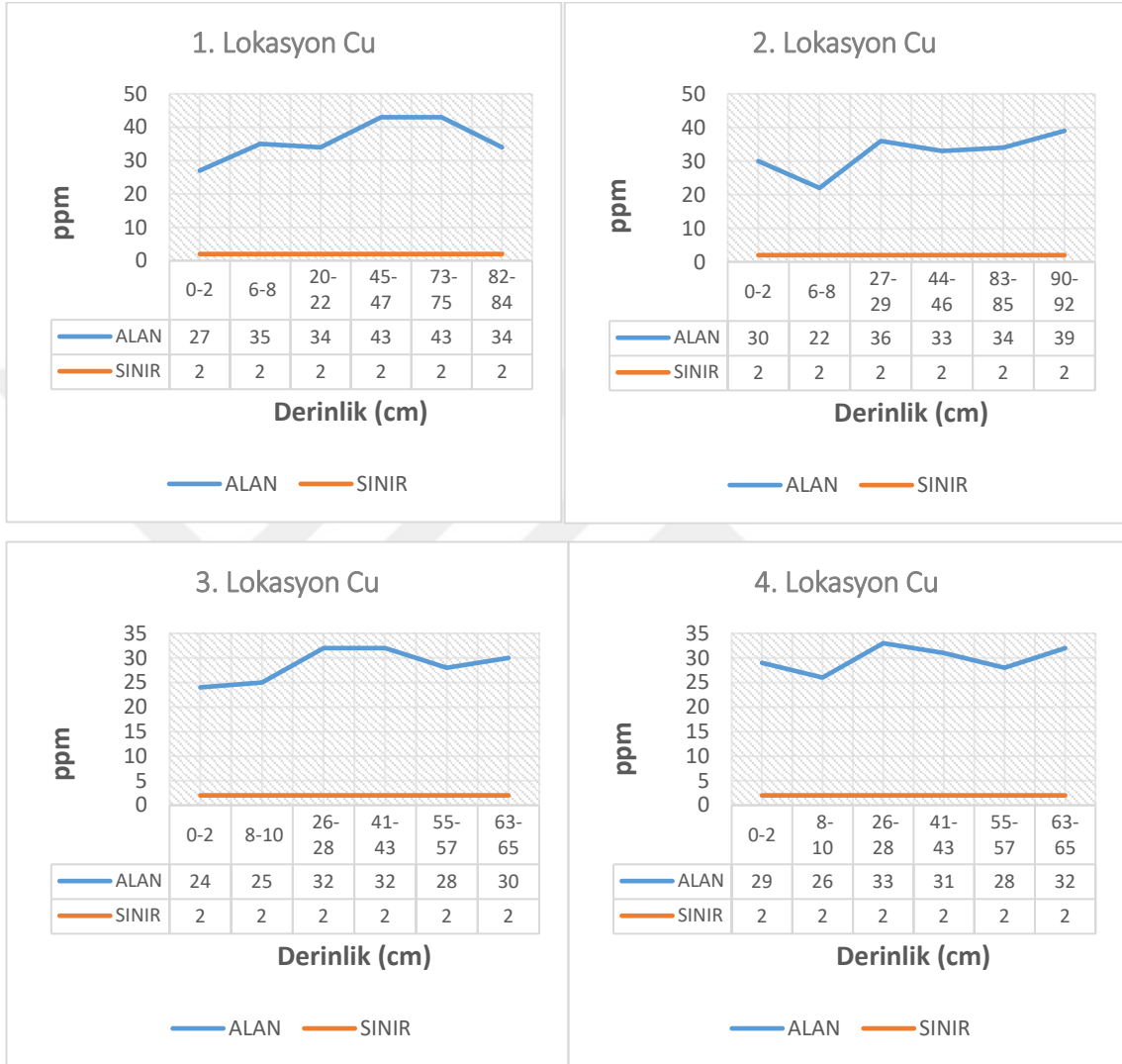
Şekil 3.20. Kızılırmak Nehri üzerinde Örnekleme Noktalarından Alınan Sediment Numunelerinde Kurşun Ağır Metal Konsantrasyonlarına Ait Yoğunluk Dağılımı

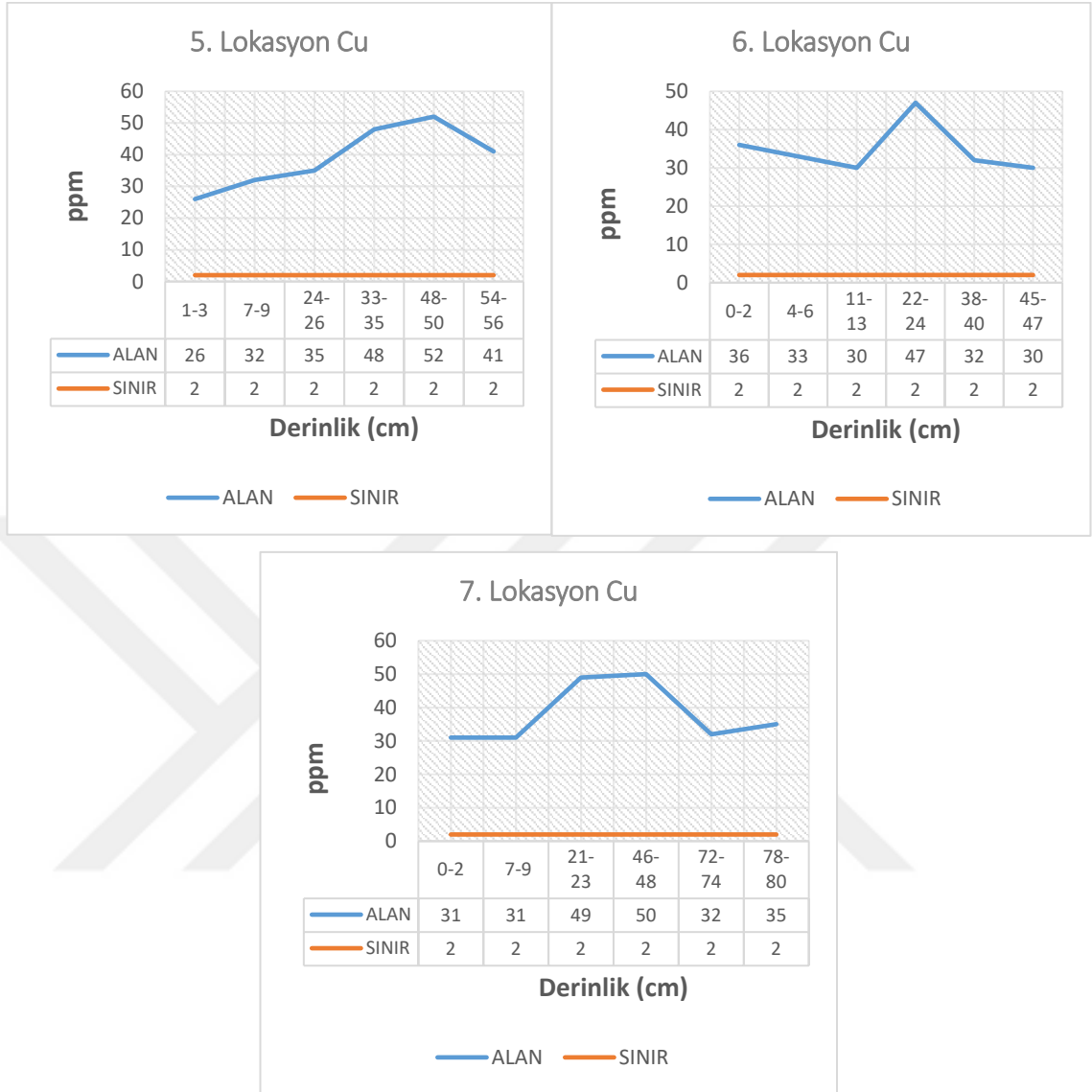
Kurşun ağır metalinin örnekleme noktalarındaki ortalama değerleri (Şekil 3.19.) kullanılarak, Şekil 3.20.' de bölgenin jeoloji haritası üzerinde yoğunluk dağılımı sunulmuştur.

3.6. Bakır (Cu) Ağır Metal Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Isı ve elektrik iletkenliğine sahip bir metaldir. Organizma için temel bir element olan bakırın, günümüzde denizel ortamlardaki konsantrasyonu, şehirleşme ve endüstriyel gelişme, maden işletmelerinin sayı ve kapasite olarak artması, bu elementi içeren tarımsal gübre ve pestisitlerin aşırı ve yanlış kullanımı sonucu çok yüksek düzeylere ulaşabilmektedir [73]. Bu çevresel etkiler altında örnekleme noktalarından alınan karot

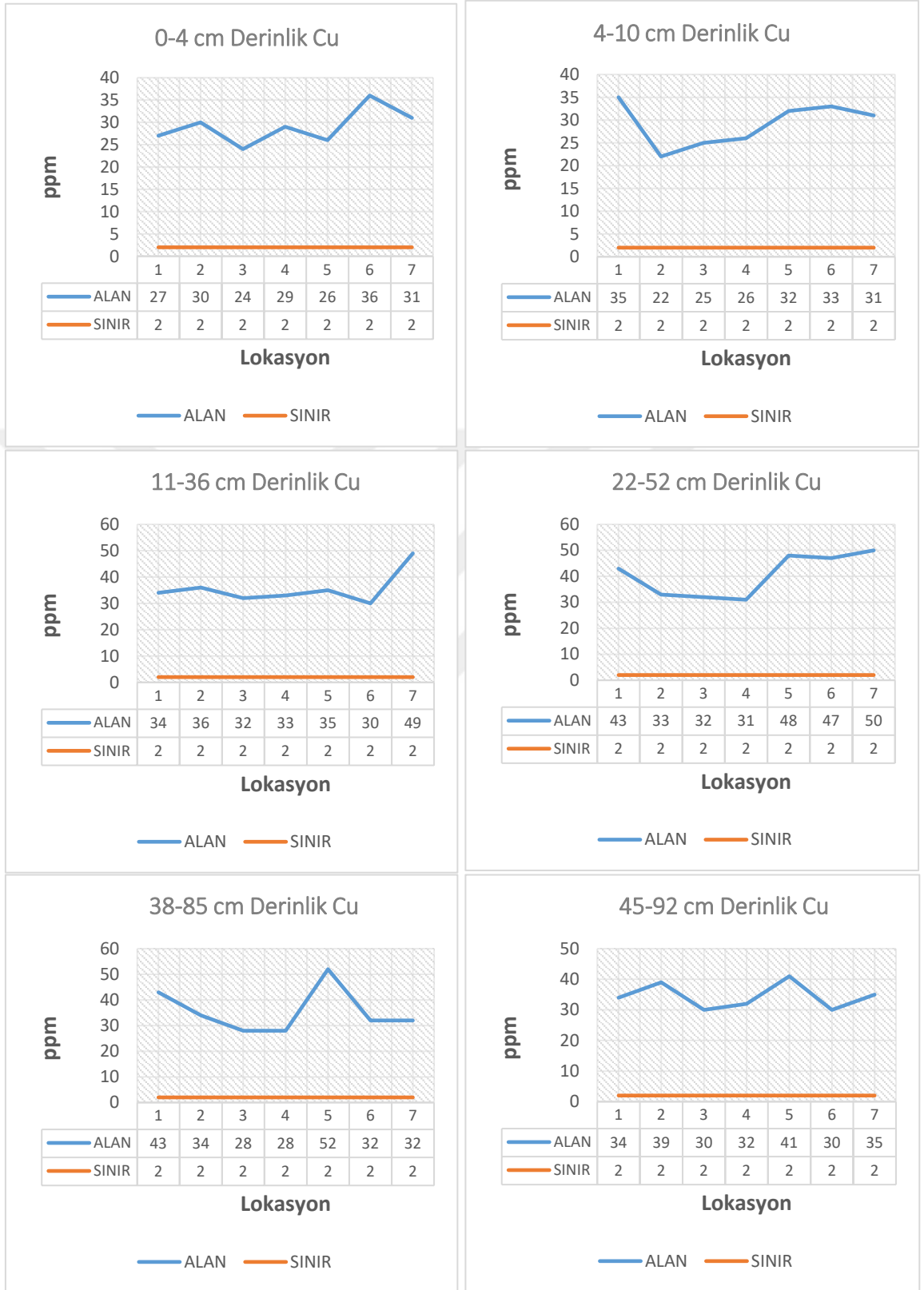
numunelerindeki Cu ağır metal oranları (Şekil 3.21.) incelendiğinde Cu ağır metalinin birikme oranlarının yıllara göre düzensiz olduğu ve çevresel koşullardan etkilendiği görülmektedir.





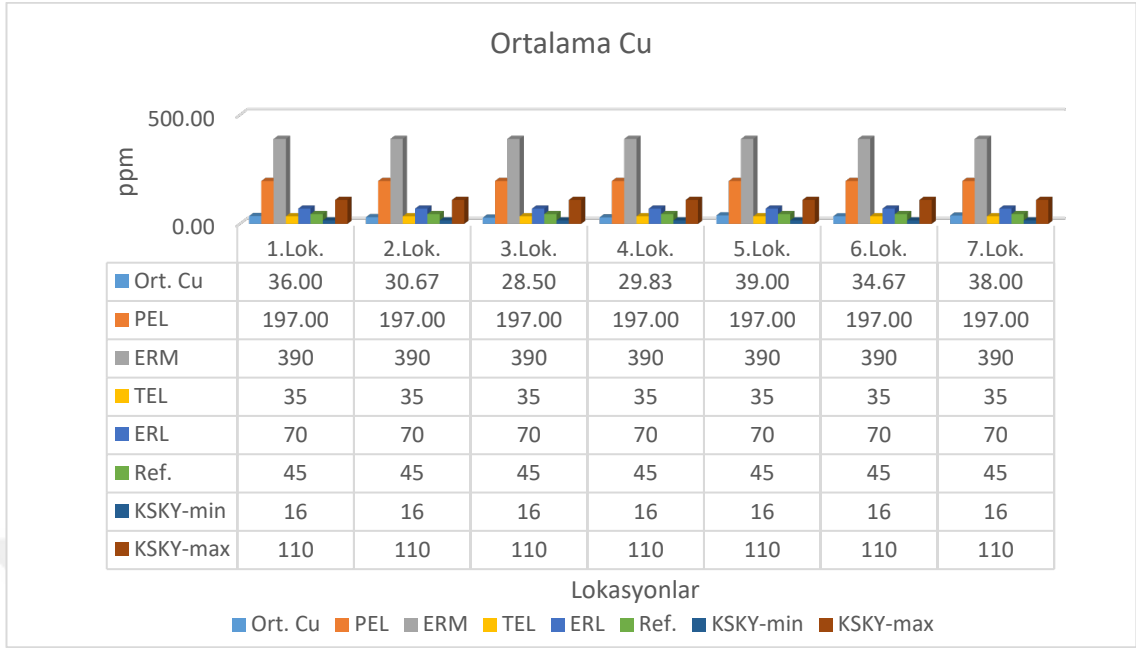
Şekil 3.21. Bakır Ağır Metalinin Lokasyonlardan Alınan Bozulmamış Sediment Örneklerindeki Yoğunluk Dağılımı

Bakırın içme suyuyla yüksek miktarda alınımı sonucunda bulantı, kusma, ishal, karın krampları, karaciğer ve böbrek yetmezliği (1 yaşın altındaki çocuklarda 14 günden fazla 1000 µg/L'den daha yüksek miktarda bakır içeren suya maruz kalma sonucunda) gözlenebilmektedir. Yetişkinler için karaciğer yetmezliği ya da Wilson hastalığı olanlar Bakıra karşı daha duyarlıdır [71].

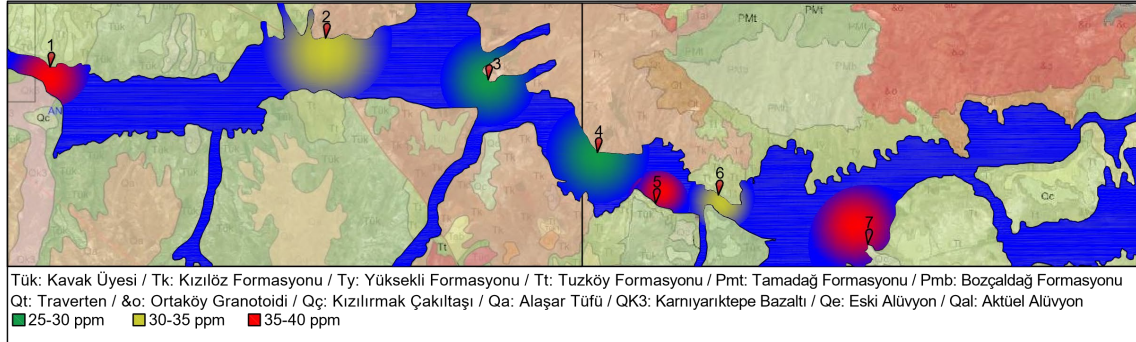


Şekil 3.22. Bakır Ağır Metali için Lokasyonlardan Alınan ve Dilimlere Ayrılmış Bozulmamış Sediment Örneklerinde Aynı Derinliklerdeki Yoğunluk Dağılım Grafiği

Bakır elementine ait analiz sonuçlara göre (Şekil 3.22.)' de değerlendirildiğinde, en yüksek değer 52 ppm olarak 5. lokasyondan alınan numune üzerinde 38-85 cm derinliğinde görülmüştür. Minimum değer ise 22 ppm olarak 2. Lokasyon üzerinden alınan numunenin 4-10 cm derinliğinde tespit edilmiştir. Tablo 3.1.1.' de PEL, TEL ve ERL sınır değerleri esas alındığında, tüm lokasyonlarda Bakır için PEL, ERM VE ERL sınır değerlerinin altında kaldığı görülmektedir. Altıncı lokasyondan alınan örselenmemiş numune üzerindeki 0-4 cm derinliğinde, ikinci lokasyondan alınan örselenmemiş numune üzerindeki 11-36 cm derinliğinde, birinci, beşinci, altıncı ve yedinci lokasyonlardan alınan örselenmemiş numuneler üzerindeki 22-52 cm derinliğinde, birinci ve beşinci lokasyonlardan alınan örselenmemiş numuneler üzerindeki 38-85 cm derinliğinde ve ikinci ve beşinci lokasyonlardan alınan örselenmemiş numuneler üzerindeki 45-92 cm derinliğinde tüm seviyelerde TEL sınır değerinin aşıldığı tespit edilmiştir. Herbir lokasyon için ortalama Cu değerleri esas alındığında, 1., 2., 3., 4., 5., 6. ve 7. Lokasyonlar için sırasıyla, 36,00 ppm, 30,67 ppm, 28,50 ppm, 29,83 ppm, 39,00 ppm, 34,67 ppm ve 38,00 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu değerler göre, 5. Lokasyonun en yüksek ortalama Cu değerine sahip olduğu 3. Lokasyonun ise en düşük ortalama Cu değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Kanada Sediment Kalite Yönergesi (Tablo 3.2.)' ne göre Cu (Bakır) muhtemel etki düzeyi üst sınırı 110 mg/kg kabul edildiğinde, 1.,2.,3.,4.,5.,6.,7. örnekleme noktalarında, bütün sediment dilimlerinde Cu konsantrasyonu sınır değerinin altında kalmaktadır.



