

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esra DARDAN

**YUMURTALIK - KARATAŞ (ADANA) ARASINDAKİ SAHİL
KUMLARINDAKİ AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA – 2019

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YUMURTALIK – KARATAŞ (ADANA) ARASINDAKİ SAHİL
KUMLARINDAKİ AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Esra DARDAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez / /2019 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Doç. Dr. Mustafa AKYILDIZ
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Osman PARLAK
ÜYE

.....
Dr. Öğr. Üyesi. Zeynep ÖZDEMİR
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

**Prof. Dr. MustafaGÖK
Enstitü Müdürü**

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FYL-2016-7617

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YUMURTALIK – KARATAŞ (ADANA) ARASINDAKİ SAHİL KUMLARINDAKİ AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Esra DARDAN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Mustafa AKYILDIZ
Yıl: 2019, Sayfa: 71
Jüri : Doç. Dr. Mustafa AKYILDIZ
: Prof. Dr. Osman PARLAK
: Dr. Öğr. Gör. Zeynep ÖZDEMİR

Bu yüksek lisans çalışması Yumurtalık ve Karataş ilçeleri arasındaki sahil şeridini kapsamaktadır. Bu iki bölge arasındaki sahil kumlarında canlı sağlığını olumsuz yönde etkileyen ağır metal kirliliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Yumurtalık-Karataş arasındaki sahil şeridindeki 24 lokasyondan örnekleri alınmıştır. Atomik Absorbsiyon Spektrometre (ASS) cihazı ile Fe, Mn, Cu, Zn, Hg, Ni, Cr, As ve Cd elementlerine ait kimyasal analizler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Türkiye ve dört farklı ülkelere ait ağır metal konsantrasyon sınır değerleriyle karşılaştırılmıştır. As, Zn, Cu, Mn ve Hg elementleri standartların altında kalırken; Fe ve Cr elementleri Karataş bölgesinde sınırların üzerinde bulunmuştur. Cd ve Ni elementlerine ait analiz sonuçları ise her iki bölgedede standartların üzerinde saptanmıştır. Kirliliği oluşturan parametrelerin çevresel faktörlere bağlı olarak oluştuğu, Ni element miktarlarının artışıdaysa kısmen bölgedeki jeolojik yapının etkisi olduğu düşünülmektedir. Bulunan tüm veriler CBS ortamına aktarılarak semboloji ve dağılım haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca kum örneklerinde; Zenginleşme Faktörü (Ef), Kirlilik Faktörü (Cf), Kirlilik Derecesi (Cd), Korelasyon ilişkileri ve Jeo-birikim İndeks (Igeo) değerleri hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yumurtalık, Karataş, Toprak, Ağır Metal, CBS.

ABSTRACT

MSc. THESIS

THE INVESTIGATION OF HEAVY METAL POLLUTION BETWEEN YUMURTALIK - KARATAŞ (ADANA)

Esra DARDAN

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF GEOLOGICAL ENGINEERING

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Mustafa AKYILDIZ
Year: 2019, Pages:71
Jury : Assoc. Prof. Dr. Mustafa AKYILDIZ
: Prod. Dr. Osman PARLAK
: Asst. Prof. Dr. Zeynep ÖZDEMİR

This Master thesis covers the coastline between Yumurtalık and Karataş districts. The aim of this study was to investigate the heavy metal pollution in the coastal sands between these two regions which adversely affected the living health. 24 samples were taken on the coastline between Yumurtalık and Karataş region. Fe, Mn, Cu, Zn, Hg, Ni, Cr, As, Cd all these elements were chemical analyzed by Atomic Absorption Spectrometer (AAS) the results obtained from the World Health Organization (WHO), of Turkey and four different countries of heavy metal concentrations were compared with the limit values. This comparison showed that the As, Zn, Cu, Mn and Hg elements are below the standards; Fe and Cr elements are located above the borders in Karataş region. The results of the analysis of Cd and Ni elements were above the standards in both regions. It is observed that the parameters that constitute the pollution occur due to environmental factors, it is thought that the geological structure in the region has an effect on the increase of Ni element amounts. Symbolology and interpolation maps were created by GIS technique using all these data. In addition, sand samples; The enrichment factor (Ef), the Contamination factor (Cf), the pollution degree (Cd), the correlation relationships and the Geo-accumulation Index (Igeo) values were taken into consideration.

Key Words: Yumurtalık, Karataş, Soil, Heavy Metal, GIS.

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Bu yüksek lisans çalışması Yumurtalık ve Karataş ilçeleri arasındaki sahil şeridini kapsamaktadır. Bu iki bölge arasındaki sahil kumlarında canlı sağlığını olumsuz yönde etkileyen ağır metal kirliliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Yumurtalık-Karataş arası sahil şeridindeki kumların içerdikleri ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi için 24 lokasyondan alınan sahil kumu örneklerinde yapılmış analizlere değinilmiştir. Hazırlanan çözeltilerin ağır metal içerikleri Atomik Absorbsiyon Spektrometre (ASS) cihazında Fe, Mn, Cu, Zn, Hg, Ni, Cr, As ve Cd elementlerine ait analizler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve beş farklı ülkeye (Türkiye, Fransa, Almanya, İngiltere ve Finlandiya) ait topraklardaki ağır metal konsantrasyon sınır değerleriyle karşılaştırılmıştır. Bulunan tüm veriler Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak semboloji ve dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Toprak örneklerinde yapılan analizler sonucunda Karataş ve Yumurtalık bölgelerinde As, Fe, Mn için; WHO'ya göre standart limit değerleri ile yapılan karşılaştırmalarda, sonuçlar standardın altında kaldığından As, Fe ve Mn kaynaklı bir kirliliğin mevcut olmadığı sonucuna ulaşılabilir. Yumurtalık-Karataş bölgeleri arasından alınan topraklarda yapılan analizler sonucunda Zn ve Hg içeriği ülke standart değerleri ile karşılaştırıldığında örneklerin sonuçları 5 ülke standardının altında çıkmıştır. Analiz sonuçlarına göre çalışma alanını kapsayan bölgede Zn ve Hg kaynaklı kirliliğin olmadığı düşünülmektedir. Yumurtalık-Karataş bölgeleri arasından alınan kumlarda yapılan analizlerde Cr içeriği ülke standart değerleri ile karşılaştırıldığında Yumurtalık bölgesinde 1 örnek Türkiye standardının üzerinde; Karataş bölgesinde ise toplamda 13 örnekten 11'inde sonuçlar bütün ülke standartları üzerinde çıkmıştır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Topraklardaki kirliliğe ait yönetmeliğinde Ni elementinin Türkiye standart değeri 75 ppm'dir. Yumurtalık'tan 11 Karataş'tan ise 13 örnek olmak üzere toplamda iki bölge arasında 24 lokasyondan alınan örneklerin tamamı Türkiye ve diğer baz alınan ülke

standartlarının üzerinde çıkmıştır. Alınan örneklerde yapılan analizler sonucunda çalışma alanı içerisinde önemli ölçüde Ni kirliliği tespit edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında, metallerin kirlilik boyutlarının değerlendirilmesini yapmak için günümüzde sıklıkla kullanılmakta olan; Zenginleşme Faktörü (Ef), Kirlilik Faktörü (Cf), Kirlilik Derecesi (Cd), Korelasyon ilişkileri ve Jeobirikim İndeksi (Igeo) gibi indeks değerleri hesaplanarak Yumurtalık ve Karataş bölgeleri için değerlendirmeler yapılmıştır.

Yumurtalık bölgesindeki metallerde yapılan analiz sonuçlarına göre zenginleşme faktörü (Ef) değerleri Zn, Mn, Cu, Cr ve As elementleri için ‘minimal zenginleşme’; Ni ve Hg elementleri için ‘belirgin zenginleşme’; Cd elementi için ‘aşırı zenginleşme’ olarak belirlenmiştir. Karataş bölgesinde ise Zn, Mn, Cu, Cr, As ve Hg zenginleşme faktörü (Ef) değerleri minimal zenginleşme; Ni elementi için ‘orta zenginleşme’; Cd elementi için ‘belirgin zenginleşme’ olarak belirlenmiştir. Yumurtalık bölgesinde kirlilik faktörü (Cf) sonuçlarının Zn, Mn, Cu, Cr, As ve Fe elementleri için ‘az kirlenme’; Ni elementi için ‘önemli derecede kirlenme’; Cd elementi için ‘aşırı derecede kirlenme’ ve Hg elementi için ‘orta derecede kirlenme’ şeklinde olduğu bulunmuştur. Karataş bölgesinde kirlilik faktörü (Cf) değerleri Zn, Mn, Cu, As ve Hg için ‘az kirlenme’; Fe ve Cr için ‘orta derecede kirlenme’; Ni elementi için ‘önemli derecede kirlenme’; Cd elementiye ‘aşırı derecede kirlenme’ şeklinde tanımlanmıştır. Kirlilik Derecesi (Cd); Yumurtalık bölgesi için ‘çok yüksek derecede kirlilik’; Karataş bölgesi için ise ‘önemli derecede kirlilik’ şeklinde bulunmuştur. Yumurtalık bölgesinde Jeobirikim indeks (Igeo) değerleri Zn, Mn, Cu, Cr, As, Hg ve Fe elementleri için ‘pratik olarak kirlenmemiş’; Ni elementi için 2. sınıf ‘orta derecede kirlenmiş’; Cd elementi içinse ‘çok aşırı kirlenmiş’ olan 5. sınıf olarak tespit edilmiştir. Karataş bölgesinde Jeobirikim indeks (Igeo) değerleri Zn, Mn, Cu, Cr, As, Hg ve Fe elementleri için ‘pratik olarak kirlenmemiş’; Ni elementi kirlilik durumu skalasında 2. sınıf olan ‘orta derecede kirlenmiş’; Cd elementi içinse ‘orta-çok kirlenmiş’ olan 3. sınıf olarak tespit edilmiştir. Topraklarda yapılan analizler sonucunda,

Yumurtalık bölgesinde Cu-Zn ve Cd-Mn arasında; Karataş bölgesinde ise Fe-Mn, Fe-Zn, Cr-Mn, Mn-Zn ve Cr-Zn arasındaki ilişkide istatistiksel anlamda yüksek bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir.





TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans öğrenimim boyunca gerek arazi gerekse büro çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen, araştırma ve uygulamalarımın her aşamasında fikir ve deneyimleri ile yönlendirerek çalışmalarımın tamamlanmasında en büyük pay sahibi olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mustafa AKYILDIZ'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

2011 yılından günümüze kadar bana her türlü desteğini esirgemeyen, Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü sayın hocam Prof. Dr. Osman PARLAK'a sonsuz sevgi ve hürmetle teşekkürlerimi sunarım.

Manevi desteğini ve yardımlarını eksik etmeyen, bütün tez hazırlığım boyunca aydınlatıcı ve yol gösterici tecrübeleriyle çalışmalarımın her aşamasında göstermiş olduğu yakın ilgi ve alakadan dolayı Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Doktora Öğrencisi Mamadou TRAORE'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmaları sırasında yoğun uğraşlar sonucunda bilgi ve tecrübeleriyle bana destek veren Çukurova Üniversitesi Jeokimya Laboratuvarı görevlisi Kimya Teknisyeni Ertuğrul ÇANAKÇI'ya yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Tezime bulundukları katkılardan dolayı Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ÖZDEMİR'e teşekkür ederim.

Bu süreçte bana her zaman destek veren ve cesaretlendiren kardeşlerim; Emre DARDAN'a, Süleyman DARDAN'a ve Ayşe DARDAN'a; Hasan & Saliha ARDA'ya teşekkür ederim. Bir ailenin yapabileceğinden çok daha fazlasını yapan, benden her zaman maddi ve manevi desteklerini eksik etmeyen ama her şeyden önce annem ve babam oldukları için gurur duyduğum Elmas & Mehmet DARDAN'a teşekkürü canı gönülden bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
3. MATERYAL VE METOD.....	7
3.1. Materyal	7
3.1.1. Ağır Metaller ve Genel Özellikleri	7
3.1.1.1. Arsenik (As)	8
3.1.1.2. Bakır(Cu).....	9
3.1.1.3. Civa (Hg).....	9
3.1.1.4. Çinko (Zn)	10
3.1.1.5. Demir (Fe)	10
3.1.1.6. Kadmiyum (Cd).....	11
3.1.1.7. Krom (Cr)	11
3.1.1.8. Mangan (Mn).....	11
3.1.1.9. Nikel (Ni)	12
3.2. Metod	12
3.2.1. Literatür Tarama	12
3.2.2. Arazi Çalışmaları.....	13
3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları	13
3.2.4. Büro Çalışmaları.....	13

4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	19
4.1. Bölgenin Genel Jeolojisi	19
4.1.1. Dokuztekne Formasyonu	19
4.1.2. Bulgurkaya Olistostromu (Misis-Andırın Melanjı)	19
4.1.3. Karataş Formasyonu	20
4.1.4. Kızıldere Formasyonu	20
4.1.5. Delihalil Bazaltı	21
4.2. Ağır Metal Analiz Sonuçları	21
4.2.1. Arsenik (As) Analiz Sonuçları.....	26
4.2.2. Bakır (Cu) Analiz Sonuçları	29
4.2.3. Civa (Hg) Analiz Sonuçları	32
4.2.4. Çinko (Zn) Analiz Sonuçları	36
4.2.5. Demir (Fe) Analiz Sonuçları	38
4.2.6. Kadmiyum (Cd) Analiz Sonuçları	41
4.2.7. Krom (Cr) Analiz Sonuçları	44
4.2.8. Mangan (Mn) Analiz Sonuçları	47
4.2.9. Nikel (Ni) Analiz Sonuçları.....	50
4.3. Jeokimyasal Yaklaşımlar	52
5. SONUÇLAR.....	61
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	71

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. Sektörel bazda ağır metal kaynakları (Özkan, 2009).....	8
Çizelge 3.2. Zenginleşme Faktörü (EF) Sınıflaması (Sutherland, 2000).....	15
Çizelge 3.3. Yerkabuğu tabakası ve sedimentlerin element bileşimleri (Türkoğlu, 2006) (% değerlerin dışındaki değerler ppm olarak verilmiştir)	16
Çizelge 3.4. Kirlilik Faktörü (Cf) Sınıflaması (Hakanson, 1980).....	17
Çizelge 3.5. Kirlilik Derecesi (Cd) Sınıflaması (Hakanson, 1980).....	17
Çizelge 3.6. Jeobirikim İndeksi (Igeo) Sınıflaması (Müller, 1981)	18
Çizelge 4.1. Türkiye ve farklı ülkelere ait topraklardaki ağır metal konsantrasyonu sınır değerleri (Özkul, 2008).....	22
Çizelge 4.2. Dünya sağlık organizasyonu (WHO)' nun topraklardaki ağır metal konsantrasyonu sınır değerleri (Chiroma ve diğ.,2014).....	23
Çizelge 4.3. Yumurtalık bölgesi analiz sonuçları ve ülke standartlarıyla karşılaştırılması.....	23
Çizelge 4.4. Yumurtalık bölgesi analiz sonuçları ve WHO'ya göre karşılaştırılması.....	24
Çizelge 4.5. Karataş bölgesi analiz sonuçları ve ülke standartlarıyla karşılaştırılması.....	25
Çizelge 4.6. Karataş bölgesi analiz sonuçları ve WHO'ya göre karşılaştırılması.....	26
Çizelge 4.7. Arsenik elementinin Karataş ve Yumurtalık bölgelerindeki istatistiksel değerleri.	27
Çizelge 4.8. Bakır elementinin Karataş ve Yumurtalık bölgelerindeki istatistiksel değerleri.	30
Çizelge 4.9. Civa elementinin Karataş ve Yumurtalık bölgelerindeki istatistiksel değerleri.	33

Çizelge 4.10. Çinko elementinin Karataş ve Yumurtalık bölgelerindeki istatistiksel değerleri.	36
Çizelge 4.11. Demir elementinin Karataş ve Yumurtalık bölgelerindeki istatistiksel değerleri.	39
Çizelge 4.12. Kadmiyum elementinin Karataş ve Yumurtalık bölgelerindeki istatistiksel değerleri.	42
Çizelge 4.13. Krom elementinin Karataş ve Yumurtalık bölgelerindeki istatistiksel değerleri.	45
Çizelge 4.14. Mangan elementinin Karataş ve Yumurtalık bölgelerindeki istatistiksel değerleri.	47
Çizelge 4.15. Nikel elementinin Karataş ve Yumurtalık bölgelerindeki istatistiksel değerleri.	50
Çizelge 4.16. Yumurtalık bölgesinin zenginleşme faktörü (Ef) değerleri.	53
Çizelge 4.17. Karataş bölgesinin zenginleşme faktörü (Ef) değerleri.	54
Çizelge 4.18. Yumurtalık bölgesinin kirlilik faktörü (Cf) değerleri.	55
Çizelge 4.19. Karataş bölgesinin kirlilik faktörü (Cf) değerleri.	56
Çizelge 4.20. Yumurtalık bölgesinin Jeo-birikim indeks (Igeo) değerleri.	57
Çizelge 4.21. Karataş bölgesinin Jeo-birikim indeks (Igeo) değerleri.	58
Çizelge 4.22. Yumurtalık bölgesindeki metallerin korelasyon ilişkisi.	59
Çizelge 4.23. Karataş bölgesindeki metallerin korelasyon ilişkisi.	60

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1.	Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	3
Şekil 3.1.	Örnek lokasyonları	7
Şekil 4.1.	Çalışma alanı ve yakın civarının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Kozlu, 1987'den değiştirilerek alınmıştır).....	21
Şekil 4.2.	Karataş ve Yumurtalık Bölgelerinden alınan As elementinin WHO'ya göre karşılaştırmalı grafiği.....	27
Şekil 4.3.	Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki As elementinin semboloji haritası.	28
Şekil 4.4.	Karataş bölgesinden alınan kumlardaki As elementinin semboloji haritası.	28
Şekil 4.5.	Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki As elementinin dağılım haritası.	29
Şekil 4.6.	Karataş bölgesinden alınankumlardaki As elementinin dağılım haritası.	29
Şekil 4.7.	Bölgelerden alınan kumlardaki Cu elementinin Türkiye standardına göre karşılaştırmalı grafiği.	30
Şekil 4.8.	Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Cu elementinin semboloji haritası.	31
Şekil 4.9.	Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Cu elementinin semboloji haritası.	31
Şekil 4.10.	Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Cu elementinin dağılım haritası.	32
Şekil 4.11.	Karataş bölgesinden alınankumlardaki Cu elementinin dağılım haritası.	32
Şekil 4.12.	Bölgelerden alınan Hg elementinin Türkiye standardına göre karşılaştırmalı grafiği.	33

Şekil 4.13. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Hg elementinin semboloji haritası.	34
Şekil 4.14. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Hg elementinin semboloji haritası.	35
Şekil 4.15. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Hg elementinin dağılım haritası.	35
Şekil 4.16. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Hg elementinin dağılım haritası.	35
Şekil 4.17. Bölgelerden alınan kumlardaki Zn elementinin WHO'ya göre karşılaştırmalı grafiği.	36
Şekil 4.18. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Zn elementinin semboloji haritası.	37
Şekil 4.19. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Zn elementinin semboloji haritası.	37
Şekil 4.20. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Zn elementinin dağılım haritası.	38
Şekil 4.21. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Zn elementinin dağılım haritası.	38
Şekil 4.22. Bölgelerden alınan kumlardaki Fe elementinin WHO'ya göre karşılaştırmalı grafiği.	39
Şekil 4.23. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Fe elementinin semboloji haritası.	40
Şekil 4.24. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Fe elementinin semboloji haritası.	40
Şekil 4.25. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Fe elementinin dağılım haritası.	41
Şekil 4.26. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Fe elementinin dağılım haritası.	41

Şekil 4.27. Bölgelerden alınan kumlardaki Cd elementinin Türkiye standardına göre karşılaştırmalı grafiği.	42
Şekil 4.28. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Cd elementinin semboloji haritası.	43
Şekil 4.29. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Cd elementinin semboloji haritası.	43
Şekil 4.30. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Cd elementinin dağılım haritası.	44
Şekil 4.31. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Cd elementinin dağılım haritası.	44
Şekil 4.32. Bölgelerden alınan kumlardaki Cr elementinin WHO'ya göre karşılaştırmalı grafiği.	45
Şekil 4.33. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Cr elementinin semboloji haritası.	46
Şekil 4.34. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Cr elementinin semboloji haritası.	46
Şekil 4.35. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Cr elementinin dağılım haritası.	46
Şekil 4.36. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Cr elementinin dağılım haritası.	47
Şekil 4.37. Bölgelerden alınan kumlardaki Mn elementinin WHO'ya göre karşılaştırmalı grafiği.	48
Şekil 4.38. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Mn elementinin semboloji haritası.	48
Şekil 4.39. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Mn elementinin semboloji haritası.	49
Şekil 4.40. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Mn elementinin dağılım haritası.	49

Şekil 4.41. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Mn elementinin dağılım haritası.	49
Şekil 4.42. Bölgelerden alınan kumlardaki Ni elementinin Türkiye standardına göre karşılaştırmalı grafiği.	50
Şekil 4.43. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Ni elementinin semboloji haritası.	51
Şekil 4.44. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Ni elementinin semboloji haritası.	51
Şekil 4.45. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Ni elementinin dağılım haritası.	52
Şekil 4.46. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Ni elementinin dağılım haritası.	52

1. GİRİŞ

Bu yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne bağlı olarak Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmış olup Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimi FYL-2016-7617 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Yüzyılın başından günümüze kadar gelişen sanayileşmenin artması ve modern tarıma geçilmesiyle birlikte hızla artan dünya nüfusunun oluşturduğu etkide göz önünde bulundurulduğunda doğal kaynaklar büyük ölçüde tahrip edilerek kirletilmiş bir çevre sorunu olarak karşımıza çıkmaya başlamıştır (Türkoğlu, 2006).

Ağır metalleri diğer toksik elementlerden ayıran en önemli özellik; insanlar tarafından oluşturulabilir ya da yok edilebilir olmamalarıdır (Karakaş, 2000). Topraklardaki ağır metallerin kaynaklarını litojenik ve antropojenik kaynaklar olarak iki gruba ayırmak mümkündür. Litojenik kaynaklar, toprağı meydana getiren kaynak kayaçlar ile ilgiliyken antropojenik kaynaklar insan kökenli olduğu için çok çeşitli faktörleri içermektedir. Antropojenik kaynaklardan en önemlileri; yakıt kullanımı, ulaşım ve metalurji ile diğer endüstri çalışmalarıdır (Özyılmaz, 2000). Bu yüzden toprakta, sedimentte, temiz su kaynaklarında ve deniz suyunda birikmeye eğilimli olan ağır metaller çevre kirliliğinde önemli fonksiyonlara sahiptir. Ağır metaller su kaynaklarına; endüstriyel atıklar ya da asit yağmurlarının toprağı ve dolayısıyla bileşiminde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına ulaşmasıyla geçerler. Sulara taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelir ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür gibi katı bileşik oluşturarak sutabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı da suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselmektedir (Rether, 2002).

Topraklara karışan ve biriken ağır metaller; mikrobiyal aktiviteye, toprak verimliliğine, biyolojik çeşitlilik ve ürünlerdeki verim kayıplarına, besin zinciri

yoluyla sıcakkanlılarda zehirlenmelere kadar birçok çevre ve insan sağlığı problemlerinin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Topraktaki ağır metallerin kaynağı, toprağın oluşumu sırasında meydana gelebileceği gibi atmosferik taşınım, biyolojik arıtım çamurlarının boşaltımı, hayvan dışkıları ile evsel atıkların uzaklaştırılması gibi prosesler sonucunda daolabilmektedir (Özay; Mammadov, 2013).

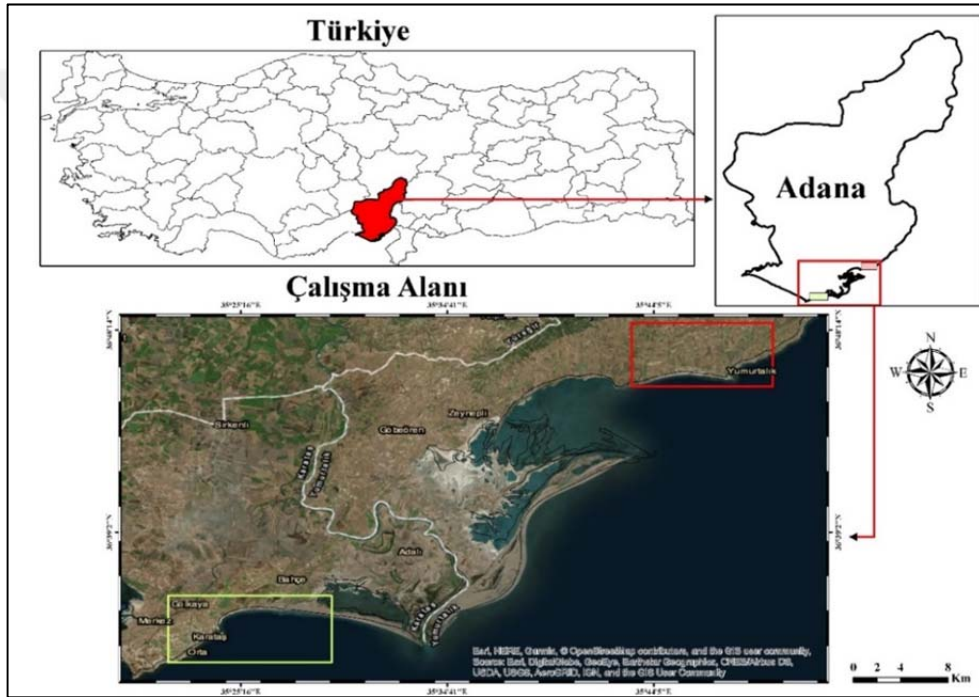
Üç tarafı denizlerle çevrili ülkemizde, tüm dünyada olduğu gibi, deniz kirliliği ve kıyılar ile ilgili sorunlar ayrı bir önem taşımaktadır. Deniz taşımacılığı, sanayi, şehirleşme, tarım, turizm ve atıkların boşaltılması ile de her geçen gün denizlerimiz ve dolaylı olarak kıyılarımız daha hızlı kirlenmeye başlamıştır. Bu kirlilik deniz kıyısındaki yerleşim yerleri ve endüstrilerden doğrudan verilebildiği gibi akarsular, yağmur suları ve hava kirliliği ile de daha uzak bölgelere taşıma yoluyla verilebilir (<http://cevreonline.com>).

Bölge; Doğu Akdeniz bölgesinde Seyhan ve Ceyhan nehirlerinin doğal sınırları içerisinde yerilirken bu nehirler; kuzey ve batıdan Toros Dağları, doğudan Amanos Dağları ve Misis Yükselimi, güneyden Akdeniz ile çevrili Miyosen yaşlı, 6-10 km kalınlığındaki Adana Baseni istifini keserek Akdeniz'e dökülmekte ve bu birimlere ait materyalleri bölgeye taşımaktadır (Gürbüz, 1997).

Jeokimyasal olarak deltalar; anakayadan türeyen bileşenler (Al, Ca, Co, Cr, Fe, K, Mg, Na ve Ni) ve insan aktiviteleri sonucu oluşan kirletici bileşenlerden (As, Cd, Cu, Hg, Pb ve Zn) oluşmaktadır (Pasternack; Brown, 2006).

İnceleme alanı, Yumurtalık ve Karataş ilçeleri arasındaki sahil şeridini kapsamaktadır (Şekil 1.1). Çalışma alanında meydana gelen hızlı nüfus artışı ve yoğun göç ile doğal alanlar üzerindeki baskının artmasına neden olmuştur. Kumul alanlardaki tarım etkinlikleri bu etkiyle hız kazanmıştır. Sahil kumullarını hemen çevresinde yer alan sulak alanlara taşınan sular beraberinde bu kirleticileri de taşımaktadır. Bölgede otel, motel, lokanta ve yerleşim birimleri, özellikle Yumurtalık bölgesinde sanayi tesisleri yer almaktadır ve bu alanlardan gelen her türlü atıklar büyük oranda denize boşaltılmaktadır.

Bölgenin birçok açıdan etkiler altında bulunması nedeni ile Yumurtalık-Karataş ilçeleri arasındaki sahil kumlarında bulunan ağır metal dağılımının araştırılması, sahil kumlarında özellikle; Hg, As, Cu, Zn, Cd, Ni, Cr, Mn ve Fe gibi ağır metallerin geniş alanlarda kullanılması nedeniyle ağır metal birikimi yönünden incelenerek, bunların dağılımının saptanması ve metallerin litojenik-antropojenik kökenlerinin belirlenmesi bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Adana Baseni sedimanter istifı üzerine yapılan ilk çalışmalar 1930'lu yıllara tekabül etmektedir. Schmidt (1961), 1957-1069 yılları arasında Adana bölgesinin genel stratigrafisini sistemli olarak çalışmış ve 47 litostratigrafi birimini ayırtlayarak adlandırmıştır. Çalışma alanı ve civarında toprak ve su kirliliği üzerine yapılmış çalışmalardan bazıları şunlardır:

Topak (1997), Berdan Nehri (Tarsus) toprak ve su örneklerinde anyon-kasyon ve ağır metalleri incelemiş ve bu suların çeşitli kullanım alanlarına göre sınıflamasını yaparak Berdan Nehri'nin Pb, Cr ve SO₄ içeriği bakımından içilebilir su niteliği taşımadığını belirtmiştir.

Aysan (1999), Adana-Tarsus güneyinde Yarbaşı-Adalı-Aydın köyleri arasında kalan bölgenin toprak ve serbest akiferlerindeki ağır metal kirliliklerini saptamaya çalışmıştır. Ayrıca serbest akiferlerden alınan suların jeokimyasal özelliğini araştırdığı bu çalışmada; ağır metaller, sülfat ve elektriksel iletkenlik (Ec) değerlerini ölçmüş ve ağır metal sonuçlarına göre Mürseloğlu köyünün kuzey doğusundaki kuyuda Mn değerlerinin yüksek olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Yılmaz ve Yaman (1999), Ceyhan Nehri sularının jeokimyasal özelliklerini araştırma amacıyla yaptıkları çalışmada, yıllık olarak; anyon, kasyon, iz element, pH, sıcaklık ve tuzluluk parametrelerini inceleyerek çözünmüş ana bileşenlerin yıllık değişimlerini ortaya koymuş ve kullanıma uygunluk sınıflamalarını yapmışlardır.

Akın ve Ertunç (2008), Ceyhan (Adana)'da, hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla Kokar Pınar suyunu incelemişlerdir. İncelemede, kaynak suyunda sodyum, klor, bikarbonat, kalsiyum sülfat ve magnezyum iyonlarının yoğun olarak bulunduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca ağır metal analizleri ile Zn, Cu ve Al iyonlarına da rastlamışlar ve suyun fasiyesinin Na-Ca-Cl-HCO₃ olduğu sonucuna varmışlardır.

Bilge ve Çimrin (2013), ‘Viranşehir-Kızıltepe Karayolu Kenarındaki Topraklarda Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliği’ çalışmalarında Pb, Cd, Ni, Cr ve Cu için tüm ağır metallerin konsantrasyonları topraklarda izin verilebilir sınır değerlerine yakın olmamalarına rağmen, mesafeye bağlı olarak karayolundan uzaklaştıkça ağır metal konsantrasyonlarının azaldığını tespit etmişlerdir. Topraklarda gözlenen ağır metal birikiminin trafik kökenli olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Karaçağıl (2013), İstanbul’un Anadolu Yakasında belirlenmiş sahil şeridindeki yeşil alanların toprak kalitesinin ve ağır metal kirliliğinin belirlenmesi amacıyla toplamda 404 adet toprak örneğinde; fiziksel-kimyasal analizler ile birlikte toprak kirliliği kapsamında Cd, Cr, Cu, Pb, Ni ve Zn ağır metal kirlilik analizleri yapmıştır. Toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ağır metal içerikleri arasında bazı istatistiksel ilişkiler tespit etmiştir. Ağır metal kirlilik oranlarıysa; 7 adet Cr, 1 adet Cu ve 2 adet Ni dışında sınır değerler içerisinde bulunmuştur.

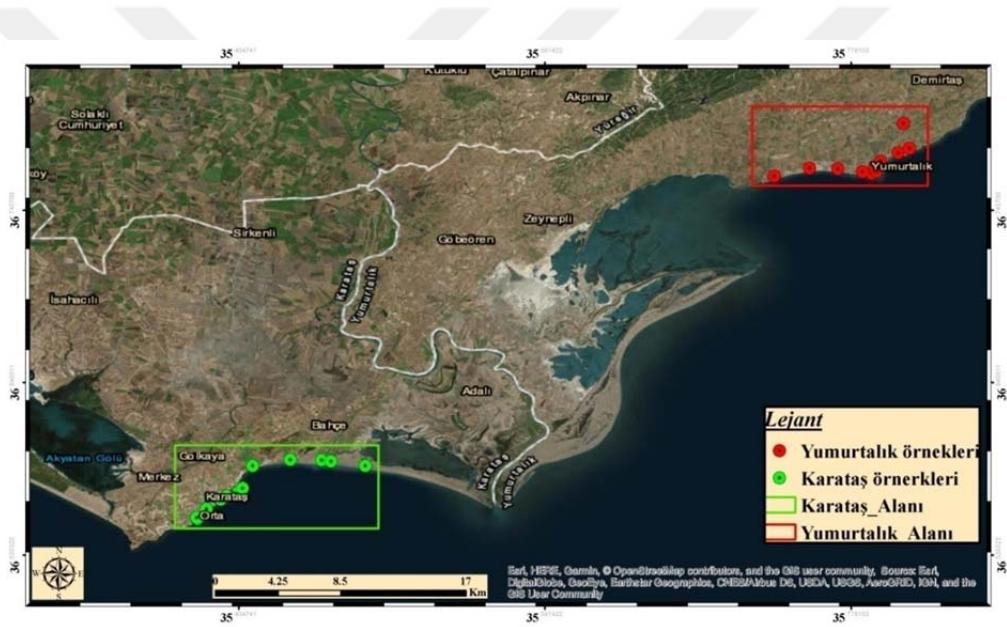
Yıldız (2018), Adana-Tarsus (Mersin) güneyinde yer alan Doğankent. Tuzla ve Karataş mahallelerinden alınan toprak örneklerinde ağır metal kirliliğinin araştırılması amacıyla toplamda 134 adet toprak numunesinde; Fe, Al, Mn, Zn, Ni, As, Hg, Cu, Cr, Co, Cd ve Pb ağır metal kirlilik analizi yapmıştır. Çalışma alanı ve civarında yüksek miktarlarda Cd, Ni, Pb ve Cr kaynaklı kirlilik olduğu sonucuna varmıştır.

Akyıldız ve Karataş (2018), Adana şehir merkezindeki topraklarda ağır metal kirliliği adlı çalışmada bölgeden alınan 52 adet toprak numunesinde; Fe, Cu, Zn, Al, Hg, Ni, Cr, Pb, As, Co ve Cd elementlerine ait kimyasal analizler yapılmıştır. Cu, Hg, Co ve Cd elementlerinde birkaç örnek standartların üzerinde; Ni, As, Cr ve Al elementlerine ait analiz sonuçlarında ise örnekler yaygın olarak standartların üzerinde yer almıştır. Kirliliğe sebep olan parametrelerin genellikle çevresel faktörlere bağlı olarak meydana geldiği, Cr ve Ni element artışında ise kısmen bölgedeki jeolojik yapısında katkısının olabileceğini belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Çalışmanın ana materyalini; Yumurtalık-Karataş arası sahil şeridindeki kumlar oluşturmaktadır. Bu tez çalışmasında Yumurtalık-Karataş arası sahil şeridinden alınan sahil kumu örnekleri üzerinde yapılacak kimyasal analizler yorumlanmıştır. Bu kapsamda 24 lokasyondan sahil kumu örnekleri alınmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Örnek lokasyonları

3.1.1. Ağır Metaller ve Genel Özellikleri

Ağır metaller, yoğunluğu 5 gr/cm³'den fazla olan, atom numarası 20'den büyük olan, toksisite ve kirlilik yaratan metaller olarak tanımlanabilir. Bu gruba Pb, Cd, Cr, Fe, Co, Cu, Ni, Hg ve Zn gibi metaller dahildir (Özkan, 2009). Ağır metaller, insanlar tarafından oluşturulamaz ya da yok edilemez özellikleri ile diğer toksik elementlerden ayrılırlar. Bu yüzden; toprakta, sedimentte, temiz su

kaynaklarında ve deniz suyunda birikmeye eğilimlidirler. Ağır metaller çevre kirliliği araştırmalarında büyük öneme sahiptir. Bu elementler doğaları gereği yer kürede genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik olarak veya silikatlar içinde bulunmaktadır (Kahvecioğlu ve diğ., 2009). Atmosfere farklı kaynaklardan bırakılan ağır metaller, kuru ve yağ çökeltme ile toprağa, yüzey sularına ardından yeraltı sularına karışarak ekolojik dengeye zarar verebilmektedir (Karaçağıl, 2013). Farklı sektörlerden atmosfere yayılan bu kirlleticiler Çizelge 3.1’de verilmektedir.

Çizelge 3.1. Sektörel bazda ağır metal kaynakları (Özkan, 2009).

Endüstri	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
Kağıt Endüstrisi	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor-alkali Üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir-Çelik San	+	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi (Termik)	+	+	+	+	+	+	+	+

Ağır metallerin başlıca kaynakları; mineral gübreler, kanalizasyon atıkları, atıksular, kentsel atıklar, motorlu araçların egzoz gazları, madencilik şeklinde sıralanabilir (Önder, 2012).

3.1.1.1. Arsenik (As)

As, yerkabuğunda geniş bir alana yayılmış ve ortalama konsantrasyonu 2 mg/L olan, 5,78 g/cm³ yoğunluğa sahip atom numarası 33, atom ağırlığı 74.91 g/mol, erime noktası 614°C, kaynama noktası 820°C olan bir metaloiddir (Duker ve diğ., 2005). Deniz suyundaki As derişimi 2 µg/L civarında iken, toprakta genellikle 1-40 µg/g’dır. Jeolojik alanlar genellikle yüksek derişimde As türleri içerebilir. Doğal sularda bulunan As; madencilik atıklarından, volkanik tortulardan, jeotermal kaynaklardan, alüvyonlu göl tabanından geniş bir havzaya yayılmış

tortullardan ve buna ek olarak; As'li pestisitlerin kullanımı, metal maden cevherlerinin eritilmesi gibi kontrol edilemeyen antropojenik faaliyetler neticesinde direkt olarak doğaya bırakılmaktadır (Jain ve diğ., 2000).

3.1.1.2. Bakır(Cu)

Dünyanın birçok yerinde bulunan adını da ilk bulunduğu yer olan Kıbrıs'ın Latincesinden (aes cyprium: Kıbrıs cevheri, cyprium ve daha sonra da Cuprum) almıştır. Atom numarası 29, atomağırlığı 63,57 g/mol, özgün ağırlığı 11,34 g/cm³ olan Cu'nun erime noktası 1083°C, kaynama noktası 2300°C'dir. Doğal olarak toprakta bulunan toplam Cu miktarı, toprak ana maddesinin Cu içeriğine bağlı olarak değişiklik göstermekte olup mineral ayrışmasının şiddeti ve gelişen bitkilerin etkisi nedeniyle; konsantrasyonu toprak profilinin yüzeye yakın katmanlarında daha da yüksek, genellikle aşırı derecede parçalanıp ayrılmış ve yıkanmış toprakların toplam Cu kapsamı daha düşüktür. Cu toprak parçacıklarına kuvvetli bir şekilde bağlandığından ve oldukça hareketsiz olduğundan dolayı çoğu toprakların Cu içeriği alt profile doğru azalma göstermektedir (Topbaş ve ark., 1998).

3.1.1.3. Civa (Hg)

Latince de sıvı akışkan haldeki gümüş anlamına gelen “hydragyros” sözcüğünden türetilmiş olup element sembolü Hg olan civa; oda sıcaklığında sıvı halde bulunan bir ağır metaldir. Periyodik cetvelde 2B grubunda olup, atom numarası 80, atom ağırlığı 200,59 g/mol, donma noktası -38,84°C, kaynama noktası 356,95°C ve yoğunluğu 13,546 g/cm³'tür. Suda çözünmez, suya oranla 13,55 kat daha ağır, havaya oranla 7 kat daha yoğundur (Clarkson; Magos; Myers, 2003). Uçucu bir element olan Hg, oda sıcaklığında sürekli olarak buharlaşan tek element olup buharlaştığı ortamda zehir etkisi oluşturmaktadır. Metalik, inorganik ya da organik formları vardır. Isı iletkenliği kötü olmasına rağmen elektrik iletkenliği oldukça iyi olan Hg, diğer metallerle kolayca alaşım yapar. Hg'nin

önemli özelliklerinden biri; canlılarda besin zinciri içinde büyüyerek birikebilmesidir. Bu özelliğe “biyolojik büyüme” denilmektedir (Soydemir, 2013). Civa, çeşitli ölçü ve kontrol aygıtlarında (barometre, termometre), elektrik ve çimento endüstrisinde, madencilikte, boya ve kâğıt sanayisinde ve diş tedavilerinde dolgu malzemesi olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Clarkson; Magos; Myers, 2003).