Şekil 3.23. Bakır Ağır Metali Ortalama Konsantrasyon Değerlerinin Lokasyonlara Göre Dağılım Grafiği



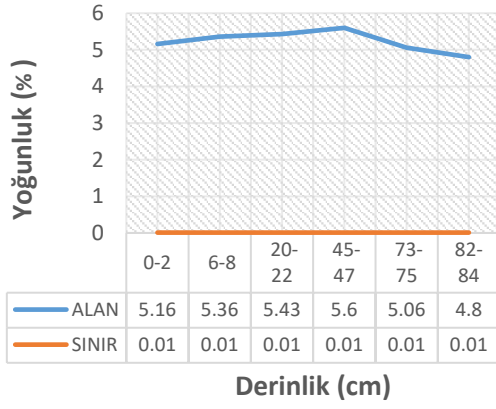
Şekil 3.24. Kızılırmak Nehri üzerinde Örnekleme Noktalarından Alınan Sediment Numunelerinde Bakır Ağır Metal Konsantrasyonlarına Ait Yoğunluk Dağılımı

Bakır ağır metalinin örnekleme noktalarındaki ortalama değerleri (Şekil 3.23.) kullanılarak, Şekil 3.24.' te bölgenin jeoloji haritası üzerinde yoğunluk dağılımı sunulmuştur.

3.7. Alüminyum (Al) Ağır Metal Sonuçlarının Değerlendirilmesi

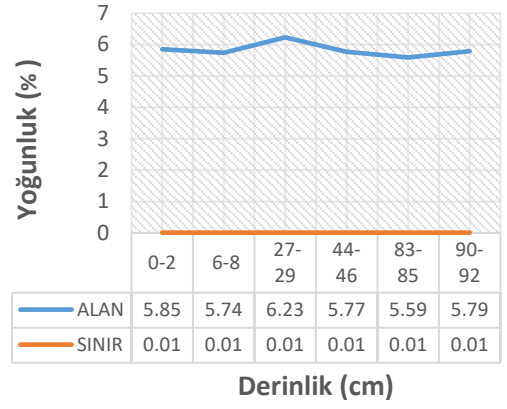
Örnekleme noktalarında bulunan Al ağır metali (Şekil 3.25.) birikme oranları incelendiğinde yıllara göre büyük oranlarda olmasa da değişkenlik gösterdiği ve her örnekleme noktasında aynı derinlik seviyelerinde birbirine yakın oranlarda yoğunluğa sahip olduğu anlaşılmaktadır.

1. Lokasyon Al



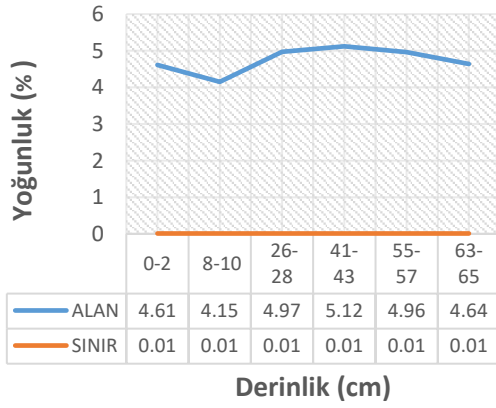
— ALAN — SINIR

2. Lokasyon Al



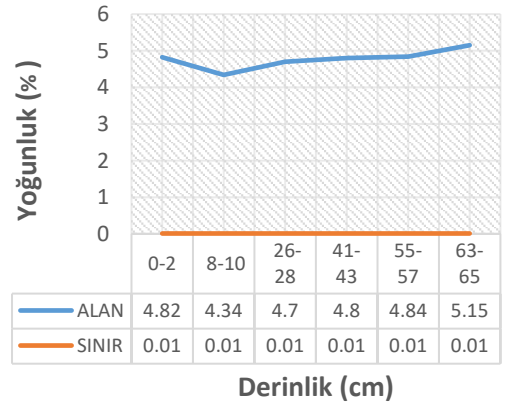
— ALAN — SINIR

3. Lokasyon Al



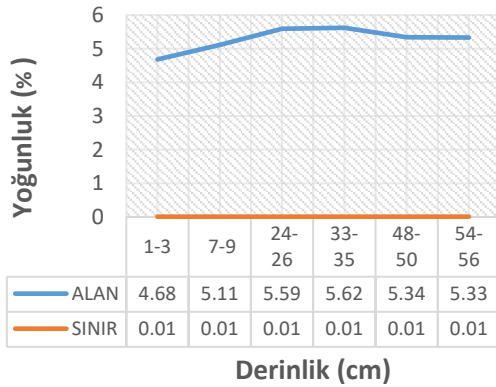
— ALAN — SINIR

4. Lokasyon Al



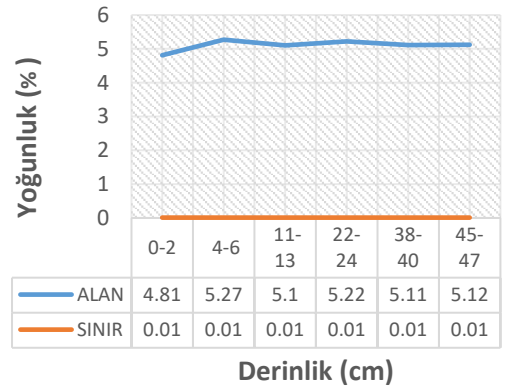
— ALAN — SINIR

5. Lokasyon Al

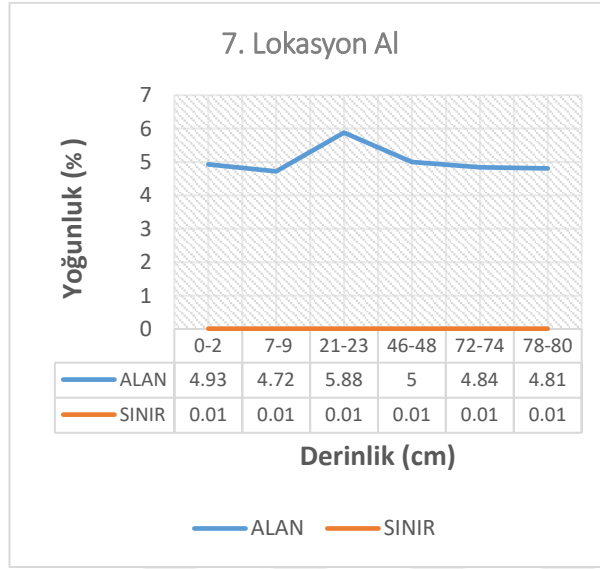


— ALAN — SINIR

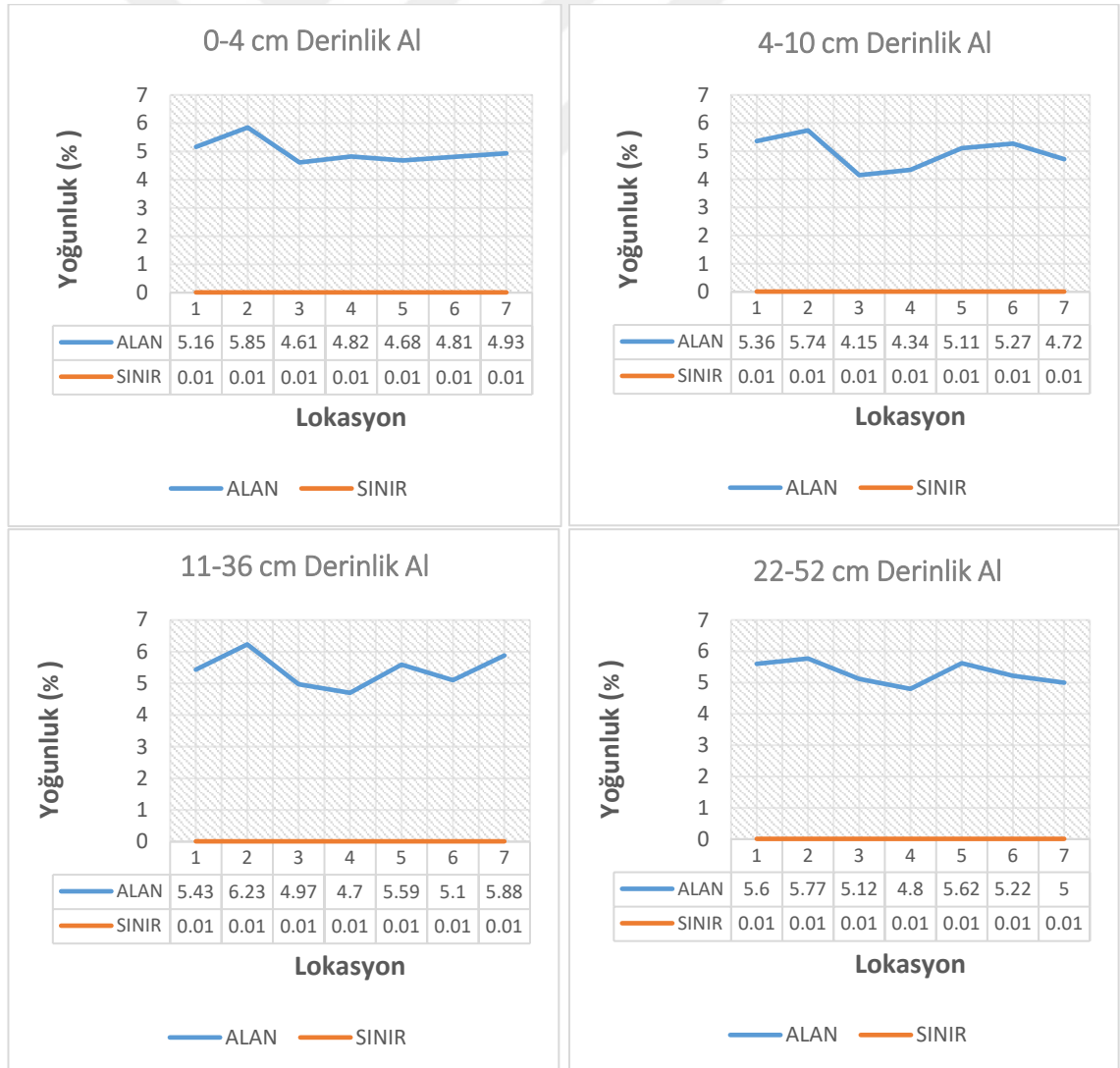
6. Lokasyon Al

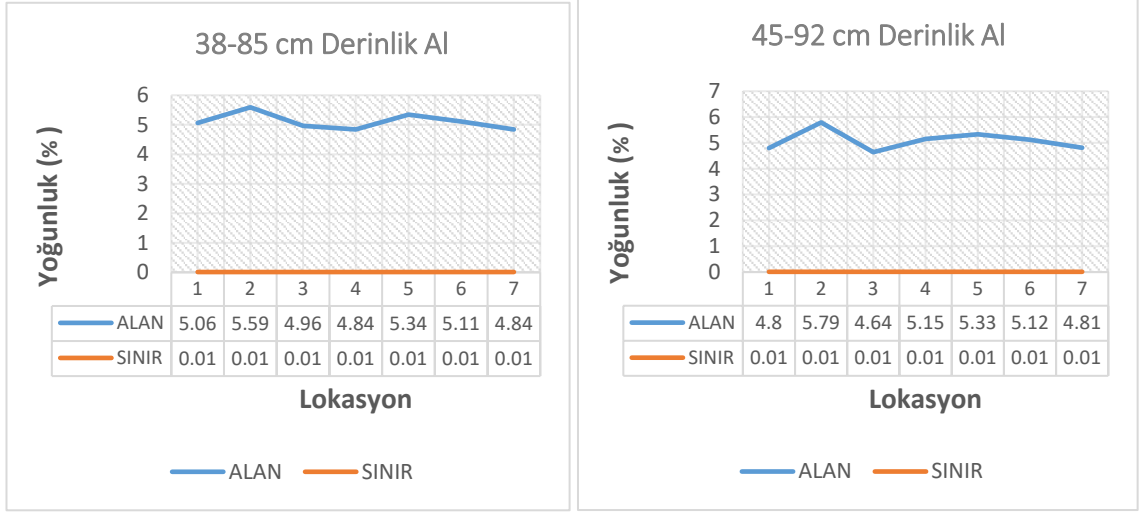


— ALAN — SINIR



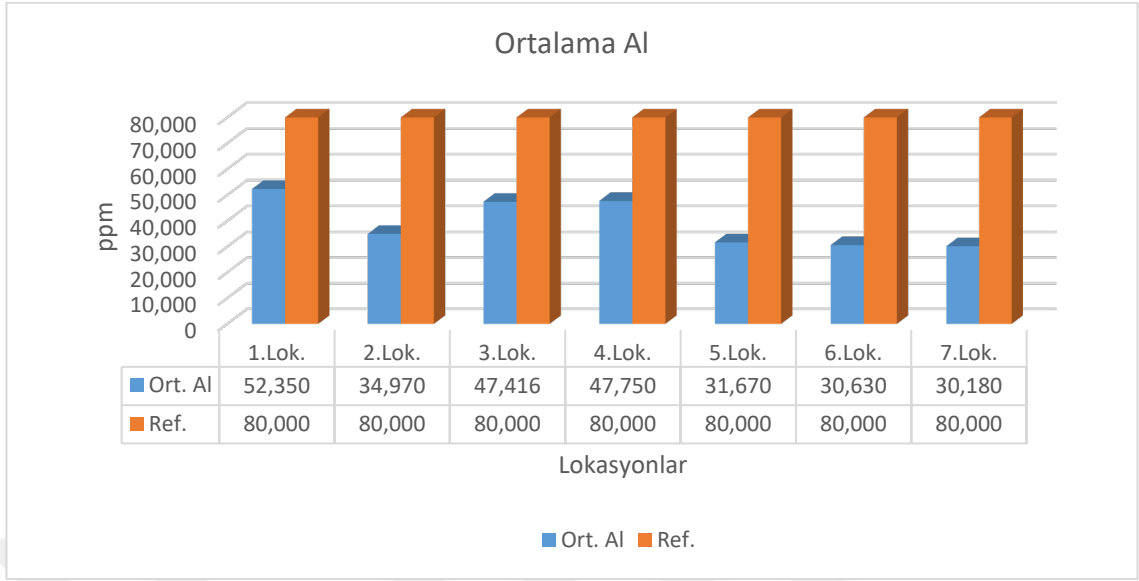
Şekil 3.25. Alüminyum Ağır Metalinin Lokasyonlardan Alınan Bozulmamış Sediment Örneklerindeki Yoğunluk Dağılımı



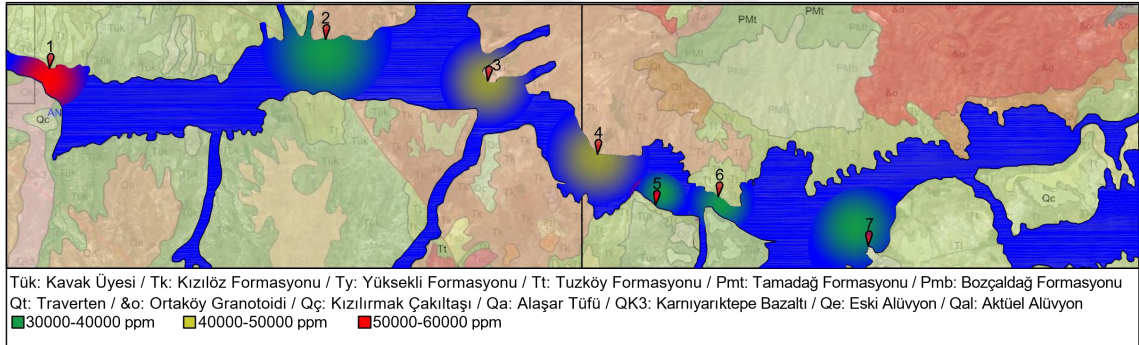


Şekil 3.26. Alüminyum Ağır Metali için Lokasyonlardan Alınan ve Dilimlere Ayrılmış Bozulmamış Sediment Örneklerinde Aynı Derinliklerdeki Yoğunluk Dağılım Grafiği

Alüminyum elementine ait analiz sonuçları (Şekil 3.26.)’ da değerlendirildiğinde ($\% = 10^4$ ppm), en yüksek değer 62.300 ppm olarak 2. Lokasyon üzerinden alınan numunenin 11-36 cm derinliğinde görülmüştür. Minumum değer ise 41.500 ppm olarak 3. Lokasyon üzerinden alınan numunenin 4-10 cm derinliğinde tespit edilmiştir. Tablo 3.1.’ de Ref. sınır değeri esas alındığında, Tüm lokasyonlardan alınan örneklerdeki Herbir lokasyon için ortalama Al değerleri esas alındığında, 1., 2., 3., 4., 5., 6. ve 7. Lokasyonlar için sırasıyla, 52.350 ppm, 34.970 ppm, 47.416 ppm, 47.750 ppm, 31.670 ppm, 30.630 ppm ve 30.180 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu değerlere göre 1. Lokasyonun en yüksek ortalama Al değerine sahip olduğu ve 7. Lokasyonun ise en düşük ortalama Al değerine sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.27. Alüminyum Ağır Metali Ortalama Konsantrasyon Değerlerinin Lokasyonlara Göre Dağılım Grafiği



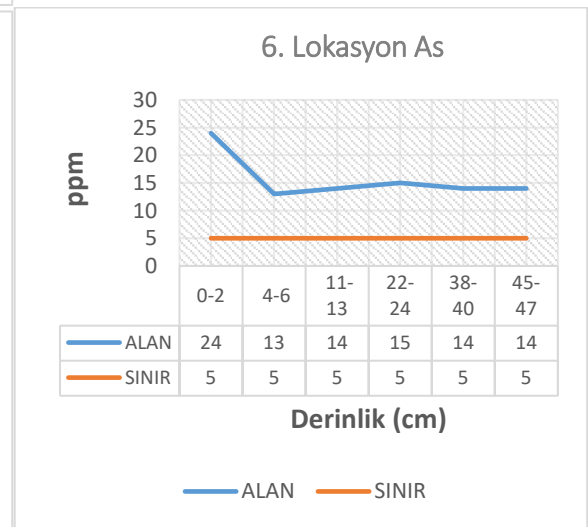
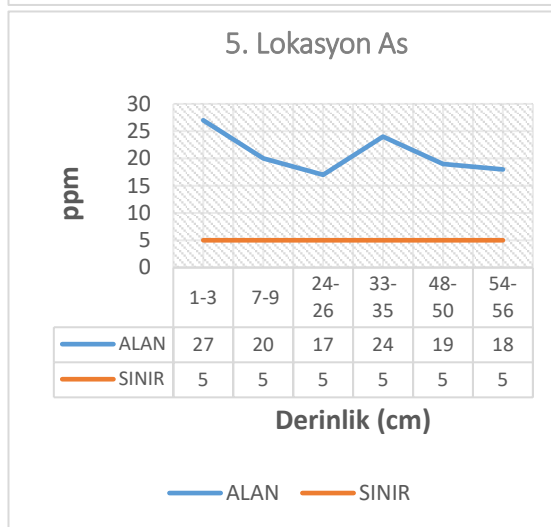
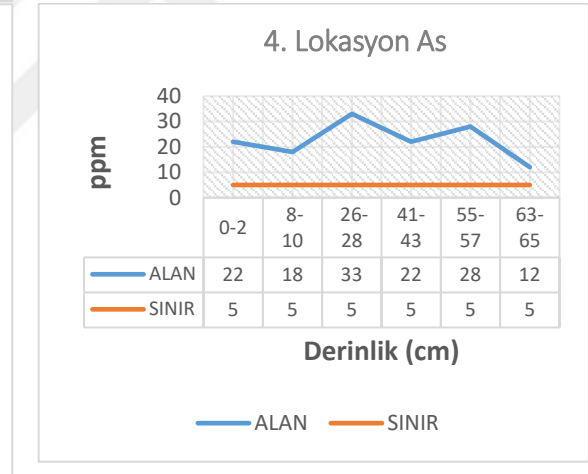
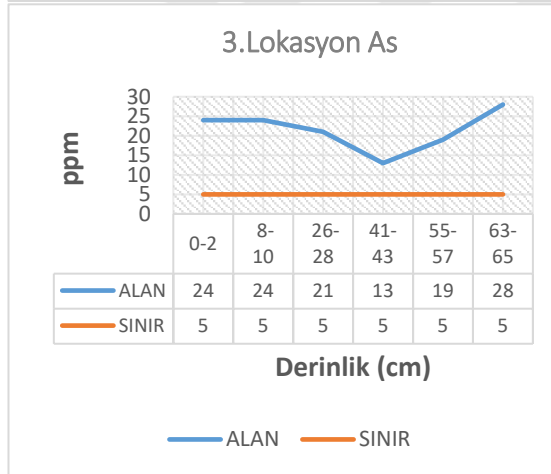
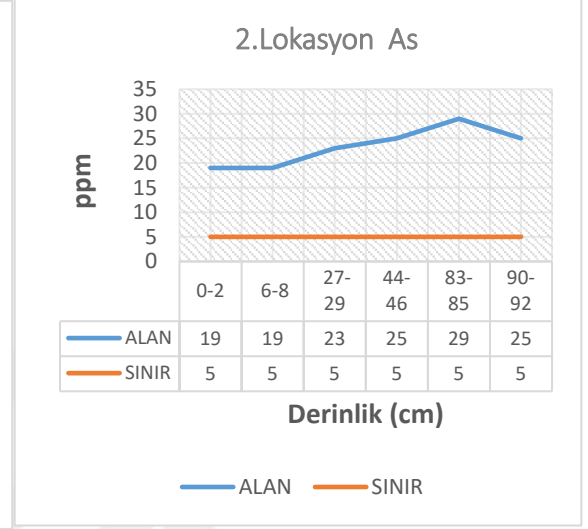
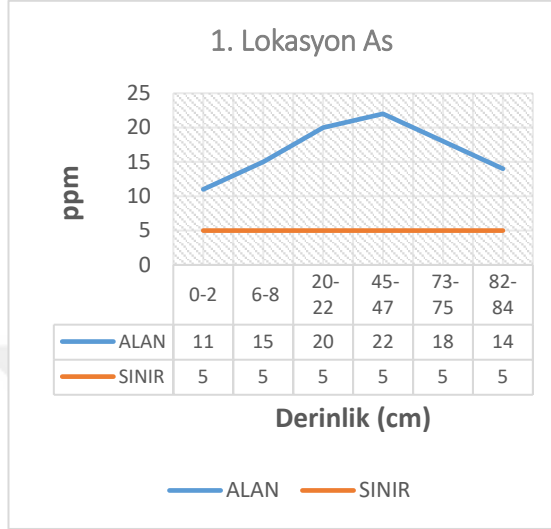
Şekil 3.28. Kızılırmak Nehri üzerinde Örnekleme Noktalarından Alınan Sediment Numunelerinde Alüminyum Ağır Metal Konsantrasyonlarına Ait Yoğunluk Dağılımı

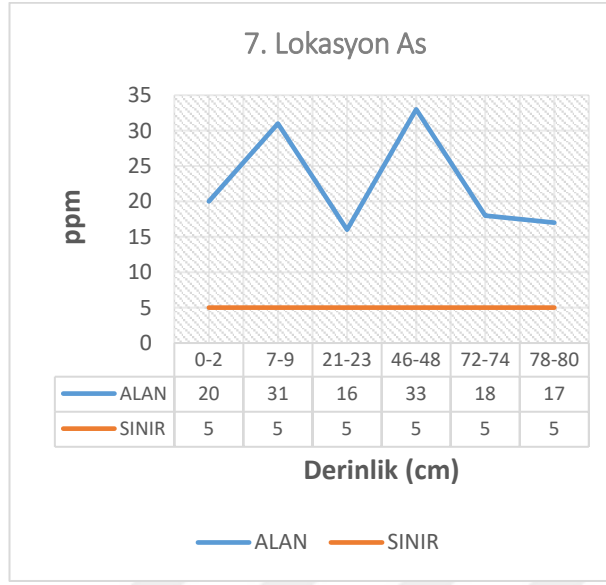
Alüminyum ağır metalinin örnekleme noktalarındaki ortalama değerleri (Şekil 3.27.) kullanılarak, Şekil 3.28.' de bölgenin jeoloji haritası üzerinde yoğunluk dağılımı sunulmuştur.

3.8. Arsenik (As) Ağır Metal Sonuçlarının Değerlendirilmesi

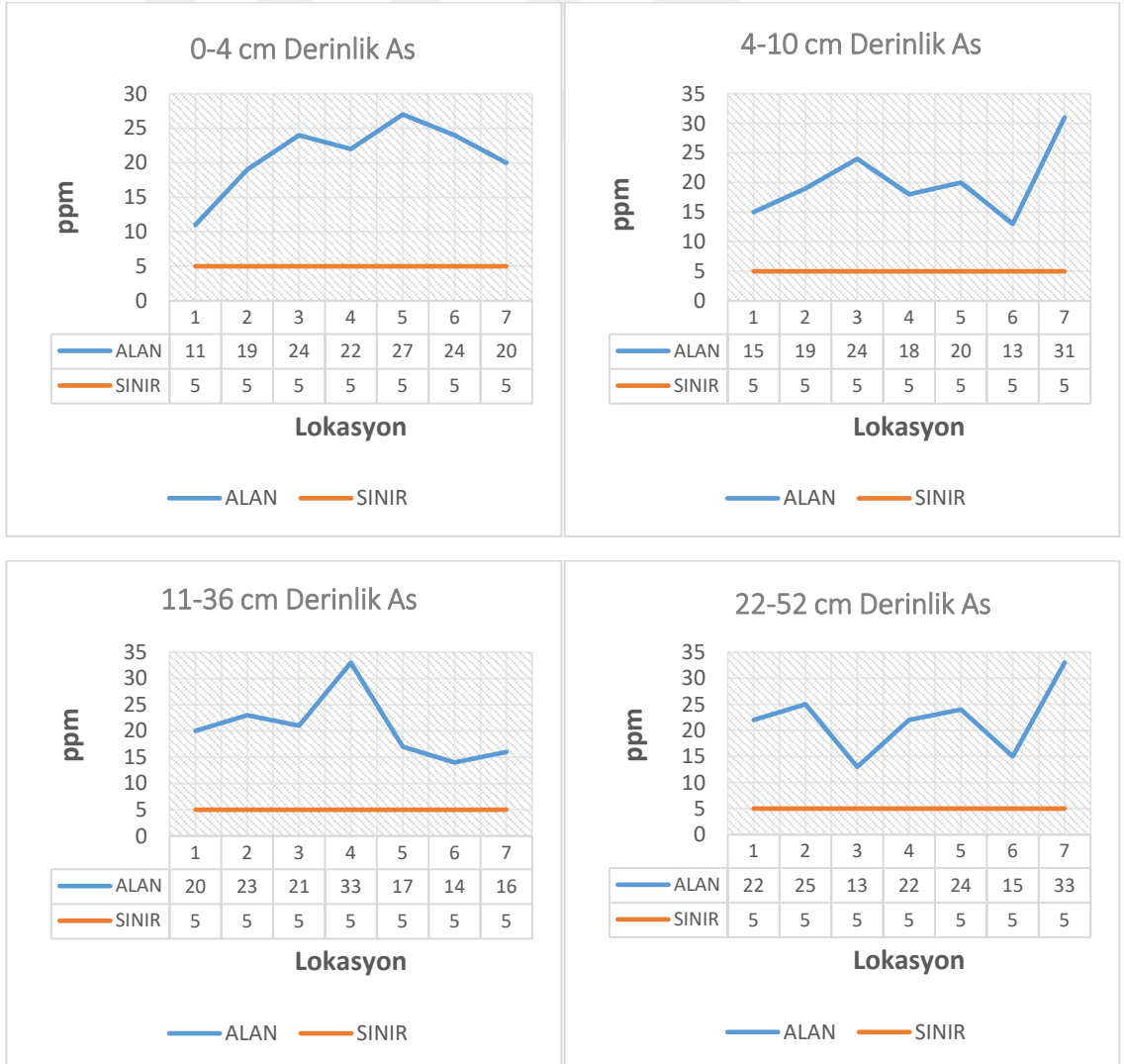
Arsenik, doğal olarak bulunabileceği gibi volkanik yollarla, erozyonlarla, orman yangınlarıyla daha büyük miktarlarda doğada serbest kalabilir. Hayvan besinleri, bazı gübreler ve pestisitler yüksek miktarda As salabilir. İnsan vücudunda düşük miktarlarda uzun süre maruz kalınması sonucunda, ciltte koyulaşmaya neden olabilir. Ayrıca vücutta siğiller oluşabilir. Ellerde ve ayaklarda iğne batması hissi, kan damarlarında hasar ve kalp ritim bozukluğuna, kırmızı ve beyaz kan hücrelerinin üretiminde azalmaya sebep olabilir [70]. Örnekleme noktalarında bulunan As ağır metali (Şekil 3.28) birikme oranları

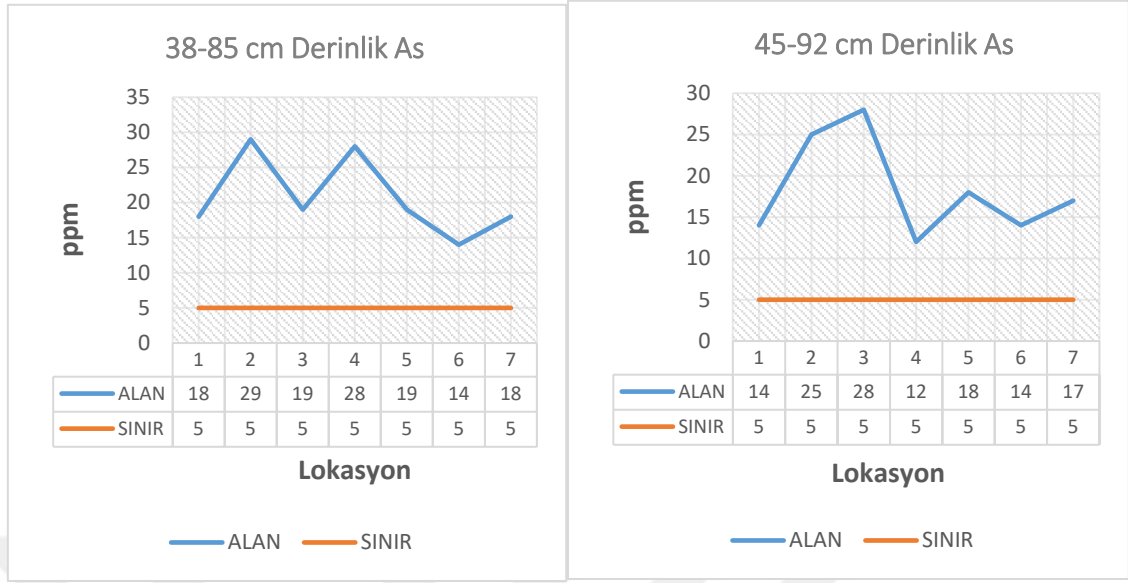
incelendiğinde yıllara göre büyük oranlarda ve düzensiz bir şekilde değişkenlik gösterdiği ve her örnekleme noktasında aynı derinlik seviyelerinde farklı oranlarda yoğunluğa sahip olduğu anlaşılmaktadır.