3.1.1.4. Çinko (Zn)

Topraklarda bulunan Zn miktarı genellikle 10-300 mg/kg, ortalama olarak 30-50 mg/kg arası değerdedir. Yıkanmanın fazla olduğu bazı asitli topraklar; 10-30 mg/kg gibi düşük düzeylerde Zn içermektedirler (Karaçağıl, 2013). Zn'nun, suda çözünen formları bitkiler için uygun olup Zn alımı, maddenin topraktaki konsantrasyonu arttıkça artmaktadır. Zn alımı, bitkinin türüne bağlı olduğu kadar bulunduğu ortama da bağlıdır. Özellikle ortamdaki Ca miktarı Zn alımını etkilemektedir. (Okcu; Tozlu; Kumlay; Pehlivan, 2009). Zn yaygın olarak metal kaplama ve alaşımlarda kullanılmaktadır. Zn, yıllık tüketimde dünyadaki metaller arasında dördüncü sırada yer almaktadır (sırasıyla Fe, Al, Cu, Zn). Özellikle ipek ipliği, fiber üretimi, çelik sanayi ve katot arıtımı uygulayan soğutma sistemleri, otomobil endüstrisi, mürekkep, karbon kağıtları, boya maddeleri, silgi ve muşamba üretiminde kullanılmaktadır (Önder, 2012).

3.1.1.5. Demir (Fe)

Yer kabuğunda Fe içeriği yaklaşık olarak %5.1'dir. Topraklarda toplam Fe miktarı genellikle yüksek olmasına karşılık bitkilere yarayışlı Fe miktarı azdır. Toplam Fe miktarı ana materyalin özelliğine göre %0.02 ile %10 arasında değişir ve ortalama %3.8 dolaylarındadır (Kaçar; Katkat, 2007). Toprak dokusu büyük oranda Fe konsantrasyonu ile ilgilidir. Fe konsantrasyonu hem ana materyal ile hemde iklim faktörleri kontrolünde gelişen toprak süreçlerinden kaynaklanmaktadır (Kabata-Pendias, 2001).

3.1.1.6. Kadmiyum (Cd)

Yer kabuğunda eser miktarda bulunan ve kimyasal özellikleri Zn'ya benzeyen bir element olan Cd asidik magmatik kayalarda çoğunlukla çinkosülfür mineralleri (özellikle sfalerit) ile birlikte bulunur. Bazı sedimanter kayalar ve sedimanter cevher yatakları Cd'ca zengindir (Haktanır, 1983). Cd doğada oldukça az bulunan bir element olduğundan toprakta Cd'un toplam tolere edilebilir miktarı 3 mgkg-1 (Topbaş ve ark., 1998); ekstrakte edilebilir Cd'un ise 0.2 mgkg-1' dir (Alloway, 1995). Topraklarda Cd birikimi endüstriyel faaliyetler, fosforlu gübreler, kanalizasyonatıklarının yanısıra yoğun bir trafik akışı olan otoban kenarlarındaki tarım alanlarında; motor yağları ile taşıt lastikleri yoluyla da oluşmaktadır (Kaçar; Katkat, 2006).

3.1.1.7. Krom (Cr)

Cr, periyodik cetvelin altıncı grubunda yer alan çelik grisi renkte, sert, parlak ve kırılğan bir metaldir. Sediment ve volkanik kayaların total Cr düzeyleri genellikle 100ppm'den fazla miktardadır. Toprak partiküllerine sıkıca yapışmakta olan Cr toprakların çoğunda 100 ppm'den düşük olmasına rağmen; bunlar çeşitli konsantrasyonlarda Cr içeren serpantinlerden kaynaklanmaktadır. Serpantin ana maddesinden oluşan topraklar Cr yönünden zengindir (Alloway, 1990). Krom doğada metalik halde bulunmaz. Magmatik kayalarda minör bileşen olarak özellikle bazik ve ultrabazik kayalarda bulunur. Kromit bu kayalarda en fazla bulunan mineraldir (Bebek, 2001). Cr'un kâğıt endüstrisi, kimya sanayi, gübreler, enerji santralleri gibi çok geniş uygulama alanları vardır (Önder, 2012).

3.1.1.8. Mangan (Mn)

Toprakların çoğunlukla 200-300 mgkg-1 düzeyinde Mn içerdiği bildirilmiştir. Ancak toplam Mn ile bitkiye yarayışlı Mn arasında genellikle bir ilişki bulunmamaktadır. Toprakta yarayışlı Mn miktarı 1mgkg-1 olduğunda bitkilere yeterli olarak kabul edilmektedir. Topraklarda bulunan en önemli Mn

fraksiyonları Mn^{2+} iyonu ve Mn-oksitlerdir. Bu oksitler içerisindeki Mn, üç değerlikli ya da dört değerlikli formdadır. İki değerlikli Mn, kil minerallerince ve organik maddece adsorbe edilmekte ve aynı zamanda toprak çözeltisindeki en önemli Mn formunu oluşturmaktadır (Topbaş ve ark., 1998). Mn, metalürji endüstrisinde çelik ve çeşitli alaşımların sertlik ve dayanımının artırılması amacıyla kullanımı yaygındır. Manganez sülfat ($MgSO_4$), gübre veya yem takviyesi halinde tarım topraklarında kullanılmaktadır (Kabata-Pendias, 2001).

3.1.1.9. Nikel (Ni)

Topraklarda bulunan Ni'in temel kaynağı bazik kayalar içerisinde çoğunlukla bulunan Pentlandit ($(Fe,Ni)_8S_8$) mineralidir. Ni az ya da çok bütün tarım topraklarında bulunmakta lakin killi topraklarda daha yüksek miktarlarda bulunmaktadır (Kaçar; Katkat, 2006). Toprak bünyesinde bulunan Ni toksisitesini azaltan en önemli olay; toprağa fosfat ilave edilmesidir. Bu durumda çözünürlüğü düşük olan Ni fosfatlar oluşurken toksisitesi de azalmaktadır. Yol kenarından uzaklaştıkça trafiğin yoğun akışlı olduğu yerlerde topraktaki Ni miktarı azalmakta olup meydana gelen bu durum, Ni içeren yakıtların kullanılmasıyla açıklanmaktadır (Tok, 1997). Doğada çok düşük seviyede bulunan; parlak, gümüşümsü, sert bir ferromanyetik olan Ni metali nitrik asitte çözünebilirken, seyreltik hidroklorik ve sülfürik asitte az oranda çözünmekte, soğuk/sıcak su veya amonyakta hiç çözünmemektedir (Özkan, 2009).

3.2. Metod

Bu tez çalışması; literatür taraması, arazi çalışması, laboratuvar çalışması ve büro çalışmaları olarak dört aşamada hazırlanmıştır.

3.2.1. Literatür Tarama

Çalışma alanı ve çalışma konusu ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalar, tezler ve kitaplar taranmıştır.

3.2.2. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları, yağmur ve kar sularının element konsantrasyonlarına etkisinin düşük tutmak için örnek alımı ilkbahar aylarında yapılmıştır. Örnek alımları plajlarda çoğunlukla 100-250 m aralıklarla yapılmıştır. 2-3 kg ağırlığında toplanan sediment örnekleri naylon torbalara konarak numaralandırılmış olup; Yumurtalık-Karataş arası sahil şeridi arasında toplamda 24 adet örnek alımı gerçekleştirilmiştir. Arazide örnek alınması için belirlenen lokasyonlar GPS cihazı ile koordinatları alınarak Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı yazılımlarla haritalara aktarılmış ve örneklerin dağılımları saptanmıştır.

3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları

Araziden toplanan kum numuneleri, nemi alınması amacıyla oda sıcaklığında kurutulmuş ve kurutulan numuneler 0,1 mm'lik elekten geçirilerek eleme işlemi yapılmıştır. Elekten geçen toprak numuneleri hassas terazide 1,00 gr civarında tartılmıştır. 1,00 gr'lık numunelerin üzerine 15 ml HCl ve 5 mlitre HNO₃ ilave edilerek toplamda 20 ml'lik çözelti elde edilmiştir. Hazırlanan bu çözelti 300⁰C'de ısıtılmış ve bu ısıtma işlemi, tepkime başlayıncaya kadar devam etmiştir. Tepkime sonrasında fırından alınan çözelti, balonjojeler içerisine aktarılmış ve üzerine toplam derişim 150 ml oluncaya kadar saf su ilavesi yapılmıştır. Sonrasında soğumaya bırakılan örneklerin Atomik Absorbsiyon Spektrometre (AAS) cihazı kullanılarak ağır metal analizleri yapılmıştır.

Yapılan işlemler, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde Prof. Dr. Servet Yaman Jeokimya Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

3.2.4. Büro Çalışmaları

İlk etapta çalışma konusuyla ilgili rapor, makale ve bilimsel çalışmalar incelenmiştir.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarının ardından, elde edilen analiz sonuçlarının incelenmesiyle kum örneklerinin ağır metal içerikleri; beş ülke (Türkiye, İngiltere, Almanya, Fransa ve Finlandiya) ve Dünya Sağlık Organizasyonu (WHO) standartları ile karşılaştırılmış ve çeşitli istatistik tabloları hazırlanmıştır. Ayrıca elde edilen tüm sonuçlar ArcGIS 10.4.1 programı aracılığı ile bir veri tabanına aktarılarak sembol ve dağılım haritaları hazırlanmıştır.

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin her türlü (sayısal, sözel, mekânsal vb.) verinin birtek veritabanı altında birleştirilerek derlenmesi, düzenlenmesi, verilerin yönetilmesi, güncellenmesi ve analiz edilmesi gibi avantajları ile son yıllarda kullanımı oldukça yaygındır. Çevre odaklı çalışmalarda mekansal analiz yöntemleriyle coğrafi verilerin yorumlanabilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında analiz sonuçları veri modeli içerisinde toplanmış olup mekansal verilere bağlı olarak ağır metallerin çalışma alanı içerisindeki dağılımları hesaplanmıştır.

Dolaylı çözüm yöntemi olarak iki çeşit enterpolasyon yöntemi vardır. Bunlar; “Doğal Komşuluk Enterpolasyon Tekniği ve “Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (Inverse Distance Weighted, IDW)” yöntemidir. Bu araştırma için “Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (Inverse Distance Weighted, IDW)” yöntemi kullanılmıştır.

IDW enterpolasyon tekniği örneklem nokta verilerinden enterpolasyonla grid üretmede çoğunlukla tercih edilen ortak bir yöntem olup IDW enterpolasyon tekniği enterpole edilecek yüzeyde, yakındaki noktaların uzaktaki noktalara göre daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayandırılmaktadır. Bu teknik enterpole edilecek noktadan uzaklaştıkça ağırlığı da azaltan ve örneklem noktalarının ağırlıklı ortalamasına göre bir yüzeyenterpolasyonu yapmaktadır (Arslanoğlu, 2005).

Bu çalışma kapsamında, metallerin kirlilik boyutlarının değerlendirilmesini yapmak için günümüzde kullanılmakta olan; Zenginleşme Faktörü (Ef), Kirlilik

Faktörü (Cf), Kirlilik Derecesi (Cd), Korelasyon ilişkileri ve Jeobirikim İndeksi (Igeo) gibi indekslerden faydalanılmıştır.

Zenginleşme Faktörü (Ef); Zaman içerisinde değişik çevresel ortam değerlendirmelerinde yada ağır metal kirliliğinin antropojenik katkı hesaplanmalarında çoğunlukla kullanımı tercih edilen bir değerdir (Morillo ve diğ., 2002; Adamo ve diğ., 2005). Buat-Menard ve Chesselet (1979) tarafından tasarlanan bu faktörün değerlendirilmesinde diğer kirlilik indekslerinden farkı; referans bir element seçilerek normalleştirme yapılıyor olmasıdır. Normalleştirmede kullanılmak üzere tercih edilecek olan metalin seçimi konusunda kesin bir kabul olmamakla birlikte; genellikle Fe, Li, Al, Ti gibi jeokimyasal olarak aktif olmayan ve ince taneli materyallerde rahatlıkla rastlanabilen elementler kullanılabilir (Reinmann ve diğ., 2000; Zhang ve diğ., 2011; Galuszka ve diğ., 2014). Zenginleşme faktörü aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir;

$$EF = \frac{\left(\frac{C_n}{C_{ref}}\right) \text{ örnek}}{\left(\frac{B_n}{B_{ref}}\right) \text{ referans}}$$

C_n ; Metalin analizi yapılan örnekteki değeri,

C_{ref} ; Referans metalin analizi yapılan örnekteki değeri,

B_n ; İncelenen metalin yer kabuğundaki ortalama değeri (Çizelge 3.3),

B_{ref} ; Referans metalin yer kabuğundaki ortalama değeri (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.2. Zenginleşme Faktörü (Ef) Sınıflaması (Sutherland, 2000).

$Ef < 2$	Minimal Zenginleşme
$2 \leq Ef \leq 5$	Orta Zenginleşme
$5 \leq Ef \leq 20$	Belirgin Zenginleşme
$20 \leq Ef \leq 40$	Çok Yüksek Zenginleşme
$Ef > 40$	Aşırı Zenginleşme

Çizelge 3.3. Yerkabuğu tabakası ve sedimentlerin element bileşimleri (Türkoğlu, 2006) (% değerlerin dışındaki değerler ppm olarak verilmiştir).

Element	Ana kabuk	Ana sediment	Ortalama ayırışma	Nehir suyu sed.	Kumtaşı	Kireçtaşı	Toprak
Demir	4,1	%4.1	%4.7	%4.8	%2.9	%1.7	3,2
Titanyum	%0.6	%0.4	%0.5	%0.6	%0.4	%0.03	%0.5
Vanadyum	160	105	130	170	20	45	108
Krom	100	72	90	100	35	11	84
Nikel	80	52	68	90	9	7	34
Çinko	75	95	95	350	30	20	60
Bakır	50	33	45	100	30	43105	26
Kobalt	20	14	19	20	0.3	0.1	12
Kurşun	14	19	20	150	10	43286	29
Kalay	43133	43255	6.0	--	0.5	0.5	43317
Kadmiyum	0.11	0.17	0.22	1	0.05	0.03	0.6
Civa	0.05	0.19	0.18	--	0.29	16	0.1

Kirlilik Faktörü (Cf); Topraktaki kirlilik durumunun tespit edilmesinde sıklıkla kullanılan bir indekstir. Kirlilik faktörünün hesaplanmasında; topraktaki ağır metal değerinin yerkabuğu ortalama değerine bölünmesiyle elde edilir (Mason, 1966). Aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir;

$$CF = \frac{C_{\text{metal}}}{C_o}$$

C_{metal} ; Toprak örneğindeki metalin konsantrasyonu,

C_o ; İncelenen metalin yerkabuğundaki ortalama değeri (Mason, 1966).

Çizelge 3.4. Kirlilik Faktörü (Cf) Sınıflaması (Hakanson, 1980).

$Cf < 1$	Az Kirlenme
$1 \leq Cf < 3$	Orta Derecede Kirlenme
$3 < Cf < 6$	Önemli Derecede Kirlenme
$Cf > 6$	Aşırı Derecede Kirlenme

Kirlilik Derecesi (Cd); Belirli bir basenin tüm kirlilik faktörlerinin toplamı olarak tanımlanabilir (Müller, 1961).

Çizelge 4.5. Kirlilik Derecesi (Cd) Sınıflaması (Hakanson, 1980).

$Cd < 10$	Düşük Derecede Kirlilik
$10 \leq Cd < 20$	Orta Derecede Kirlilik
$20 \leq Cd < 40$	Önemli Derecede Kirlilik
$Cd \geq 40$	Çok Yüksek Derecede Kirlilik

Jeobirikim İndeksi (Igeo); Günümüzdeki hâlihazırda element konsantrasyonlarının topraklardaki artan metal kontaminasyonunu belirlemek için kullanılmaktadır. İndeks başlangıçta Müller (1969) tarafından dip çökelleri için önerilmiş olmasına rağmen toprak kirliliğinin değerlendirilmesinde de yaygın olarak kullanılır (Sengupta et al., 2010; Chung and Chon, 2014). Jeobirikim indeksi aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır;

$$I_{geo} = \log_2 \left(\frac{C_n}{1.5 \times B_n} \right)$$

C_n ; Toprak örneğindeki metal konsantrasyonunun değeri,

B_n ; n' metalinin yerkabuğundaki ortalama değeri (Mason, 1966),

1,5; Temel değer matriksi korelasyon faktörü.

Jeobirikim indeksi Müller (1981) tarafından 7 ayrı kirlilik sınıfına ayrılmıştır.

Çizelge 3.6. Jeobirikim İndeksi (Igeo) Sınıflaması (Müller, 1981).

Sınıfı	Igeo	Kirlilik Durumu
0	$Igeo < 0$	Pratik olarak kirlenmemiş
1	$0 < Igeo < 1$	Kirlenmemiş-orta derecede kirlenmiş
2	$1 < Igeo < 2$	Orta derecede kirlenmiş
3	$2 < Igeo < 3$	Orta-çok kirlenmiş
4	$3 < Igeo < 4$	Çok kirlenmiş
5	$4 < Igeo < 5$	Çok-aşırı kirlenmiş
6	$Igeo > 5$	Aşırı kirlenmiş

Elde edilen tüm veriler Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak basılı ortama aktarılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Bölgenin Genel Jeolojisi

Türkiye'nin güneyinde Doğu Toroslarını da içinde bulunduran Adana ili sınırları, gerek Toroslar'ın tektono-stratigrafi birliklerinin önemli bir bölümünü kapsaması, gerekse Kambriyen-Tersiyer aralığının tüm sistemlerini temsil eden kaya-stratigrafi birimlerini bulundurması açısından Torid kuşağının ilginç bölgelerinden biridir (Ünlügenç, 1993).

Adana ili jeolojik konum bakımından Toros kuşağında, batıda Ecemiş Fayı ile doğuda Yumurtalık Fayı ile sınırlanan alanda yer almaktadır. Bölgede yüzeyleyen Misis-Andırın birliği, Kretase-Tersiyer zaman aralığında çökelmiş, melanaj nitelikli ve volkanosedimanter fasiyes özellikleri sunmaktadır. Misis-Andırın birliği; güneyde Karataş, batıda Adana-Yakapınar (Misis), doğuda Ceyhan-Yumurtalık arasında uzanan bölgeyi içine almaktadır. Doğu Toros otokton kayaları ile ilişkisi görülemeyen ve Adana havzası ile Amanoslar arasında kalan Misis grubu; Dokuztekne, Bulgurkaya, Karataş ve Kızıldere Formasyonlarına ayrılarak incelenmiştir (Şekil 4.1).

4.1.1. Dokuztekne Formasyonu

Dokuztekne Formasyonu volkano-sedimanter bir istifte temsil edilir. Altta manganezli kireçtaşı düzeyleri bulunduran tüflerle başlayan birim, üste doğru spilitik aglomera, volkanik elemanlı kumtaşları ve killi kireçtaşı ara seviyeli aglomeralarla devam eder. Kalınlığı 1500-2000 m arasında değişen bu birimin alt dokanağı tektonik olup üstüne ise uyumsuzlukla Andırın Formasyonu gelir ve formasyonun yaşı Maastrichtiyen-Alt Eosen'dir (Usta, 2004).

4.1.2. Bulgurkaya Olistostromu (Misis-Andırın Melanjı)

Çoğunlukla serpantinitletlerden oluşmuş moloz akması özelliğindeki Andırın formasyonu (melanjı) içerisinde, çakıldan çok büyük olistolitlere kadar değişik

boyutta Paleozoyik yaşı rekristalize kireçtaşı, volkanik ve ofiyolit blokları yer almaktadır. Açısal uyumsuzlukla Dokuztekne Formasyonu üzerine gelen Andırın Formasyonu, üstte Karataş Formasyonu tarafından açısal uyumsuzlukla örtülü olup birimin yaşı Üst Lütésiye-Alt Miyosen'dir. Melanj içinde en çok dikkat çekici kaya birimi, aşınmaya karşı olan dayanımından dolayı kireçtaşlarıdır. Özellikle Mesozoyik yaşı kireçtaşları ve dolomitik kireçtaşları oldukça sert yapıda olduğundan yükselim içerisindeki en yüksek alanları oluşturmaktadır (Gökçen ve diğ., 1988).