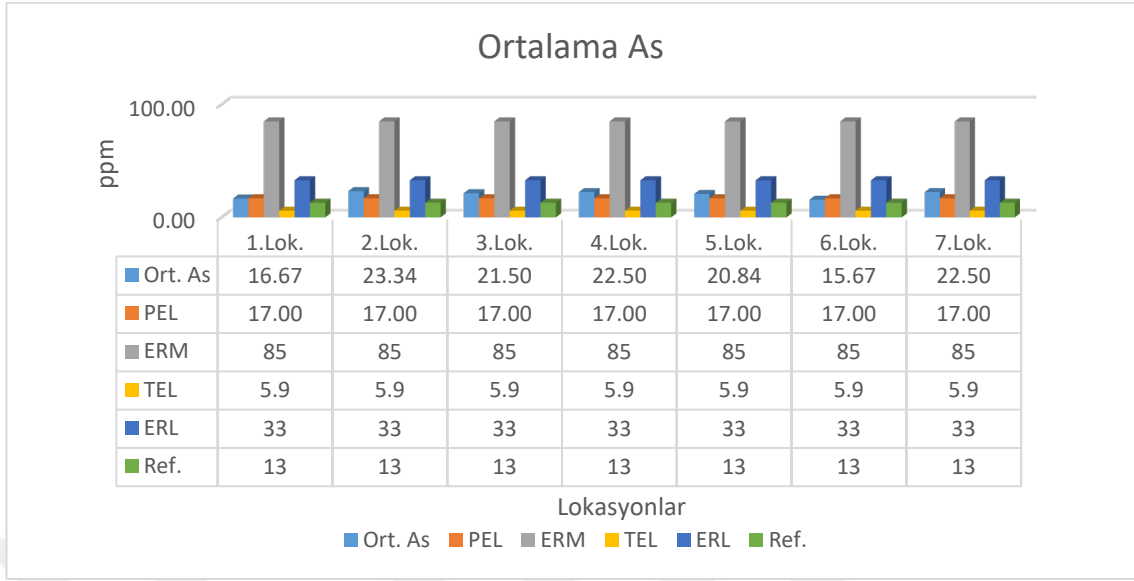
Şekil 3.29. Arsenik Ağır Metalinin Lokasyonlardan Alınan Bozulmamış Sediment Örneklerindeki Yoğunluk Dağılımı



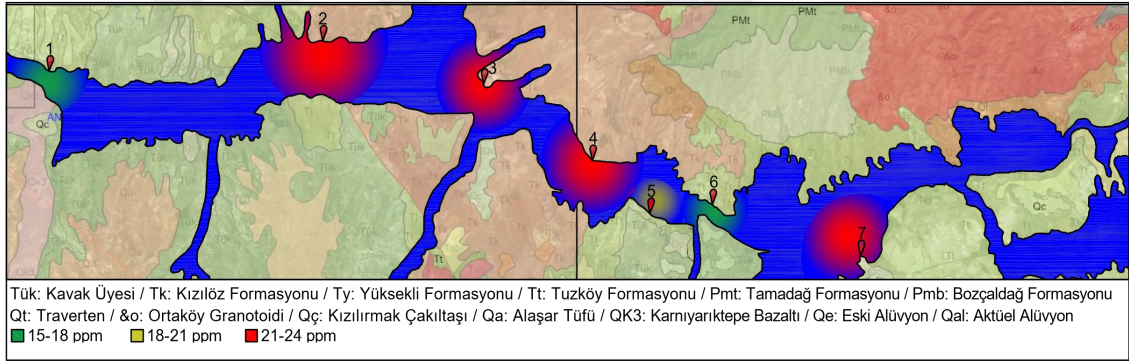


Şekil 3.30. Arsenik Ağır Metali için Lokasyonlardan Alınan ve Dilimlere Ayrılmış Bozulmamış Sediment Örneklerinde Aynı Derinliklerdeki Yoğunluk Dağılım Grafiği

Arsenik elementine ait analiz sonuçlar Şekil (3.30.) değerlendirildiğinde, en yüksek değer 33 mg/kg olarak 4. Lokasyondan alınan sediment örneğinin 26-28 cm derinliğinde ve 7. Lokasyondan alınan sediment örneğinin 22-52 cm derinliğinde görülmüştür. Minimum değer ise 11 mg/kg olarak 1. Lokasyon üzerinden alınan sediment örneğinin 0-2 cm derinliğinde tespit edilmiştir. Tablo 3.1.' de PEL, TEL ve ERL sınır değerleri esas alındığında, tüm lokasyonlarda Arsenik için TEL sınır değerinin aşıldığı görülmektedir. İkinci lokasyondan alınan örselenmemiş sediment numunesi üzerindeki tüm seviyelerde PEL sınır değerinin aşıldığı tespit edilmiştir. Tüm lokasyonlardan alınan örneklerdeki Arsenik değerleri ERM sınır değerlerinin altında kaldığı görülmektedir. Herbir lokasyon için ortalama As değerleri esas alındığında, 1., 2., 3., 4., 5., 6. ve 7. Lokasyonlar için sırasıyla, 16,67 mg/kg, 23,34 mg/kg, 21,5 mg/kg, 22,5 mg/kg, 20,84 mg/kg, 15,67 mg/kg, ve 22,5 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu değerler göre, 2. Lokasyonun en yüksek ortalama As değerine sahip olduğu 6. Lokasyonun ise en düşük ortalama As değerine sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.31. Arsenik Ağır Metali Ortalama Konsantrasyon Değerlerinin Lokasyonlara Göre Dağılım Grafiği



Şekil 3.32. Kızılırmak Nehri üzerinde Örnekleme Noktalarından Alınan Sediment Numunelerinde Arsenik Ağır Metal Konsantrasyonlarına Ait Yoğunluk Dağılımı

Arsenik ağır metalinin örnekleme noktalarındaki ortalama değerleri (Şekil 3.31.) kullanılarak, Şekil 3.32.' de bölgenin jeoloji haritası üzerinde yoğunluk dağılımı sunulmuştur.

3.9. Ağır Metal Analiz Sonuçlarının Toksik Risk İndeksi (TRI)'ne Göre Değerlendirilmesi

Bu çalışma kapsamında Cr, Zn, Pb, Cu, As ağır metal analiz sonuçları, elementlerin toksik etkilerinin belirlenmesi için kullanılan TRI (Toksik Risk İndeksi) esas alınarak değerlendirilmiştir [74]. Her bir ağır metalin toksik risk katsayısını (TRI_i) belirlemek için aşağıdaki Formül 3.1 kullanılmaktadır.

$$TRI_i = \sqrt{\frac{\left(\left(\frac{C_i}{TEL}\right)^2 + \left(\frac{C_i}{PEL}\right)^2\right)}{2}} \quad (3.1)$$

Formülde; C_i element konsantrasyonunu, TEL (threshold effect level) “eşik etki seviyesini”, PEL (probably effect level) “olası etki seviyesi”ni göstermektedir. TEL ve PEL elementlerin çeşitli deneysel canlı türleri ve sedimentte oluşturduğu toksik etkinin sınırları dikkate alınarak belirlenmiştir. Elementlerin bütünleşmiş yani toplam TRI (TEC)’si aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır;

$$TRI(TEC) = \sum_{i=1}^n TRI_i \quad (3.2)$$

Formülde; TRI_i tek bir elementin toksik risk katsayısına, i element konsantrasyonuna, n analizde kullanılan element sayısına, TRI (TEC) toplam toksik risk değerine karşılık gelmektedir. TRI (TEC) verileri 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 olarak değerlendirilmektedir [75].

Bu çalışma kapsamında, Kızılırmak nehri üzerinde 7 örnekleme noktasından alınan bozulmamış sediment karot örneklerinde, Cr, Zn, Pb, Cu, As ağır metal konsantrasyonlarına göre, toksik risk indeksleri hesaplanarak Tablo 3.3’ de sunulmuştur.

Tablo 3.3. Cr, Zn, Pb, Cu, As Ağır Metal Konsantrasyonlarının TRI_i Değerleri

1. Lokasyon Cr Ağır Metaline Ait TRI_i Değeri						
	0-2 cm	6-8 cm	20-22 cm	45-47 cm	73-75 cm	82-84 cm
Cr	359,00	439,00	326,00	322,00	350,00	733,00
Cr-TEL	37,30	37,30	37,30	37,30	37,30	37,30
Cr-PEL	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
TRI_i	7,37	9,01	6,69	6,61	7,18	15,04
2. Lokasyon Cr Ağır Metaline Ait TRI_i Değeri						
	0-2 cm	6-8 cm	27-29 cm	44-46 cm	83-85 cm	90-92 cm
Cr	249,00	345,00	222,00	286,00	207,00	111,00
Cr-TEL	37,30	37,30	37,30	37,30	37,30	37,30
Cr-PEL	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
TRI_i	5,11	7,08	4,56	5,87	4,25	2,28

3. Lokasyon Cr Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	8-10 cm	26-28 cm	41-43 cm	55-57 cm	63-65 cm
Cr	241,00	268,00	278,00	354,00	344,00	218,00
Cr-TEL	37,30	37,30	37,30	37,30	37,30	37,30
Cr-PEL	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
TRI_i	4,95	5,50	5,70	7,26	7,06	4,47
4. Lokasyon Cr Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	8-10 cm	26-28 cm	41-43 cm	55-57 cm	63-65 cm
Cr	235,00	239,00	237,00	243,00	198,00	434,00
Cr-TEL	37,30	37,30	37,30	37,30	37,30	37,30
Cr-PEL	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
TRI_i	4,82	4,90	4,86	4,99	4,06	8,91
5. Lokasyon Cr Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	1-3 cm	7-9 cm	24-26 cm	33-35 cm	48-50 cm	54-56 cm
Cr	182,00	282,00	264,00	215,00	275,00	257,00
Cr-TEL	37,30	37,30	37,30	37,30	37,30	37,30
Cr-PEL	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
TRI_i	3,73	5,79	5,42	4,41	5,64	5,27
6. Lokasyon Cr Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	4-6 cm	11-13 cm	22-24 cm	38-40 cm	45-47 cm
Cr	553,00	306,00	483,00	306,00	207,00	264,00
Cr-TEL	37,30	37,30	37,30	37,30	37,30	37,30
Cr-PEL	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
TRI_i	11,35	6,28	9,91	6,28	4,25	5,42
7. Lokasyon Cr Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	7-9 cm	21-23 cm	46-48 cm	72-74 cm	78-80 cm
Cr	345,00	442,00	289,00	269,00	259,00	359,00
Cr-TEL	37,30	37,30	37,30	37,30	37,30	37,30
Cr-PEL	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
TRI_i	7,08	9,07	5,93	5,52	5,31	7,37
1. Lokasyon Zn Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	6-8 cm	20-22 cm	45-47 cm	73-75 cm	82-84 cm
Zn	50,00	104,00	63,00	89,00	52,00	53,00
Zn-TEL	123,00	123,00	123,00	123,00	123,00	123,00
Zn-PEL	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00
TRI_i	0,31	0,64	0,39	0,55	0,32	0,33

2. Lokasyon Zn Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	6-8 cm	27-29 cm	44-46 cm	83-85 cm	90-92 cm
Zn	53,00	48,00	60,00	65,00	86,00	99,00
Zn-TEL	123,00	123,00	123,00	123,00	123,00	123,00
Zn-PEL	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00
TRI _i	0,33	0,30	0,37	0,40	0,53	0,61
3. Lokasyon Zn Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	8-10 cm	26-28 cm	41-43 cm	55-57 cm	63-65 cm
Zn	70,00	137,00	62,00	58,00	57,00	88,00
Zn-TEL	123,00	123,00	123,00	123,00	123,00	123,00
Zn-PEL	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00
TRI _i	0,43	0,85	0,38	0,36	0,35	0,54
4. Lokasyon Zn Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	8-10 cm	26-28 cm	41-43 cm	55-57 cm	63-65 cm
Zn	73,00	60,00	71,00	65,00	73,00	50,00
Zn-TEL	123,00	123,00	123,00	123,00	123,00	123,00
Zn-PEL	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00
TRI _i	0,45	0,37	0,44	0,40	0,45	0,31
5. Lokasyon Zn Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	1-3 cm	7-9 cm	24-26 cm	33-35 cm	48-50 cm	54-56 cm
Zn	75,00	64,00	71,00	127,00	121,00	69,00
Zn-TEL	123,00	123,00	123,00	123,00	123,00	123,00
Zn-PEL	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00
TRI _i	0,46	0,39	0,44	0,78	0,75	0,43
6. Lokasyon Zn Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	4-6 cm	11-13 cm	22-24 cm	38-40 cm	45-47 cm
Zn	95,00	72,00	64,00	102,00	58,00	53,00
Zn-TEL	123,00	123,00	123,00	123,00	123,00	123,00
Zn-PEL	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00
TRI _i	0,59	0,44	0,39	0,63	0,36	0,33
7. Lokasyon Zn Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	7-9 cm	21-23 cm	46-48 cm	72-74 cm	78-80 cm
Zn	66,00	61,00	90,00	173,00	86,00	91,00
Zn-TEL	123,00	123,00	123,00	123,00	123,00	123,00
Zn-PEL	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00
TRI _i	0,41	0,38	0,56	1,07	0,53	0,56

1. Lokasyon Pb Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	6-8 cm	20-22 cm	45-47 cm	73-75 cm	82-84 cm
Pb	18,00	18,00	22,00	23,00	14,00	17,00
Pb-TEL	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Pb-PEL	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
TRI_i	0,39	0,39	0,48	0,50	0,30	0,37
2. Lokasyon Pb Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	6-8 cm	27-29 cm	44-46 cm	83-85 cm	90-92 cm
Pb	17,00	20,00	21,00	21,00	21,00	28,00
Pb-TEL	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Pb-PEL	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
TRI_i	0,37	0,43	0,45	0,45	0,45	0,61
3. Lokasyon Pb Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	8-10 cm	26-28 cm	41-43 cm	55-57 cm	63-65 cm
Pb	13,00	14,00	15,00	18,00	16,00	20,00
Pb-TEL	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Pb-PEL	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
TRI_i	0,28	0,30	0,32	0,39	0,35	0,43
4. Lokasyon Pb Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	8-10 cm	26-28 cm	41-43 cm	55-57 cm	63-65 cm
Pb	14,00	18,00	16,00	20,00	22,00	20,00
Pb-TEL	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Pb-PEL	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
TRI_i	0,30	0,39	0,35	0,43	0,48	0,43
5. Lokasyon Pb Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	1-3 cm	7-9 cm	24-26 cm	33-35 cm	48-50 cm	54-56 cm
Pb	19,00	21,00	12,00	21,00	21,00	19,00
Pb-TEL	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Pb-PEL	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
TRI_i	0,41	0,45	0,26	0,45	0,45	0,41
6. Lokasyon Pb Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	4-6 cm	11-13 cm	22-24 cm	38-40 cm	45-47 cm
Pb	19,00	16,00	14,00	22,00	19,00	13,00
Pb-TEL	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Pb-PEL	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
TRI_i	0,41	0,35	0,30	0,48	0,41	0,28

7. Lokasyon Pb Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	7-9 cm	21-23 cm	46-48 cm	72-74 cm	78-80 cm
Pb	9,00	13,00	17,00	25,00	19,00	20,00
Pb-TEL	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Pb-PEL	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00
TRI_i	0,19	0,28	0,37	0,54	0,41	0,43
1. Lokasyon Cu Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	6-8 cm	20-22 cm	45-47 cm	73-75 cm	82-84 cm
Cu	27,00	35,00	34,00	43,00	43,00	34,00
Cu-TEL	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Cu-PEL	197,00	197,00	197,00	197,00	197,00	197,00
TRI_i	0,55	0,72	0,70	0,88	0,88	0,70
2. Lokasyon Cu Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	6-8 cm	27-29 cm	44-46 cm	83-85 cm	90-92 cm
Cu	30,00	22,00	36,00	33,00	34,00	39,00
Cu-TEL	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Cu-PEL	197,00	197,00	197,00	197,00	197,00	197,00
TRI_i	0,62	0,45	0,74	0,68	0,70	0,80
3. Lokasyon Cu Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	8-10 cm	26-28 cm	41-43 cm	55-57 cm	63-65 cm
Cu	24,00	25,00	32,00	32,00	28,00	30,00
Cu-TEL	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Cu-PEL	197,00	197,00	197,00	197,00	197,00	197,00
TRI_i	0,49	0,51	0,66	0,66	0,57	0,62
4. Lokasyon Cu Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	8-10 cm	26-28 cm	41-43 cm	55-57 cm	63-65 cm
Cu	29,00	26,00	33,00	31,00	28,00	32,00
Cu-TEL	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Cu-PEL	197,00	197,00	197,00	197,00	197,00	197,00
TRI_i	0,60	0,53	0,68	0,64	0,57	0,66
5. Lokasyon Cu Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	1-3 cm	7-9 cm	24-26 cm	33-35 cm	48-50 cm	54-56 cm
Cu	26,00	32,00	35,00	48,00	52,00	51,00
Cu-TEL	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Cu-PEL	197,00	197,00	197,00	197,00	197,00	197,00
TRI_i	0,53	0,66	0,72	0,98	1,07	1,05

6. Lokasyon Cu Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	4-6 cm	11-13 cm	22-24 cm	38-40 cm	45-47 cm
Cu	36,00	33,00	30,00	47,00	32,00	30,00
Cu-TEL	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Cu-PEL	197,00	197,00	197,00	197,00	197,00	197,00
TRI_i	0,74	0,68	0,62	0,96	0,66	0,62
7. Lokasyon Cu Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	7-9 cm	21-23 cm	46-48 cm	72-74 cm	78-80 cm
Cu	31,00	31,00	49,00	50,00	32,00	35,00
Cu-TEL	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Cu-PEL	197,00	197,00	197,00	197,00	197,00	197,00
TRI_i	0,64	0,64	1,01	1,03	0,66	0,72
1. Lokasyon As Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	6-8 cm	20-22 cm	45-47 cm	73-75 cm	82-84 cm
As	11,00	15,00	20,00	22,00	18,00	14,00
As-TEL	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90
As-PEL	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00
TRI_i	1,40	1,90	2,54	2,79	2,28	1,78
2. Lokasyon As Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	6-8 cm	27-29 cm	44-46 cm	83-85 cm	90-92 cm
As	19,00	19,00	23,00	25,00	29,00	25,00
As-TEL	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90
As-PEL	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00
TRI_i	2,41	2,41	2,92	3,17	3,68	3,17
3. Lokasyon As Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	8-10 cm	26-28 cm	41-43 cm	55-57 cm	63-65 cm
As	24,00	24,00	21,00	13,00	19,00	28,00
As-TEL	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90
As-PEL	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00
TRI_i	3,04	3,04	2,66	1,65	2,41	3,55
4. Lokasyon As Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	8-10 cm	26-28 cm	41-43 cm	55-57 cm	63-65 cm
As	22,00	18,00	33,00	22,00	28,00	12,00
As-TEL	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90
As-PEL	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00
TRI_i	2,79	2,28	4,19	2,79	3,55	1,52

5. Lokasyon As Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	1-3 cm	7-9 cm	24-26 cm	33-35 cm	48-50 cm	54-56 cm
As	27,00	20,00	17,00	24,00	19,00	18,00
As-TEL	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90
As-PEL	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00
TRI _i	3,43	2,54	2,16	3,04	2,41	2,28
6. Lokasyon As Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	4-6 cm	11-13 cm	22-24 cm	38-40 cm	45-47 cm
As	24,00	13,00	14,00	15,00	14,00	14,00
As-TEL	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90
As-PEL	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00
TRI _i	3,04	1,65	1,78	1,90	1,78	1,78
7. Lokasyon As Ağır Metaline Ait TRI _i Değeri						
	0-2 cm	7-9 cm	21-23 cm	46-48 cm	72-74 cm	78-80 cm
As	20,00	31,00	16,00	33,00	18,00	17,00
As-TEL	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90
As-PEL	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00
TRI _i	2,54	3,93	2,03	4,19	2,28	2,16

Tablo 3.4'te sunulan TRI(TEC) değerlerini elde etmek için, aynı derinlikte bütün ağır metaller için hesaplanan TRI_i değerleri (Tablo 3.3.) dikkate alınmıştır. TRI(TEC) toksik risk indeksi her derinlik için ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Tablo 3.4. Cr, Zn, Pb, Cu, As Ağır Metal Konsantrasyonları göre Hesaplanan TRI (TEC) Değerleri

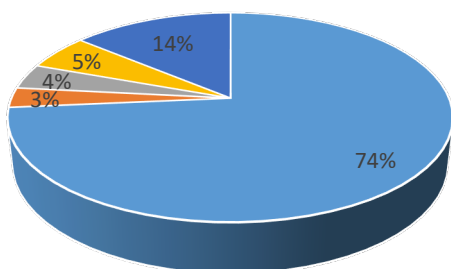
1. lokasyon TRI (TEC) Değerleri						
DERİNLİK	Cr (TRI _i)	Zn (TRI _i)	Pb (TRI _i)	Cu (TRI _i)	As (TRI _i)	TRI (TEC)
0-2	7,37	0,31	0,39	0,55	1,40	10,01
6-8	9,01	0,64	0,39	0,72	1,90	12,66
20-22	6,69	0,39	0,48	0,70	2,54	10,79
45-47	6,61	0,55	0,50	0,88	2,79	11,33
73-75	7,18	0,32	0,30	0,88	2,28	10,97
82-84	15,04	0,33	0,37	0,70	1,78	18,21
2. lokasyon TRI (TEC) Değerleri						
DERİNLİK	Cr (TRI _i)	Zn (TRI _i)	Pb (TRI _i)	Cu (TRI _i)	As (TRI _i)	TRI (TEC)
0-2	5,11	0,33	0,37	0,62	2,41	8,83
6-8	7,08	0,30	0,43	0,45	2,41	10,67
27-29	4,56	0,37	0,45	0,74	2,92	9,04
44-46	5,87	0,40	0,45	0,68	3,17	10,57
83-85	4,25	0,53	0,45	0,70	3,68	9,61
90-92	2,28	0,61	0,61	0,80	3,17	7,47

3. lokasyon TRI (TEC) Değerleri						
DERİNLİK	Cr (TRI _i)	Zn (TRI _i)	Pb (TRI _i)	Cu (TRI _i)	As (TRI _i)	TRI (TEC)
0-2	4,95	0,43	0,28	0,49	3,04	9,20
8-10	5,50	0,85	0,30	0,51	3,04	10,21
26-28	5,70	0,38	0,32	0,66	2,66	9,73
41-43	7,26	0,36	0,39	0,66	1,65	10,32
55-57	7,06	0,35	0,35	0,57	2,41	10,74
63-65	4,47	0,54	0,43	0,62	3,55	9,62
4. lokasyon TRI (TEC) Değerleri						
DERİNLİK	Cr (TRI _i)	Zn (TRI _i)	Pb (TRI _i)	Cu (TRI _i)	As (TRI _i)	TRI (TEC)
0-2	4,82	0,45	0,30	0,60	2,79	8,96
8-10	4,90	0,37	0,39	0,53	2,28	8,48
26-28	4,86	0,44	0,35	0,68	4,19	10,51
41-43	4,99	0,40	0,43	0,64	2,79	9,25
55-57	4,06	0,45	0,48	0,57	3,55	9,12
63-65	8,91	0,31	0,43	0,66	1,52	11,83
5. lokasyon TRI (TEC) Değerleri						
DERİNLİK	Cr (TRI _i)	Zn (TRI _i)	Pb (TRI _i)	Cu (TRI _i)	As (TRI _i)	TRI (TEC)
1-3	3,73	0,46	0,41	0,53	3,43	8,57
7-9	5,79	0,39	0,45	0,66	2,54	9,83
24-26	5,42	0,44	0,26	0,72	2,16	8,99
33-35	4,41	0,78	0,45	0,98	3,04	9,68
48-50	5,64	0,75	0,45	1,07	2,41	10,32
54-56	5,27	0,43	0,41	1,05	2,28	9,44
6. lokasyon TRI (TEC) Değerleri						
DERİNLİK	Cr (TRI _i)	Zn (TRI _i)	Pb (TRI _i)	Cu (TRI _i)	As (TRI _i)	TRI (TEC)
0-2	11,35	0,59	0,41	0,74	3,04	16,13
4-6	6,28	0,44	0,35	0,68	1,65	9,40
11-13	9,91	0,39	0,30	0,62	1,78	13,00
22-24	6,28	0,63	0,48	0,96	1,90	10,25
38-40	4,25	0,36	0,41	0,66	1,78	7,45
45-47	5,42	0,33	0,28	0,62	1,78	8,42
7. lokasyon TRI (TEC) Değerleri						
DERİNLİK	Cr (TRI _i)	Zn (TRI _i)	Pb (TRI _i)	Cu (TRI _i)	As (TRI _i)	TRI (TEC)
0-2	7,08	0,41	0,19	0,64	2,54	10,86
7-9	9,07	0,38	0,28	0,64	3,93	14,30
21-23	5,93	0,56	0,37	1,01	2,03	9,89
46-48	5,52	1,07	0,54	1,03	4,19	12,34
72-74	5,31	0,53	0,41	0,66	2,28	9,20
78-80	7,37	0,56	0,43	0,72	2,16	11,24

Tablo 3.4.' te hesaplanan TRI(TEC) değerleri incelenirse, bütün derinliklerde ve lokasyonlarda en yüksek oranda toksik risk oluşturan ağır metalin Cr ağır metali olduğu sonucuna varılabilir.

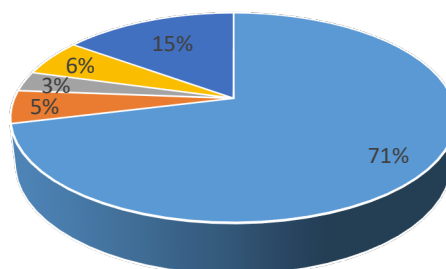


1. Lokasyon 0- 2 cm TRI (TEC)



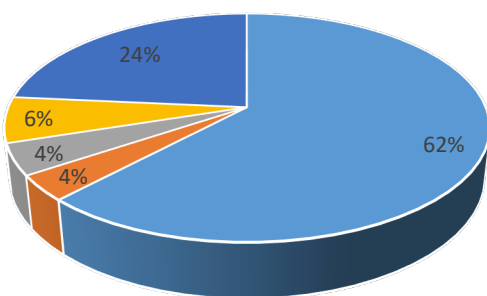
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI)
■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

1.Lokasyon 6-8 cm TRI (TEC)



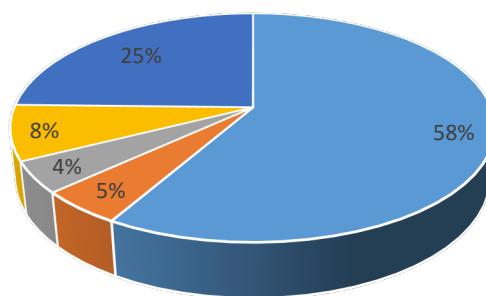
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

1. Lokasyon 20-22 cm TRI (TEC)



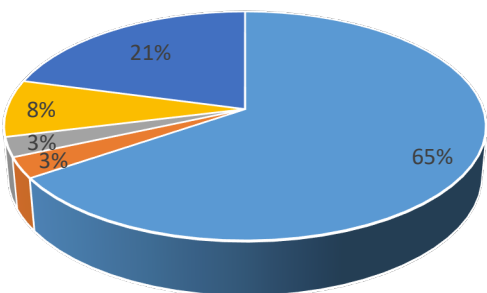
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

1.Lokasyon 45-47 cm TRI (TEC)



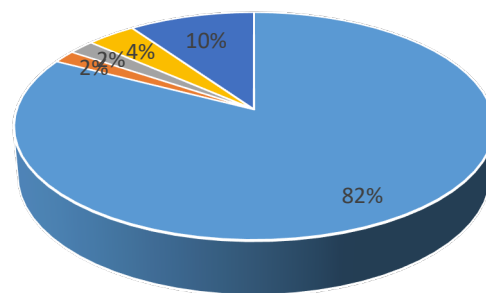
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

1. Lokasyon 73-75 cm TRI (TEC)



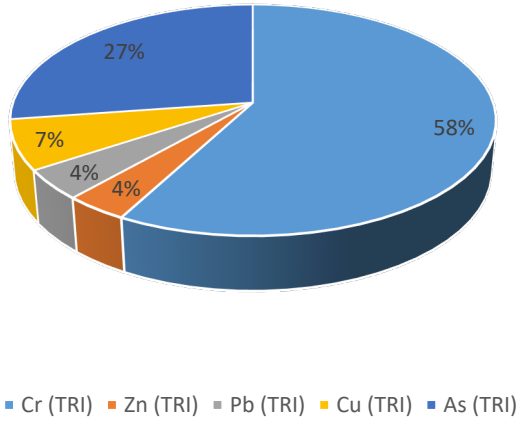
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

1.Lokasyon 82-84 cm TRI (TEC)

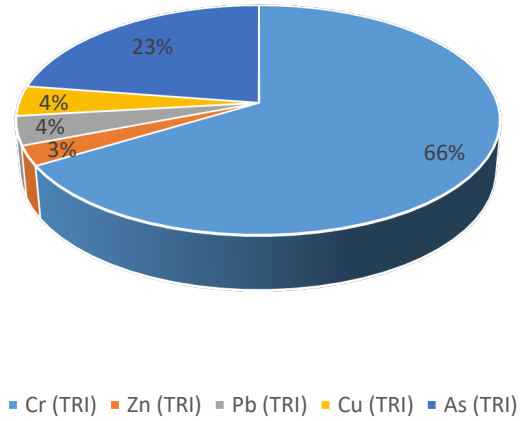


■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

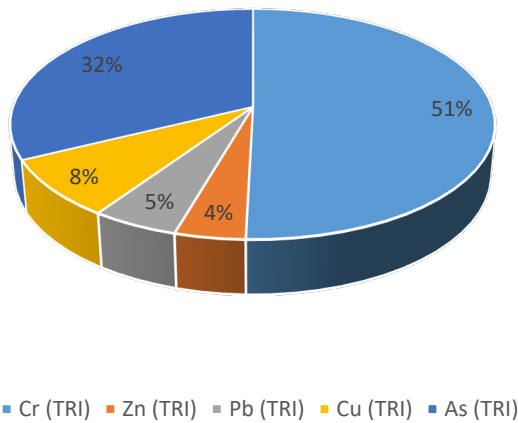
2. Lokasyon 0- 2 cm TRI (TEC)



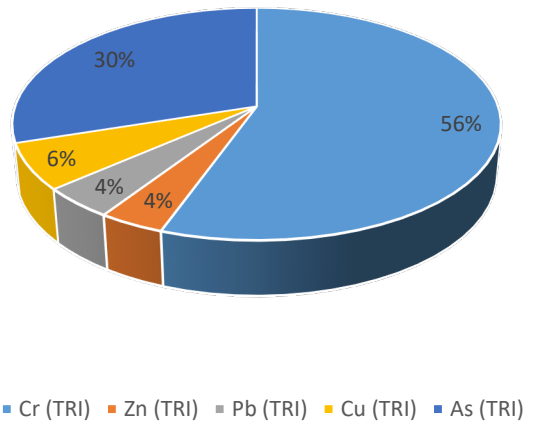
2. Lokasyon 6-8 cm TRI (TEC)



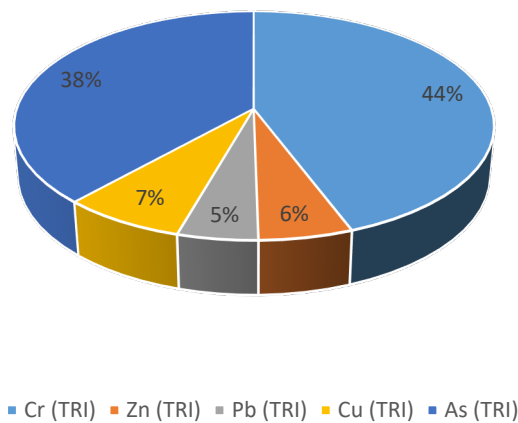
2. Lokasyon 27-29 cm TRI (TEC)



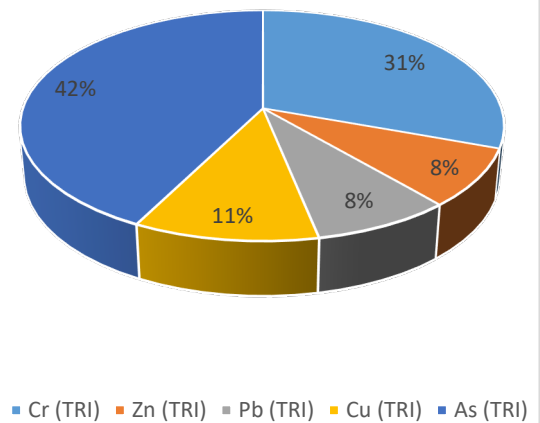
2 Lokasyon 44-46 cm TRI (TEC)



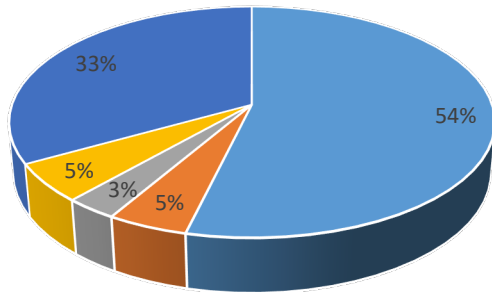
2. Lokasyon 83-85 cm TRI (TEC)



2. Lokasyon 90-92 cm TRI (TEC)

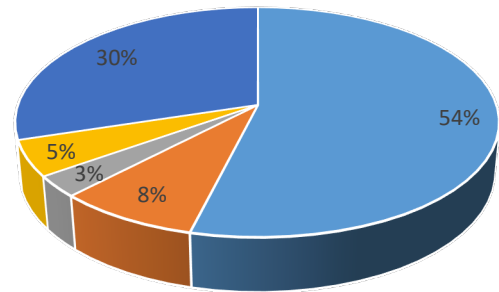


3. Lokasyon 0- 2 cm TRI (TEC)



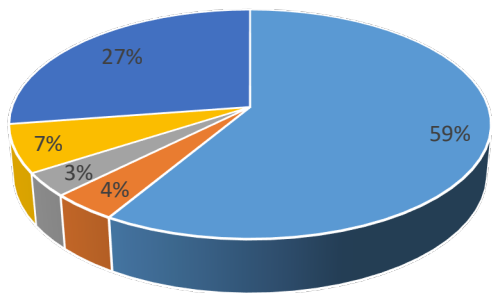
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

3. Lokasyon 8-10cm TRI (TEC)



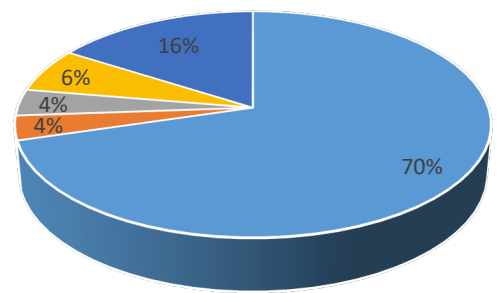
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

3. Lokasyon 26-28 cm TRI (TEC)



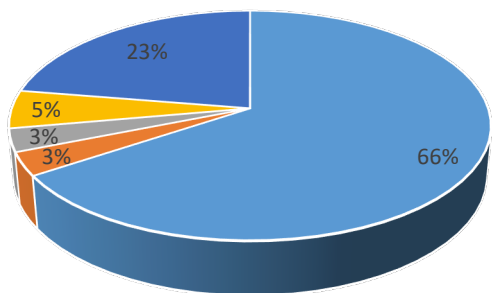
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

3. Lokasyon 41-43 cm TRI (TEC)



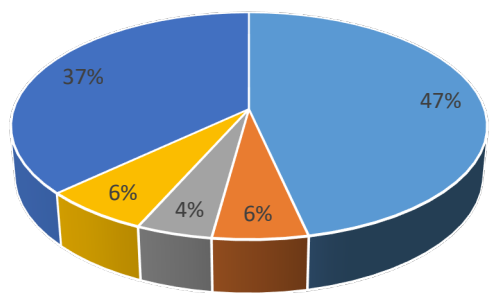
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

3. Lokasyon 55-57 cm TRI (TEC)



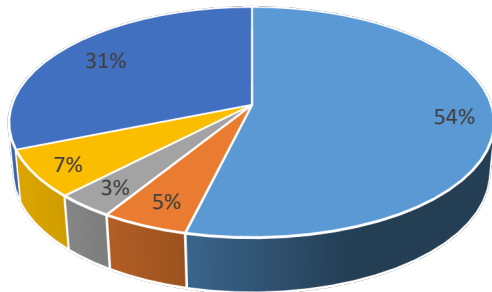
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

3. Lokasyon 63-65 cm TRI (TEC)



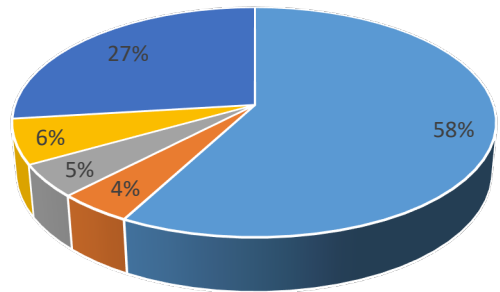
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