4.1.3. Karataş Formasyonu

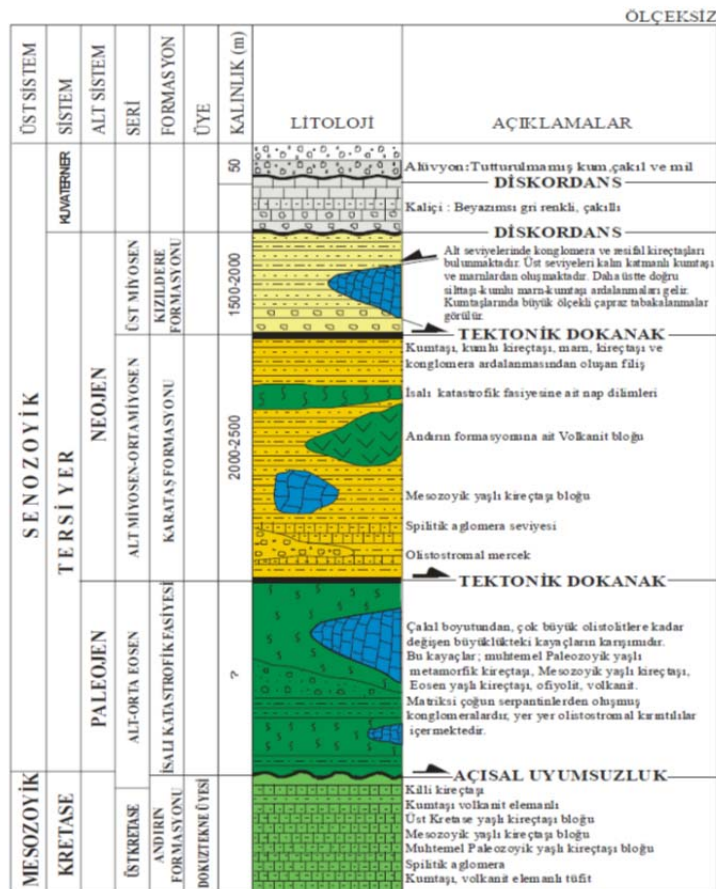
Karataş Formasyonu genelde kumtaşı-marn-kumlu kireçtaşı-çamurtaşı ar dalanması ile temsil edilen türbiditik bir istiftir. Çoğunlukla olitostromal düzeylerde yaygın olmakla birlikte çeşitli yaşta ve litolojide bloklar içermektedir. Ayrıca sedimantasyon sırasında naplar ve bloklar şeklinde havzaya gelmiş olan Andırın Formasyonuna ait kayaları da bünyesinde bulundurmaktadır. Andırın Formasyonu üzerine uyumsuzlukla gelen birim, genç çökeller tarafından uyumsuzlukla örtülüdür (Boyr az, 2002).

4.1.4. Kızıldere Formasyonu

Formasyon en altta, konglomera ve resifal kireçtaşları ile başlar. Üste doğru kalın katmanlı kumtaşı ve marnlara geçiş yapar. Marnlar koyu gri renktedir. Seyrek olarak görülen killi kireçtaşları; açık krem renkli, kırılğan, lamine ve bol killidir. Alttaki birimler üzerine uyumsuz olarak gelen birimin üst dokanağı Yumurtalık Fayı boyunca faylı bir yapıdadır. Birimin yaşı Üst Miyosendir (Usta, 2004).

4.1.5. Delihalil Bazaltı

Delihalil Bazaltı; Yumurtalık, Ceyhan, Osmaniye ve Haruniye yörelerinde yüzeylemeler veren Kuvaterner yaşlı bazaltlar Delihalil Formasyonu olarak adlandırılmıştır (Kozlu, 1982).



Şekil 4.1. Çalışma alanı ve yakın civarının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Kozlu, 1987'den değiştirilerek alınmıştır).

4.2. Ağır Metal Analiz Sonuçları

Yumurtalık bölgesinden 11, Karataş bölgesinden ise 13 örnek olmak üzere toplamda 24 lokasyondan sahil kumu örnekleri alınmıştır. Hazırlanan çözeltilerin

ağır metal içeriklerinin belirlenmesi için Atomik Absorbsiyon Spektrometre (ASS) cihazında Fe, Mn, Cu, Zn, Hg, Ni, Cr, As, Cd elementlerinin analizleri yapılmıştır.

Hg, Cd, Cr, Zn, Cu ve Ni elementlerinin analiz sonuçları Türkiye, Fransa, Finlandiya, Almanya ve İngiltere standartları ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.1.). Fe, As, Cr, Mn ve Zn elementleri için Dünya Sağlık Organizasyonu (WHO) standart değerleri kullanılmıştır (Çizelge 4.2). Analiz sonuçlarına göre ASS cihazı lambalarının hassasiyeti göz önünde bulundurularak dedeksiyon limitinin altında kalan değerler “<DL” olarak belirtilmiştir.

Bu araştırma sonuçlarına göre yapılan interpolasyon haritaları “Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (IDW)” yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. Oluşturulan haritalardaki renk skalasında kırmızı ve tonlarında görülen alanlar, yeşil ve tonlarında görülen alanlardan daha yoğun şekilde element konsantrasyonu olduğunu göstermektedir. Semboloji haritalarında ise yapılan analiz sonuçlarına göre doğru orantılı (büyükten küçüğe sayısal değerler) dağılımın sayısallaştırılmış hali yuvarlak daireler ile harita üzerinde belirtilmiştir.

Çizelge 4.1. Türkiye ve farklı ülkelere ait topraklardaki ağır metal konsantrasyonu sınır değerleri (Özkul, 2008).

Element	Hg (ppb)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)
TR	1500	3	100	300	140	75
FR	1000	2	150	300	100	50
FIN	200	0,5	200	150	100	60
ALM	1000	1,5	100	200	60	50
İNG	1000	3	-	300	135	75

Çizelge 4.2. Dünya Sağlık Organizasyonu (WHO)' nun topraklardaki ağır metal konsantrasyonu sınır değerleri (Chiroma ve diğ.,2014).

Element	Fe (%)	As (ppb)	Cr (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
WHO	5	20000	100	2000	300

Yumurtalık ve Karataş bölgelerinden alınan örneklerle ait analiz sonuçları

Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4' de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Yumurtalık bölgesi analiz sonuçları ve ülke standartlarıyla karşılaştırılması.

YUMURTALIK BÖLGESİ ANALİZ SONUÇLARI						
Element	Hg (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)
TR	1500	3	100	300	140	75
FR	1000	2	150	300	100	50
FİN	200	0,5	200	150	100	60
ALM	1000	1,5	100	200	60	50
İNG	1000	3	-	300	135	75
EY-01	95,87	21,89	59,4	57,05	42,1	139,8
EY-02	134,6	23,58	56	48,55	29,08	142
EY-03	2650	21,3	60	24,38	6,63	138,7
EY-04	31,57	25,61	68,6	24,96	7,14	126
EY-05	32,46	21,69	60,4	33,03	13,73	144,9
EY-06	48,68	24,69	44,7	43,71	15,65	144,8
EY-07	193,8	29,14	40,8	76,36	28,84	201
EY-08	66,88	34,49	24	44,96	18,87	143,1
EY-09	374,3	30,06	42,8	49,54	14,46	132,1
EY-10	108,6	35,13	30,8	32,32	8,79	161,9
EY-11	103,5	29,32	105	47,14	0,58	116,1

Çizelge 4.4. Yumurtalık bölgesi analiz sonuçları ve WHO'ya göre karşılaştırılması.

YUMURTALIK BÖLGESİ ANALİZ SONUÇLARI					
Element	Fe (%)	As (ppm)	Cr (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
WHO	5	20000	100	2000	300
EY-01	2,65	7576	59,4	635,6	57,05
EY-02	1,59	9021	56	560,9	48,55
EY-03	2	6340	60	593,5	24,38
EY-04	2,45	9138	68,6	591,2	24,96
EY-05	2,52	8662	60,4	587,7	33,03
EY-06	3,31	8535	44,7	641	43,71
EY-07	2,51	3924	40,8	734,3	76,36
EY-08	2,08	2683	24	817,5	44,96
EY-09	3,29	6980	42,8	771,4	49,54
EY-10	2,63	10250	30,8	731,6	32,32
EY-11	7,07	1584	105	585,4	47,14

Çizelge 4.5. Karataş bölgesi analiz sonuçları ve ülke standartlarıyla karşılaştırılması.

KARATAŞ BÖLGESİ ANALİZ SONUÇLARI						
Element	Hg (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)
TR	1500	3	100	300	140	75
FR	1000	2	150	300	100	50
FİN	200	0,5	200	150	100	60
ALM	1000	1,5	100	200	60	50
İNG	1000	3	-	300	135	75
EK-01	5,122	3,858	102	54,3	7,173	298
EK-02	10,52	6,269	172	57,6	5,487	174,9
EK-03	15,02	5,874	99,4	42,68	5,096	150,9
EK-04	<DL	7,331	158	69,21	3,006	141,6
EK-05	<DL	4,999	223	72,81	2,29	108,5
EK-06	18,55	6,673	97,8	46,4	6,968	167
EK-07	<DL	7,914	190	64,93	3,765	147,4
EK-08	11,63	6,549	144	53,23	<DL	111,2
EK-09	20,1	8,58	132	21,37	<DL	128,1
EK-10	3,268	8,547	302	86,94	3,453	72,61
EK-11	3,37	9,414	244	67,06	<DL	94,51
EK-12	<DL	6,885	124	46,01	<DL	101,1
EK-13	<DL	7,46	131	51,27	4,467	107,1

Çizelge 4.6. Karataş bölgesi analiz sonuçları ve WHO'ya göre karşılaştırılması.

KARATAŞ BÖLGESİ ANALİZ SONUÇLARI					
Element	Fe (%)	As (ppm)	Cr (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
WHO	5	20000	100	2000	300
EK-01	7,619	5889	102	472,4	54,3
EK-02	4,237	5272	172	571,4	57,6
EK-03	5,063	6450	99,4	516,7	42,68
EK-04	13,89	2774	158	715,2	69,21
EK-05	15,32	4580	223	662,8	72,81
EK-06	5,587	6261	97,8	514,5	46,4
EK-07	10,42	3007	190	624,8	64,93
EK-08	7,87	1454	144	541,8	53,23
EK-09	8,708	5315	132	555,3	21,37
EK-10	17,48	1614	302	702,4	86,94
EK-11	12,55	3806	244	680,6	67,06
EK-12	6,334	5035	124	550,2	46,01
EK-13	7,2	5721	131	553,4	51,27

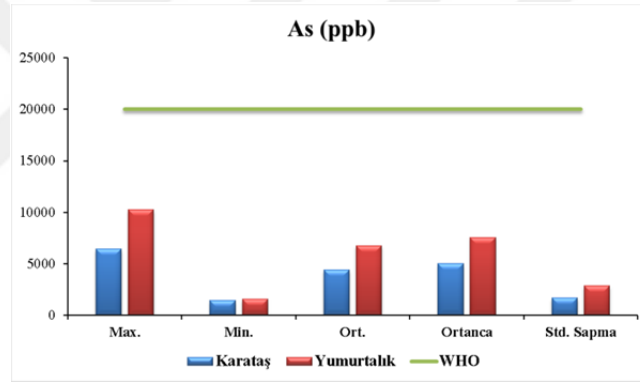
4.2.1. Arsenik (As) Analiz Sonuçları

- Karataş bölgesinden alınan örneklerdeki As değerler; maksimum 6450 ppb; minimum 1454 ppb; örneklerin ortalaması 4398,3 ppb; standart sapması ise 1708,8 ppb'dir. Ortanca değeri ise 5035 ppb'dir (Çizelge 4.7).
- Yumurtalık bölgesinden alınan örneklerdeki As değerleri ise maksimum 10250 ppb; minimum 1584 ppb; örneklerin ortalaması 6790,3 ppb; standart sapması ise 2864,5 ppb'dir. Ortanca değeri ise 7576 ppb'dir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Arsenik elementinin Karataş ve Yumurtalık bölgelerindeki istatistiksel değerleri.

As (ppb)	Lokasyon	Max.	Min.	Ort.	Ortanca	Std. Sapma
	Karataş	6450	1454	4398,3	5035	1708,8
	Yumurtalık	10250	1584	6790,3	7576	2864,5

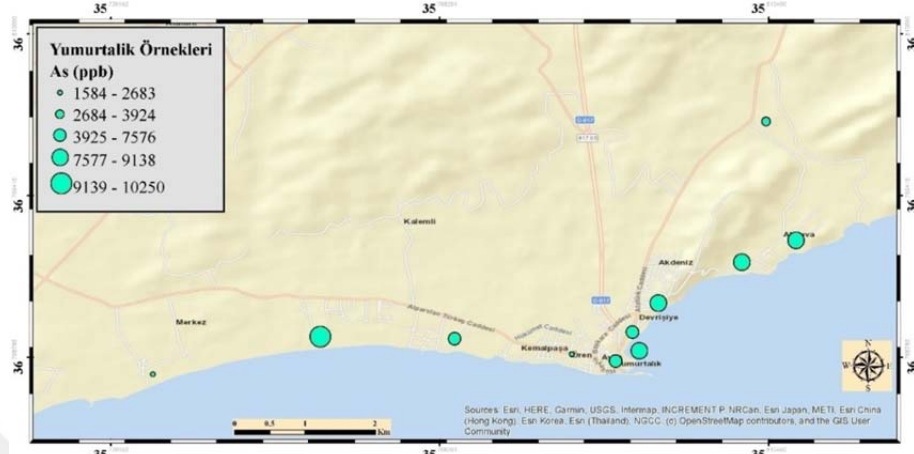
As ile ilgili literatürde kullanılabilir herhangi bir ülke standart değeri bulunamamıştır. WHO'ya göre As standart limit değeri 20000 ppb'dir (Chiroma; Ebewele; Hymore, 2014). Bu standart limit değeri ile yapılan karşılaştırmada çalışma alanı içerisinde As değerinin örneklerin tamamında standardın altında kaldığından dolayı As kaynaklı bir kirliliğin mevcut olmadığı sonucuna varılmıştır (Şekil 4.2).



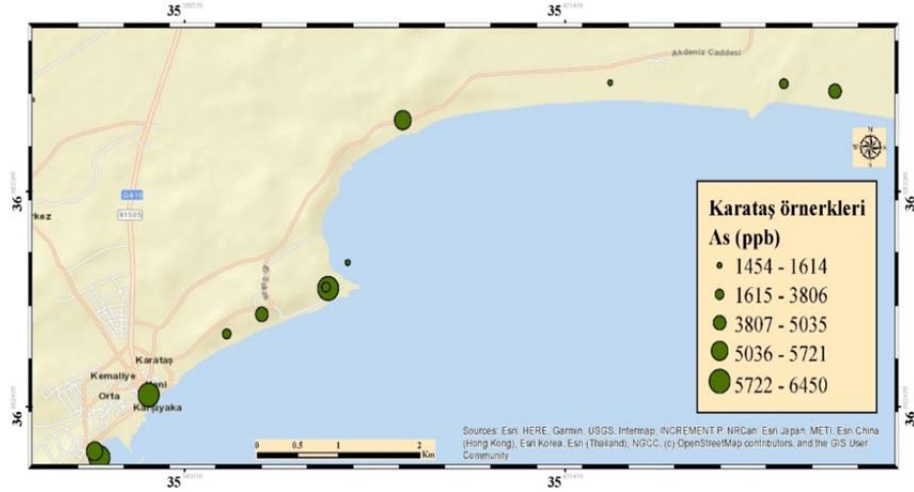
Şekil 4.2. Karataş ve Yumurtalık Bölgelerinden alınan As elementinin WHO'ya göre karşılaştırmalı grafiği.

As elementi için Karataş ve Yumurtalık bölgelerinde yapılan hesaplamalar sonucunda; Zenginleşme faktörü (Ef) 'minimal zenginleşme', Kirlilik faktörü (Cf) 'az kirlenme', Jeo-birikim indeksi (Igeo) 'pratik olarak kirlenmemiş' şeklinde tespit edilmiştir.

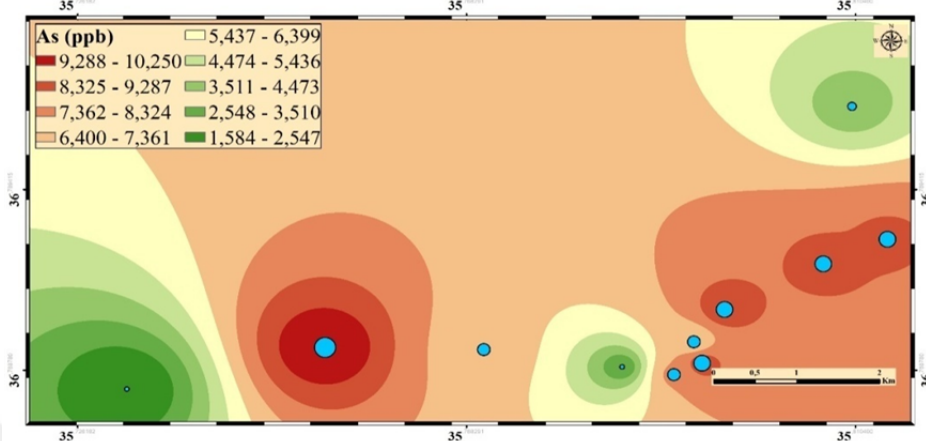
Arcgis kullanılarak yapılan semboloji ve dağılım haritalarında Yumurtalık bölgesinde As değerleri batı bölgelerinde (Şekil 4.3; 4.5) ve Karataş bölgesinde ise halk plajı çevresinde As değerleri standartların altında bulunsada yüksek miktarlarda bulunmaktadır (Şekil 4.4; 4.6).



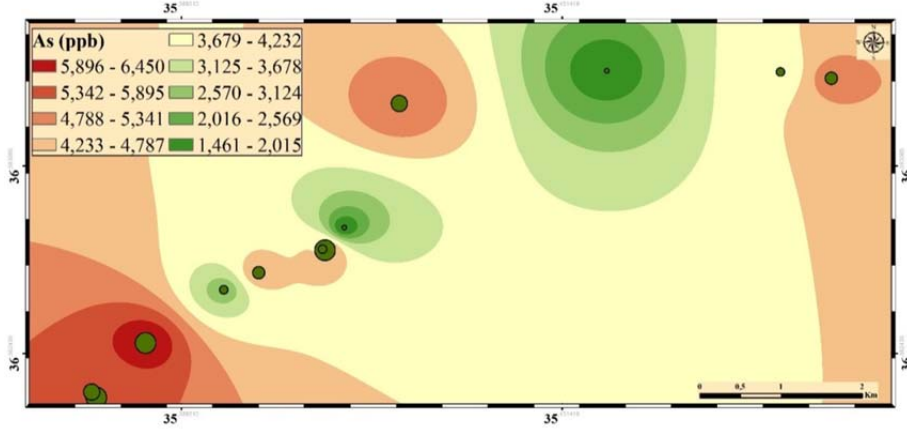
Şekil 4.3. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki As elementinin semboloji haritası.



Şekil 4.4. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki As elementinin semboloji haritası.



Şekil 4.5. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki As elementinin dağılım haritası.



Şekil 4.6. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki As elementinin dağılım haritası.

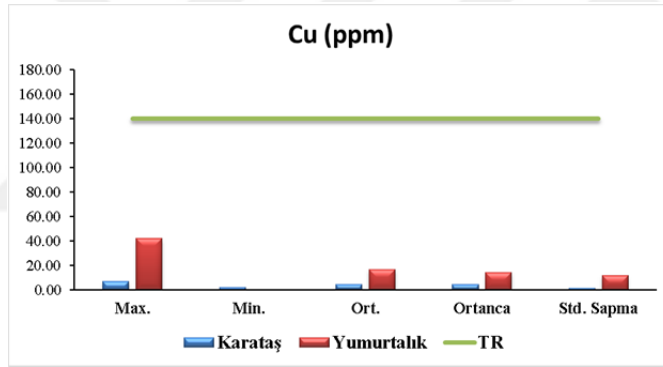
4.2.2. Bakır (Cu) Analiz Sonuçları

- Karataş bölgesinden alınan örneklerdeki değerler; maksimum 7,17 ppm; minimum 2,29 ppm; örneklerin ortalaması 4,63 ppm; standart sapması ise 1,70 ppm'dir. Ortanca değeri ise 4,47 ppm'dir (Çizelge 4.8).
- Yumurtalık bölgesinden alınan örneklerdeki değerler; maksimum 42,1 ppm; minimum 0,58 ppm; örneklerin ortalaması 16,9 ppm; standart sapması ise 12,17 ppm'dir. Ortanca değeri ise 14,46 ppm'dir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Bakır elementinin Karataş ve Yumurtalık bölgelerindeki istatistiksel değerleri.

	Lokasyon	Max.	Min.	Ort.	Ortanca	Std. Sapma
Cu (ppm)	Karataş	7,17	2,29	4,63	4,47	1,70
	Yumurtalık	42,1	0,58	16,9	14,46	12,17

Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Cu için belirttiği Türkiye kirlilik sınırı 140 ppm'dir (Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2001). Yumurtalık ve Karataş bölgelerinden alınan örneklerde toprakların Cu içeriği seçilmiş olan ülke standartlarının altında çıkmasından dolayı bu iki bölgede de bakır kirliliğinden bahsetmek söz konusu değildir (Şekil 4.7).

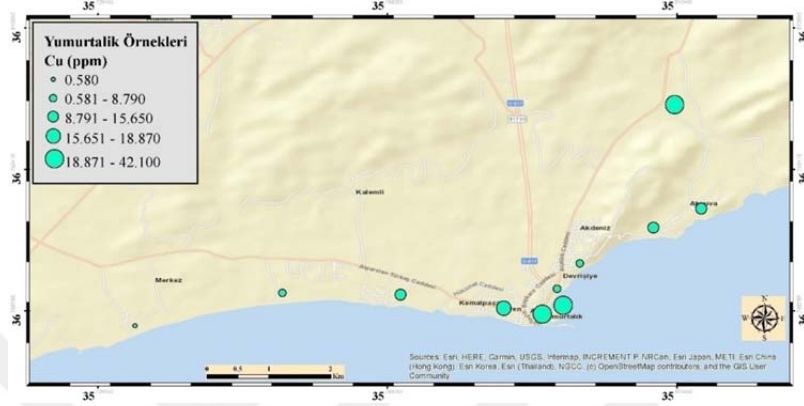


Şekil 4.7. Bölgelerden alınan kumlardaki Cu elementinin Türkiye standardına göre karşılaştırmalı grafiği.