4. Lokasyon 0- 2 cm TRI (TEC)



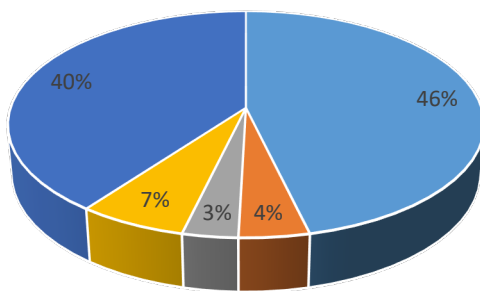
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

4.Lokasyon 8-10 cm TRI (TEC)



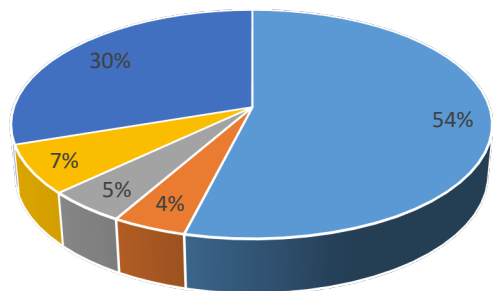
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

4.Lokasyon 26-28 cm TRI (TEC)



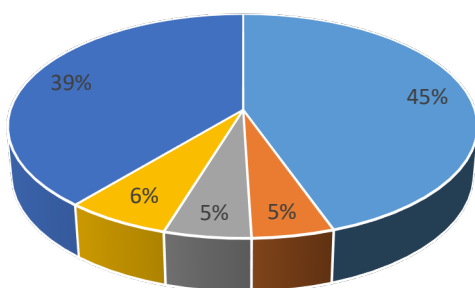
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

4. Lokasyon 41-43 cm TRI (TEC)



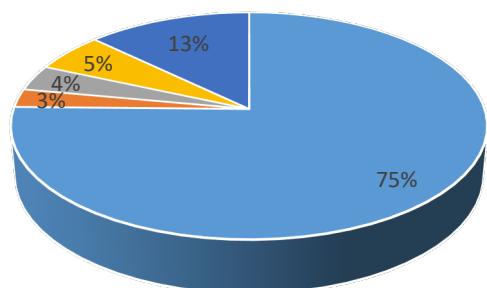
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

4. Lokasyon 55-57 cm TRI (TEC)



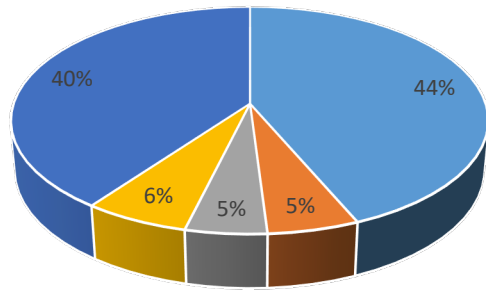
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

4. Lokasyon 63-65 cm TRI (TEC)



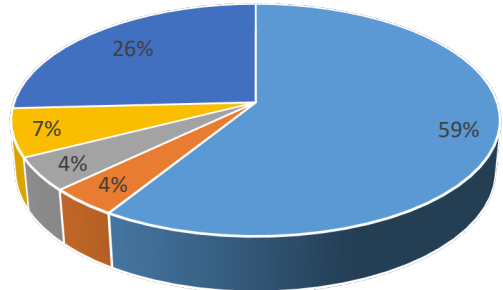
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

5. Lokasyon 1-3 cm TRI (TEC)



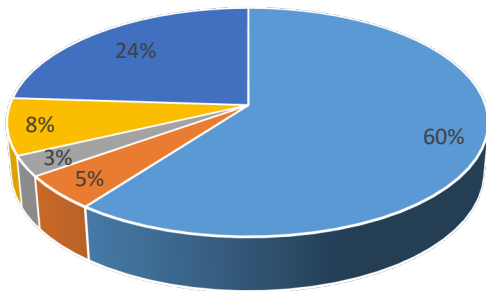
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

5. Lokasyon 7-9 cm TRI (TEC)



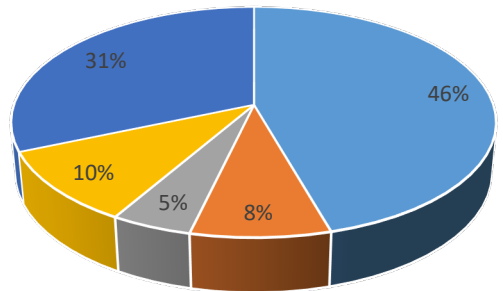
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

5. Lokasyon 24-26 cm TRI (TEC)



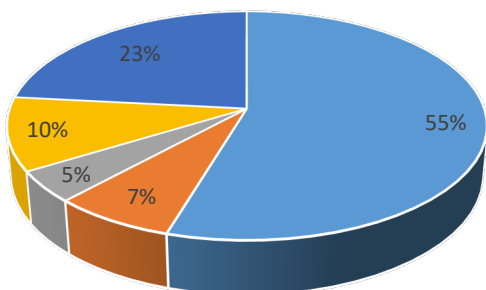
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

5. Lokasyon 33-35 cm TRI (TEC)



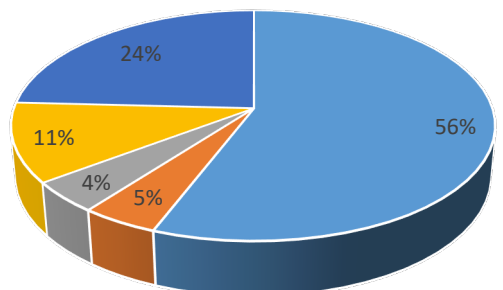
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

5. Lokasyon 48-50 cm TRI (TEC)



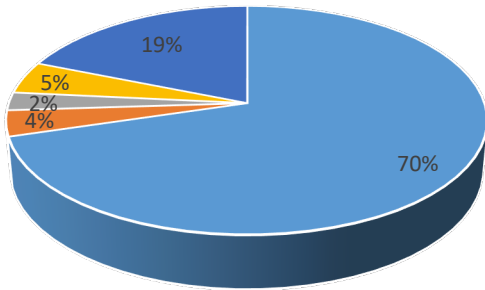
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

5. Lokasyon 54-56 cm TRI (TEC)



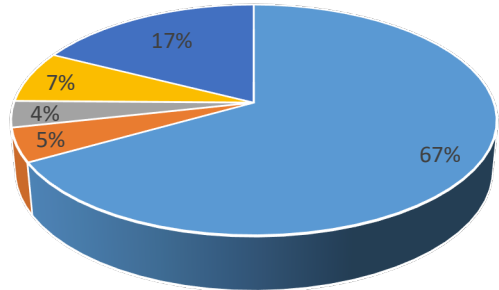
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

6. Lokasyon 0-2 cm TRI (TEC)



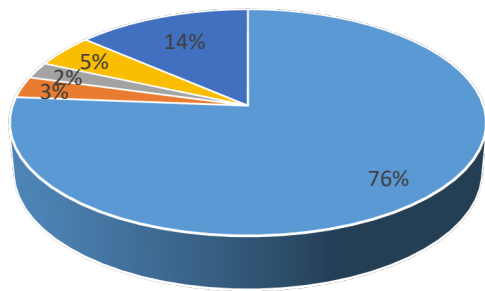
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

6. Lokasyon 4-6 cm TRI (TEC)



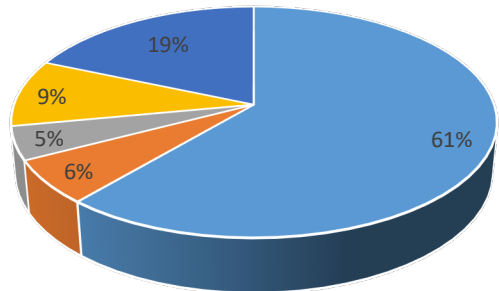
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

6. Lokasyon 11-13 cm TRI (TEC)



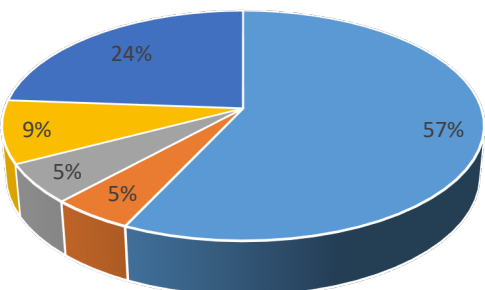
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

6. Lokasyon 22-24 cm TRI (TEC)



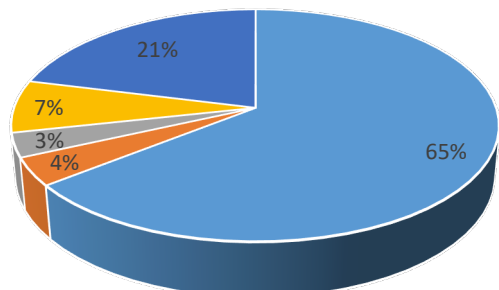
■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

6. Lokasyon 38-40 cm TRI (TEC)

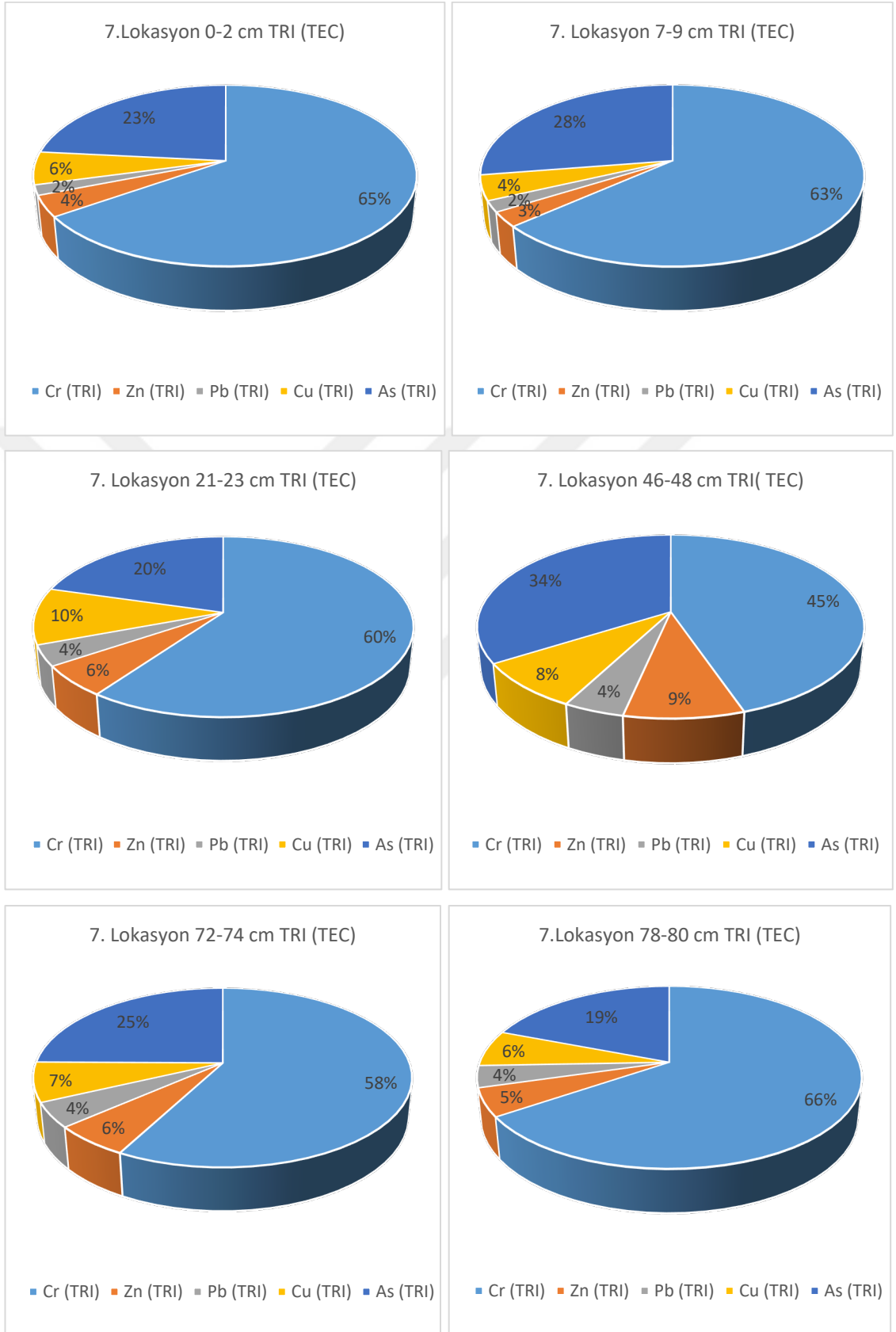


■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)

6. Lokasyon 45-47 cm TRI (TEC)



■ Cr (TRI) ■ Zn (TRI) ■ Pb (TRI) ■ Cu (TRI) ■ As (TRI)



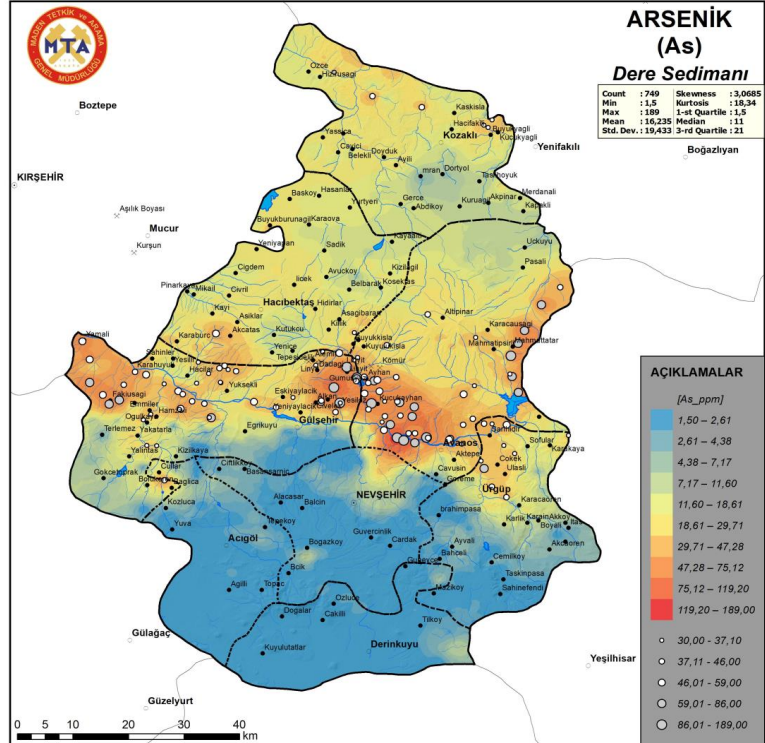
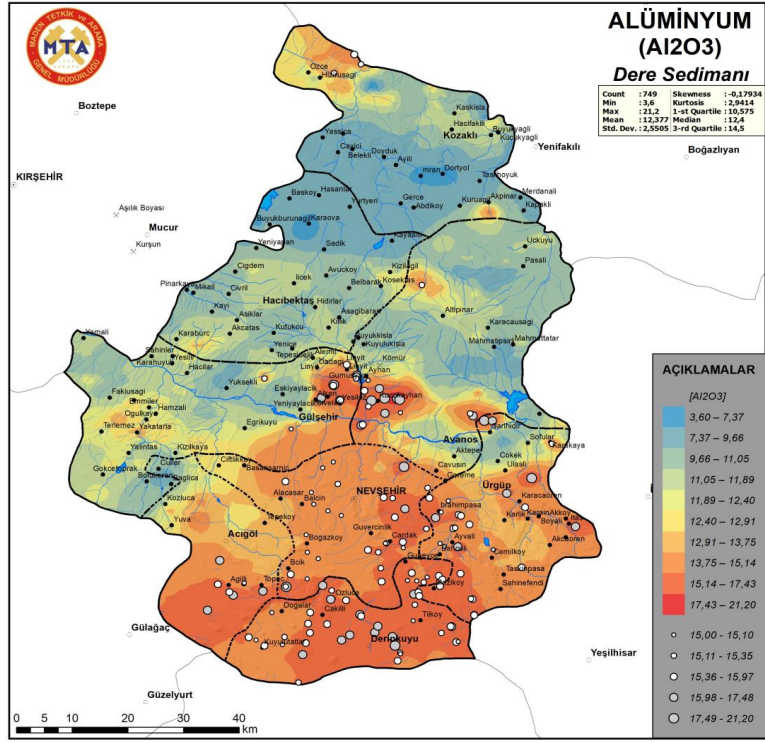
Şekil 3.33. Ağır Metallerin TRI (TEC) Toksik Risk Etki Yüzdeleri

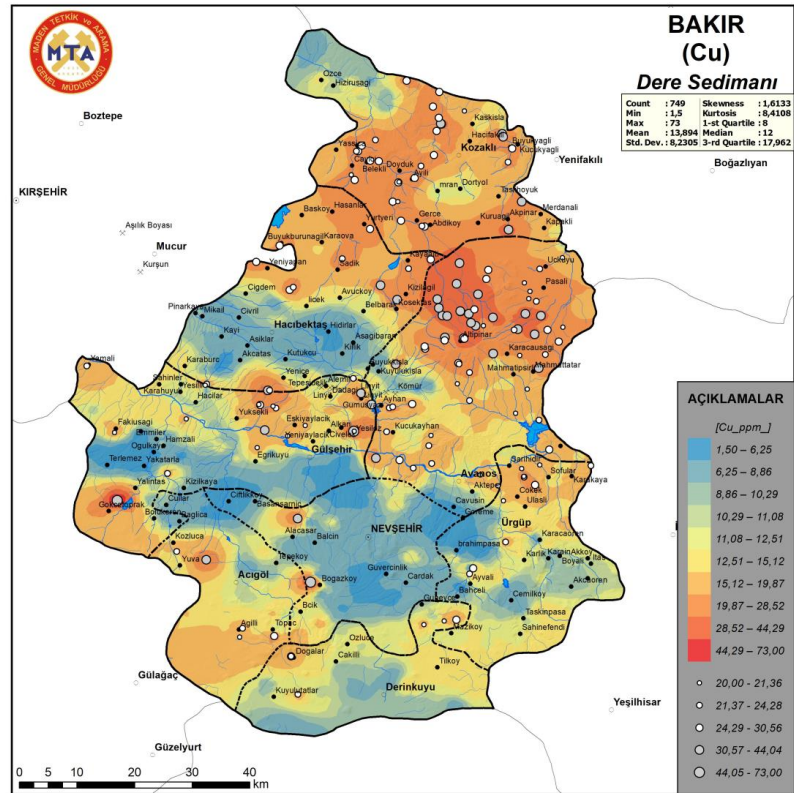
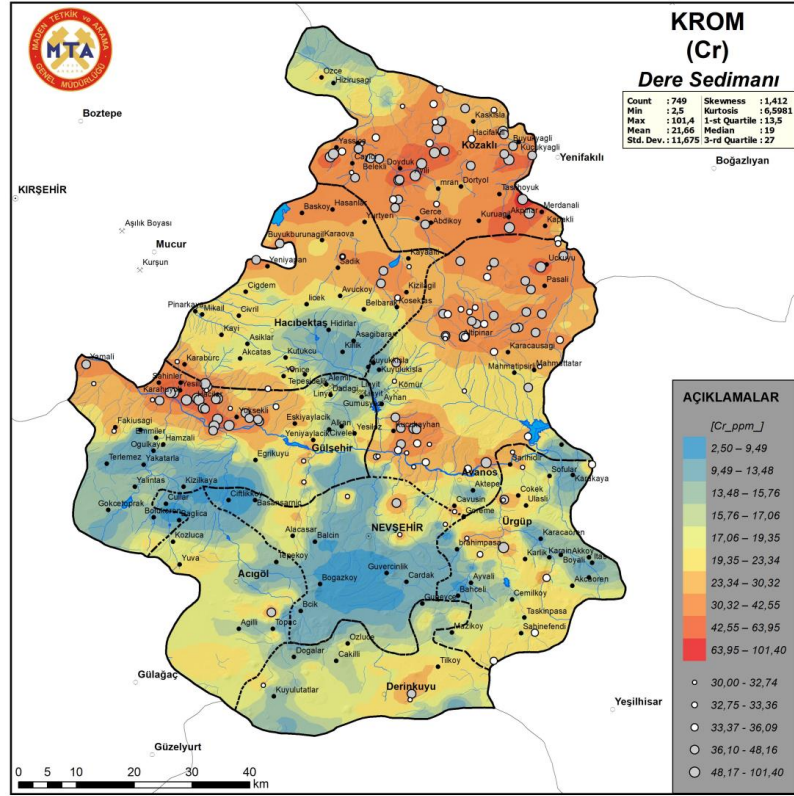
Şekil 3.33.'te de görüldüğü gibi Cr, Zn, Pb, Cu ve As ağır metallerinin toksik risk etki yüzdeleri incelendiğinde Cr ağır metalinin toksik etki risk yüzdesi en üst seviyededir. As ağır metali ise toksik risk etki yüzdesi bakımından ikinci sırada yer almaktadır.

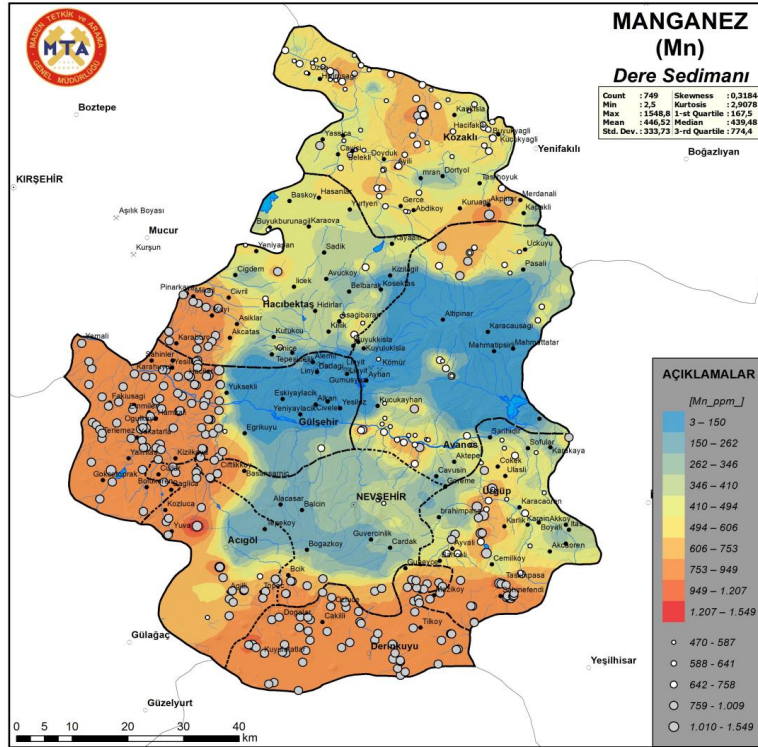
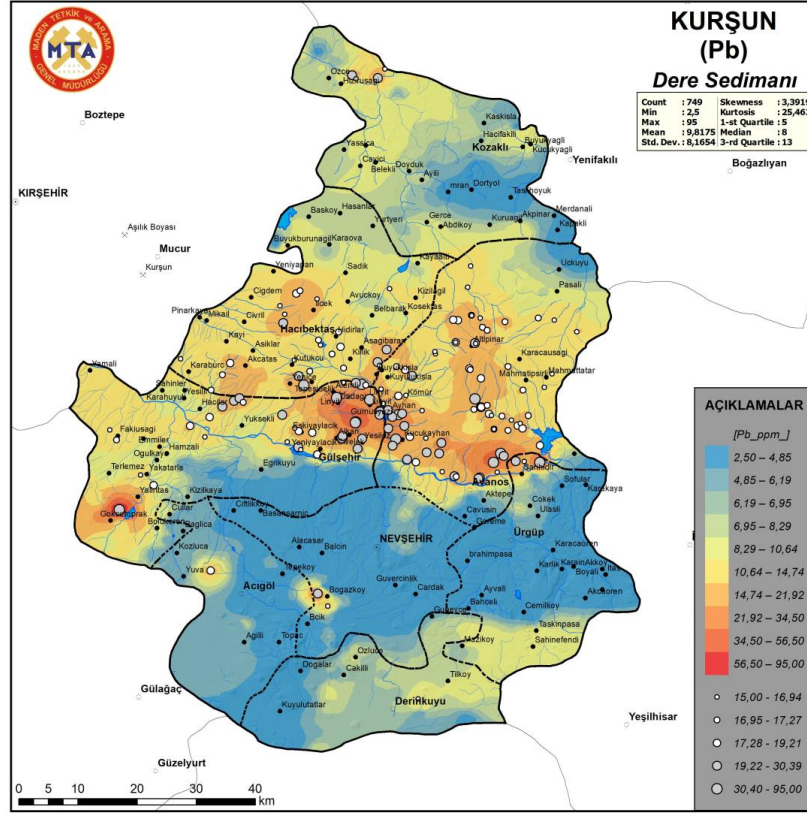
3.10. MTA Genel Müdürlüğü Tarafından Sunulan Mevcut Çalışmanın Gerçekleştirildiği Bölgeye Ait Mn, Cr, Zn, Pb, Cu, Al ve As Ağır Metallerine Ait Verilerin Değerlendirilmesi

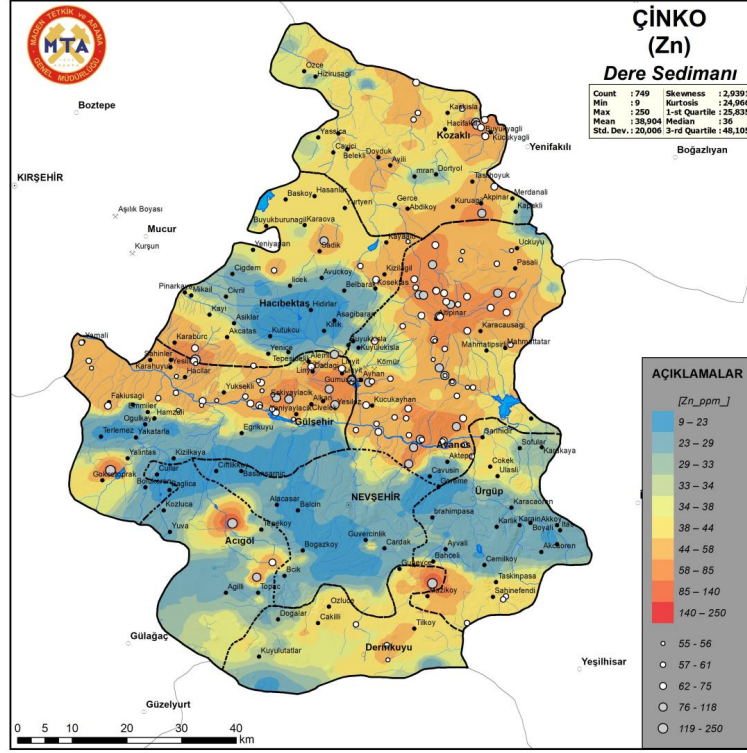
14-21 Haziran 2021 Tarihinde, Nevşehir Valiliği İRAP (İl Afet Risk Azaltma Planı) Çalıştayı kapsamında, MTA Genel Müdürlüğü tarafından 2018 yılında, tamamlanan ve bölgede Kızılırmak Nehri yan kolları üzerinde gerçekleştirilen saha çalışmalarından elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Bu çalışma kapsamında değerlendirilen bölgede Kızılırmak Nehri'nin yan kollarında bulunan çay ve derelerde yapılan analizlere ait Mn, Cr, Zn, Pb, Cu, Al ve As ağır metal verileri Şekil 3.32.' de sunulmuştur.

Bu çalışma kapsamında değerlendirilen analiz sonuçları ile, MTA Genel Müdürlüğü tarafından alınan veriler karşılaştırıldığında; Al ağır metali değerlerinin Kızılırmak Nehri'ne bağlanan çay ve derelerde daha yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. As ağır metali değerlendirildiğinde 1., 2., 6. ve 7. Örnekleme noktalarında Kızılırmak ve Kızılırmak'a bağlanan çay ve derelerde As oranları birbirine yakın değerlerde iken 3., 4. ve 5. örnekleme noktalarında çay ve derelerde As oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Cr ağır metali değerlendirildiğinde Kızılırmak'tan alınan numunelerdeki Cr değerlerinin, çay ve derelerdeki MTA verilerine göre çok yüksek olduğu tespit edilmiştir. Cu ağır metali açısından, bu çalışma kapsamında Kızılırmak'tan alınan örnekler ile MTA verileri değerlendirildiğinde ağır metal oranlarının bütün örnekleme noktalarında birbirine yakın değerlerde olduğu görülmektedir. Aynı şekilde Pb ağır metali dikkate alınırsa, Kızılırmak'tan alınan numuneler ile MTA verileri değerlendirildiğinde ağır metal oranlarının bütün örnekleme noktalarında birbirine yakın değerlerde olduğu görülmektedir. Mn ağır metali için bir karşılaştırma yapıldığında, 1.,2.,6. ve 7. örnekleme noktalarındaki bölgelerde, MTA ağır metal verilerinin düşük seviyelerde olduğu, 3., 4. ve 5. örnekleme noktalarında mevcut çalışmaya ait veriler daha yüksek olmasında rağmen MTA verileriyle birbirine kısmen yakın değerlerde olduğu görülmektedir. Zn ağır metali değerlendirildiğinde, ağır metali oranının MTA verilerine göre örnekleme noktalarından alınan numunelerde daha yüksek olduğu görülmektedir.









Şekil 3.34. MTA Genel Müdürlüğü Tarafından 2018 Yılında Tamamlanan ve Mevcut Çalışmanın Gerçekleştirildiği Bölgeye Ait Mn, Cr, Zn, Pb, Cu, Al ve As Ağır Metallerinin Yoğunluk Dağılım Haritası[64]

4. BÖLÜM

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Türkiye’de sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için sosyo-ekonomik gelişmeyle birlikte su yönetimine yönelik araştırma ve çalışmalarda önemli mesafeler alınmıştır. Avrupa Birliği’ne aday bir ülke olarak Türkiye, kendi mevzuatını Avrupa Birliği mevzuatı ile uyumlaştırma çalışmalarına devam etmektedir. Su kaynakları üzerindeki baskı unsurlarının çeşitlenerek artması, nehir havzalarının entegre bir yaklaşımla yönetilmesini gerekli kılmıştır. Geçmiş yıllarda, ne kadar su bulunduğu sorusuna cevap aranırken, günümüzde suyun miktarı, su kalitesi, sediment kalitesi, ağır metal birikimi gibi konuların ortak ele alınması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında, Kızılırmak Nehri üzerinde Nevşehir ili Gülşehir ilçesi ve Sarlıdır Köyü hattı üzerinde belirlenen yedi örnekleme noktasından alınan bozulmamış sediment karot örneklerinde, nehri tehdit eden kirleticilerden Manganez (Mn), Demir (Fe), Krom (Cr), Çinko (Zn), Kurşun(Pb), Bakır (Cu), Alüminyum (Al), Arsenik (As) ağır metallerinin mevcudiyetini araştırarak analiz edilmiştir. Bu amaçla bu tez çalışmasında, 2014 yılında saha çalışmaları tamamlanan NEUBAP14F4 numaralı BAP projesinden elde edilen verilerden yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre;

Manganez elementine ait analiz sonuçları değerlendirildiğinde, en yüksek değer 919 ppm (mg/kg) olarak 7. Lokasyon üzerinden alınan sediment numunesinin 0-4 cm derinliğinde tespit edilmiş olup, minimum değer ise 572 ppm olarak 1. Lokasyon üzerinden alınan örselenmemiş sediment karot numunesinin 38-85 cm derinliğinde tespit edilmiştir. Demir elementine ait analiz sonuçları değerlendirildiğinde, en yüksek değer 47.200 ppm olarak 7. Lokasyon üzerinden alınan numunenin 11-36 cm derinliğinde görülmüş olup minimum değer ise 24.100 ppm olarak 5. Lokasyon üzerinden alınan numunenin 0-4cm derinliğinde tespit edilmiştir. Krom elementine ait analiz sonuçları değerlendirildiğinde, en yüksek değer 733 ppm olarak 1. lokasyondan alınan numunenin 45-92 cm derinliğinde görülmüştür. Minimum değer ise 111 ppm olarak 2. Lokasyon üzerinden alınan numunenin 45-92 cm derinliğinde tespit edilmiştir. Çinko elementine ait analiz sonuçları değerlendirildiğinde, en yüksek değere 173 ppm olarak 7. lokasyondan alınan numunenin 22-52 cm derinliğinde tespit edilmiştir, minimum değer ise 111 ppm olarak 2. Lokasyon

üzerinden alınan numunenin 45-92 cm derinliğinde tespit edilmiştir. Kurşun elementine ait analiz sonuçları değerlendirildiğinde, en yüksek değer 28 ppm ve en düşük değer 9 ppm olarak tespit edilmiştir. En yüksek değer 2. lokasyondan alınan karot numunesinin 45-92 cm derinliğinde ve en düşük değer ise 7. Lokasyon üzerinden alınan numunenin 0-4 cm derinliğinde tespit edilmiştir. Bakır elementine ait analiz sonuçları değerlendirildiğinde, en yüksek değer 52 ppm olarak 5. lokasyondan alınan numune üzerinde 38-85 cm derinlikte belirlenmiştir. Minimum değer ise 22 ppm olarak 2. Lokasyon üzerinden alınan numunenin 4-10 cm derinliğinde tespit edilmiştir. Alüminyum elementine ait analiz sonuçları değerlendirildiğinde, en yüksek değer 62.300 ppm olarak 2. Lokasyon üzerinden alınan numunenin 11-36 cm derinliğinde görülmüştür. En düşük değer incelendiğinde ise 41.500 ppm olarak 3. Lokasyon üzerinden alınan numunenin 4-10 cm derinliğinde tespit edilmiştir. Arsenik (As) ağır metale ait analiz sonuçları değerlendirildiğinde, en yüksek değer 33 mg/kg olarak 4. Lokasyondan alınan sediment numunesinin 26-28 cm derinliğinde ve 7. Lokasyon alınan sediment numunesinin 22-52 cm derinliğinde belirlenmiştir. Minimum değer ise 11 mg/kg olarak 1. Lokasyon üzerinden alınan numunenin 0-2 cm derinliğinde tespit edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında Cr, Zn, Pb, Cu, As ağır metal analiz sonuçları, elementlerin toksik etkilerinin belirlenmesi için kullanılan TRI (Toksik Risk İndeksi) (Zhang vd. 2016) esas alınarak değerlendirilmiştir. Tablo 3.4.' te hesaplanan TRI(TEC) değerlerine göre, bütün lokasyonlarda en yüksek oranda toksik risk oluşturan ağır metalin Cr ağır metali olduğu sonucuna varılabilir. Ayrıca Şekil 3.33.'te sunulan Cr, Zn, Pb, Cu ve As ağır metallerinin toksik risk etki yüzdeleri incelendiğinde, Cr ağır metalinin toksik etki risk yüzdesi en üst seviyede olduğu tespit edilmiştir. Arsenik (As) ağır metali ise toksik risk etki yüzdesi bakımından ikinci sırada yer almaktadır.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, bölgede Kızılırmak nehri tabanından alınan sediment örneklerindeki, birikim miktarları tespit edilen her bir ağır metal türünün neden olabilecekleri olumsuzluklar için havza yönetiminden sorumlu olan kurum, kuruluşlar, yerel idarelerin gerekli tedbirleri alması ve eylem planlarının hazırlanması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Özellikle, bölgede turizm kaynaklı ziyaretlerin yoğun olması ve yıllar içerisinde giderek artış göstermesi, gelecek yıllarda antropojenik kaynaklı kirlenmenin etkisinin artması sorununu gündeme getirecektir. Ağır metallere bağlı kirlenmenin

boyutlarının artması, bölgede nehir ekosisteminde de çeşitli zararlara neden olabilecektir. Ayrıca son yıllarda Kızılırmak Nehri boyunca, barajlar ve hidroelektrik santraller gibi su yapılarının sayılarının artması, bu regülasyon yapılarının nehrin sediment bütçesini olumsuz etkilemesi, iklim değişimi ve sonuçları, tüm bunların nehrin ekosistemi üzerindeki etkileri, nehir tabanında ve suda biriken ağır metal düzeylerinin bölgesel ve periyodik olarak gözlemlenmesi ve değerlendirilmesi ihtiyacını ortaya koymaktadır.