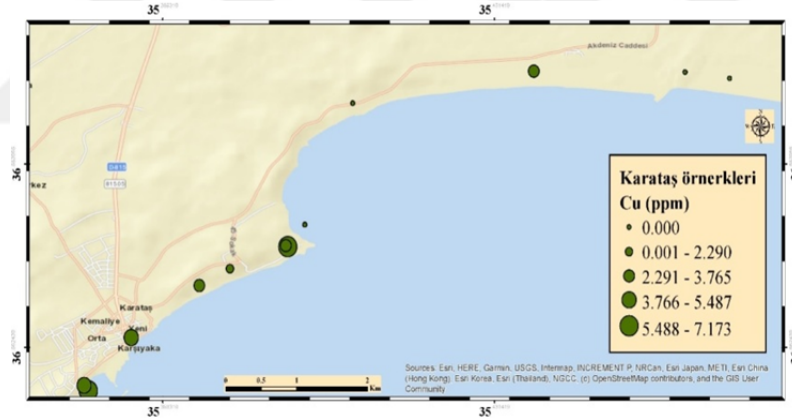
Cu elementi için Karataş ve Yumurtalık bölgelerinde yapılan hesaplamalar sonucunda; Zenginleşme faktörü (Ef) 'minimal zenginleşme', Kirlilik faktörü (Cf) 'az kirlenme', Jeo-birikim indeksi (Igeo) 'pratik olarak kirlenmemiş' şeklinde tespit edilmiştir.

Arcgis kullanılarak yapılan semboloji ve dağılım haritalarında Yumurtalık bölgesinde Cu değerleri merkez ve doğu bölgelerinde yüksek oranda olduğu görülmektedir (Şekil 4.8; 4.10), Karataş bölgesinde ise halk plajının olduğu ve batı

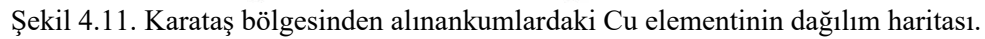
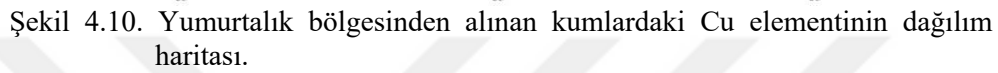
bölgelerde Cu değerleri standartların altında bulunsada diğer lokasyonlara göre yüksek olduğu bölgeler görülmektedir (Şekil 4.9; 4.11).



Şekil 4.8. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Cu elementinin semboloji haritası.



Şekil 4.9. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Cu elementinin semboloji haritası.

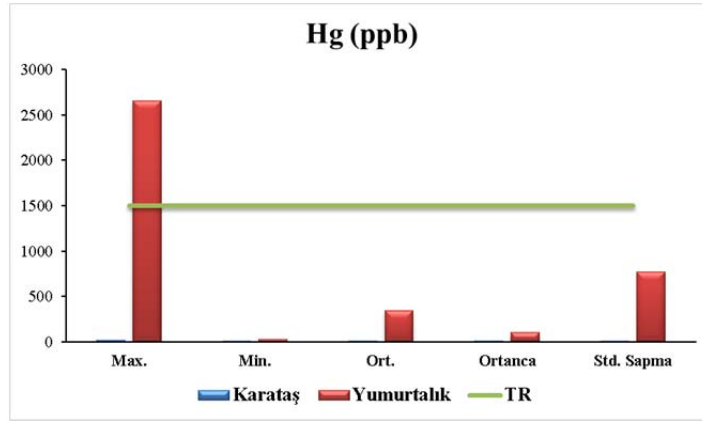


- Karataş bölgesinden alınan örneklerdeki Hg değerleri; maksimum 20,1 ppb; minimum 3,26 ppb; örneklerin ortalaması 10,95 ppb; standart sapması ise 6,65 ppb'dir. Ortanca değeri ise 11,08 ppb'dir (Çizelge 4.9).
- Yumurtalık bölgesinden alınan örneklerdeki değerler; maksimum 2650 ppb; minimum 31,57 ppb; örneklerin ortalaması 349,11 ppb; standart sapması ise 769,3 ppb'dir. Ortanca değeri ise 103,5 ppb'dir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Civa elementinin Karataş ve Yumurtalık bölgelerindeki istatistiksel değerleri.

Hg (ppb)	Lokasyon	Max.	Min.	Ort.	Ortanca	Std. Sapma
	Karataş	20,1	3,26	10,95	11,08	6,65
	Yumurtalık	2650	31,57	349,11	103,5	769,3

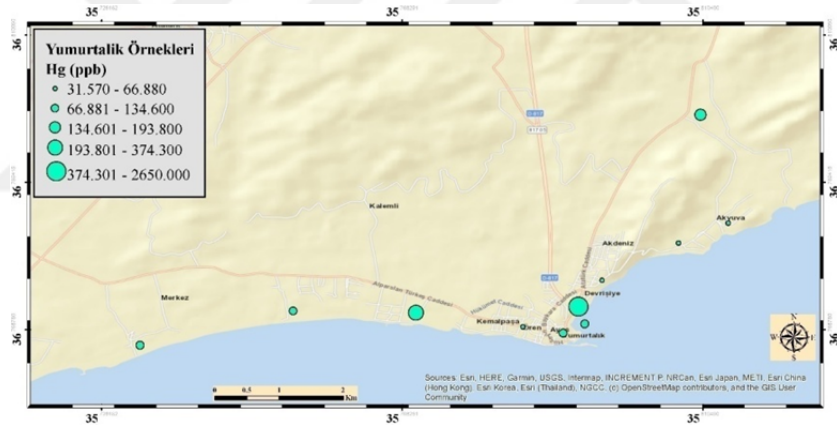
Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Hg için belirttiği Türkiye kirlilik sınırı 1500 ppm'dir (Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2001). Yumurtalık ve Karataş bölgelerinden alınan örneklerde toprakların Hg içeriği seçilmiş olan ülke standartlarının altında çıkmış olup Karataş bölgesinden alınan 5 örnek dedeksiyon limitinin altında sonuç vermiştir (Şekil 4.12). Çıkan sonuçlar sadece 1 örnek olmak üzere iki bölgede standartların altında çıktığından dolayı civa kirliliğinden söz edemeyiz. Fakat Yumurtalık bölgesi Çizelge 4.3'de Y-3 lokasyonundan alınmış örnek sonucu 2650 ppb bulunmuştur. Çıkan bu değer bölge durumu göz önünde bulundurulduğunda merkezden alınan numune içerisinde fazla miktarda civa olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.



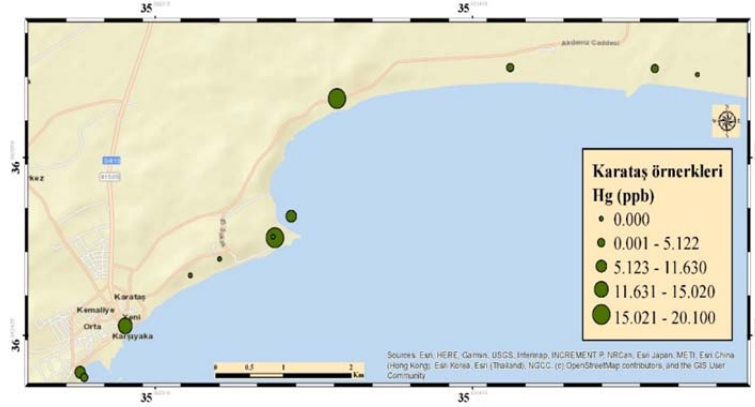
Şekil 4.12. Bölgelerden alınan Hg elementinin Türkiye standardına göre karşılaştırmalı grafiği.

Hg elementi için yapılan hesaplar sonucunda; Karataş bölgesinde, Zenginleşme faktörü (Ef) ‘minimal zenginleşme’, Kirlilik faktörü (Cf) ‘az kirlenme’, Jeo-birikim indeksi (Igeo) ‘pratik olarak kirlenmemiş’; Yumurtalık bölgesinde, Zenginleşme faktörü (Ef) ‘belirgin zenginleşme’, Kirlilik faktörü (Cf) ‘az kirlenme’, Jeo-birikim indeksi (Igeo) ‘pratik olarak kirlenmemiş’ şeklinde tespit edilmiştir.

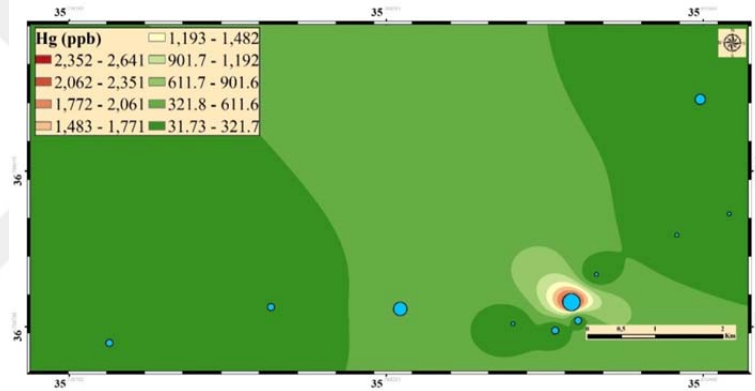
Yapılan semboloji ve dağılım haritalarında Yumurtalık bölgesinde Hg değerleri yalnızca bir lokasyonunda çok yüksek oranda olduğu görülmektedir (Şekil 4.13; 4.15), Karataş bölgesinde ise halk plajının olduğu ve doğu bölgelerde Hg değerleri standartların altında bulunsada yüksek miktarda olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.14; 4.16).



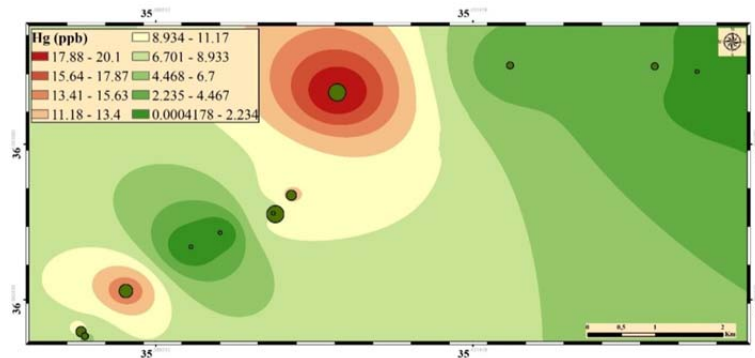
Şekil 4.13. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Hg elementinin semboloji haritası.



Şekil 4.14. Karataş bölgesinden alınankumlardaki Hg elementinin semboloji haritası.



Şekil 4.15. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Hg elementinin dağılım haritası.



Şekil 4.16. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Hg elementinin dağılım haritası.

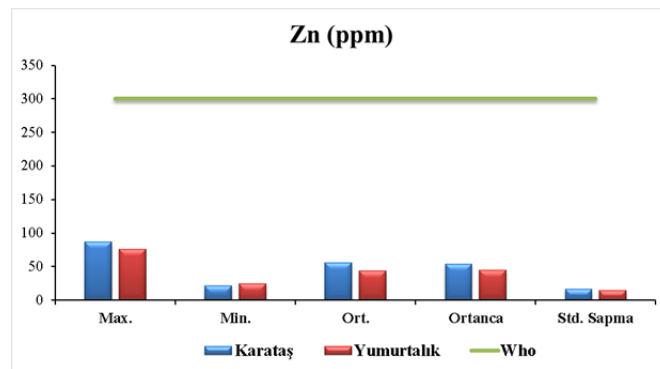
4.2.4. Çinko (Zn) Analiz Sonuçları

- Karataş bölgesinden alınan örneklerdeki değerler; maksimum 86,94 ppm; minimum 21,37 ppm; örneklerin ortalaması 56,45 ppm; standart sapması ise 16,38 ppm'dir. Ortanca değeri ise 54,30 ppm'dir (Çizelge 4.10).
- Yumurtalık bölgesinden alınan örneklerdeki değerler; maksimum 76,36 ppm; minimum 24,38 ppm; örneklerin ortalaması 43,82 ppm; standart sapması ise 15,11 ppm'dir. Ortanca değeri ise 44,96 ppm'dir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Çinko elementinin Karataş ve Yumurtalık bölgelerindeki istatistiksel değerleri.

	Lokasyon	Max.	Min.	Ort.	Ortanca	Std. Sapma
Zn (ppm)	Karataş	86,94	21,37	56,45	54,30	16,38
	Yumurtalık	76,36	24,38	43,82	44,96	15,11

Yumurtalık-Karataş bölgeleri arasından alınan topraklarda yapılan analizler sonucunda Zn içeriği ülke standart değerleri ile karşılaştırıldığında Yumurtalık ve Karataş bölgelerinde toplamda 24 örnekte 5 ülke standartlarının altında sonuç vermiştir (Şekil 4.17). Analizler sonucunda çalışma alanını kapsayan bölgede Zn kaynaklı kirlilik söz konusu değildir.



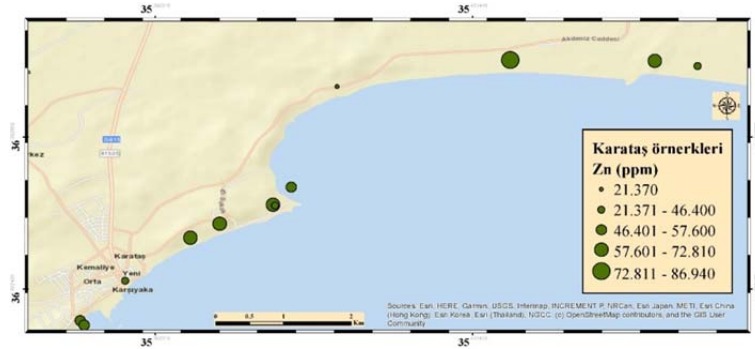
Şekil 4.17. Bölgelerden alınan kumlardaki Zn elementinin WHO'ya göre karşılaştırmalı grafiği.

Zn elementi için Karataş ve Yumurtalık bölgelerinde yapılan hesaplamalar sonucunda; Zenginleşme faktörü (Ef) ‘minimal zenginleşme’, Kirlilik faktörü (Cf) ‘az kirlenme’, Jeo-birikim indeksi (Igeo) ‘pratik olarak kirlenmemiş’ şeklinde tespit edilmiştir.

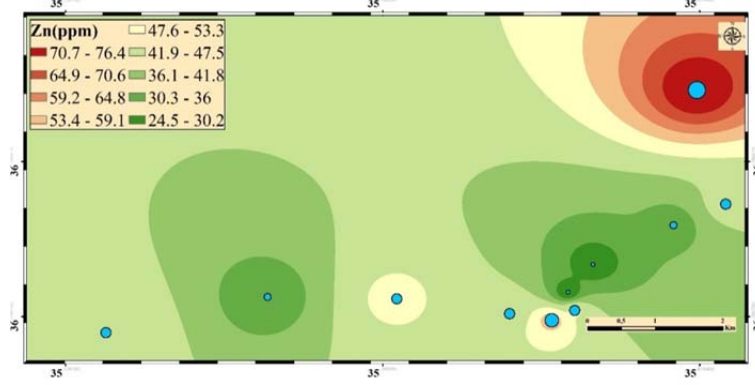
Arcgis kullanılarak yapılan semboloji ve dağılım haritalarında Yumurtalık bölgesinde Zn değerleri merkez ve doğu bölgelerde yüksek miktarda (Şekil 4.18; 4.20), Karataş bölgesinde ise halk plajının olduğu ve doğu bölgelerde Zn değerlerinin yüksek olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.19; 4.21).



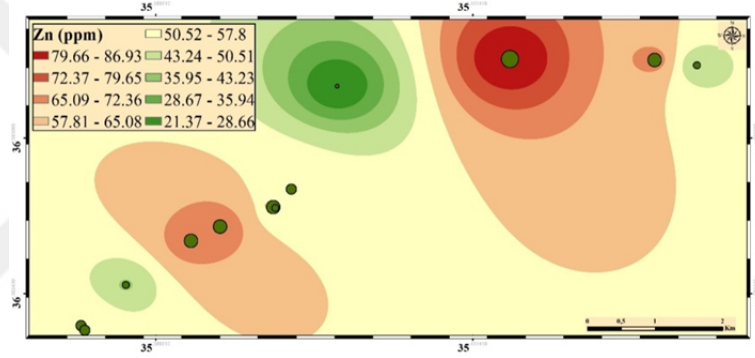
Şekil 4.18. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Zn elementinin semboloji haritası.



Şekil 4.19. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Zn elementinin semboloji haritası.



Şekil 4.20. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Zn elementinin dağılım haritası.



Şekil 4.21. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Zn elementinin dağılım haritası.

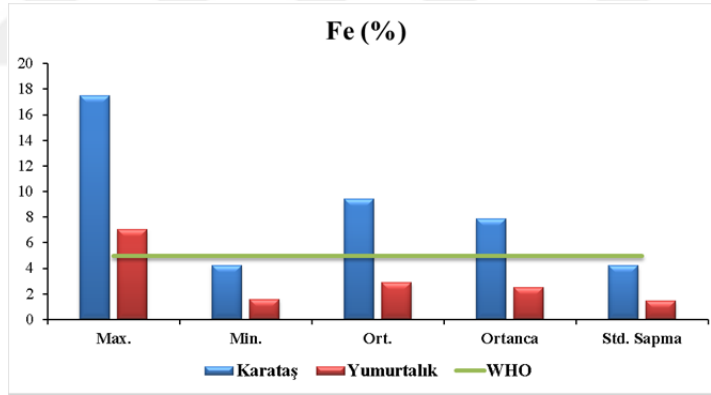
4.2.5. Demir (Fe) Analiz Sonuçları

- Karataş bölgesinden alınan örneklerdeki değerler; maksimum %17,48; minimum %4,23; örneklerin ortalaması %9,41; standart sapması ise %4,20'dir. Ortanca değeri ise %7,87'dir (Çizelge 4.11).
- Yumurtalık bölgesinden alınan örneklerdeki değerler; maksimum %7,07; minimum %1,59; örneklerin ortalaması %2,92; standart sapması ise %1,47'dir. Ortanca değeri ise %2,52'dir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Demir elementinin Karataş ve Yumurtalık bölgelerindeki istatistiksel değerleri.

Fe (%)	Lokasyon	Max.	Min.	Ort.	Ortanca	Std. Sapma
	Karataş	17,48	4,23	9,41	7,87	4,20
	Yumurtalık	7,07	1,59	2,92	2,52	1,47

Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Topraklardaki kirliliğe ait yönetmeliğinde Fe ile ilgili bir standart değer bulunmamaktadır. Fakat topraklardaki genel Fe oranının %1-10 arasında değiştiği bilinmekte olup (Kabata-Pendias, 2001) WHO standart değerlerine göre de ortalama %5'dir (Chiroma, Ebewe ve Hymore, 2014). Yumurtalık bölgesinde çıkan sonuçlar %1-10 arasında bulunduğu için demir kaynaklı bir kirlilik olmadığı düşünülmektedir. Fakat Karataş bölgesinde Çizelge 4.6'da EK-04-05-07-10-11 lokasyonlarındaki değerler %10'un üzerinde çıkmış olup bu bölgede demir kaynaklı kirlilik olduğu görülmektedir (Şekil 4.22).

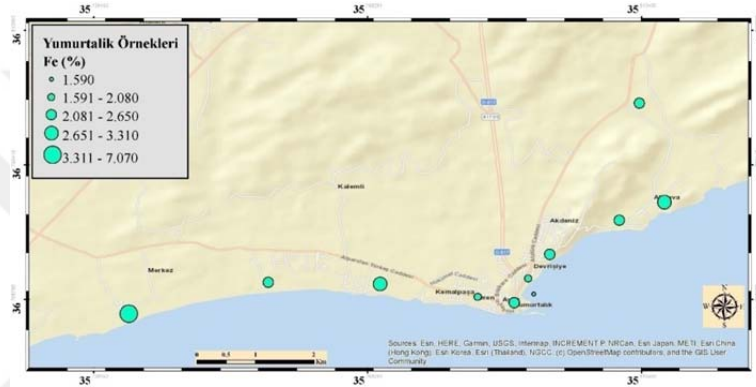


Şekil 4.22. Bölgelerden alınan kumlardaki Fe elementinin WHO'ya göre karşılaştırmalı grafiği.

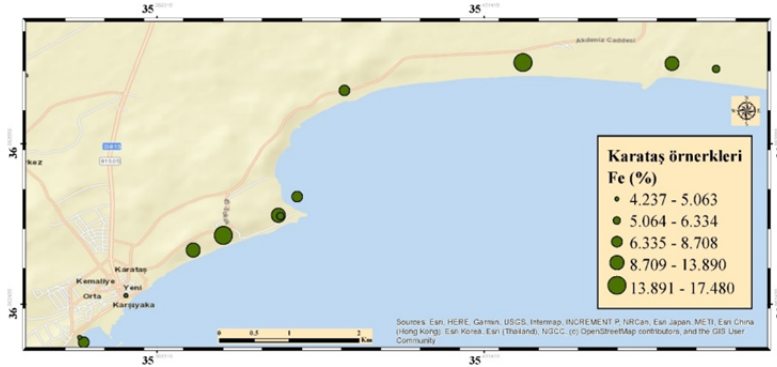
Zenginleşme faktörü hesaplamalarında normalleştirme yapılmak üzere seçilen element Fe'dir. Fe elementi için yapılan hesaplar sonucunda; Karataş bölgesinde, Kirlilik faktörü (Cf) 'orta derecede kirlenme', Jeo-birikim indeksi (Igeo) 'pratik olarak kirlenmemiş'; Yumurtalık bölgesinde, Kirlilik faktörü (Cf) 'az

kirlenme’, Jeo-birikim indeksi (Igeo) ‘pratik olarak kirlenmemiş’ şeklinde tespit edilmiştir.

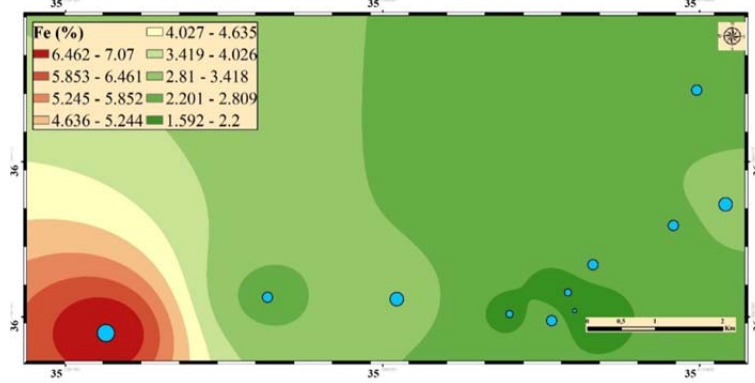
Arcgis kullanılarak yapılan semboloji ve dağılım haritalarında Yumurtalık bölgesinde Fe değerleri batı bölgelerde yüksek oranda olduğu görülmektedir (Şekil 4.23; 4.25), Karataş bölgesinde ise halk plajının olduğu ve doğu bölgelerde Fe değerlerinin doğu bölgelerde yüksek olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.24; 4.26).



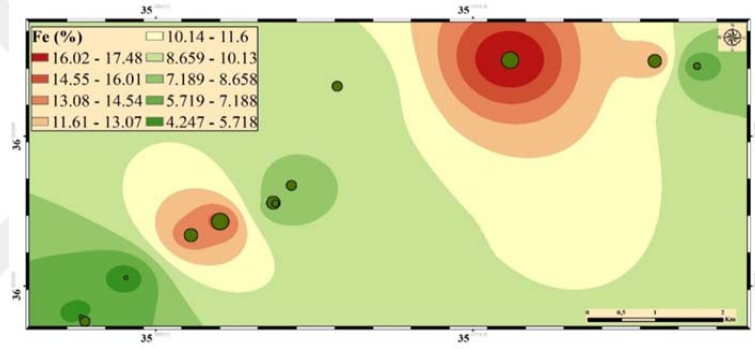
Şekil 4.23. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Fe elementinin semboloji haritası.



Şekil 4.24. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Fe elementinin semboloji haritası.



Şekil 4.25. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Fe elementinin dağılım haritası.



Şekil 4.26. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Fe elementinin dağılım haritası.

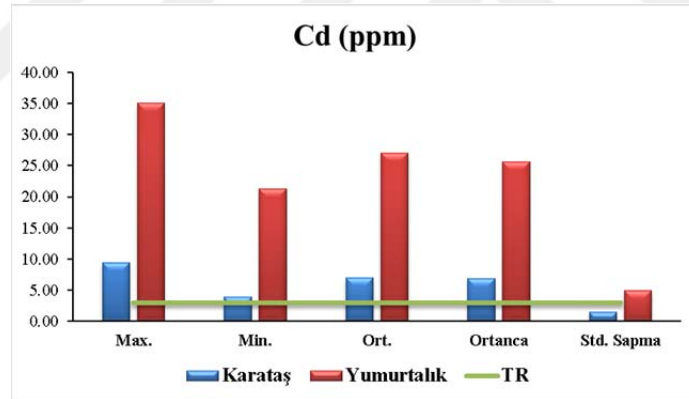
4.2.6. Kadmiyum (Cd) Analiz Sonuçları

- Karataş bölgesinden alınan örneklerdeki değerler; maksimum 9,41 ppm; minimum 3,86 ppm; örneklerin ortalaması 6,95 ppm; standart sapması ise 1,52 ppm'dir. Ortanca değeri ise 6,89 ppm'dir (Çizelge 4.12).
- Yumurtalık bölgesinden alınan örneklerdeki değerler; maksimum 35,13 ppm; minimum 21,30 ppm; örneklerin ortalaması 26,99 ppm; standart sapması ise 4,97 ppm'dir. Ortanca değeri ise 25,61 ppm'dir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Kadmiyum elementinin Karataş ve Yumurtalık bölgelerindeki istatistiksel değerleri.

	Lokasyon	Max.	Min.	Ort.	Ortanca	Std. Sapma
Cd (ppm)	Karataş	9,41	3,86	6,95	6,89	1,52
	Yumurtalık	35,13	21,30	26,99	25,61	4,97

Yumurtalık-Karataş bölgeleri arasından alınan kumlarda yapılan analizler neticesinde Cd içeriği ülke standart değerleri ile karşılaştırıldığında Yumurtalık ve Karataş bölgelerinde toplamda 24 örnekte 5 ülke standartlarının üzerinde sonuç vermiştir (Şekil 4.27). Elde edilen bu sonuçlara göre Cd kirliliği tespit edilmekte olup, her iki bölgedeki istatistiksel ortalama değerlerinin Yumurtalık bölgesi için 26,99 ppm; Karataş bölgesi için ise 6,95 ppm (Çizelge 4.12) çıkması durumun hassasiyetini ortaya koymaktadır.

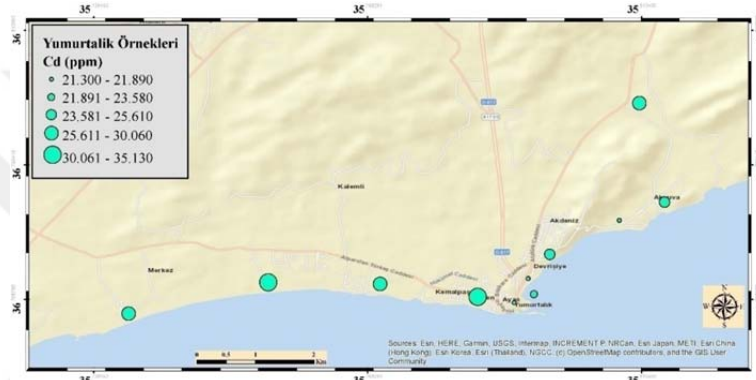


Şekil 4.27. Bölgelerden alınan kumlardaki Cd elementinin Türkiye standardına göre karşılaştırmalı grafiği.

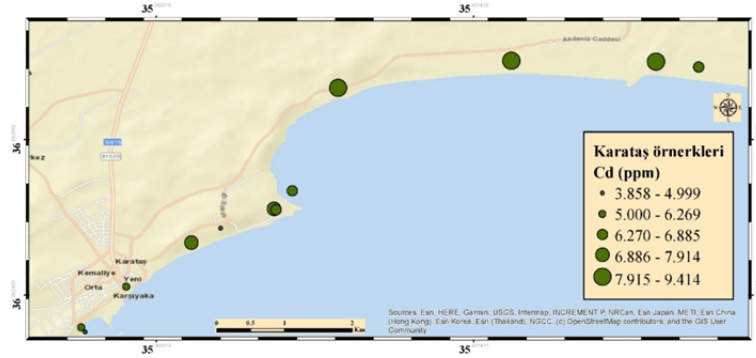
Cd elementi için yapılan hesaplar sonucunda; Karataş bölgesinde, Zenginleşme faktörü (Ef) ‘belirgin zenginleşme’, Kirlilik faktörü (Cf) ‘aşırı derecede kirlenme’, Jeo-birikim indeksi (Igeo) ‘orta-çok kirlenmemiş’; Yumurtalık bölgesinde, Zenginleşme faktörü (Ef) ‘aşırı zenginleşme’, Kirlilik faktörü (Cf)

‘aşırı derecede kirlenme’, Jeo-birikim indeksi (Igeo) ‘çok aşırı kirlenmiş’ şeklinde tespit edilmiştir.

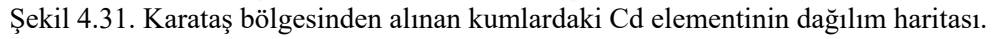
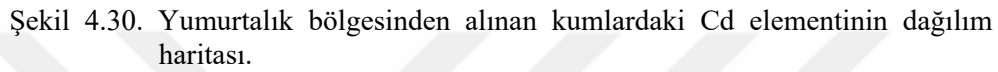
Arcgis kullanılarak yapılan semboloji ve dağılım haritalarında Yumurtalık bölgesinde Cd değerleri merkez ve batı bölgelerde yüksek oranda olduğu görülmektedir (Şekil 4.28; 4.30), Karataş bölgesinde ise doğu bölgelerde Cd değerleri yüksek olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.29; 4.31).



Şekil 4.28. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Cd elementinin semboloji haritası.



Şekil 4.29. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Cd elementinin semboloji haritası.

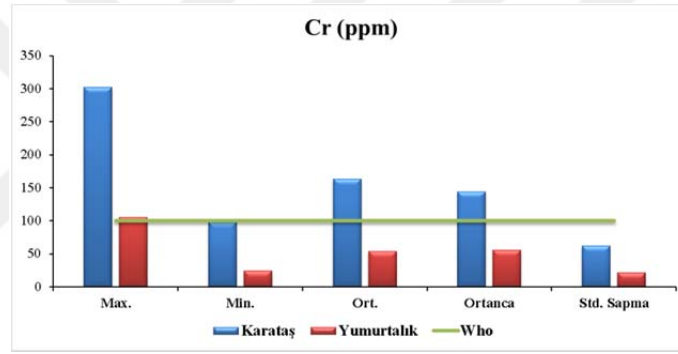


- Karataş bölgesinden alınan örneklerdeki değerler; maksimum 302 ppm; minimum 97,8 ppm; örneklerin ortalaması 163,02 ppm; standart sapması ise 62 ppm'dir. Ortanca değeri ise 144 ppm'dir (Çizelge 4.13).
- Yumurtalık bölgesinden alınan örneklerdeki değerler; maksimum 105 ppm; minimum 24 ppm; örneklerin ortalaması 53,86 ppm; standart sapması ise 21,79 ppm'dir. Ortanca değeri ise 56 ppm'dir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Krom elementinin Karataş ve Yumurtalık bölgelerindeki istatistiksel değerleri.

Cr (ppm)	Lokasyon	Max.	Min.	Ort.	Ortanca	Std. Sapma
	Karataş	302	97,8	163,02	144	62
	Yumurtalık	105	24	53,86	56	21,79

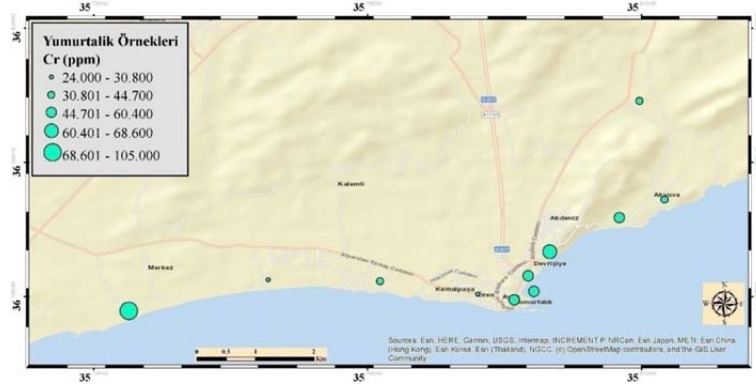
Yumurtalık-Karataş bölgeleri arasından alınan kumlarda yapılan analizler sonucunda Cr içeriği ülke standart değerleri ile karşılaştırıldığında Yumurtalık bölgesinde 1 örnek Türkiye sınırlarının üzerinde; Karataş bölgesinde ise toplamda 13 örnekten 11’inde bütün ülke standartları üzerinde çıkmaktadır (Şekil 4.32).



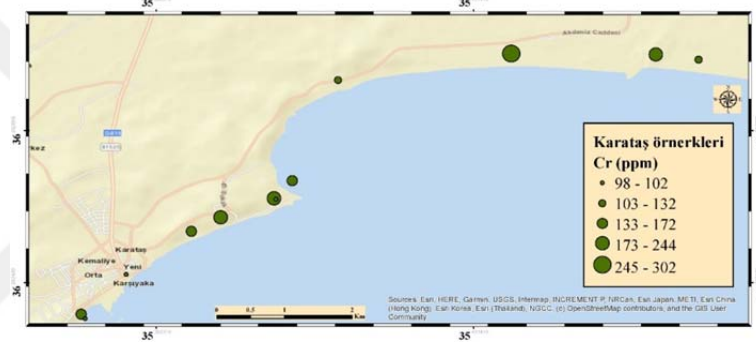
Şekil 4.32. Bölgelerden alınan kumlardaki Cr elementinin WHO’ya göre karşılaştırmalı grafiği.

Cr elementi için Karataş ve Yumurtalık bölgelerinde yapılan hesaplamalar sonucunda; Zenginleşme faktörü (Ef) ‘minimal zenginleşme’, Jeo-birikim indeksi (Igeo) pratik olarak kirlenmemiş şeklinde tespit edilmiştir. Kirlilik faktörü (Cf) Karataş bölgesi için ‘orta derecede kirlenme’, Yumurtalık bölgesi için ise ‘az kirlenme’ şeklinde bulunmuştur.

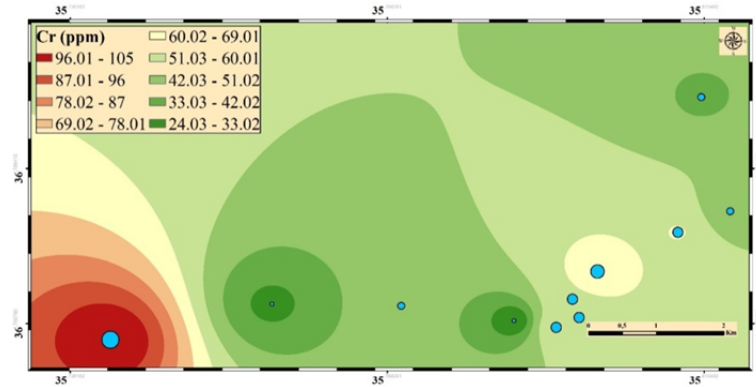
Arcgis kullanılarak yapılan semboloji ve dağılım haritalarında Yumurtalık bölgesinde Cr değerleri merkez ve batı bölgelerde yüksek oranda olduğu görülmektedir (Şekil 4.33; 4.35), Karataş bölgesinde ise doğu bölgelerde Cr değerleri yüksek olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.34; 4.36).



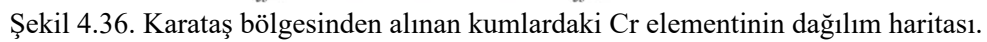
Şekil 4.33. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Cr elementinin semboloji haritası.



Şekil 4.34. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Cr elementinin semboloji haritası.



Şekil 4.35. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Cr elementinin dağılım haritası.

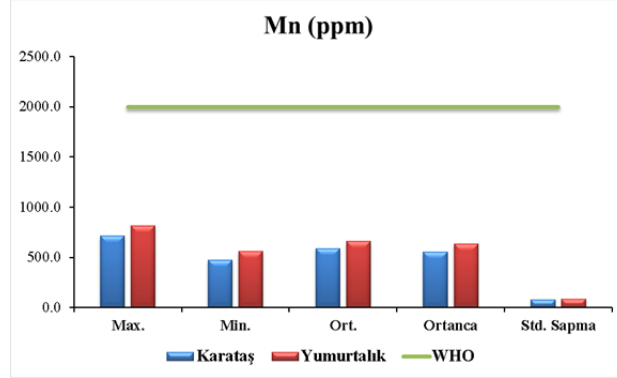


- Karataş bölgesinden alınan örneklerdeki değerler; maksimum 715,2 ppm; minimum 472,4 ppm; örneklerin ortalaması 589,3 ppm; standart sapması ise 78,9 ppm'dir. Ortanca değeri ise 555,3 ppm'dir (Çizelge 4.14).
- Yumurtalık bölgesinden alınan örneklerdeki değerler; maksimum 817,5 ppm; minimum 560,9 ppm; örneklerin ortalaması 659,1 ppm; standart sapması ise 88,6 ppm'dir. Ortanca değeri ise 635,6 ppm'dir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Mangan elementinin Karataş ve Yumurtalık bölgelerindeki istatistiksel değerleri.

Mn (ppm)	Lokasyon	Max.	Min.	Ort.	Ortanca	Std. Sapma
	Karataş	715,2	472,4	589,3	555,3	78,9
	Yumurtalık	817,5	560,9	659,1	635,6	88,6

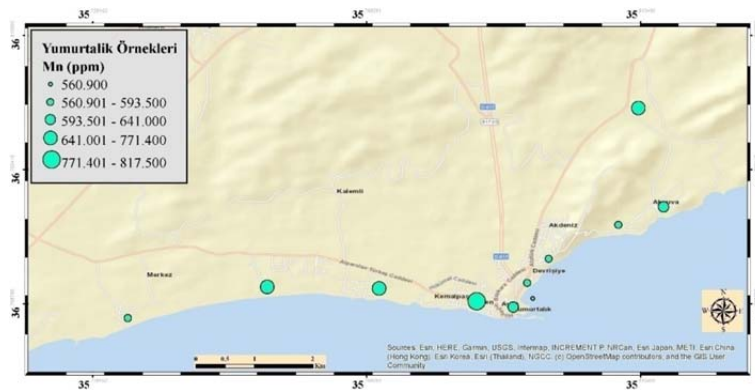
47



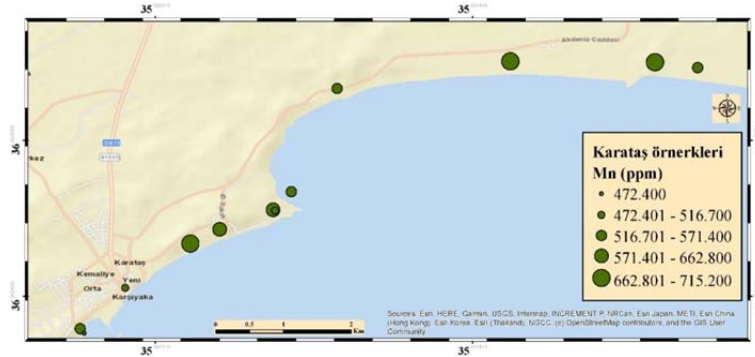
Şekil 4.37. Bölgelerden alınan kumlardaki Mn elementinin WHO'ya göre karşılaştırmalı grafiği.

Mn elementi için Karataş ve Yumurtalık bölgelerinde yapılan hesaplamalar sonucunda; Zenginleşme faktörü (Ef) 'minimal zenginleşme', Kirlilik faktörü (Cf) 'az kirlenme', Jeo-birikim indeksi (Igeo) 'pratik olarak kirlenmemiş' şeklinde tespit edilmiştir.

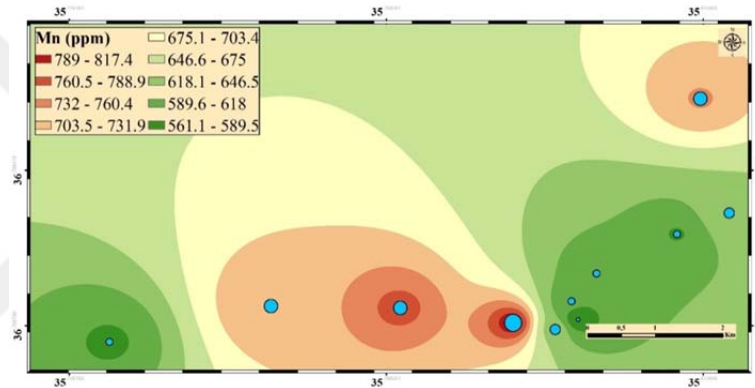
Arcgis kullanılarak yapılan semboloji ve dağılım haritalarında Yumurtalık bölgesinde Mn değerleri merkez ve doğu bölgelerde yüksek oranda olduğu görülmektedir (Şekil 4.38; 4.40), Karataş bölgesinde ise halk plajının olduğu ve doğu bölgelerde Mn değerleri standartların altında bulunsada yüksek olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.39; 4.41).