KAYNAKLAR

1. Önal S., “Yapay sinir ağları metodu ile Kızılırmak Nehri’nin akım tahmini”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, s.14-72, Isparta, 2009
2. Uyduranoğlu Öktem A., Aksoy A., “Türkiye’nin Su Riskleri Raporu”, *WWF-Türkiye ISBN: 978-605-86596-7-4, İstanbul Bilgi Üniversitesi*, s.10-26, 2014
3. Akın, M, Akın G., (2007) Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi 47, 2 (2007) s.105-118.
4. Metin Dereli E., Ertürk A., Çakmakçı M., “Yüzeysel Sularda Ağır Metallerin Etkileri ve Ötrofikasyon ile İlişkisi”, *İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesi*, s.215-230, Kocaeli, 2017
5. Günay G., Şubat 2011, Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim, S. 132, s.56-60, 2011
6. Öztürk D., Sesli F. A., “Kızılırmak Nehrinin Sinüsellik ve Örgülülük Karakteristiklerindeki Zamansal Değişimlerin Belirlenmesi”, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, s.2, Samsun
7. Yüce M.İ., Ercan B., “Kızılırmak havzası yağış-akış ilişkisinin belirlenmesi”, *4. Su Yapıları Sempozyumu*, s. 410-415, Antalya, 2015
8. Balcı E.Ö., “Kızılırmak Nehri’nde (Avanos civarı-Nevşehir) sualtı bitki biyokütlesinin zamansal değişimleri” *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, Ankara, 2012
9. Wang, L. F., Yang, L.Y., Kong, L. H., Li, S., Zhu, J. R., Wang, Y. Q. (2014). Spatial distribution, source identification and pollution assessment of metal content in the surface sediments of Nansi Lake, China. *Journal of Geochemical Exploration*, p.9, China.
10. Özbolat G., Tuli A., “*Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*”, Ağır metal toksisitesinin insan sağlığına etkileri, s. 502-521, Adana, 2016
11. Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Tiur, S., Metallerin Çevresel Etkileri I ve II, İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, İstanbul (2011).
12. Kaya E., ”Batman Yöresindeki Yüzeysel Ve Atık Sularda Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması” *Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, Batman, 2019

13. Joseph, L., Jun, B.-M., Flora, J. R., Park, C. M., Yoon, Y., 2019, Removal of heavy metals from water sources in the developing world using low-cost materials: A review, *Chemosphere*, 229, 142–159.
14. USEPA, 2019, National Primary Drinking Water Regulations, United States Environmental Protection Agency, Washington, DC.
15. WHO, 2017a, Guidelines for Drinking-Water Quality: Fourth Edition Incorporating the First Addendum, World Health Organization, Geneva. WHO, 2017b. In: Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and SDG Baselines, (UNICEF), United Nations Children's Fund.
16. Kalyoncu H., Özan C., Tekin-Özan S., “*Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 7(Ek Sayı 1)*”, Isparta Deresi'nin su ve sedimentlerindeki ağır metal birikiminin incelenmesi, s.268-280, Isparta, Aralık 2016
17. Candan E.D., “Melet ırmağında (Ordu) bulunan cladophora (chlorophyta) örneklerindeki ağır metal birikimi üzerine bir araştırma” *Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, Ordu, 2010
18. Çelik U., “Gemlik körfezinden avlanan bazı deniz ürünlerinin kas dokusundaki ağır metal kontaminasyonunun induktif eşleşmiş plazma-optik emisyon spektrometresi (ICP-OES) metoduyla belirlenmesi” *Uludağ Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi*, Bursa, 2017
19. İşeri İ., Arıman S., “*Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Özel Sayı*”, Sedimandaki ağır metal konsantrasyonunun çoklu değişken regresyon modelleri ve çok katmanlı algılayıcı ağ modeli ile tahmini, s. 389-397, Ekim 2019
20. Topçuoğlu, S., 2005, Denizlerin Radyoaktif Kirliliği (VI. Bölüm), Deniz Kirliliği, Tüdev Yayınları, İstanbul, No: 21, 512 s.
21. Bakan G., Büyükgüngör H., “Orta Karadeniz kıyı şeridi nehirleri su ve sediman ortamlarında ağır metal kirliliği izlenmesi”, *7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, s. 864, İzmir, Ekim 2007

22. Karadere, H.,1997 “Atatürk baraj gölünde su, sediment ve balık türlerinde ağır metal biriminin araştırılması”, *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi.*
23. Ahmad H, Yousafzai AM, Siraj M et al (2015) Pollution problem in River Kabul: accumulation estimates of heavy metals in native fish species. *BioMed Research International* 2015: 1-7.
24. Ji, Z.G., (2008). Hydrodynamics and water quality, modeling rivers, lakes and estuaries. Wiley-Interscience, John Wiley & Sons Inc., 676p, Hoboken, New Jersey.
25. Reid, Leslie M.: Rapid evaluation of sediment budgets / Leslie M. Reid & Thomas Dunne. - Reiskirchen : Catena Verl., 1996 (GeoEcology paperback) ISBN 3-923881-39-5.
26. Bilhan Ö., “Saha Çalışmaları ve Nümerik Modeller Kullanılarak Kızılırmak Havzasında Sediment Taşınımı ve Birikiminin Analizi”, *NEÜBAP14F4 numaralı BAP, (Nevşehir Hacı Bektaş T.C. Veli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimİ) Projesi*, s. 56, Nevşehir, 2017
27. Ackers, P., W.R. White, 1973. Sediment Transport: New Approach and Analysis. *Journal of the Hydraulics Division, ASCE*, 99(HY11): 2041-2060.
28. Yang, C.T., 1996. Sediment Transport: Theory and Practice. McGraw- Hill Companies, Inc. New York,USA, s. 396
29. Brownlie, W. R. (1981). Prediction of flow depth and sediment discharge in open channels. Report No. KH-R-43A, California Institute of Technology, W. M. Keck Laboratory, Pasadena, CA, s. 232
30. Jeton, Anne E., Smith, J. LaRue. 1993. Development of Watershed Models For Two Sierra Nevada Basins Using A Geographic Information System. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*
31. Wong, Michael F. Sedimentation History of Waimaluhia Reservoir during Highway Construction, Oahu, Hawaii, 1983-98 Water-Resources Investigations Report 2001-4001 Prepared in Cooperation with the State of Hawaii Department of Transportation and the Federal Highway Administration.

- 32.** Kut, D., Topcuoglu, S., Esen, N., Kuçukcezzar, R. and Guven, K.C. (2000). Trace metals in marine algae and sediment samples from the Bosphorus. *Water, Air, Soil Pollut.* 118: 27-33.
- 33.** Balkis, N. and Cagatay, M.N. (2001) Factors controlling metal distribution in the surface sediments of the Erdek Bay, Sea of Marmara. *Environ. Int.* 27: 1-13.
- 34.** Topcuoglu, S., Kirbasoglu, C. and Yılmaz, Y.Z. (2004b). Heavy metal levels in biota and sediments in the northern coast of the Marmara Sea. *Environ. Monitor. Asses.* 96 (1-3): 183-189
- 35.** Balkis, N., Topcuoglu, S., Guven, K. C., Ozturk, B., Topaloglu, B., Kirbasoglu, C. And A. Aksu, A. (2007) Heavy metals in shallow sediments from the Black Sea, Marmara Sea and Aegean Sea regions of Turkey. *J. Black Sea/Mediterranean Environment* Vol. 13:147-153
- 36.** Kızıldağ, M. S, Hacıyakupoğlu, S., Gökbülak, F., Hızal, (2009) A. Determination of soil loss by ¹³⁷Cs fallout radionuclide in Ömerli watershed of İstanbul, Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33 (2009) 295-303.
- 37.** Chen, B., Zheng, Z., Huang, K., Zheng, Y., Zhang, G., Zhang, Q., Huang X., (2014) Radionuclide Dating Of Recent Sediment And The Validation Of Pollen-Environment Reconstruction In a Small Watershed Reservoir In outtheastern China. *Catena* 115 (2014) 29–38.
- 38.** Al-Masri, M. S., Aba, A., Khalil, H., Al-Hares, Z., 2002, Sedimentation rates and pollution history of a dried lake: Al- Oteibeh Lake, *The Science of the Total Environment*, 293 (1-3), 177-189.
- 39.** Andersen E., (2012) “Sediment Yield and Dam Capacity in the Great Lakes Watershed Methods Analysis”, *Wayne State University College of Engineering, PhD Thesis*, s. 97.
- 40.** Valette –Silver NJ (1992) Historical Reconstruction Of Contamination Using Sediment Cores. Tech. Mem. NOS/ORCA 65. National Oceanic and Atmospheric Administration, Rockville, MD.

41. Santschi P.H., li Y.-H., Bell J.J., Trier T. M. and Kawtaluk K. et al., (1980) Pu in coastal marine environments. Earth Planet. Sci. Lett. 51, s. 248-265.
42. Smith, J.N., Boudreau B. P. and Noshkin V. (1986) Plutonium and ²¹⁰Pb distribution in northeast Atlantic sediments: Subsurface anomalies caused by non-local mixing. Earth Planet. Sci. Lett. 81, s. 15-28.
43. Bakaç M and Kumru MN (2000) Uranium, Radium and Field Measurements in the Water of Gediz River. Tr.J. Engin. Environ.Sci, 24, s. 229-236.
44. Marengo, J. A.; DIAS, P. S. Mudanças Climáticas Globais E Seus Impactos Nos Recursos Hídricos. In: Rebouças, A. C.; Braga, B.; Tundisi, J. G. (Ed.) Águas Doces No Brasil: Capital Ecológico, Uso E Conservação. 3. Ed. São Paulo: Instituto De Estudos Avançados Da USP, Academia Brasileira De Ciências, s.63-109, 2006
45. Usta A., “Türkiye’de su potansiyelinin belirlenmesi üzerine bir araştırma”, *Küresel Mühendislik Çalışmaları Dergisi cilt:3 sayı:2*, s.1-9, 2016
46. Samecka-Cymerman, a. and Kempers, A.J., (2001). Concentrations of Heavy Metals and Plant Nutrients in Water, Sediments and Aquatic Macrophytes of Antropogenic Lakes (Former Open Cut Brown Coal Mines) Differing in Stage of Acidification. The Science of The Total Environments, 28, 87-98.
47. Dündar, M.Ş., Altundağ, H., Boz, V., Akaya, K. ve Sayın, M. (2003). Sapanca gölüne akan derelerdeki bazı eser elementlerin 17 Ağustos 1999 Marmara depremi öncesi ve sonrası karşılaştırmalı analizi. A.Ü. Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4 (2), 205-210.
48. Kişi Ö., *İTÜ Dergisi cilt:2 sayı:3*, Nehirlerdeki askı maddesi miktarının bulanık mantık ile modellenmesi, s.43-54, 2003
49. Egemen Ö., (2000). Çevre ve Su Kirliliği. Kitap, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayını No: 42, 120 sayfa, İzmir.
50. Dauvalter V. ve Rognerud S., (2001). Heavy Metal Pollution in Sediments of the Pasvik River Drainage. Chemosphere 42: 9-18.
51. Akyuz T., Mukhamedshina N., Akyuz S., Sarı E. ve Mirsagatova A.A., (2007). Toxic and Trace Element Analysis of Surface Sediments from the Gulf of Saros by INAA and XRF methods. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 273 (3): 747-751.

52. Başaran Kankılıç G., “*BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*” Kapulukaya Barajı Aşağı Havzası Sediment Örneklerinde Ağır Metal Kirlilik Düzeylerinin Değerlendirilmesi (Kızılırmak, Kırıkkale). S.903-913, Kırıkkale. 2019.
53. Ozbay O, Goksu MZL, Alp MT, Sungur MA (2013) Investigation of Heavy Metal Levels in Sediment of the Berdan River (Tarsus- Mersin). *Ekoloji* 22 (86): s. 68-74.
54. Sönmez, A., Hisar, O., Yanık, T., “Karasu Irmağında Ağır Metal Kirliliğinin Tespiti ve Su Kalitesine Göre Sınıflandırılması”. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(1): 69-77, 2012
55. Topal, M, Arslan Topal, E., “Elazığ Keban Baraj Gölünde Arsenik Kirlenme Düzeyinin Belirlenmesi”, *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3 (2), 154-161, 2017
56. Üçüncü T, E., “Beyşehir Gölü'nde Su ve Sedimentte Ağır Metal Birikimi ve Sedimentte Antropojenik Kontaminasyon Değerlendirmesi”, *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6 (2), s. 205-219. 2016.
57. Akyıldız, M, Karataş, B., “Adana Şehir Merkezindeki Topraklarda Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması”. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33 (2), s. 199-214. 2018
58. Wang, J. Baskaran, M. Kumar, A. et al. “Reconstruction of Temporal Variations of Metal Concentrations Using Radiochronology ($^{239+240}\text{Pu}$ and ^{137}Cs) in Sediments From Kızılırmak River, Turkey. *J Paleolimnol* 65, s.137–149. 2020
59. Bilhan Ö., İlan F., “Bozulmamış Sediment Örnekleme Kullanılarak Kızılırmak (Nevşehir-Türkiye) Nehri Sedimentlerinde Arsenik Ağır Metalinin Değerlendirilmesi”. *2nd International Conference On Access To Recent Advances In Engineering And Digitalization*, 2021
60. Balık İ., Tunca E., “Sedimentteki Metal Kirliliğini Değerlendiren Yöntemler Üzerine Bir Derleme”. *Türk Denizcilik ve Deniz Bilimleri Dergisi Cilt:1 Sayı:1*, s. 37-47, 2015
61. Smith, S. L., Macdonald, D. D., Keenleyside, K. A., Ingersoll, C. G., Field, L. J., “A Preliminary Evaluation of Sediment Quality Assessment Values for Freshwater Ecosystems”. *Journal of Great Lakes Research* 22: s. 624-638. 1996

62. Long, E. R., Morgan, L. G. “The Potential for Biological Effects of Sediment-Sorbed Contaminants Tested in The National Status and Trends Program”. NOAA Technical Memorandum NOS OMA 52. National Oceanic and Atmospheric Administration, Seattle, WA,175 pp appendices 1991.
63. Turekian, K. K.,Wedepohl, K. H., Distribution of the Elements in some major units of the Earth's crust. Geological Society of America, Bulletin 72: s. 175-192. 1961
64. Yıldız H., “14-20 Nisan Nevşehir Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü IRAP (il risk azaltma planı) 1. Çalışmayı sunumu”, MTA Genel Müdürlüğü Maden Etüt ve Arama Dairesi. 2021
65. Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life
66. Krishnaswamy S., Lal D., Martin J. and Meybeck M. (1971) Geochronology of lake sediments. Earth Palnet. Sci. Lett. 11, 407-414.
67. Buffoni, G., Papucci, C., Delfanti, R., (1992) Accumulation rates and mixing processes in near-surface North Atlantic sediments: Evidence from C-14 and Pu- 239,240 downcore profiles Marine Geology 109(s 1–2):159–170.
68. Su, C.-C. and C.-A. Huh (2002) Atmospheric Po-210 anomaly as a precursor of volcano eruptions. Geophysical Research Letters 29(5): 1070, doi:10.1029/2001GL013856.
69. Cengiz N., “Deri Sanayiinde Kullanılan Kimyasalların İşçi ve Çevre Sağlığı Üzerine Etkileri”, *Kocatepe Tıp Dergisi*, 3, 9-21, 2002
70. Martin S., Griswold W., “Human Health Effects of Heavy Metals”, *Envorimental Science and Tecnology Briefs for Citizens* ,15, March 2009
71. Çağlarırnak N., Hepçimen A. Z., “Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi”, *Akademik Gıda* 8(2), 31-35, 2010
72. Vural, H., “Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler”, *Çevre Dergisi* 8: 3-8, 1993
73. Aközcan S., “Didim ve İzmir Körfezi Sediment Deniz Suyu ve Farklı Deniz Organizmalarında Bazı Radyonüklid ve Ağır Metal Düzeylerinin İzlenmesi”, *Ege*

Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Nükleer Bilimler Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İzmir, 2009

74. Zhang, G., Bai, J., Zhao, Q., “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, 2016

75. Fural Ş., Kükrer, S., “Sulak Alanlarda Potansiyel Toksik Element (PTE) Kaynaklı Bölgesel Ekolojik Risk Araştırmalarında Kullanılan Analitik Metotlar” *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı 77, 211-222. 2021