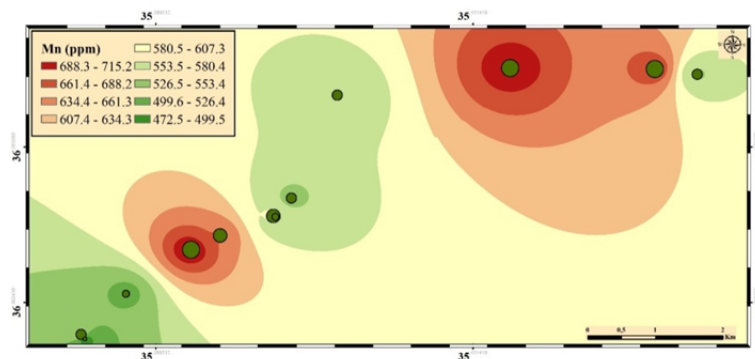
Şekil 4.38. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Mn elementinin semboloji haritası.



Şekil 4.39. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Mn elementinin semboloji haritası.



Şekil 4.40. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Mn elementinin dağılım haritası.



Şekil 4.41. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Mn elementinin dağılım haritası.

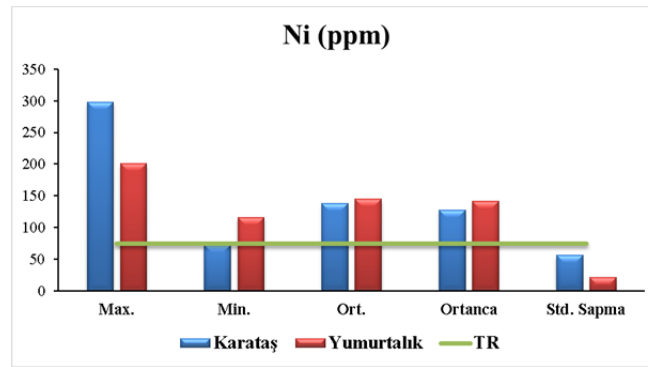
4.2.9. Nikel (Ni) Analiz Sonuçları

- Karataş bölgesinden alınan örneklerdeki değerler; maksimum 298 ppm; minimum 72,61 ppm; örneklerin ortalaması 138,69 ppm; standart sapması ise 56,45 ppm'dir. Ortanca değeri ise 128,10 ppm'dir (Çizelge 4.15).
- Yumurtalık bölgesinden alınan örneklerdeki değerler; maksimum 201 ppm; minimum 116,1 ppm; örneklerin ortalaması 144,58 ppm; standart sapması ise 22,05 ppm'dir. Ortanca değeri ise 142 ppm'dir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. Nikel elementinin Karataş ve Yumurtalık bölgelerindeki istatistiksel değerleri.

	Lokasyon	Max.	Min.	Ort.	Ortanca	Std. Sapma
Ni (ppm)	Karataş	298	72,61	138,69	128,10	56,45
	Yumurtalık	201	116,1	144,58	142	22,05

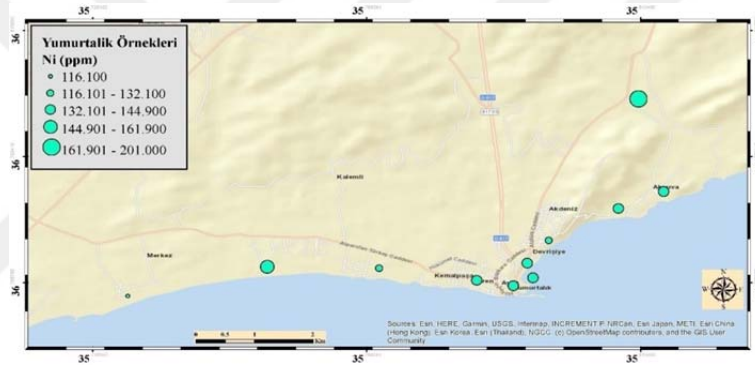
Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Topraklardaki kirliliğe ait yönetmeliğinde Ni elementinin Türkiye standardı 75 ppm'dir. Yumurtalıktan alınan 11 örnek ve Karataş'tan alınan 13 örnek toplamda iki bölge arasında 24 lokasyondan alınan örneklerin tamamı Türkiye ve diğer baz alınan ülke standartlarının üzerinde çıkmıştır (Şekil 4.42). Çalışma alanı içerisinde önemli ölçüde Ni kirliliği tespit edilmiştir.



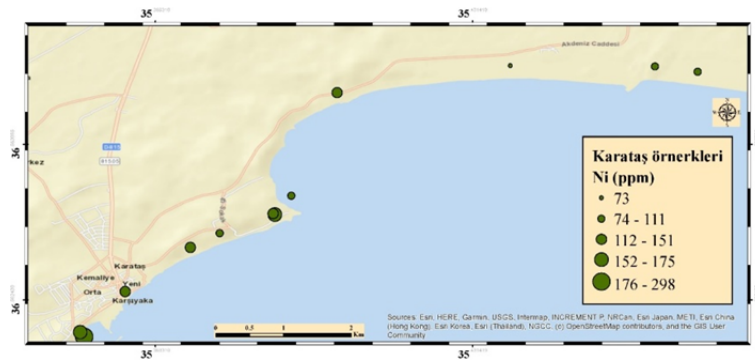
Şekil 4.42. Bölgelerden alınan kumlardaki Ni elementinin Türkiye standardına göre karşılaştırmalı grafiği.

Ni elementi için yapılan hesaplar sonucunda; Karataş bölgesinde, Zenginleşme faktörü (Ef) ‘orta zenginleşme’, Kirlilik faktörü (Cf) ‘önemli derecede kirlenme’, Jeo-birikim indeksi (Igeo) ‘orta derecede kirlenmemiş’; Yumurtalık bölgesinde, Zenginleşme faktörü (Ef) ‘belirgin zenginleşme’, Kirlilik faktörü (Cf) ‘önemli derecede kirlenme’, Jeo-birikim indeksi (Igeo) ‘orta derecede kirlenmiş’ şeklinde tespit edilmiştir.

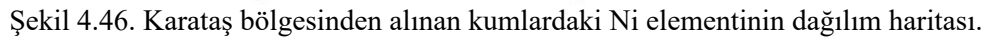
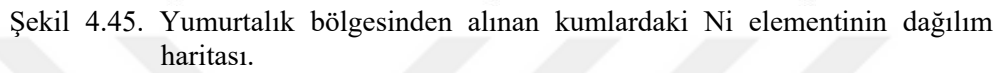
Arcgis kullanılarak yapılan semboloji ve dağılım haritalarında Yumurtalık bölgesinde Ni değerleri doğu bölgelerde yüksek oranda olduğu görülmektedir (Şekil 4.43; 4.45), Karataş bölgesinde ise sadece batı bölgelerde Ni değerlerinin yüksek olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.44; 4.46).



Şekil 4.43. Yumurtalık bölgesinden alınan kumlardaki Ni elementinin semboloji haritası.



Şekil 4.44. Karataş bölgesinden alınan kumlardaki Ni elementinin semboloji haritası.



Bu çalışma kapsamında, metallerin kirlilik boyutlarının değerlendirilmesini yapmak için sıklıkla kullanılmakta olan; Zenginleşme Faktörü (Ef), Kirlilik Faktörü (Cf), Kirlilik Derecesi (Cd), Korelasyon ilişkileri ve Jeobirikim İndeksi (Igeo) gibi indeks değerleri Yumurtalık ve Karataş bölgeleri için değerlendirilmiştir.

Sahil kumlarındaki ağır metal miktarlarının antropojen kaynaklı etkisini değerlendirebilmek için yapılan hesaplamalar sonucunda; Yumurtalık bölgesinde zenginleşme faktörü (Ef) değerleri Zn elementi için 1,07–0,19 minimal zenginleşme; Mn elementi için 2,18–0,46 minimal zenginleşme; Cu elementi için

3,32–0,01 minimal zenginleşme; Ni elementi için 12,40–2,28 belirgin zenginleşme; Cd elementi için 130,44–32,62 aşırı zenginleşme; Cr elementi için 1,98–0,65 minimal zenginleşme; As elementi için 1,41–0,06 minimal zenginleşme; Hg elementi için 62,54–0,61 belirgin zenginleşme olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. Yumurtalık bölgesinin zenginleşme faktörü (Ef) değerleri.

	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	As (ppm)	Hg (ppm)	Fe (ppm)
EY-1	1,69	1,33	2,88	7,32	64,98	1,26	0,71	1,71	1,00
EY-2	2,40	1,96	3,32	12,40	116,66	1,98	1,41	4,00	1,00
EY-3	0,96	1,65	0,60	9,63	83,78	1,69	0,79	62,54	1,00
EY-4	0,80	1,34	0,53	7,14	82,23	1,57	0,93	0,61	1,00
EY-5	1,03	1,30	0,99	7,98	67,71	1,35	0,85	0,61	1,00
EY-6	1,04	1,08	0,86	6,07	58,68	0,76	0,64	0,69	1,00
EY-7	2,39	1,62	2,09	11,12	91,33	0,91	0,39	3,64	1,00
EY-8	1,70	2,18	1,65	9,55	130,44	0,65	0,32	1,52	1,00
EY-9	1,18	1,30	0,80	5,57	71,88	0,73	0,53	5,37	1,00
EY-10	0,97	1,54	0,61	8,55	105,08	0,66	0,97	1,95	1,00
EY-11	0,52	0,46	0,01	2,28	32,62	0,83	0,06	0,69	1,00
Ort	1,34	1,43	1,30	7,96	82,31	1,13	0,69	7,58	1,00
Max	2,40	2,18	3,32	12,40	130,44	1,98	1,41	62,54	1,00
Min	0,52	0,46	0,01	2,28	32,62	0,65	0,06	0,61	1,00

Çizelge 4.17. Karataş bölgesinin zenginleşme faktörü (Ef) değerleri.

	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	As (ppm)	Hg (ppm)	Fe (ppm)
EK-1	0,56	0,34	0,17	5,43	3,98	0,75	0,19	0,03	1,00
EK-2	1,07	0,75	0,24	5,73	11,64	2,28	0,31	0,12	1,00
EK-3	0,66	0,57	0,18	4,14	9,13	1,10	0,32	0,14	1,00
EK-4	0,39	0,29	0,04	1,42	4,15	0,64	0,05	0,00	1,00
EK-5	0,37	0,24	0,03	0,98	2,57	0,82	0,07	0,00	1,00
EK-6	0,65	0,51	0,23	4,15	9,40	0,98	0,28	0,16	1,00
EK-7	0,49	0,33	0,07	1,96	5,97	1,02	0,07	0,00	1,00
EK-8	0,53	0,38	0,00	1,96	6,55	1,03	0,05	0,07	1,00
EK-9	0,19	0,35	0,00	2,04	7,75	0,85	0,15	0,11	1,00
EK-10	0,39	0,22	0,04	0,58	3,85	0,97	0,02	0,01	1,00
EK-11	0,42	0,30	0,00	1,05	5,90	1,09	0,08	0,01	1,00
EK-12	0,57	0,48	0,00	2,22	8,55	1,10	0,20	0,00	1,00
EK-13	0,56	0,43	0,11	2,07	8,15	1,02	0,20	0,00	1,00
Ort	0,53	0,40	0,08	2,59	6,74	1,05	0,15	0,05	1,00
Max	1,07	0,75	0,24	5,73	11,64	2,28	0,32	0,16	1,00
Min	0,19	0,22	0,00	0,58	2,57	0,64	0,02	0,00	1,00

Yumurtalık bölgesinde kirlilik faktörü (Cf) değerleri Zn elementi için 1,27–0,41 az kirlenme; Mn elementi için 0,96-0,66 az kirlenme; Cu elementi için 1,62-0,02 az kirlenme; Ni elementi için 5,91-3,41 önemli derecede kirlenme; Cd elementi için 58,55-35,50 aşırı derecede kirlenme; Cr elementi için 1,25–0,29 az kirlenme; As elementi için 0,54-0,08 az kirlenme; Hg elementi için 26,50-0,32 orta derecede kirlenme; Fe elementi için 1,50-0,34 az kirlenme olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. Yumurtalık bölgesinin kirlilik faktörü (Cf) değerleri.

	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	As (ppm)	Hg (ppm)	Fe (ppm)
EY-1	0,95	0,75	1,62	4,11	36,48	0,71	0,40	0,96	0,56
EY-2	0,81	0,66	1,12	4,18	39,30	0,67	0,47	1,35	0,34
EY-3	0,41	0,70	0,26	4,08	35,50	0,71	0,33	26,50	0,42
EY-4	0,42	0,70	0,27	3,71	42,68	0,82	0,48	0,32	0,52
EY-5	0,55	0,69	0,53	4,26	36,15	0,72	0,46	0,32	0,53
EY-6	0,73	0,75	0,60	4,26	41,15	0,53	0,45	0,49	0,70
EY-7	1,27	0,86	1,11	5,91	48,57	0,49	0,21	1,94	0,53
EY-8	0,75	0,96	0,73	4,21	57,48	0,29	0,14	0,67	0,44
EY-9	0,83	0,91	0,56	3,89	50,10	0,51	0,37	3,74	0,70
EY-10	0,54	0,86	0,34	4,76	58,55	0,37	0,54	1,09	0,56
EY-11	0,79	0,69	0,02	3,41	48,87	1,25	0,08	1,04	1,50
Ort	0,73	0,78	0,65	4,25	44,98	0,64	0,36	3,49	0,62
Max	1,27	0,96	1,62	5,91	58,55	1,25	0,54	26,50	1,50
Min	0,41	0,66	0,02	3,41	35,50	0,29	0,08	0,32	0,34

Karataş bölgesinde kirlilik faktörü (Cf) değerleri Zn elementi için 1,45–0,36 az kirlenme; Mn elementi için 0,84-0,56 az kirlenme; Cu elementi için 0,28-0,09 az kirlenme; Ni elementi için 8,76-2,14 önemli derecede kirlenme; Cd elementi için 15,69-6,43 aşırı derecede kirlenme; Cr elementi için 3,60-1,16 orta derecede kirlenme; As elementi için 0,34-0,08 az kirlenme; Hg elementi için 0,20-0,00 az kirlenme; Fe elementi için 3,70-0,90 orta derecede kirlenme olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.19).

Kirlilik Derecesi (Cd) Yumurtalık bölgesi için bulunan değer 56,50 ‘çok yüksek derecede kirlilik’; Karataş bölgesi içinse 21,74 ‘önemli derecede kirlilik’ şeklinde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.19. Karataş bölgesinin kirlilik faktörü (Cf) değerleri.

	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	As (ppm)	Hg (ppm)	Fe (ppm)
EK-1	0,91	0,56	0,28	8,76	6,43	1,21	0,31	0,05	1,61
EK-2	0,96	0,67	0,21	5,14	10,45	2,05	0,28	0,11	0,90
EK-3	0,71	0,61	0,20	4,44	9,79	1,18	0,34	0,15	1,07
EK-4	1,15	0,84	0,12	4,16	12,22	1,88	0,15	<DL	2,94
EK-5	1,21	0,78	0,09	3,19	8,33	2,65	0,24	<DL	3,25
EK-6	0,77	0,61	0,27	4,91	11,12	1,16	0,33	0,19	1,18
EK-7	1,08	0,74	0,14	4,34	13,19	2,26	0,16	0,00	2,21
EK-8	0,89	0,64	<DL	3,27	10,92	1,71	0,08	0,12	1,67
EK-9	0,36	0,65	<DL	3,77	14,30	1,57	0,28	0,20	1,84
EK-10	1,45	0,83	0,13	2,14	14,25	3,60	0,08	0,03	3,70
EK-11	1,12	0,80	<DL	2,78	15,69	2,90	0,20	0,03	2,66
EK-12	0,77	0,65	<DL	2,97	11,48	1,48	0,27	<DL	1,34
EK-13	0,85	0,65	0,17	3,15	12,43	1,56	0,30	<DL	1,53
Ort	0,94	0,69	0,18	4,08	11,58	1,94	0,23	0,10	1,99
Max	1,45	0,84	0,28	8,76	15,69	3,60	0,34	0,20	3,70
Min	0,36	0,56	0,09	2,14	6,43	1,16	0,08	0,00	0,90

Yumurtalık bölgesinde Jeo-birikim indeks (Igeo) değerleri Zn, Mn, Cu, Cr, As, Hg ve Fe elementleri için $I_{geo} < 0$ ve kirlilik durumu ise pratik olarak kirlenmemiş olarak bulunmuştur. Ni elementi için sonuçlar 1,98-1,19 arasında karşılık gelen 2. sınıf orta derecede kirlenmiş; Cd elementi içinse Igeo değeri 5,29-4,56 arasında olup kirlilik durumu skalasında ise çok aşırı kirlenmiş olan 5. sınıf olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. Yumurtalık bölgesinin Jeo-birikim indeks (Igeo) değerleri.

	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	As (ppm)	Hg (ppm)	Fe (ppm)
EY-1	-0,66	-1,00	0,11	1,45	4,60	-1,08	-1,91	-0,65	-1,42
EY-2	-0,89	-1,18	-0,42	1,48	4,71	-1,17	-1,66	-0,16	-2,15
EY-3	-1,88	-1,10	-2,56	1,44	4,56	-1,07	-2,17	4,14	-1,82
EY-4	-1,85	-1,11	-2,45	1,30	4,83	-0,88	-1,64	-2,25	-1,53
EY-5	-1,45	-1,12	-1,51	1,51	4,59	-1,06	-1,72	-2,21	-1,49
EY-6	-1,04	-0,99	-1,32	1,51	4,78	-1,50	-1,74	-1,62	-1,10
EY-7	-0,24	-0,80	-0,44	1,98	5,02	-1,63	-2,86	0,37	-1,50
EY-8	-1,00	-0,64	-1,05	1,49	5,26	-2,39	-3,41	-1,17	-1,77
EY-9	-0,86	-0,72	-1,43	1,37	5,06	-1,56	-2,03	1,32	-1,11
EY-10	-1,48	-0,80	-2,15	1,67	5,29	-2,03	-1,48	-0,47	-1,43
EY-11	-0,93	-1,12	-6,07	1,19	5,03	-0,26	-4,17	-0,54	0,00
Ort	-1,12	-0,96	-1,75	1,49	4,88	-1,33	-2,25	-0,29	-1,39
Max	-0,24	-0,64	0,11	1,98	5,29	-0,26	-1,48	4,14	0,00
Min	-1,88	-1,18	-6,07	1,19	4,56	-2,39	-4,17	-2,25	-2,15

Karataş bölgesinde Jeo-birikim indeks (Igeo) değerleri Zn, Mn, Cu, Cr, As, Hg ve Fe elementleri için $I_{geo} < 0$ olduğundan dolayı kirlilik durumu pratik olarak kirlenmemiş şeklinde bulunmuştur. Ni elementi için sonuçlar 2,55-0,51 değerleri arasında olup kirlilik durumu skalasında 2. sınıf olan orta derecede kirlenmiş; Cd elementi içinse Igeo değeri 3,39-2,10 arasında olup kirlilik durumu skalasında orta-çok kirlenmiş olan 3. sınıf olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. Karataş bölgesinin Jeo-birikim indeks (Igeo) değerleri.

	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	As (ppm)	Hg (ppm)	Fe (ppm)
EK-1	-0,73	-1,43	-2,44	2,55	2,10	-0,30	-2,27	-4,87	0,11
EK-2	-0,64	-1,16	-2,83	1,78	2,80	0,45	-2,43	-3,83	-0,74
EK-3	-1,08	-1,30	-2,94	1,57	2,71	-0,34	-2,14	-3,32	-0,48
EK-4	-0,38	-0,83	-3,70	1,47	3,03	0,33	-3,36	<DL	0,97
EK-5	-0,31	-0,94	-4,09	1,09	2,47	0,82	-2,64	<DL	1,11
EK-6	-0,96	-1,31	-2,48	1,71	2,89	-0,37	-2,19	-3,02	-0,34
EK-7	-0,47	-1,03	-3,37	1,53	3,14	0,59	-3,24	<DL	0,56
EK-8	-0,76	-1,23	<DL	1,12	2,86	0,19	-4,29	-3,69	0,15
EK-9	-2,07	-1,20	<DL	1,33	3,25	0,07	-2,42	-2,90	0,30
EK-10	-0,05	-0,86	-3,50	0,51	3,25	1,26	-4,14	-5,52	1,30
EK-11	-0,42	-0,91	<DL	0,89	3,39	0,95	-2,90	-5,48	0,83
EK-12	-0,97	-1,21	<DL	0,99	2,94	-0,02	-2,50	<DL	-0,16
EK-13	-0,81	-1,20	-3,13	1,07	3,05	0,06	-2,32	<DL	0,02
Ort	-0,74	-1,13	-3,16	1,35	2,91	0,28	-2,84	-4,08	0,28
Max	-0,05	-0,83	-2,44	2,55	3,39	1,26	-2,14	-2,90	1,30
Min	-2,07	-1,43	-4,09	0,51	2,10	-0,37	-4,29	-5,52	-0,74

Çizelge 4.22. Yumurtalık bölgesindeki metallerin korelasyon ilişkisi.

	<i>Zn</i> (ppm)	<i>Mn</i> (ppm)	<i>Cu</i> (ppm)	<i>Ni</i> (ppm)	<i>Cd</i> (ppm)	<i>Cr</i> (ppm)	<i>As</i> (ppm)	<i>Hg</i> (ppm)	<i>Fe</i> (ppm)
Zn (ppm)	1								
Mn (ppm)	0.354	1							
Cu (ppm)	0.666	0.125	1						
Ni (ppm)	0.557	0.407	0.415	1					
Cd (ppm)	0.161	0.784	-0.247	0.216	1				
Cr (ppm)	-0.143	-0.748	-0.334	-0.573	-0.424	1			
As (ppm)	-0.436	-0.293	0.100	0.001	-0.327	-0.242	1		
Hg (ppm)	-0.369	-0.187	-0.263	-0.070	-0.344	0.068	-0.069	1	
Fe (ppm)	0.118	-0.153	-0.454	-0.405	0.196	0.695	-0.520	-0.199	1

Karataş bölgesindeki korelasyon ilişkisi ise Çizelge 4.23’de görüldüğü üzere Fe-Mn, Fe-Zn, Cr-Mn, Mn-Zn ve Cr-Zn arasındaki ilişki istatistiksel anlamda yüksek bir korelasyonu ifade etmektedir.

Çizelge 4.23. Karataş bölgesindeki metallerin korelasyon ilişkisi.

	<i>Zn</i> (ppm)	<i>Mn</i> (ppm)	<i>Cu</i> (ppm)	<i>Ni</i> (ppm)	<i>Cd</i> (ppm)	<i>Cr</i> (ppm)	<i>As</i> (ppm)	<i>Hg</i> (ppm)	<i>Fe</i> (ppm)
Zn (ppm)	1								
Mn (ppm)	0.738	1							
Cu (ppm)	0.073	-0.377	1						
Ni (ppm)	-0.235	-0.581	0.681	1					
Cd (ppm)	0.072	0.530	-0.527	-0.682	1				
Cr (ppm)	0.790	0.833	-0.316	-0.548	0.477	1			
As (ppm)	-0.614	-0.650	0.478	0.467	-0.411	-0.651	1		
Hg (ppm)	0.135	0.283	-0.160	-0.253	-0.023	-0.042	-0.035	1	
Fe (ppm)	0.740	0.863	-0.317	-0.431	0.327	0.820	-0.652	0.183	1

5. SONUÇLAR

Yumurtalık-Karataş arasındaki 24 lokasyondan sahil kumu örnekleri alınmıştır. Hazırlanan çözeltilerin ağır metal içerikleri Atomik Absorbsiyon Spektrometre (ASS) cihazında Fe, Mn, Cu, Zn, Hg, Ni, Cr, As, Cd elementlerine ait analizler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Türkiye ve dört farklı ülkelere ait topraklardaki ağır metal konsantrasyon sınır değerlerine ait standartlarla karşılaştırılarak kirlilik oluşturup oluşturmadığı ve element birikimleri hakkında bilgi edinilmiştir. Çalışma alanında yapılan analiz ve hesaplamalara göre sonuçlar;

1. Yumurtalık ve Karataş bölgelerinden alınan numunelerde yapılan analiz sonuçları 5 ülke ve WHO standartları ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda As, Zn, Cu, Mn ve Hg değerleri standartların altında kaldığından dolayı çalışma alanı içerisinde kirlilik rastlanmamıştır.
2. Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Topraklardaki kirliliğe ait yönetmeliğinde Fe ile ilgili bir standart değer bulunmamaktadır. Fakat topraklardaki genel Fe oranının %1-10 arasında değiştiği bilinmekte olup (Kabata-Pendias, 2001) WHO ve FAO standart değerlerine göre de ortalama %5'dir (Chiroma, Ebewe ve Hymore, 2014). Karataş bölgesinde örneklerin ortalaması % 9,41; Yumurtalık bölgesinde ise % 2,92'dir. Sonuçlar bu standartlarla karşılaştırıldığında demir kaynaklı bir kirliliğin olmadığı anlaşılmaktadır.
3. Çalışma alanında Cd'un analizlerdeki istatistiksel ortalamaları Karataş ve Yumurtalık bölgelerinde sırasıyla; 6,95 ppm ve 26,99 ppm olarak bulunmuştur. Sonuçlar doğrultusunda kadmiyum içeriği ülke standart değerleri ile karşılaştırıldığında toplamda 24 örnekte de sonuçlar 5 ülke standartlarının üzerinde çıkmıştır. Bu sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda çalışma alanı içerisinde fosforlu gübre kullanımının

yüksek olmasından dolayı bu bölgelerde kadmiyum kaynaklı kirlilik olduğu tespit edilmiştir.

4. Ultramafik kayalarda yüksek miktarlarda Cr bulunmakta olduğundan; endüstriyel faaliyetler, toprak iyileştirme çalışmaları ve motorlu araçlardan çıkan egzoz dumanı gibi faktörleri topraktaki Cr miktarını arttırmaktadır. Yumurtalık-Karataş bölgeleri arasından alınan topraklarda yapılan analizler sonucunda Cr içeriği ülke standart değerleri ile karşılaştırıldığında Yumurtalık bölgesinde 1 örnek Türkiye standardının üzerinde; Karataş bölgesinde ise toplamda 13 örnekten 11'inde sonuçlar bütün ülke standartları üzerinde çıkmıştır. Çalışma alanı içerisinde Cr kirliliği Yumurtalık'a (53,86 ppm) göre Karataş (163,02 ppm) bölgesinde yüksek değerlere ulaşmıştır.
5. Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Topraklardaki kirliliğe ait yönetmeliğinde Nikelin Türkiye standardı 75 ppm'dir. Yumurtalık'tan 11 örnek ve Karataş'tan da alınmış olan 13 örnek toplamda iki bölge arasında 24 lokasyondan alınan örneklerin tamamı Türkiye ve diğer baz alınan ülke standartlarının üzerinde çıkmıştır. Karataş bölgesindeki istatistiksel ortalama değeri 138,69 ppm olup Yumurtalıkta ise 144,58 ppm olarak çıkmıştır. Bulunan bu sonuçlara göre serpantinleşmiş ofiyolitik kayaların bölge jeolojisindeki varlığı, kömür ve yağ yakılması gibi çevreye yayılan dumanlar, tarım arazilerinde fosfat gübrelerin kullanılması topraklarda Ni miktarını arttıran sebepler şeklinde sıralanabilir. Alınan örneklerde yapılan analizler sonucunda çalışma alanı içerisinde önemli ölçüde Nikel kirliliği tespit edilmiştir.
6. Yumurtalık bölgesindeki metallerde yapılan analiz sonuçlarına göre zenginleşme faktörü (Ef) değerleri Zn, Mn, Cu, Cr ve As elementleri için $Ef < 2$ şeklinde olduğundan dolayı buradaki zenginleşmeler 'minimal zenginleşme' şeklinde bulunmuştur. Ni ve Hg elementleri için bulunan sonuçlar $5 \leq Ef \leq 20$ arasında çıkmış olup bu durum 'belirgin zenginleşme'

olarak nitelendirilebilir. Cd elementi için sonuçlar 130,44–32,62 değerleri arasında olup aşırı zenginleşme olarak belirlenmiştir. Karataş bölgesinde ise Zn, Mn, Cu, Cr, As ve Hg zenginleşme faktörü (Ef) değerleri minimal zenginleşme; Ni elementi için 5,73-0,58 orta zenginleşme; Cd elementi için 11,64-2,57 belirgin zenginleşme olarak belirlenmiştir

7. Yumurtalık bölgesinde kirlilik faktörü (Cf) değerleri Zn, Mn, Cu, Cr, As ve Fe elementleri için $Cf < 1$ yani ‘az kirlenme’; Ni elementi için ‘önemli derecede kirlenme’; Cd elementi için ‘aşırı derecede kirlenme’ ve Hg elementi için ‘orta derecede kirlenme’ olduğunu göstermiştir. Karataş bölgesinde kirlilik faktörü (Cf) değerleri Zn, Mn, Cu, As ve Hg için ‘az kirlenme’; Fe ve Cr için ‘orta derecede kirlenme’; Ni elementi 8,76-2,14 değerleri arasında olup ‘önemli derecede kirlenme’; Cd elementi içinse sonuçlar 15,69-6,43 arasında ve ‘aşırı derecede kirlenme’ şeklinde tespit edilmiştir.
8. Kirlilik Derecesi (Cd); Yumurtalık bölgesi için yapılan hesaplamalar sonucunda 56,50 bulunmuş olup ‘çok yüksek derecede kirlilik’; Karataş bölgesi içinse 21,74 ile ‘önemli derecede kirlilik’ şeklinde bulunmuştur.
9. Yumurtalık bölgesinde Jeo-birikim indeks (Igeo) değerleri Zn, Mn, Cu, Cr, As, Hg ve Fe elementleri için sonuçlar $I_{geo} < 0$ çıkmış olup kirlilik durumu ise ‘pratik olarak kirlenmemiş’ olarak bulunmuştur. Ni elementi için sonuçlar 1,98-1,19 arasında karşılık gelen 2. sınıf ‘orta derecede kirlenmiş’; Cd elementi içinse Igeo değeri 5,29-4,56 arasında olup kirlilik durumu skalasında ise ‘çok aşırı kirlenmiş’ olan 5. sınıf olarak tespit edilmiştir. Karataş bölgesinde Jeo-birikim indeks (Igeo) değerleri Zn, Mn, Cu, Cr, As, Hg ve Fe elementleri için $I_{geo} < 0$ olduğundan dolayı kirlilik durumu ‘pratik olarak kirlenmemiş’ şeklinde belirlenmiştir. Ni elementi kirlilik durumu skalasında 2. sınıf olan ‘orta derecede kirlenmiş’; Cd elementi içinse Igeo değeri 3,39-2,10 arasında olup kirlilik durumu skalasında ‘orta-çok kirlenmiş’ olan 3. sınıf olarak tespit edilmiştir.

10. Topraklarda yapılan analizler sonucunda, Yumurtalık bölgesinde Cu-Zn ve Cd-Mn arasında; Karataş bölgesinde ise Fe-Mn, Fe-Zn, Cr-Mn, Mn-Zn ve Cr-Zn arasındaki ilişkide istatistiksel anlamda yüksek bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir.
11. Ağır metaller, tüm canlı hayatında tehlike ve risk oluşturmaktadır. Dünyada ve ülkemizde tehlike oluşturan ağır metallerin neden olduğu toprak kirliliğini en aza indirmek için acil önlemler alınmalıdır. Kirlilik, toprakta sağlıklı yetişen bitkisel ürünler insan ve hayvan hayatını doğrudan olumsuz etkilemektedir. Toprakta ağır metal kirliliği doğadan yok edilememekte sürekli kalabilmektedir. Bu durumda öncelikle ağır metal maden işletmeciliği ve diğer endüstri üretimleri ve/veya diğer toprak kirlileti faaliyetler ve üretim yöntemleri toprak kirliliğine en az zarar verecek hatta hiç zarar vermeyecek koşullarda yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Adamo, P., Arienzo, M., Imperato, M., Naimo, D., Nardi, G., ve Stanzione, D., 2005. Distribution and partition of heavy metals in surface and sub-surface sediments of Naples city port. *Chemosphere*, 61(6), 800-809.
- Akın, H. ve Ertunç, A., 2008. Kokar Pinar Kaynağının (Ceyhan-Adana) Hidrojeokimyasal Değerlendirilmesi, Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Cilt:17-1.
- Akyıldız, M. ve Karataş, B., 2018. Adana Şehir Merkezindeki Topraklarda Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33(2), ss. 199-214, Haziran.
- Alloway, B.J., 1990. Heavy Metals in Soils, ed, Alloway B.J., John Wiley and Sons. Inc. New York.
- Alloway, B.J., 1995. Cadmium In BJ Alloway (Ed.). Heavy Metals In Soils. Blackie, London.
- Arslanoğlu, M. ve Özçelik, M., 2005. Sayısal Arazi Yükseklik Verilerinin İyileştirilmesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı.
- Aysan, H., 1999. Adana-Tarsus güneyinde kalan bölgenin serbest akifer ve topraklarındaki ağır metal kirliliğinin saptanması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Doktora Tezi, 133 s (yayımlanmamış).
- Bebek, M.T., 2001. Ulubat Gölü ve Gölü Besleyen Su Kaynaklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, sf. 16-65, Haziran.
- Bilge, U. ve Çimrin, K.M., 2013. Viranşehir-Kızıltepe Karayolu Kenarındaki Topraklarda Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliği, Tarım Bilimleri Dergisi, Ankara, 19. s:323-329.

- Boyraz, O., 2002. Demirtaş-Sarımazı (Adana Yumurtalık) Arasının Tektonostratigrafisi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, Yüksek Lisans Tezi, 46s.
- Buat-Menard, P. and Chesselet, R., 1979. Variable Influence of Atmospheric Flux on the Trace Metal Chemistry of Oceanic Suspended Matter. *Earth and Planetary Science Letters*, 42, 398-411.
- Chiroma, T.M., Ebewe R. O., Hymore F.K., 2014. Comparative Assesement of Heavy Metal Levels in Soil, Vegetables and Urban Grey Waste Water used for Irrigation in Yola and Kano. *International Refereed Journal of Engineering and Science*, 3(2), 01-09.
- Chung, S. and Chon, H.T., 2014. Assessment of the level of mercury contamination from some anthropogenic sources in Ulaanbaatar, Mongolia. *J Geochem Explor*, 147, 237-244.
- Clarkson, T.W., Magos L., Myers G.J., 2003. The toxicology of mercury current exposures and clinical manifestations. *N Engl, J Med*, 349:1731.
- Duker, A.A., Carranza, E.J.M. and Hale, M. 2005. Arsenic geochemistry and health. *Environment International*, 31, 631-641.
- Galuszka, A., Migaszewski, Z. M. ve Zalasiewicz, J., 2014. Assessing the Anthropocene with geochemical methods. *Geological Society, London, Special Publications*, 395(1), 221-238.
- Gökçen, S.L., Kelling, G., Gökçen, N., Floyd, P.A., 1988. Sedimentology of a Late Cenozoic Collisional Sequence: the Misis Complex, Adana, Southern Turkey, *Sedimentary Geology* 59, 205-235.
- Gürbüz, K., 1997. Seyhan ve Ceyhan Delta'larının kronolojik evrimi ve bunların kıyı değişimine etkileri, *Geosound*, 30, 175- 190.
- Hakanson, L., 1980. An Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control-a Sedimentological Approach, *Water Research*, 14, 975-1001.
- Haktanır, K., 1983. "Çevre Kirliliği Ders Notu", Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Teksir No. 107, sf. 82-99, Ankara.

- Kabata-Pendias, A., Pendias, H., 2001. Trace Elements in Soils and Plants, 3rd Ed., Crc Press, Boca Raton, Fl.
- Jain, C.K., Ali, I., 2000. Arsenic occurrence, toxicity and speciation techniques, Waters, Research, 34, 4304-4312.
- Kaçar, B. ve Katkat A., 2006. Bitki Besleme, Nobel Yayınları No:849, Ankara.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S., 2009. Metallerin Çevresel Etkileri-I, Metalurji, 136.
- Karaçağıl, D., 2013. İstanbul'da Belirlenmiş Sahil Şeritlerinde Toprak Kalitesi ve Ağır Metal Kirliliği, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 4-8-11-12.
- Karakaş, D., 2000. "Ağır Metallerin Toksik Etkileri", TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Eğitim Notları.
- Kozlu, H., 1982. İskenderun Baseni Jeolojisi ve Petrol Olanakları, TPAO Rapor no: 1921, Ankara.
- Mason, B., 1966. Principals of geochemistry. New York: Wiley.
- Morillo, J., Usero, J., ve Gracia, I., 2002. Heavy metal fractionation in sediments from the Tinto River (Spain). International Journal of Environmental & Analytical Chemistry, 82(4), 245-257.
- Müller, G., 1961. Index of Geoaccumulation in Sediments of the Rhine River, Geojournal, 2, 108-118.
- Müller, G., 1981. Die Schwermetallbelastung der Sedimenten des Neckars und Seiner Nebenflüsse, Chemiker-Zeitung, 6, 157.
- Okcu, M., Tozlu E., Kumlay A., Pehluvan M., 2009. Ağır Metallerin Bitkiler Üzerinde Etkileri, Iğdır Üniversitesi, Alınları 17 (B)-14-26.
- Önder, S., 2012. Atıksular İle Sulanan Zirai Alanlardaki Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 3-4-11-17-24-25.

- Özay, C. ve Mammadov R., 2013. Ağır Metaller ve Süs Bitkilerinin Fitoremediasyonda Kullanılabilirliği, BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi Cilt 15 (1) 67-76.
- Özkan, G., 2009. Endüstriyel Bölge Komşuluğunda Kıyısız Kırsal Alandaki Hava Kalitesi; Muallimköy’de Partikül Maddede ve Topraktaki Ağır Metal Kirliliği, Yüksek Lisans Tezi, GYTE Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, 9,12-22.
- Özkul, C., 2008. İzmit Civarında Endüstrileşmenin Toprak Ağır Metal Derişimine Etkisi, Uygulamalı Yerbilimleri, 2: 1-9.
- Özyılmaz, G., 2000. İskenderun Körfezi’nde Endüstri Kuruluşlarının Neden Olduğu Hava ve Toprak Kirliliği, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, 3-5.
- Pasternack, G.B. and Brown, K.J., 2006. Natural and anthropogenic geochemical signatures of floodplain and deltaic sedimentary strata, Sacramento-San Joaquin Delta, California, USA. Environmental Pollution, 141 (2), 295-309.
- Rether Alexander, 2002. Doktora Tezi, Münih Teknik Üniversitesi.
- Riemann, L., Steward, G. F., ve Azam, F., 2000. Dynamics of bacterial community composition and activity during a mesocosm diatom bloom. Applied and Environmental Microbiology, 66(2), 578-587.
- Schmidt, G., 1961. VII. Adana Petrol Bölgesinin Stratigrafik Nomenklatürü, Petrol Der. Yay. Ankara 6. 47-63.
- Sengupta, S., Chatterjee, T., Ghosh, P. B., Saha, T., 2010. Heavy metal accumulation in agricultural soils around a coal fired thermal power plant (Farakka) in India. Environ Sci Eng, 52(4), 299–306.
- Soydemir, E., 2013. Katı Örnekleme Yüksek Çözünürlüklü Elektrotermal Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi İle 2,5 PM Hava Partiküllerinde Civa Tayini, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 5-7.

- Sutherland, R. A., 2000. Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. *Environ Geol*, 39, 611–27.
- Tok, H.H., 1997. Çevre Kirliliği, Anadolu Matbaacılık, İstanbul.
- Topak, Y., 1997. Berdan Nehri (Tarsus) Keşbükü-Kulaklı Köyleri Arası Ağır Metal Analizleri ve Mevsimsel Hidrojeokimyasal Değişimleri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, FBE, 95-72.
- Topbaş, M.T., Brohi, A.R. ve Karaman, M.R., 1998. Çevre Kirliliği, T.C. Çevre Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- Türkoğlu, B., 2006. Toprak Kirlenmesi ve Kirlenmiş Toprakların Islahı, Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı.
- Usta, D., 2004. Adana ili jeolojik Özellikler, MTA Doğu Akdeniz Bölge Müdürlüğü, Adana.
- Ünlügenç, U.C., 1993. Controls On Cenozoic Sedimentation, Adana Basin, Southern Turkey. Phd Thesis, University Of Keele (Unpublished).
- Yıldız, C.E., 2018. Adana-Tarsus (Mersin) Güneyinde Kalan Bölgenin Topraklarındaki Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 115s.
- Yılmaz, D. ve Yaman S., 1999. Heavy Metal Pollution and Chemical Profile of Ceyhan River. *Tr. J. of Engineering and Environmental Science*. 23, 59 – 61.
- World Health Organization (WHO), 1988. United Nations Environment Programme, Chromium, Environmental Health Criteria 61, Geneva, Switzerland.
- Zhang, C., Qiao, Q., Piper, J. D. and Huang, B., 2011. Assessment of heavy metal pollution from a Fe-smelting plant in urban river sediments using environmental magnetic and geochemical methods. *Environmental Pollution*, 159(10), 3057-3070.



ÖZGEÇMİŞ

1991 yılında Adana’da doğdu. İlkokulu ve Ortaokulu Emine Nabi Menemencioğlu İlkokulu’nda, Lise eğitimini Ramazan Atıl Anadolu Lisesi’nde tamamladı. 2010 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nde lisans öğrenimine başladı. 2014 yılı Haziran ayında aynı fakülteden Jeoloji Mühendisi olarak mezun oldu. 2015-2016 öğrenim yılı güz döneminde Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Maden Yatakları ve Jeokimya Ana Bilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı.