

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Can Ekin YILDIZ

**ADANA-TARSUS (MERSİN) GÜNEYİNDE KALAN
BÖLGENİN TOPRAKLARINDAKİ AĞIR METAL
KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2018

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ADANA-TARSUS (MERSİN) GÜNEYİNDE KALAN BÖLGENİN
TOPRAKLARINDAKİ AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Can Ekin YILDIZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez / /2018 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

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

.....
Prof. Dr. Osman PARLAK
ÜYE

.....
Dr. Öğr. Gör. Zeynep ÖZDEMİR
ÜYE

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

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No:

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

ADANA-TARSUS (MERSİN) GÜNEYİNDE KALAN BÖLGENİN TOPRAKLARINDAKİ AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Can Ekin YILDIZ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Mustafa AKYILDIZ
Yıl: 2017, Sayfa: 115
Jüri : Doç. Dr. Mustafa AKYILDIZ
: Prof. Dr. Osman PARLAK
: Dr. Öğr. Gör. Zeynep ÖZDEMİR

Yüksek lisans tez çalışmasında, Adana – Tarsus (Mersin) güneyinde yer alan topraklardaki ağır metal kirliliğinin saptanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Doğankent, Tuzla ve Karataş mahalleleri ve civarından toplam 134 toprak numunesi alınmıştır. Alınan toprak numuneleri laboratuvar ortamında çeşitli işlemlerden geçirilmiş ve bu işlemler sonucunda elde edilen çözeltilerin ağır metal içerikleri A.A.S. cihazı ile saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar, seçilen beş ülke standardı ile karşılaştırılmış ve bu sayede çalışma alanı içerisinde ağır metal kaynaklı bir kirliliğin olup olmadığı irdelenmeye çalışılmıştır. Ayrıca elde edilen tüm veriler bir CBS veritabanına aktarılmış ve bu sayede çeşitli haritalar oluşturulmuştur. Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre, çalışma alanı ve civarında yüksek miktarlarda Cd, Ni, Pb ve Cr elementlerine rastlanılmıştır. Analizi yapılan diğer elementlerden Al, Fe, Zn, Hg, As, Cu, Co ve Mn elementleri, lokal düzeyde bazı noktalarda standartları aşmış olsa da genel olarak bakıldığında, çalışma alanında bu elementlerden kaynaklanan bir kirliliğin mevcut olmadığı saptanmıştır. Değerleri yüksek çıkan elementlerden Pb, trafiğin yoğun olduğu anayol civarlarında en yüksek değerlerine ulaşmıştır. Ayrıca kırsal bölgelerdeki böcek ilaçlama yöntemlerinin de kurşun değerlerini yükseltmesi de bir başka sebep olarak tahmin edilmektedir. Cd ise bölgenin genelinde çok yüksek değerler vermiştir ve bunun sebebinin tarımsal verimliliği arttırmak için kullanılan fosfat gübrelere nereden olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bölge civarında yapılan çalışmalarda standartların çok üzerinde çıkan Ni değerlerinin, çalışma alanının yakınında yer alan ofiyolitik kayalardan kaynaklandığı, bunun yanında çalışma alanı ve civarındaki atölye, tamirhane ve sanayi kuruluşlarının da etkisi olduğu tahmin edilmektedir. Suni gübrelemenin Cr değerlerini yükselttiği de çalışmanın bir başka sonucu olarak saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Adana Baseni, Toprak, Ağır Metal Kirliliği, AAS, CBS.

ABSTRACT

MSc THESIS

INVESTIGATION THE HEAVY METAL SOIL POLLUTION IN THE SOUTH OF ADANA - TARSUS (MERSİN)

Can Ekin YILDIZ

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF GEOLOGY**

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Mustafa AKYILDIZ
Yıl: 2017, Sayfa: 115
Jury : Assoc. Prof. Dr. Mustafa AKYILDIZ
: Prod. Dr. Osman PARLAK
: Asst. Prof. Dr. Zeynep ÖZDEMİR

This study aims to determine the heavy metal soil pollution in the south of Adana - Tarsus (Mersin) in the southern Turkey. This research involves a total of 134 soil samples which were collected across the Doğankent, Tuzla and Karataş area. Soil samples were subjected to various processing steps in the geochemical laboratory environment. The heavy metal contents of the solutions obtained from these processing steps were analyzed by A.A.S. device. These results were compared to selected five country standards to investigate the existence of any heavy metal pollution in the study area. In addition, all the obtained dataset was transferred to a GIS database and various maps were created. The results from this study shows that existence of high amounts of Cd, Ni, Pb and Cr elements in the vicinity of the study area. Results also shows that Al, Fe, Zn, Hg, As, Cu, Co and Mn elements have occasionally exceeded the standards in the local level however there is no strong evidence of pollution due to these elements in the study area. Pb element has been found to have high values and it has reached its highest points especially where the traffic is concentrated in the vicinity of the road. In addition, insecticides in pastoral areas has been determined as another reason for the high Pb values in the study area. Very high Cd values has been found throughout the region as a result of phosphate fertilizer applications to increase the agricultural productivity. It is estimated that the Ni values are well above the standards due to the ophiolitic rocks and the industrial establishments located near the study area. The reason of the high Cr values has been found across the study area explained by the increased artificial fertilizer applications in the region.

Keywords: Adana Basin, Soil, Heavy Metal Pollution, AAS, GIS.

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Bu yüksek lisans tez çalışması kapsamında, Adana-Tarsus (Mersin)'in güneyinde kalan topraklardaki olası ağır metal kirliliğini ortaya çıkarmak ve nedenlerini araştırmak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Doğankent, Karataş ve Tuzla mahalleleri civarından 134 adet nokta örnek alımı yapılmıştır. Alınan örnekler, yüzeyin 15-20 cm derinliğinden, kürek yardımı ile toplanmış ve poşetlenerek muhafaza edilmiştir.

Çalışma alanının içerisinde yer aldığı Adana Baseni'nin temelini Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimler ile bölgeye Üst Maastrichtiyen ve sonrasında tektonik olarak yerleşen allokton konumlu ofiyolitik kayalar oluşturmaktadır. Adana Baseni Neojen istifinin tabanını oluşturan Gildirli Formasyonu, Demirkazık Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Bu birimin üzerine ise uyumlu olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı Kaplankaya Formasyonu gelmektedir. Kaplankaya Formasyonunu, Karaisalı Formasyonu uyumlu olarak takip etmektedir. Geç Langiyen-Serravaliyen yaşlı Cingöz Formasyonu, Karaisalı Formasyonu'nu uyumlu olarak örtmektedir. Cingöz Formasyonu'nun üzerine ise uyumlu olarak, Langiyen-Serravaliyen yaşlı Güvenç Formasyonu, Güvenç Formasyonu üzerine de uyumsuz olarak Kuzgun Formasyonu gelmektedir.

Adana Baseni'nde en üst Miyosen birimi olarak ayrılan Handere Formasyonu, çalışma alanı içerisinde çok geniş alanlarda yüzeylemektedir.

Adana Baseninin en genç birimlerinin yer aldığı çalışma alanı, tarım açısından Türkiye'nin en sulak ve en verimli alanlarından birini oluşturmaktadır.

Farklı kaynaklarda farklı şekillerde tanımlanan toprak kısaca, yeryüzünün en üst kısmını oluşturan ve içinde yaşam bulunan bölümü olarak tanımlanabilir. Toprak oluşumunda temel kaynak kayalardır ve kayaların kimyasal içeriği, meydana getirdiği toprağın kimyasal bileşimini de doğrudan etkilemektedir.

Toprak; ana materyal, iklim, topoğrafya, vejetasyon, canlılar ve biyolojik süreçler gibi birçok faktörün etkisinde gelişmektedir. Ayrıca bir toprak profili, A,B ve C olmak üzere üç ana zondan meydana gelmektedir.

Ağır Metal terimi, canlı sağlığı açısından zehirleyici etkiler gösterebilen metalleri ve yarı metalleri tanımlamak için kullanılmaktadır. Bu kavram çok geniş olmakla birlikte, İz Element, İz Metaller, Toksik Metaller gibi farklı terimler de literatürde benzer şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte tüm bu terimler arasında Ağır Metal terimi, en sık kullanılan terim olarak öne çıkmaktadır.

Topraklardaki ağır metallerin kaynaklarını Litojenik ve Antropojenik kaynaklar olarak iki gruba ayırmak mümkündür. Litojenik kaynaklar, toprağı meydana getiren kaynak kayalar ile ilgiliyken antropojenik kaynaklar insan kökenli olduğı için çok çeşitli faktörleri ifade etmektedir.

Bu tez çalışmasının materyalini oluşturan çalışma alanı, toprak örneklerinin mahallelere olan yakınlıkları göz önüne alınarak Doğankent, Karataş ve Tuzla olarak üç bölüme ayrılmıştır. Doğankent ve civarı, Adana şehir merkezine daha yakın bir konumda yer almasının yanı sıra tarım ve hayvancılığın da yoğun olarak gözleendiğı bir bölgedir. Karataş ve Tuzla civarı ise Akdeniz'e daha yakın bir konumda yer alıp Doğankent gibi tarım ve hayvancılığın yoğun olduğı bölgelerdir.

Toprak numuneleri, seçilen bölgelerin büyüklükleri göz önüne alınarak farklı sayılarda toplanmıştır. Bu amaçla Doğankent'ten 64 örnek, Karataş'tan 29 örnek ve Tuzla'dan 41 örnek alınmıştır.

Alınan örnekler üzerinde yapılan analiz sonuçlarına göre şu bulgulara ulaşılmıştır:

1. Al ve Fe elementi ile ilgili, bir ağır metal kirliliğı saptanmamıştır. Dünya standartları içerisinde Fe ve Al elementleri için herhangi bir standart değeri bulunamamıştır ve her iki elementin dünya topraklarındaki bulunma yüzdeleri ve Dünya Sağlık Organizasyonu (WHO) değerleri göz önüne alınarak bir değerlendirme yapılmıştır.

2. Lokal düzeyde ve çok az sayıda örneği standartların üzerinde çıkan Zn ve Cu elementlerinden kaynaklı bir ağır metal kirliliği olmadığı saptanmıştır.
3. Karataş civarında, Doğankent ve Tuzla bölgelerine göre daha fazla sayıda örneğin standartların üzerinde görüldüğü Civa (Hg) elementi için kısmi ve mikro ölçekte bir ağır metal kirliliği saptanmıştır.
4. Literatürde herhangi bir standart değerine rastlanılmayan Mangan (Mn) elementi için bir yorum yapılamamıştır.
5. Kurşun (Pb) elementi her üç bölgede de örneklerin çok büyük bir çoğunluğunda standartların üzerinde saptanmıştır. Özellikle aktif araç trafiğinin, yol kenarlarından alınan örnekleri çok ciddi bir şekilde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.
6. Literatürde kullanılan herhangi bir standart değeri bulunamayan bir diğer element olan Arsenik (As) için Dünya Sağlık Organizasyonu (WHO) değerleri göz önüne alınmış ve As kaynaklı bir kirlilik saptanmamıştır.
7. Doğankent ve Tuzla örneklerinin neredeyse tümünde standartların çok üzerinde değerlere ulaşan Kadmiyum (Cd) elementi, Karataş örneklerinin büyük bir çoğunluğunda deteksiyon limit değerinin altında kalmıştır. Tarımda verimliliği arttırmak için kullanılan fosfat gübrelerinin Doğankent ve Tuzla topraklarındaki yüksek değerlere neden olduğu düşünülmektedir.
8. Çalışma alanındaki üç bölgede birbirine yakın ortalamalar gösteren Kobalt (Co) elementi ile ilgili bir ülke limit değeri bulunamamış ve bu sebeple Dünya Sağlık Organizasyonu (WHO) değerleri baz alınmış, bu değerlere göre herhangi bir Co kaynaklı kirlilik saptanmamıştır.
9. Çalışma alanından alınan örneklerin büyük bir çoğunluğunda limit değerlerin üzerinde yer alan Nikel (Ni) elementi ile ilgili ciddi bir ağır metal kirliliği saptanmıştır.
10. Krom (Cr) elementi, Doğankent ve Tuzla'da çok sayıda örnekte limitleri aşarken, Karataş'da daha az sayıda örnekte limit değerlerin üzerinde olduğu saptanmıştır.

Tüm bu bulguların ışığında, Karataş'ın, Doğankent ve Tuzla'ya oranla daha az oranda ağır metal kirliliği ve toksitesi gösterdiği sonucuna varılmıştır.



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında beni yönlendiren, yardım, destek ve önerilerini esirgemeyen ve her konuda büyük anlayış gösteren danışman hocam, sayın Doç. Dr. Mustafa AKYILDIZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Lisans yıllarımdan bu yana bana her türlü desteği gösteren, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölüm Başkanı sayın hocam Prof. Dr. Ulvi Can ÜNLÜGENÇ'e teşekkür ederim.

Tezime bulundukları katkılardan dolayı Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığına teşekkür ederim.

Özellikle yüksek lisans eğitimim süresince her zaman desteklerini hissettiğim değerli hocalarım sayın Prof. Dr. Atike NAZİK ve sayın Prof. Dr. Osman PARLAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarımın her aşamasında emeği bulunan Kimya Teknisyeni Ertuğrul ÇANAKÇI'ya teşekkür ederim.

Saha ve laboratuvar çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Ç.Ü. Jeoloji Müh. Bölümü öğrencileri M. Koray GÜR ve Çağrı GENÇ'e teşekkür ederim.

Gösterdikleri destek ve sağladıkları teknik imkanlar için İşlem GIS Müh. Ve Eğitim A.Ş. yönetim kurulu üyelerine ve direktörlerime teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca her konuda yardımını gördüğüm değerli arkadaşım Araş. Gör. Burcu GÖREN KARATAŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Beni her konuda yönlendiren ve cesaretlendiren, benim için büyük bir ilham kaynağı olan yakın dostum Jeolog Dr. Pınar GÜNEŞ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, beni bugünlere getiren, bana inanan, uzun yıllar boyunca destek ve sabır gösteren değerli aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	XII
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIV
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1. Genel Jeoloji	5
2.2. Jeokimya	7
2.3. Toprak	10
2.3.1. Toprak Oluşumu	11
2.3.2. Toprak Horizonu	11
2.4. Ağır Metaller ve Genel Özellikleri	12
2.4.1. Demir (Fe)	14
2.4.2. Alüminyum (Al)	15
2.4.3. Manganez (Mn)	16
2.4.4. Kurşun (Pb)	17
2.4.5. Arsenik (As)	19
2.4.6. Civa (Hg)	20
2.4.7. Kadmiyum (Cd)	21
2.4.8. Krom (Cr)	22
2.4.9. Kobalt (Co)	23
2.4.10. Çinko (Zn)	23
2.4.11. Bakır (Cu)	24
2.4.12. Nikel (Ni)	25

3. MATERYAL VE METOD	29
3.1. Materyal	29
3.2. Metod	29
3.2.1. Literatür Tarama.....	29
3.2.2. Arazi Çalışmaları	29
3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları.....	30
3.2.4. Büro Çalışmaları	31
4. BULGULAR VE ARAŞTIRMALAR	33
4.1. Bölgenin Genel Jeolojisi	33
4.1.1. Paleozoyik ve Mesozoyik Yaşlı Temel Kayaçlar	33
4.1.2. Gildirli Formasyonu	34
4.1.3. Kaplankaya Formasyonu.....	35
4.1.4. Karaisalı Formasyonu	35
4.1.5. Cingöz Formasyonu	35
4.1.6. Güvenç Formasyonu	36
4.1.7. Kuzgun Formasyonu	36
4.1.8. Handere Formasyonu	36
4.1.9. Kuranşa Formasyonu	37
4.2. Ağır Metal Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi	37
4.4.1. Demir (Fe) Analiz Sonuçları.....	49
4.4.2. Alüminyum (Al) Analiz Sonuçları.....	53
4.4.3. Manganez (Mn) Analiz Sonuçları	56
4.4.4. Kurşun (Pb) Analiz Sonuçları	60
4.4.5. Arsenik (As) Analiz Sonuçları.....	64
4.4.6. Cıva (Hg) Analiz Sonuçları.....	68
4.4.7. Kadmiyum (Cd) Analiz Sonuçları	72
4.4.8. Krom (Cr) Analiz Sonuçları.....	76
4.4.9. Kobalt (Co) Analiz Sonuçları.....	80
4.4.10. Çinko (Zn) Analiz Sonuçları.....	84

4.4.11. Bakır (Cu) Analiz Sonuçları.....	88
4.4.12. Nikel (Ni) Analiz Sonuçları	93
5. TARTIŞMA	97
5.1. Ağır Metallerin Yüksek Değerlere Ulaşma Sebepleri	97
5.1.1. Nikel.....	97
5.1.2. Kurşun.....	98
5.1.3. Kadmiyum.....	98
5.1.4. Krom	99
5.2. Ağır Metal Analiz Sonuçlarının Çalışma Alanında Daha Önce Yapılan Çalışmalar İle Karşılaştırması	99
6. SONUÇLAR	101
KAYNAKLAR	105
ÖZGEÇMİŞ	115



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 2.1. Ağır metaller ve genel kimyasal özellikleri.....	14
Çizelge 4.1. Ağır metal ülke standart değerleri	38
Çizelge 4.2. Doğankent ağır metal sonuçları ve ülke standartları ile karşılaştırması.....	39
Çizelge 4.3. Doğankent ağır metal sonuçları ve ülke standartları ile karşılaştırması.....	40
Çizelge 4.4. Doğankent ağır metal sonuçları.....	41
Çizelge 4.5. Doğankent ağır metal sonuçları (Devamı)	42
Çizelge 4.6. Karataş ağır metal sonuçları ve ülke standartları ile karşılaştırması.....	43
Çizelge 4.7. Karataş ağır metal sonuçları.....	44
Çizelge 4.8. Tuzla ağır metal sonuçları ve ülke standartları ile karşılaştırması.....	45
Çizelge 4.9. Tuzla ağır metal sonuçları ve ülke standartları ile karşılaştırması.....	46
Çizelge 4.10. Tuzla ağır metal sonuçları	47
Çizelge 4.11. Tuzla ağır metal sonuçları (Devamı).....	48
Çizelge 4.12. Fe elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri	49
Çizelge 4.13. Al elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri	53
Çizelge 4.14. Mn elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri	57
Çizelge 4.15. Pb elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri.....	61
Çizelge 4.16. As elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri.....	65
Çizelge 4.17. Hg elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri	69
Çizelge 4.18. Cd elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri	73
Çizelge 4.19. Cr elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri	77
Çizelge 4.20. Co elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri	81
Çizelge 4.21. Zn elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri.....	85

Çizelge 4.22. Cu elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri	89
Çizelge 4.23. Ni elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri	93
Çizelge 5.1. İki çalışmada elde edilen ortalama değerlerin karşılaştırması	100



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1.	Çalışma alanı yer bulduru ve örnek lokasyon haritası.....	2
Şekil 2.1.	Genel toprak pofili (Akçay, 2002'den değiştirilerek.....	12
Şekil 3.1.	Örnek lokasyonları	30
Şekil 4.1.	Adana Baseni'nin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Gürbüz, 1999'dan değiştirilerek)	34
Şekil 4.2.	Fe elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği.....	50
Şekil 4.3.a	Fe elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış sembol haritası.....	51
Şekil 4.3.b.	Fe elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış dağılım haritası.	52
Şekil 4.4.	Al elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği.....	54
Şekil 4.5.a	Al elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış sembol haritası.....	55
Şekil 4.5.b.	Al elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış dağılım haritası.	56
Şekil 4.6.	Mn elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği	58
Şekil 4.7.a	Mn elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış sembol haritası.....	59
Şekil 4.7.b.	Mn elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış dağılım haritası.	60
Şekil 4.8.	Pb elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği	62
Şekil 4.9.a	Pb elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış sembol haritası.....	63
Şekil 4.9.b.	Pb elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış dağılım haritası	64
Şekil 4.10.	As elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği	66

Şekil 4.11.a	As elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış sembol haritası.....	67
Şekil 4.11.b.	As elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış dağılım haritası.	68
Şekil 4.12.	Hg elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği.....	70
Şekil 4.13.a	Hg elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış sembol haritası.....	71
Şekil 4.13.b.	Hg elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış dağılım haritası.	72
Şekil 4.14.	Cd elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği	74
Şekil 4.15.a	Cd elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış sembol haritası.....	75
Şekil 4.15.b.	Cd elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış dağılım haritası.	76
Şekil 4.16.	Cr elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği.....	78
Şekil 4.17.a.	Cr elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış sembol haritası.....	79
Şekil 4.17.b.	Cr elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış dağılım haritası.	80
Şekil 4.18.	Co elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği	82
Şekil 4.19.a.	Co elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış sembol haritası.....	83
Şekil 4.19.b.	Co elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış dağılım haritası.	84
Şekil 4.20.	Zn elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği	86
Şekil 4.21.a.	Zn elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış sembol haritası.....	87
Şekil 4.21.b.	Zn elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış dağılım haritası.	88

Şekil 4.22.	Cu elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği	90
Şekil 4.23.a.	Cu elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış sembol haritası.....	91
Şekil 4.23.b.	Cu elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış dağılım haritası.	92
Şekil 4.24.	Ni elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği.....	94
Şekil 4.25.a.	Ni elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış sembol haritası.....	95
Şekil 4.25.b.	Ni elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren CBS ortamında hazırlanmış dağılım haritası.	96
Şekil 5.1.	Her iki çalışmadan elde edilen sonuçları gösteren sütun grafik	100



1. GİRİŞ

Bu araştırma, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne bağlı olarak Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışma, Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Proje Birimi FYL-2015-5404 nolu proje kapsamında tamamlanmıştır.

İnceleme alanı, Adana ilinin güneyinde bulunan Doğankent, Karataş ve Tuzla mahalleleri ve civarını kapsamaktadır. Çalışma, 1/25.000 ölçekli Mersin O34a₃, O34b₁, O34b₃, O34b₄, O34c₁, O34c₂, O34c₃, O34c₄, O34d₂ ve O35d₁ paftalarında yapılmıştır (Şekil 1.1). Bu alan, kuzeyde Adana il merkezi, güneyde Akdeniz, batıda Seyhan Nehri ve doğuda da Ceyhan Nehri ile sınırlanmıştır.

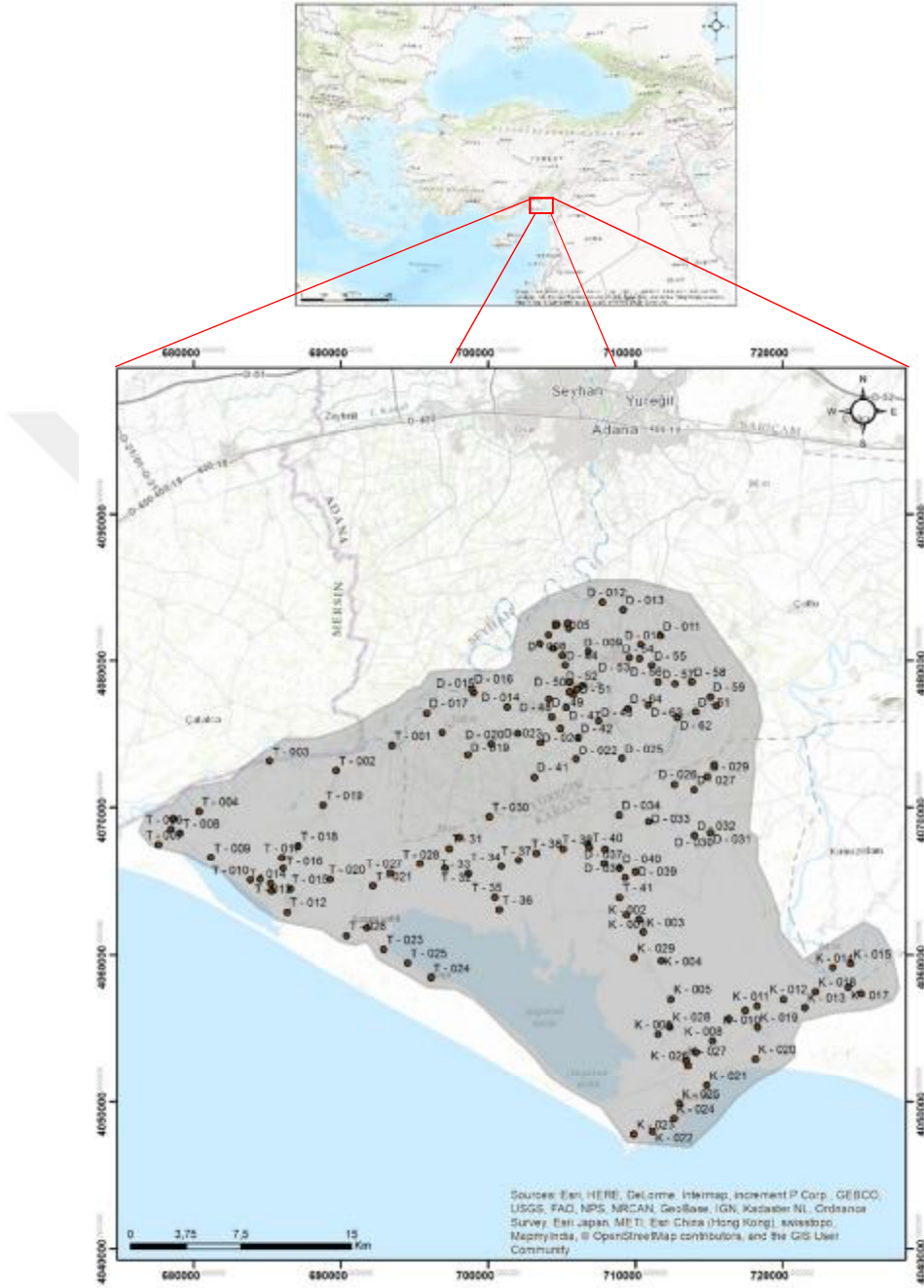
Çalışmanın amacı, Adana ili güneyinde bulunan topraklardaki ağır metal (Fe, Al, Mn, Zn, Ni, As, Hg, Cu, Cr, Co, Cd ve Pb) kirliliğinin saptanması ve bu kirliliğin nedenlerinin araştırılmasıdır.

Ağır Metal terimi, canlı sağlığı açısından toksik etkiler gösterebilen metalleri ve yarı metalleri tanımlamak için kullanılmaktadır.

Toprak, yeryüzünün en üst kısmını oluşturan ve içinde yaşam bulunan bölümü olarak tanımlanabilir. Toprak oluşumunda temel kaynak kayaçlardır ve kayaçlar meydana getirdiği toprağın kimyasal içeriğini doğrudan etkilemektedir.

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 ifade etmektedir.

İnceleme alanı içerisindeki topraklardan; Doğankent mahallesi civarından 64 adet, Karataş mahallesi civarından 29 adet ve Tuzla mahallesi civarından 41 adet nokta örnekleme yapılmıştır. Örnekler yüzeyin 15-20 cm altında, A₁ zonundan alınmıştır. Alınan bu örneklerin ağır metal içerikleri Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre (A.A.S) cihazı ile ölçülmüştür.



Şekil 1.1. Çalışma alanı yer bulduru ve örnek lokasyon haritası.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar ile çalışma alanı içerisinde ağır metallerden kaynaklanan bir kirliliğin olup olmadığı araştırılmış olup, eğer bir kirlilik mevcut ise bunun nedenleri irdelenmiştir. Dünya genelinde güncel bir problem olan çevre kirliliği ile ilgili ortaya konmuş olan somut veriler ile çevre problemlerinin giderilmesi çalışmalarına katkı sağlanmaya çalışılmıştır.





2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çalışma alanı ve çevresinde bugüne kadar çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları, Genel Jeoloji ve Jeokimya olmak üzere iki başlık altında incelenmiştir. Ayrıca bu bölümde, ağır metal kavramları ile bu tezin konusunu oluşturan ağır metaller detaylı bir şekilde incelenip açıklanmış ve toprak hakkında da genel bilgiler verilmiştir.

2.1. Genel Jeoloji

Schmidt (1961), Adana bölgesinin genel stratigrafisi çalışmış ve bugün hala kullanılmakta olan 47 kaya birimini adlandırmıştır. Bulgurdağ petrol sahası bu çalışmaların sonucunda belirlenmiştir.

Nazik ve Toker (1984), Karaisalı yöresinde bulunan Orta Miyosen çökellerindeki planktonik foraminiferleri incelemişlerdir. Bu amaçla Senem Deresi'nden bir kesit içerisinde aldıkları örneklerde 21 tür tanımlamışlardır. Bu türlerden yola çıkarak 3 planktonik foraminifer zonu saptamış, bu zonlar ile istifin Langiyen ve Serravaliyen katlarını ayırmış ve ortamın pelajik olduğunu sunucuna varmışlardır.

Yetiş ve ark. (1986), Üst Miyosen yaşlı Kuzgun Formasyonu'nun yanal ve düşey fasiyes değişimlerini inceledikleri çalışmalarında, bölgenin 1/25000 ölçekli haritasını yapmış ve doğudan batıya 6 kesit ölçmüşler ve bu kesitler yardımıyla detaylı litofasiyes tanımlamaları yapmışlardır.

Yurtmen ve ark. (1987), Karsantı Formasyonu'nun kumtaşlarını sedimentolojik, petrolojik ve mikromineralojik açılarından inceleyerek, bölgedeki kırıntılı malzemenin provenans ve kaynak kayaç türlerini saptamayı amaçlamışlardır. Bu çalışmanın sonucunda, Oligo-Miyosen yaşlı olarak bilinen formasyonun yaşının Üst Miyosen olduğunu belirtmişler, ayrıca formasyonun, kronostratigrafik olarak Kuzgun Formasyonu ile eşdeğer olduğunu saptamışlardır. Yazarlar, paleoakıntı yönlerinden yola çıkarak, Karsantı Formasyonu Miyosen

kumtaşlarının Eösilik Orojen ve Adayayı Orojenik Kuşak bölgelerindeki provenanslardan türediğini ortaya koymuşlardır.

Ünlüenç ve Demirkol (1988), Kızıldağ Yaylası civarının stratigrafisi üzerine yaptıkları çalışmada bölgenin 1/25.000 ölçekli ayrıntılı jeoloji haritasını yapmışlardır. Ayrıca stratigrafik kesitler ölçmüş ve alınan numuneler ile sedimanter birimlerin yaşlarını ortaya koymuşlardır. Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı litostratigrafi birimlerini litoloji ve yapısal konumlarına göre otokton, allokton ve genç otokton olarak üç bölümde incelemişlerdir. İnceleme sonucunda Permo-Karbonifer yaşlı Karahamzaşağı Formasyonu ve Üst Kretase yaşlı Kızıldağ Melanjı'nı isimlendirmişlerdir.

Demirkol (1989), Doğu Toroslar'da Pozantı-Karsantı-Karaisalı yöreleri civarında yaptığı çalışmada, bölgenin karbonat platformunun stratigrafisini ve jeolojik evrimini açıklamaya çalışmıştır. Çalışmada bölgenin Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı kaya stratigrafi birimlerini incelemiş ve detaylı açıklamalarını yapmıştır. Çalışmanın sonucunda, Toros Karbonat Platformu çökellerinin Mesozoyik ve Senozoyik arasında, Afrika-Arap platformu çökelleriyle önemli benzerlikler gösterdiğini ve bu sebeple Mesozoyik sırasında Anadolu levhacığı ile Afrika-Arap levhası arasında bir kenar denizinin gelişmiş olabileceğini öne sürmüştür.

Ünlüenç (1993), Adana Baseninin tektonik evrimi üzerine yapmış olduğu çalışmada, basenin Paleozoyik, Senozoyik ve Mesozoyik yaşlı kaya birimlerini havza sınırları içerisinde haritalamış, Adana Baseninin Neojen'de, tektonik kontrollü havza önü niteliğinde geliştiğini ve sedimantasyonun açılma tektoniği ile kontrol edildiğini belirtmiştir. Sismik çalışmalardan da faydalanarak basenin jeolojik evrimini ve tektonik gelişimini incelemiştir.

Öğrünç ve ark. (2000), Adana Baseni içerisinde, Geç Miyosen-Pliyosen geçişindeki ortam şartları ve paleoğrafik evrimi, özellikle de Messiniyen Tuzluluk Krizi'ni aydınlatmak amacıyla paleontolojik ve sedimantolojik veriler derlemiş ve stratigrafik kesitler ölçerek örnekler toplamışlardır. Bu çalışmanın sonucunda Geç

Miyosen-Pliyosen geçişindeki jeolojik olayları Kriz Öncesi Dönem, Kriz Dönemi ve Kriz Sonrası Dönem olarak 3 kısımda açıklamışlardır.

Avşar ve ark. (2006); Adana Havzası içerisindeki Kuzgun formasyonu içerisinde yaptıkları çalışmada, formasyon içerisinde Tortoniyen'de gelişmiş olan volkanik kökenli seviyelerin, yaşam koşullarını nasıl etkilediğini belirlemek amacıyla bentik foraminiferleri ve ostrakodları incelemişlerdir. Bu amaçla, havzada tüfit seviyelerini içerecek şekilde 7 adet stratigrafik kesit ölçmüşlerdir. Bu kesitlerden elde edilen bulgular ışığında, inceleme alanındaki tüfitli seviyelerde mikrofosillerin cins ve türlerinin fert sayısı ve çeşitliliğinin azaldığını saptamışlardır.

Coşkuner (2010), Aslantaş Barajı Güney-Güneybatısının ve yakın civarının sedimentolojik ve tektono-stratigrafik incelemesini yapmıştır.

2.2. Jeokimya

Dinç ve ark. (1990), Çukurova bölgesi toprakları üzerinde yaptıkları çalışmaları bir kitap halinde toplamışlardır. Çukurova bölgesinin toprak çeşitlerinin dağılımını ve bölgenin seri düzeyinde toprak haritasını üretmişlerdir.

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

Aysan (1999), Adana-Tarsus güneyinde yaptığı doktora tezi çalışmasında, bölgenin toprak ve sularındaki ağır metal kirliliğinin saptanması amaçlamıştır. Sulardaki jeokimyasal özellikleri araştırmak amacıyla ağır metal, sülfat ve elektrik iletkenlik özelliklerini ölçen araştırmacı, toprak ve kil örneklerinde de ağır metal analizi gerçekleştirmiş ve çalışmanın sonucunda Mürseloğlu köyünün doğusunda bir kuyuda Mn artışı gözlemlemiş ancak Ni, Pb, Cr ve Cd elementlerini tespit etmemiştir. Ayrıca bu dört elementin, toprak ve kil örneklerinde de saptanamamıştır.

Yılmazer ve Yaman (1999), Ceyhan Nehri'nin sularında yaptıkları jeokimya çalışmasında, anyon, katyon, iz elementlerden bazıları, pH, sıcaklık ve tuzluluk gibi parametreleri incelemişlerdir. Aynı zamanda çözünmüş ana bileşenlerin yıllık değişimleri üzerine değerlendirmelerde bulunmuşlardır. Çalışmanın sonucunda tüm element ve iyon içeriklerinin kaynaktan uzaklaştıkça arttığı sonucuna ulaşmışlardır. Ceyhan Nehri sularının Fe, Al, Ni, Pb ve Cd elementleri bakımından ağır metal kirliliğine sahip olduğunu açıklamışlardır.

Parlak (2000), Mafik daykların jeokimyası üzerine yaptığı çalışmasında, Pozantı-Karsantı ofiyolitlerini kesen mafik daykları incelemiş ve kümülat kayaçların subalkalen dayklar tarafından kesildiğini belirtmiştir. Bu daykların, jeokimyasal açıdan ada yayı toleyitik bazalt ve bazaltik andezitlere benzediğini öne süren araştırmacı, bölgedeki ofiyolitleri kesen daykların, ofiyolitik kayaçlarla aynı ortamda oluştuğunu belirtmiştir.

Parlak ve ark. (2000), Yumurtalık fayı civarında gözlenen alkali bazaltları inceledikleri çalışmalarında, volkanik kayaçlar üzerinde iz element ve Sr-Nd izotop jeokimyası analizleri gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen verilerin ışığında, güney Türkiye'de yüzeylenen kıta içi volkaniklerin, Anadolu-Afrika plakaları arasında yer alan, doğrultu atımlı faylar sebebiyle meydana gelen kıtasal kabuktaki kırıklar boyunca astenosferik mantodan türediklerini ortaya koymuşlardır.

Uras ve ark. (2004), İshocalı (Kırşehir) ve Feke (Adana) Fluoritlerinde Nadir Toprak Elementi (NTE) jeokimyası konulu çalışmalarında, iki bölgeyi jeokimyasal açıdan değerlendirmiş ve İshocalı fluoritlerinin NTE içeriğinin, Feke fluoritlerine göre daha yüksek bir orana sahip olduğu açıklamışlardır.

Ata (2005), Divriği - Pınargözü (Sivas), Hekimhan (Malatya), Attepe (Kayseri) Ve Feke (Adana) Demir Cevherleşmelerindeki Hematitlerin Karşılaştırmalı Jeokimyasal İncelenmesi isimli tez çalışmasında, farklı kökensel oluşumlara sahip 6 bölgeden aldığı hematit örneklerinin jeokimyasal özelliklerini inceleyerek benzerlik ve farklılıklarını irdelemek istemiştir. Bu sebeple tüm

hematit cevher örnekleri üzerinden ana, iz ve nadir toprak element analizleri gerçekleştirmiştir.

Çobanoğlu ve ark. (2006), Adana il sınırları içerisinde yapmış oldukları hidrojeolojik çalışma ile çalışma alanının hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemiş ve aynı zamanda su kalitesini gözlemlemişlerdir. Elde ettikleri bulguları, Coğrafi Bilgi Sistemleri ile yardımıyla hazırlanan bir veritabanına aktarmış ve bu veritabanını kullanarak bölge için eş pH, eş EC, eş sertlik ve eş sülfat haritaları oluşturmuşlardır.

Çürük (2006), farklı ortamlarda oluşmuş piritleri, jeokimyasal açıdan incelemek amacıyla yaptığı tez çalışmasında, oluşum ortamları farklı 4 bölgeden aldığı pirit örnekleri üzerinde nadir toprak element analizleri gerçekleştirmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre hafif nadir toprak elementlerinin içeriklerinin, ağır nadir toprak elementlerine göre daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

Yüksel (2007), Üçtepe Yöresinin (İmamoğlu – Adana) Hidrojeolojik İncelemesi başlıklı yüksek lisans tez çalışmasında, Üçtepe yöresinin yer altı suyunu tespit etmek ve Pınargözü kaynak sularının hidrokimyasal analizini yapabilmek amacıyla bölgenin hidrojeolojik etüdünü yapmıştır. Gerçekleştirilen jeolojik çalışmaları, rezitivite yöntemleri ile desteklemiştir. Bölgenin fliş karakterli olan Söğütözü formasyonunun yer altı suyu açısından uygun olmadığını belirlemiş, bazı kesimlerde mostra veren Pliyosen yaşlı Evciköy formasyonunun ise ana akifer birimlerinden birini oluşturduğunu saptamıştır. Çalışmanın sonunda ise suların kimyasal özelliklerini ABD Tuzluluk ve Wilcox Diyagramlarına göre değerlendirmiştir.

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 çinko, bakır ve alüminyum iyonlarına da rastlamışlardır. Çalışmanın sonucunda ise suyun fasiyesinin Na-Ca-Cl-HCO₃ olduğunu sonucuna varmışlardır.

Dayan ve ark. (2008), Attepe Demir Yatağı (Adana) ile ilgili yaptıkları maden jeolojisi çalışmasında, yatak içerisindeki cevherleşmenin sonrasında gelişen fayların sideritleri ve diğer demir minerallerini limonit ve götit'e dönüştürdüğü açıklamışlardır. Bölgedeki Prekambriyen yaşlı birimlerin volkanik eleman katkılı bir fliş istifinin metamorfizması ile şekillenmiş olabileceğini sonucuna ulaşmışlardır.

Demir ve Özdemir (2013), Kazanlı (Mersin)'de biyojeokimyasal anomalilerin incelenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, çalışma alanı içerisinde Cu, Mn, Zn, Cd ve Pb element miktarlarını saptamak amacıyla 19 bitki türünden örnekler toplamışlardır. Çalışmanın sonucunda belirtgen bitkileri açıklamış ve Mn ve Zn elementlerinden kaynaklanan bir kirlilik olduğunu ortaya koymuşlardır.

Kurt ve ark. (2014), Deliçay ile Berdan Çayı arasında kalan bölgede yaptıkları çalışmada Kuvaterner sedimanlarının mineralojik ve jeokimyasal özelliklerini araştırmış ve bu sebeple farklı lokasyonlardan ve değişen derinliklerden 120 adet örnek toplamışlardır. Yine aynı bölgenin yüzey topraklarının özelliklerini belirlemek amacıyla da 208 örnek almışlardır. Elde ettikleri tüm verileri bir CBS veritabanına aktarıp dağılım haritaları oluşturan araştırmacılar, çalışmanın sonucunda, çalışma alanı topraklarını doğu ve batı bölüm toprakları olarak iki bölüme ayırmışlardır. Bu ayırma işleminin sebebini delta çökellerinin oluşumunu sağlayan Deliçay ve Tarsus Çayı'nın farklı kaynaklardan doğması ve bu kaynaklardan getirdikleri jeolojik malzeme olarak göstermişlerdir.

2.3. Toprak

Toprak çeşitli kaynaklarda farklı şekillerde tanımlanmaktadır. Toprak bilimciler için toprak, canlı hayatını destekleyebilecek şekilde fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerin etkisiyle değişmiş doğal, katı bir maddedir (Keller, 2006). Toprak kısaca, yerkabuğunun içinde yaşam bulunan en üst bölümü olarak tanımlanabilir (Schachtschabel ve ark., 1993).

Mühendisler ise toprağı, patlatma yöntemleri kullanılmadan kazılabilen malzeme şeklinde ifade eder (Keller, 2006). Bir başka tanıma göre ise toprak, morfolojik, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile temel kayacıdan ayrılan ve değişik seviyeler halinde bulunan mineral ve organik bileşenlerden meydana gelen bir kütledir (Akçay, 2002).

Toprak oluşumunda ana materyal kayacıdır ve toprak içerisinde bulunan minerallere doğrudan kaynaklık ederler. Özellikle genç topraklardaki mineraller ile ana kayacın mineralleri arasında benzerlik bulunur (Schachtschabel ve ark., 1993).

Toprak gelişiminin yönü ve şiddeti ana kayacın gözeneklilik, gevşeklik, sıklık, tane iriliğı, mineral varlığı gibi fiziksel özelliklerine bağlıdır.

2.3.1. Toprak Oluşumu

Toprak, birçok faktörün etken olduğu, karmaşık bir sürecin ardından karakter kazanır. Ana materyal, iklim, topoğrafya, vejetasyon, canlılar ve biyolojik süreçler, toprak gelişiminde etkili olan faktörlerdir (Schachtschabel ve ark., 1993; Keller, 2006).

2.3.2. Toprak Horizonu

Bir toprak profili A,B ve C olmak üzere üç temel zondan meydana gelir.

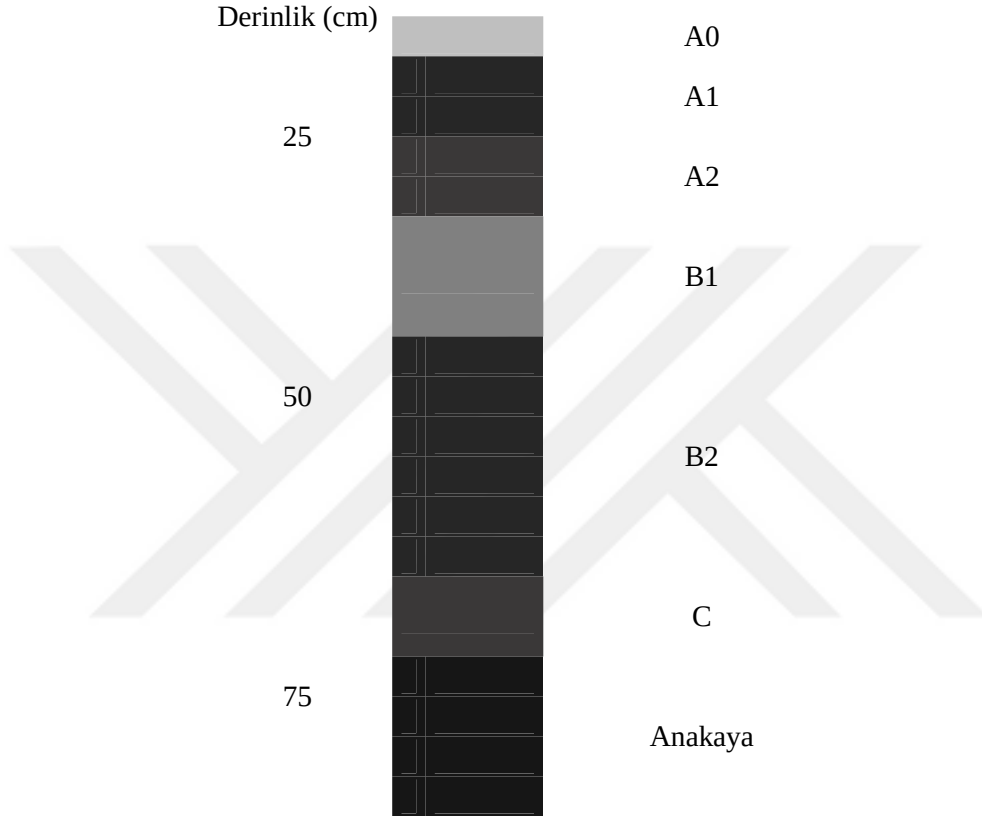
En üst kısımda bulunan ve 25 cm kadar kalınlığa sahip A zonu; A_0 ve A_1 olmak üzere iki bölüme ayrılmaktadır. A_0 zonu genel olarak organik maddelerden meydana gelmektedir ve A_1 zonunun üzerinde yer almaktadır. A_1 zonu ise mineral parçaları, humus ve organik maddeler içermektedir.

A_1 zonunun altında, A_1 zonuna göre element ve organik madde bakımından daha zayıf olan A_2 zonu bulunmaktadır.

A zonundan sonra gelen B zonu, kil mineralleri, Fe, Mn ve Al oksitler bakımından daha zengin ve birikme zonu olarak bilinmektedir.

C zonu ise, B zonunun hemen altında yer alır, kil ve organik madde bakımından daha fakirdir ancak ana kayaya olan yakınlığı, kayacın parçası içeriğinin

daha yüksek olmasına neden olmaktadır. Ayrıca C zonu, ilk oluşan zondur (Akçay, 2002).



Şekil 2.1. Genel toprak profili (Akçay, 2002'den değiştirilerek).

2.4. Ağır Metaller ve Genel Özellikleri

Ağır Metal terimi toksik etkiler gösterebilen metalleri ve kütlesi 5 gr/cm³'den fazla olan yarı metalleri tanımlamak için kullanılmaktadır. Ağır Metal terimi tam olarak bir tanımlamayı sağlamamaktadır ve Toksik Metaller ve İz Metaller gibi birçok farklı isimde kullanılmakta ancak tam bir tanım için yetersiz kalmaktadır (Alloway, 2013). Kullanılan tüm terimler içerisinde Ağır Metal, kullanımı en yaygın olan terimdir (Hooda, 2010; Alloway, 2013).

Bunun yanında İz Element terimi ile de sıkça kullanılmaktadır. Bu terim, ağır metalleri ve yarı metalleri, düşük yoğunluklu metalleri ve ametalleri kapsamaktadır. Ayrıca I ve F gibi halojenler de bu terime dahil edilmektedir. Jeokimyasal açıdan tüm ağır metaller ve yarı metaller iz elementtir. Topraklarda ve kayalarda iz miktarda yani 1000 ppm'den az bulunurlar (Hooda, 2010; Alloway, 2013).

Toprakların ağır metal içeriği, kaynak malzemeden (litojenik) ve çeşitli antropojenik kaynaklardan ileri gelmektedir. Kırsal alanlarda ve şehir topraklarında kirliliğe sebep olan birçok farklı antropojenik kaynak vardır. Genel olarak, endüstriyel bölgelerde çok çeşitli ağır metal kirliliği görülebilir. Şehir topraklarında ağırlıklı olarak Pb, Zn, Cd ve Cu kirliliği trafikten, kozmetik ürünlerinden ve diğer kentsel atıklardan kaynaklanmaktadır. Kırsal alanlardaki ağır metal içeriği ana materyal ile yakından ilgilidir. Uzun mesafeli depozisyon, hava yoluyla taşınan parçacıklar, fosil yakıtlar, organik malzeme uygulamaları ve gübre kullanımı önemli ağır metal kaynakları arasında yer alır (Alloway, 2013).

Kurşunsuz benzin kullanımının yaygınlaşması, endüstri yapılarının geliştirilmesi, hava emisyonundaki sıkı düzenlemelerin ardından dünya genelinde birçok ülkede, topraklarda ağır metal konsantrasyonunda bir düşüşe neden olmuştur (Alloway, 2013).

Çizelge 2.1. Ağır metaller ve genel kimyasal özellikleri.

ELEMENT	ATOM NUMARASI	ATOM KÜTLESİ	ATOM YARIÇAPI	YOĞUNLUK (g/cm ³)	ERİME NOKTASI (°C)
Fe	26	55,8	172	7,87	1535
Al	13	26,98	143	2,69	660
As	33	74,92	139	5,78	817
Hg	80	200,59	176	13,55	-38,85
Pb	82	207,2	181	11,35	327
Cd	48	112,41	171	8,65	321,05
Cr	24	51,9	185	7,19	1857
Mn	25	54,9	17	7,44	1244
Zn	30	65,38	153	7,13	419,55
Ni	28	58,69	162	8,9	1454
Co	27	58,93	167	8,9	1495
Cu	29	63,54	157	8,96	1083

2.4.1. Demir (Fe)

Demir (Fe) yeryüzündeki en önemli metaldir. Litosferin en büyük bileşenlerinden birisidir ve yaklaşık % 5’lik bir orana sahiptir. Sahip olduğu bu oran ile kayalarda ve topraklarda iz element olarak bulunmamaktadır (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007; Hooda, 2010). Bowen, 1979’a göre dünya topraklarındaki Fe ortalaması 26000 ppm’dir (Bowen, 1979; Kurt ve ark., 2014).

Demir; tüm canlılar için çok önemli bir elementtir (Schachtschabel ve ark., 1993; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007; Hooda, 2010). Bunun en önemli sebebi, mikro ve makro besinler arasında geçiş pozisyonunda bulunmasıdır (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Ayrıca kimyasal olarak çok duyarlıdır ve kobalt, nikel gibi metaller ile benzer davranışlar gösterir. Oksijen, silisyum ve karbon döngüsüyle de yakından ilgilidir. Siderofil, kalkofil veya litofil özellik gösterebilir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Başlıca demir cevher mineralleri demir oksitler (örneğin hematit) veya hidratlı demir oksitler (örneğin götit) ve çeşitli dimorf minerallerdir (Kabata-

Pendias ve Mukherjee, 2007). Götüt, toprak mineralleri arasında en sık meydana gelen mineraldir (Gerth ve ark., 1993; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Topraklardaki demir oranı % 0,1-10 arasında değişmektedir ve bu dağılımı etkileyen birçok faktör vardır. Toprak dokusu büyük oranda demir konsantrasyonu ile ilgilidir ve bu demir konsantrasyonu hem ana materyal ile hem de iklim faktörleri kontrolünde gelişen toprak süreçlerinden kaynaklanmaktadır (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Toprağın rengi büyük oranda topraktaki demir bileşiklerinin miktarı ile ilgilidir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Fe^{2+} , FeCl^+ , Fe(OH)^{2+} , $\text{FeH}_2\text{PO}_4^+$ topraklardaki bazı katyon demir formlardır. Anyon formlar ise Fe(OH)^{3-} , $\text{Fe(SO}_4\text{)}^{2-}$ ve Fe(OH)_4^{2-} şeklindedir (Kabata-Pendias ve Sadurski, 2004; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Manyetik özellik gösteren demirin topraklarda yüksek olan değeri, normal demir ile karşılaştırıldığında endüstriyel kirliliğin somut etkisi fark edilmektedir. Maden işletmelerinden çevreye salınan tozlarda normal değerlere oranla büyük bir manyetik hassasiyet görülür (Magiera ve ark., 2004; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

2.4.2. Alüminyum (Al)

Alüminyum (Al), litofil özellikler gösteren ve % 8'lik oranıyla yerkabuğunda en bol bulunan üçüncü elementtir. Asidik ortamlarda çözünürlüğü artar ve toksik etkiler gösterir. Aynı zamanda birçok mineralin, özellikle de silikatların, birincil veya ikincil bileşenidir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Periyodik cetveldeki elektronegatif gruplar ve bazı iyonlar ile güçlü bir bağ gösterir. Al^{3+} ve Al(OH)_2 , en çok rastlanan toksik formlardır (Kennedy, 1986; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Alüminyum yatakları % 55'e kadar $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ içerirler ve genel olarak tropik ve yarı-tropik bölgelerde meydana gelirler (Dinman, B.D., 1983; IARC, 1984; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Alüminyum, topraklarda yaygın olarak bulunan elementlerden birisidir ve içeriği % 1 ile % 4 arasında değişmektedir ve bu miktar, büyük oranda ana kayaktan kaynaklanmaktadır. Toprak profillerinde Al'nin çeşitleri ve yayılımı toprağın sahip olduğu özellikler ile ilgilidir ve pH çok önemlidir. (Boudot ve ark., 1996; Smith ve ark., 1999; Umemura ve ark., 2001, 2003; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Al türlerinin çözünürlüğü büyük oranda pH'a bağlıdır. Ayrıca H^+ , Al ve organik maddeler arasındaki iyon alışverişi tarafından da kontrol edilir (Kinraide, 1991; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Nötr topraklarda Al içeriği 0,4 ppm iken pH değeri 4,4 olan topraklarda 5,7 ppm'e kadar çıkabilmektedir (Gough ve ark., 1979; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

2.4.3. Manganez (Mn)

Mangan (Mn) doğada serbest halde bulunur ve sıklıkla Fe ile kombinasyon oluşturur. Serbest bir element olarak metal alaşım endüstrilerinde sıklıkla kullanılır (Hooda, 2010).

Mn'nin 8 radyoizotopu tanımlanmıştır. Bunlardan en kararlı olanı 3,7 milyon yıllık yarılanma ömrüyle ^{53}Mn 'dir. Mn'nin en genel oksidasyon halleri +2, +3, +4 ve +7'dir. +1'den +7'ye kadar oksidasyon durumları bulunmasına rağmen en kararlı oksidasyon +2 değerliklidir ve yaygın olarak kayaç yapıcı minerallerde görülür (Hooda, 2010).

Silikat ve oksitlerde Mn^{2+} , Fe^{2+} ve Mg^{2+} ile yer değiştirir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007; Hooda, 2010).

Mn, litosferdeki en yaygın elementlerden biridir. Genel olarak kayaçlarda 350-2000 mg kg^{-1} arasında bulunur. En yüksek değerlere mafik kayaçlarda rastlanır (Kabata-Pendias, 2001; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007; Hooda, 2010).

Küresel yüzey topraklarının Mn içeriği 7-9000 mg kg^{-1} arasında değişmektedir. Ortalama değerler ise 270-530 mg kg^{-1} 'dir (He, 1998; Kabata-

Pendias, 2001; Hooda, 2010). Topraklardaki Mn'nin çoğunluğu ana kayaktan gelmektedir (Hooda,2010). Yüksek Mn içeriği mafik kayalardan türeyen topraklarda bulunur. Ayrıca Fe ve/veya organik madde açısından zengin, kurak veya yarıkurak iklim bölgelerindeki topraklarda Mn içeriği yüksektir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007). Diğer Mn kaynaklarını atmosferik kaynaklar, sulama, lağım pisliliği, suni gübreleme ve kireç kullanımı oluşturmaktadır (He,1998; Hooda, 2010).

Tarım arazilerinde toprağın gelişmesi süresince Mn, oksitler ve hidroksitler gibi gelişme gösterir ve bu nedenle Mn'nin konsantrasyonu diğer iz elementlerden daha yüksektir (Hooda, 2010).

Mn içeren birincil mineraller başlıca biyotit, klorit ve hornblend gibi ferromagnezyen silikat minerallerdir (Hooda, 2010). Aşınma süresince, Mn bileşikleri atmosferik şartlar altında okside olurlar (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007; Hooda, 2010) ve hızlı bir şekilde ikincil mineral olarak oksit ve/veya hidroksitlere dönüşerek birikirler (Hooda, 2010).

Mn genel olarak metalürji endüstrisinde çelik ve çeşitli alaşımların sertlik ve dayanımının artırılması amacıyla kullanılmaktadır. Manganez sülfat ($MgSO_4$), gübre ve yem takviyesi olarak tarım topraklarında kullanılmaktadır. Ayrıca birçok Mn bileşiği ilaç üretiminde de kullanılmıştır (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

2.4.4. Kurşun (Pb)

Bilinen çevre kirleticiler arasında insanlar, hayvanlar ve ekosistem için en zararlı olanlardan biri Kurşun (Pb)'dir. Buna rağmen en çok kullanılan metallerden biridir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Pb, periyodik tablonun 14. Grubuna ait bir elementtir. İki oksidasyon hali Pb (II) ve Pb (III) kararlıdır ancak çevre kimyası içerisinde Pb (II) öne çıkmaktadır (Hooda, 2010).

Pb'nin yoğunluğu $11,35 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Yoğunluğunun yüksek olması 207 g/mol olan atom ağırlığından ileri gelmektedir. Kolaylıkla kesilebilir ve şekil

alabilir (Rooarda ve van der Ven, 1999; Hooda, 2010). Metalik Pb, sahip olduğu sertlik ile X-Ray ve radyoizotop çalışmalarında kalkan materyal olarak kullanılabilir (Hooda, 2010).

Pb, kayaçlarda ve topraklarda iz element olarak bulunur. Pb'nin doğal kaynakları jeolojik materyalin aşınması, volkanlardan atmosfere yayılan maddeler, deniz kabarması, biyogenik materyal ve orman yangınlarıdır (Thornton ve ark., 2001; Hooda, 2010). Çevre kirliliğine sebep olan büyük kirleticilerden biridir (Hooda, 2010).

Pb nadir olarak diğer elementler ile birleşmemiş olarak bulunur. Ana cevher minerali olarak başlıca Galen (PbS) içerisinde bulunur (Akçay, 2002; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007; Hooda, 2010). Kalkofil sınıfına dahildir ve bu nedenle kükürt (S) ile güçlü bir ilişki içerisinde (Hooda, 2010).

Yerkabuğundaki ortalama konsantrasyonu yaklaşık 16 mg kg⁻¹'dir (Thornton, 1995; Hooda, 2010). Sedimanter kayaçlarda, şist ve çamurtaşlarında ortalama Pb konsantrasyonu 23 mg kg⁻¹'dir. Sedimanter kayaçlarda en yüksek Pb konsantrasyonu iyi tane boyuna sahip ve organik maddelerce zengin siyah şistlerde görülür. Kireçtaşı, bazalt ve ultramafik magmatik kayaçlarda Pb sadece eser miktarda bulunur (Cannon ve ark., 1978; Hooda, 2010).

Atmosferik depozisyon Pb'nin yüzeysel çevredeki en büyük kaynağıdır. Atmosferdeki toz ve buharda antropojenik kaynaklardan ileri gelmektedir. Pb'nin küresel çaptaki emisyonu 18,6x10⁶ ile 29,5x10⁶ kg y⁻¹ arasında değişmektedir (Nriagu ve Pacyna 1988; Hooda, 2010) ve bunun % 60-85'ini rüzgarlar ile taşınan materyal, geri kalanını ise volkanlar, deniz kabarmaları ve meteoritler oluşturmaktadır (Nriagu ve Pacyna 1988; Thornton, 1995; Hooda, 2010).

Kurşunun doğal emisyonu petrol kullanımı ile artmaktadır (Boutron ve ark., 1991; Boutron, 1998; Hooda, 2010).

Pb genellikle toprak yüzeyine yakın yerlerde birikmektedir (Schachtschabel ve ark., 1993; Kabata-Pendias ve Sadurdki, 2004; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007) ve bunun temel sebebi organik materyal tarafından

emilmesidir (Kabata-Pendias ve Sadurdki, 2004; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Pb'nin hareketliliği genelde yavaştır ancak yüksek asitlik gibi bazı parametreler ile kurşun içeren organik bileşiklerin oluşumu artabilir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Topraklardaki kurşun kirliliği maden ve endüstriyel faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerde, kentsel alanlarda ve trafiğin yoğun olduğu yerlerde tespit edilmiştir (Davies, 1995; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007). Motorlu taşıtlar aracılığı ile trafiğin yoğun olduğu yolların özellikle 10 m'lik mesafelerinde yer alan topraklarda yüksek miktarlarda kurşun birikimi olmaktadır (Schachtschabel ve ark., 1993).

2.4.5. Arsenik (As)

Arsenik (As), yerkabuğunda en bol bulunan 20. elementtir. Atom numarası 33 ve atom ağırlığı 74,92 g/mol'dür (Alloway, 2013). En dış elektron konfigürasyonu $4s^2 4p^3$ 'dür (Hooda, 2010; Alloway, 2013). Azon (N), fosfor (P), antimon (Sb) ve bizmut (Bi) ile birlikte periyodik tablonun 5A grubu elementlerini oluştururlar (Rensing ve Rosen, 2009; Alloway, 2013).

As'nin birçok izotopu vardır ve bu izotopların çoğu, çok kısa yarılanma ömrüne sahiptir. ^{75}As kararlı tek izotoptur (Hooda, 2010).

As içeren minerallere örnek olarak arsenopirit (FeAsS), orpiment (As_2S_3) ve realgar (AsS) gösterilebilir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007; Hooda, 2010).

Çok küçük miktarlarda As hayvanlar (Uthus, 1992; Alloway, 2013) ve bitkiler için (Evans ve ark., 2005; Alloway, 2013) faydalıdır ve bitkilerin ve mikroorganizmaların büyümesi gibi biyolojik süreçlerde rol alır. Buna rağmen toksik etkiler gösteren çevreye zararlı elementlerin başında gelir (Alloway, 2013).

Dünya çapında topraklardaki arsenik miktarı ortalaması $5\text{-}7,5 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişmektedir (Matschullat, 2000; Alloway, 2013).

Topraklarda bulunan As'nin temel kaynağı ana kayaçlardır. Şistler, killeri ve fosfatlar yüksek miktarlarda As içerirler. Kumtaşı, kireçtaşı ve volkanik kayaçlarda durum tam tersidir. Bölgesel olarak mineralize olmuş ana kayaçlar (cevherler), anomalinin bir sonucu olarak son derece yüksek As konsantrasyonuna sahiptir. Bir diğer As kaynağı atmosferik depozisyonudur. Özellikle maden sahaları yakınlarında, metal döküm sanayi bölgelerinde ve şehir topraklarında etkilidir (Alloway, 2013).

As bakımından zengin olan sedimanlarla temas halindeki akifer (Das ve ark., 1996) veya maden atıklarının bulunduğu bölgelerde (Williams ve ark., 1996) yer altı suları ile temas halinde olan topraklarda As miktarının yükselmesi mümkündür (Alloway, 2013).

Tarım arazilerinde As miktarı, organik ve inorganik uygulamalar, kireç ve böcek zehiri kullanımı, kurutucu, hayvan atıkları, organik gübre ve lağım pisliği gibi etkenlerle yükselir (O'Neill, 1990; Azcue ve Nriagu, 1996; Alloway, 2013).

2.4.6. Civa (Hg)

Civa, insanlar ve hayvanlar için gerekli olmayan elementlerden birisidir ve en toksik elementler arasında yer almaktadır. Doğada tipik olarak üç halde bulunur; Hg, Hg²⁺ ve Hg₂²⁺ (Hooda, 2010).

En önemli mineral zinober (HgS)'dir (Wedepohl, 1978; Clarkson ve Marsh, 1982; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007, Hooda, 2010).

Topraklarda doğal civa içeriği çok düşüktür ve nadiren 1 mg kg⁻¹'den fazla miktarlarda bulunur (Kabata-Pendias ve Pendias 1999, 2001; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007). Ancak özellikle maden sahaları yakınlarındaki bölgelerde yüzey topraklarında Hg içeriği yüksektir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Civa topraklara atmosferik serpinti ve yağış, lağım pisliği, Hg içeren pestisitler, endüstriyel atıklar, evsel katı atık ürünleri gibi birkaç farklı yolla girmektedir. Yüzey topraklarının civa içeriği, toprağın ana kökeni ve kirletici

kaynaklara bağlı olarak büyük farklılıklar gösterebilir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Civanın toksik etkisi, topraklardaki formlarına bağlıdır (Akçay, 2002; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007). Basit civa tuzları veya metalik civa, sahip olduğu doğal toksik yapısı nedeniyle toprak ve bitkilerde ciddi tehlike yaratabilir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Civa işletmeciliğinin az olmasına karşın endüstriyel ortamlardan su havzalarına bırakılan atıklar nedeniyle, su vasıtasıyla Hg insan besin zincirine kolaylıkla girmektedir. Ayrıca civa içeren gübrelerle gübrelenen tahıl ürünlerinden yapılan besinlerle de bünyeye önemli oranda civa alınabilir (Akçay, 2002).

2.4.7. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum (Cd)'un yerkabuğundaki ortalama konsantrasyonu 0,1 - 0,2 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir ve volkanik kayalar ile sedimanter kayalardaki bolluğu oldukça benzerdir (Kabata-Pendias ve Pendias 1999, 2001; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Cd, çinko (Zn) ile benzer iyonik yapıya ve elektronegatifliğe sahiptir ve kalkofil gruba ait bir elementtir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Cd, en ekotoksik metallerden birisidir ve insanlar ile hayvanlar ve bitkilerin içerisinde olduğu tüm biyolojik süreçleri olumsuz etkiler (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Küresel topraklardaki Cd konsantrasyonu tahmini olarak 0,06-1,1 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir (Kabata-Pendias ve Pendias 1999, 2001; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Katyon türleri olarak CdCl⁺, CdOH⁺, CdHCO³⁺ gösterilebilir. Anyon türleri de CdCl³⁻, Cd(OH)³⁻, Cd(OH)₄²⁻, Cd(HS)₄²⁻ 'dir (Kabata-Pendias ve Sadurski, 2004; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Topraklardaki kadmiyum çözeltileri kolayca bitkilere geçebilmektedir. Topraklardaki Cd'un % 55-90 kadarı Cd^{2+} şeklinde serbest metal olarak bulunmaktadır (Taylor ve Percival, 2001; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Oksidasyon ve redüksiyon reaksiyonları ve bileşiklerin oluşumu, Cd'un topraklardaki hareketliliğini etkilemektedir (Herrero ve Martin, 1993; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007). Ayrıca pH yükselmesi, nemli materyalin Cd emilimini yükseltmektedir (Christensen and Haung 1999, Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007). Cd'un hareketliliği ve bitkilerdeki mevcudiyeti sulak bölgelerdeki topraklarda, yüksek kesimlere oranla daha farklıdır (Grambrell, 1994; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Cd'un topraklardaki tüm kaynakları arasında atmosferik depolanma ve fosfatlı gübre kullanımı en büyük kaynakları oluşturmaktadır. En yüksek oranda Cd kirliliği, toprak yüzeyinin ilk 15 cm bölümünde olmaktadır (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

2.4.8. Krom (Cr)

Krom (Cr), periyodik cetvelin 6. Grubuna ait, çelik grisi renkte, sert, parlak ve kırılğan bir metaldir (Alloway, 2013). Doğal olarak oluşan krom üç kararlı izotoptan oluşur ve bunlar ^{52}Cr , ^{53}Cr , ^{54}Cr 'dir. 19 radyoizotop arasında en kararlı izotop ^{50}Cr 'dir (Hooda, 2010).

Tüm kayaç türlerinde doğal olarak bulunan bir metaldir. Özellikle ultramafik kayaçlarda ve topraklarda yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Endüstriyel faaliyetler, kanalizasyon atıkları ve toprak iyileştirme yöntemleri gibi sebepler, Cr mevcudiyeti artmaktadır (Alloway, 2013).

Krom'un topraklardaki içeriği 1 ile 3000 mg kg^{-1} arasında değişmektedir. Ağırlıklı olarak mafik ve ultramafik kayaçlarla olan ilişkisi ile 3000 mg kg^{-1} değerine ulaşır (Kotas' ve Stasicka, 2000; Alloway, 2013).

Topraklardaki kromun temel kaynağı ana materyaldir (Alloway, 2013).

Topraklardaki Cr kirliliği, endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan emisyonlar, sanayi atıklarının çevreye salınması ve atık suların topraklara atılmasından ileri gelmektedir (Nriagu, 1989; Alloway, 2013).

2.4.9. Kobalt (Co)

Kobalt (Co), periyodik tablonun 9. Grubuna ait bir elementtir. Sert, parlak gümüş gri renkte ve ferromagnetik özelliklere sahip bir metaldir (Hooda, 2010).

En yaygın olanları +2 ve +3 olmak üzere +1, +2, +3 ve +4 oksidasyon halleri gösterebilir (Hooda, 2010).

Co'nun kayaçlardaki ortalama konsantrasyonu 25 mg kg⁻¹'dir (Hooda, 2010). Mafik kayaçlarda 200 mg kg⁻¹'e kadar yükselmektedir. Kayaç yapıcı mineral olarak Kobaltit (CoAsS), linneit (Co₃S₄) ve arsenosfer (CoAsS) örnek olarak gösterilebilir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Diğer iz metallerde olduğu gibi Co'nun konsantrasyonu toprağın türediği ana materyal ile yakından ilgilidir (Smith ve Paterson, 1995; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007; Hooda, 2010). Topraklardaki toplam Co konsantrasyonu 0,05 ile 300 mg kg⁻¹ arasında değişir ve ortalaması da 10-15 mg kg⁻¹'dir (Smith ve Paterson, 1995; Hooda, 2010).

Madencilik faaliyetlerinin yanı sıra fosfor içeren gübrelerin kullanımı, kanalizasyon suları ve toprak iyileştirme amacıyla kullanılan diğer atıklar gibi antropojenik kaynaklar ile atmosferik çökeltme toprakların Co içeriğini yükselten sebeplerdir (Hooda, 2010).

2.4.10. Çinko (Zn)

Çinko (Zn), en sık bulunan 24. elementtir. Yerkabuğunda veya çinko içeren cevherlerde doğal olarak bulunur. Çinko cevherleri doğal jeolojik süreçlerle bölgesel olarak oluşmuştur ve dünyanın çapında çok yaygındır (Alloway, 2013).

En bilinen bileşikler çinko klorit (ZnCl₂), çinko oksit (ZnO), çinko sülfat (ZnSO₄) ve çinko sülfid (ZnS)'dir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007). Toprak

çözeltilerinde, çinko serbest formlar ve kompleks iyonlar şeklinde meydana gelir. Katyonlar Zn^{2+} , $ZnCl^+$, $ZnHCO^+$ ve Anyonlar ZnO_2^{-2} , $Zn(OH)^{-3}$ ve $ZnCl^{-3}$ 'dür (Kabata-Pendias ve Sadurski, 2004; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Kayaçların Zn konsantrasyonları oldukça değişkendir. Bazalt gibi temel magmatik kayaçlarla ojit, hornblend gibi ferromagnetik mineraller çinko bakımından zengindir. Bu durumun aksine, silikat bakımında zengin magmatik kayaçlar veya metamorfik kayaçlarda çinko oranı düşüktür. Sedimanter kayaçların Zn konsantrasyonları büyük oranda magmatik kayaçların çinko içeriği ile belirlenir.

Çinko (Zn) topraklarda doğal olarak 10-100 mg kg⁻¹ oranında bulunur ve bu değer geçmişte kaydedilmiş değerlerin üzerindedir. İnsan aktiviteleri, atmosferik depozisyon, gübreleme gibi etkilerle birlikte toprağın en üst zonundaki Zn miktarını artırır. Zn'nin küresel ortalaması 55 mg kg⁻¹'dir.

Kil içeriği yüksek olan topraklar, doğal çinko konsantrasyonlarının yüksek olması ve çinkoyu absorbe etme ve tutma kapasitlerinin yüksek olması nedeniyle, kumlu topraklardan daha yüksek konsantrasyonlara sahiptir. Genel olarak topraklardaki Zn konsantrasyonu pH düştükçe yükselir.

Çinko tüm bitkiler için bir mikrobesein işlevine sahiptir. Yüksek çinko konsantrasyonu bitkilerde ve mikroorganizmalarda toksik etkiler yaratabilir ve bu zehirleyici faktörler insanları da etkiler (Alloway, 2013).

2.4.11. Bakır (Cu)

Bakır periyodik tablonun 11. Grubuna ait bir elementtir. ⁶³Cu ve ⁶⁵Cu olmak üzere iki izotopa sahiptir. Isı ve elektriği çok iyi iletir (Forster ve Wittmann, 1979; Hooda 2010).

Yerkabuğunda bulunma miktarlarına göre tüm elementler arasında 26. sırada gelmektedir. Ortalama konsantrasyonu 60 mg kg⁻¹'dir (Lide, 2009; Alloway, 2013).

Kayaçların bakır içeriği oldukça değişkendir. Bazaltik magmatik kayaçlarda (90 mg kg^{-1}), granitik kayaçlara (15 mg kg^{-1}) oranla daha yüksek miktarlarda bakır görülebilir. Ayrıca magmatik kayaçların aşınması ile meydana gelen sedimanter kayaçlar da bakır içeriği magmatik kayaçların içeriğini yansıtmaktadır. Killer ve şeyller $20 - 200 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişen miktarlarda bakır içermektedir. Kumtaşları ve kireçtaşlarında ise bu değerler $1 - 20 \text{ mg kg}^{-1}$ değerine kadar düşebilir (Alloway, 2013).

Kükürt ile güçlü bir birliktelik gösteren bakırın ana mineralleri için kalkopirit (CuFeS_2) ve bornit (CuFeS_4) örnek olarak gösterilebilir. Ayrıca bakır, azurit ($\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$) ve malakit ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$) örneklerinde de görüldüğü gibi, oksit ve karbonat mineralleri içerisinde de görülmektedir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Bakır insan sağlığı açısından önemlidir ancak aynı zamanda toksik etki gösterme özelliğine sahiptir (Barceloux, 1999; Hooda, 2010; Alloway, 2013).

Toprakların bakır içeriği toprak dokusu ile yakından ilişkilidir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007). pH, oksidasyon ve indirgeme potansiyeli, organik madde, mineral bileşimi ve su rejimi gibi diğer parametreler de topraklardaki bakır çözünürlüğünü etkilemektedir (Kabata-Pendias ve Sadurki, 2004; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Bakırın topraklardaki doğal kaynağı, toprağı meydana getiren ana materyaldir. Mekansal olarak bakır dağılımı, bölgesel ve yerel jeoloji ile yakından ilgilidir. Atmosferik depolama, gübre, pestisitler ve suni gübreler gibi tarım amaçlı kullanılan malzemeler ile kanalizasyon atıkları diğer bakır kaynaklarıdır. Bu kaynaklar arasında fosfat gübreleri en yüksek bakır konsantrasyonlarını gösterir. Trafik de lokal düzeyde bakır konsantrasyonunu etkilemektedir (Alloway, 2013).

2.4.12. Nikel (Ni)

Nikel (Ni) periyodik tablonun 10. Grubunda yer alan bir geçiş elementidir ve ısı ve elektrik iletkenliği bakımından güçlü bir elementtir. Doğal olarak oluşan

beş kararlı Ni izotopu arasında ^{58}Ni , % 68'lik oranıyla en bol bulunandır. ^{59}Ni , 76000 yıllık yarılanma ömrü ile 18 nikel radyoizotopu arasında en kararlı olanıdır (Hooda, 2010).

Tüm kayaç türlerinde ve pedosferde doğal olarak iz miktardan yüksek konsantrasyonlara kadar bulunan bir elementtir. Özellikle serpantin kayaçlarda ve topraklarda yüksek miktarlarda bulunur (Alloway, 2013).

Son yıllarda artan endüstriyel faaliyetler, kanalizasyon çamurları ve toprak ıslah yöntemleri, Ni'in yüksek miktarlarda yayılımına neden olmuştur (Alloway, 2013).

Nikel'in temel çevresel kaynağı Dünya'nın ergimiş Fe-Ni çekirdeği ile denizde çözölmüş olan Nikel'dir (Alloway, 2013). Yerkabuğundaki Ni bolluğu yaklaşık olarak 80 mg kg^{-1} 'dir (Adriano 2001; Alloway, 2013).

Nikel magmatik kayaçlarda bol miktarda bulunur ve mineralojik çevrimlerin tüm jeokimyasal evreleriyle ilişkili olarak bulunur (Alloway, 2013).

Magmatik kayaçlarda, Ni silikat minerallerinde oktahedral koordinasyon oluşturur. Olivine, hornblend, ojit, biyotit ve manyetit bu duruma örnek olarak gösterilebilir (Alloway, 2013).

Tortul kayaçlar $5-90 \text{ mg kg}^{-1}$ kadar Nikel içerirler. Özellikle ultramafik kayaçlarda Ni içeriği yüksektir (2000 mg kg^{-1}) (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007; Alloway, 2013). Granitlerde asitliğin artması ile $5-20 \text{ mg kg}^{-1}$ aralığına kadar düşer (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Temel Ni yataklarından biri, ana cevher minerallerinin limonit ve garnetit olduğu lateritlerdir (Hooda, 2010; Alloway, 2013).

Kaynak kayaçların sahip olduğu toplam nikel içeriği, topraklardaki nikel içeriğini büyük oranda etkilemektedir. Aynı zamanda yüzey topraklarındaki nikel içeriği, toprak oluşum süreçlerine de bağlıdır (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007; Alloway, 2013).

Pedosferin Ni içeriği $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ ile 450 mg kg^{-1} arasında geniş bir aralığa sahiptir (Kabata-Pendias ve Pendias, 1999 ve 2001; Kabata-Pendias ve Mukherjee,

2007; Hooda, 2010; Alloway, 2013). Hesaplanan dünya ortalaması 22 mg kg^{-1} 'dir (Shacklette ve Boerngen, 1984; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007; Alloway, 2013).

Nikel için en düşük konsantrasyon değerleri kumlu malzemelerde, en yüksek değerler ise volkanik kayalardan türeyen topraklarda görülür. Magmatik ultramafik kökenli kayalardan türeyen topraklarda toplam Ni konsantrasyonu 7000 mg kg^{-1} değerine ulaşabilir (Brooks, 1987; Alloway, 2013).

Nikel'in antropojenik kaynakları, topraklardaki Ni içeriğinde doğrudan bir artışa sebep olmaktadır. Temel Ni kaynakları, metal işleme faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonlar ve kömür ile yağ kaynaklı dumanlardır. Tarım topraklarında çamur ve fosfat gübrelerinin kullanımı nikelin önemli kaynakları arasında yer alabilir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Genellikle lokal Ni kirliliği madencilik faaliyetleri ile ilişkilendirilebilir (Alloway, 2013).



3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Çalışmanın ana materyalini Adana il merkezinin güneyinde yer alan Doğankent, Tuzla ve Karataş mahalleleri ve civarında bulunan Kuvaterner toprakları oluşturmaktadır. Bölge, yapısı itibarıyla tarım ve hayvancılığın yoğun olduğu mahallelerden oluşmakla birlikte Türkiye'nin tarım açısından en verimli havzalarından birisini oluşturmaktadır.

Çalışma alanında örnek alımının yapıldığı lokasyonlar Şekil 3.1'de verilmiştir.

3.2. Metod

Bu tez çalışması, 4 aşamada hazırlanmıştır.

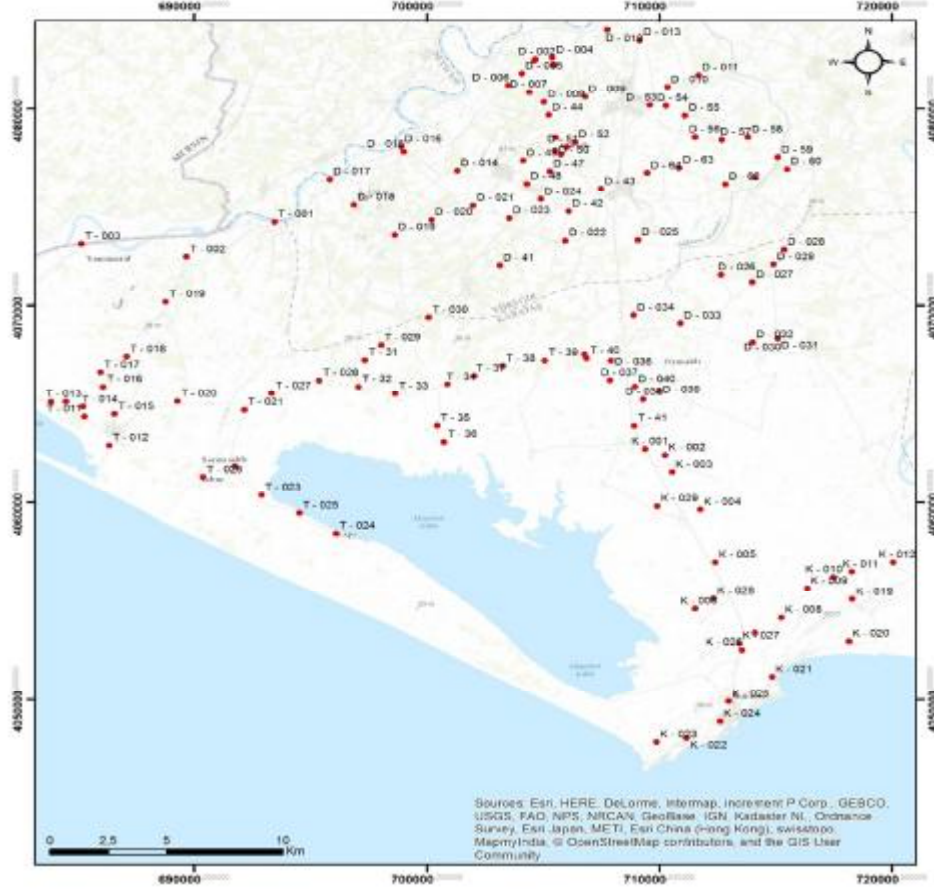
3.2.1. Literatür Tarama

Tez çalışmasının ilk bölümünü, çalışma alanı ve çalışma konusu ile ilgili daha önce gerçekleştirilmiş çalışmaların gözden geçirilmesi oluşturmuştur. Bu amaçla, literatür taraması ile birlikte konu ile ilgili yazılmış tez ve kitaplar taranmıştır.

3.2.2. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları, birbirini takip eden yakın dönemler içerisinde gerçekleştirilmiştir. Yağmur ve kar sularının, element konsantrasyonlarına etkisini düşük tutmak için kış aylarında örnek alımı yapılmamıştır.

Örnek lokasyonları, bölgede daha önce yapılmış toprak jeokimyası çalışmalarına göre seçilmiş, birbirine çok yakın noktalardan örnek alımı yapılmamasına özellikle dikkat edilmiştir. Ayrıca örnek sayısı hesaplanırken mahallelerin alansal büyüklükleri göz önüne alınmış, bu sebeple Doğankent'ten 64, Tuzla'dan 41, Karataş'tan ise 29 örnek derlenmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Örnek lokasyonları.

Örneklerin büyük bir çoğunluğu, genel olarak yol kenarından 5-10 m’lik mesafelerden alınmış, derinlik ise 15-20 cm olarak tercih edilmiştir. Örnek alınan noktaların koordinatları, Coğrafi Bilgi Sistemi veritabanına aktarmak amacıyla not edilmiştir.

3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları

Saha çalışmalarının ardından, laboratuvar çalışmaları aşamasına geçilmiştir.

Araziden toplanan toprak numuneleri ilk olarak, nemi alınması amacıyla oda sıcaklığında kurutulmuş ve kurutulan bu numuneler 0,1 mm'lik elekten geçirilmiştir.

Elekten geçen toprak numunelerinden, hassas terazide 1,00 gr civarında tartılmıştır. Elde edilen bu 1,00 gr'lık numuneler ile çözelti hazırlama aşamasına geçilmiştir.

Çözelti hazırlanması için, 1 gr'lık numunelerin üzerine, 15 ml HCl ve 5 ml litre HNO₃ ilave edilmiş, toplamda 20 ml'lik çözelti elde edilmiştir. Hazırlanan bu çözelti, hotblade üzerinde 300 °C'de ısıtılmış ve bu ısıtma işlemi, tepkime başlayana kadar devam etmiştir. Tepkimenin ardından fırından alınan çözelti, balon jojeler içerisine boşaltılmış ve üzerine, toplam derişim 150 ml oluncaya kadar deiyonize su eklenmiştir. Daha sonra soğumaya bırakılan örneklerin ağır metal analizleri Atomik Absorbsiyon Spektrometre cihazı ile yapılmıştır.

Bütün bu işlemler, Ç.Ü. Müh.-Mim. Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde yer alan Prof. Dr. Servet Yaman Jeokimya Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

3.2.4. Büro Çalışmaları

Arazi ve laboratuvar çalışmalarının ardından, elde edilen analiz sonuçları incelenmeye başlanmıştır. Bu inceleme esnasında, toprak örneklerinin ağır metal içerikleri, beş ülke (Türkiye, İngiltere, Almanya, Fransa ve Finlandiya) standardı ile karşılaştırılmış (Özkul, 2008) ve çeşitli istatistik tabloları hazırlanmıştır. Ayrıca, elde edilen tüm sonuçlar İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim A.Ş. tarafından sağlanan ArcGIS 10.4.1 programı aracılığı ile hazırlanan bir veritabanına aktarılmış ve yine ArcGIS 10.4.1 programı ile çeşitli sembol ve dağılım haritaları hazırlanmıştır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri; her türlü (sayısal, sözel, mekânsal vb.) verinin tek bir veritabanı altında birleştirilerek derlenmesi, düzenlenmesi, verilerin yönetilmesi, güncellenmesi ve analiz edilmesi gibi avantajları ile son yıllarda daha

da fazla öne çıkmaya başlamış ve kullanımı giderek yaygınlaşmıştır. Çevre odaklı çalışmalarda, mekânsal analiz yöntemleri ile hem istatistiki tahmin amaçlı hem de coğrafik olarak verilerin yorumlanabilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Aynı zamanda sınırsız sayıda katman kullanımı ile tüm faktörleri analize dahil edebilmekte ve bu faktörlerin her yönüyle mekana bağlı etkilerini irdeyebilmektedir. Bu tez çalışmasında da analiz sonuçları bir veri modeli içerisinde toplanmış ve mekana bağlı olarak ağır metallerin çalışma alanı içerisindeki dağılımı hesaplanmıştır.

Elde edilen tüm sonuçlar Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uyularak basılı ortama aktarılmıştır.

4. BULGULAR VE ARAŞTIRMALAR**4.1. Bölgenin Genel Jeolojisi**

Adana Baseni, kuzeyde Toros Dağları, batıda Ecemiş Fay Zonu, doğuda Amanos Dağları ve güneyde Akdeniz ile çevrilmiştir. Basenin tipik özelliği, G-GD ekseninde gidildiğinde genç birimlere ulaşılmasıdır (Şekil 4.1).

Basenin sedimanter istifi üzerinde yapılan ilk çalışmalar 1930'lu yılların ortalarında başlamıştır. 1957-1960 yılları arasında Adana Baseni'nin genel stratigrafisini çalışan Schmidt ve daha sonra basen içerisinde yapılan tüm jeolojik araştırmaların temelini oluşturan 47 litostratigrafi birimini adlandırmıştır.

Adana Baseni sedimanter istifi şu şekilde özetlenmiştir:

4.1.1. Paleozoyik ve Mesozoyik Yaşlı Temel Kayaçlar

Adana baseninin temelini, Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı kırıntılı ve karbonatlı otokton birimler ile bölgeye Üst Maastrichtiyen ve sonrasında tektonik olarak yerleşen ofiyolitik kayaçlar oluşturmaktadır (Lagap, 1985).

Paleozoyik, karbonatlar, kumtaşı, silttaşı ve şeyllerden oluşan, Orta-Üst Devoniyen yaşlı Yerköprü formasyonu ve kireçtaşı, şeyl, kuvarsit, kumtaşı, çamurtaşı ve dolomitik kireçtaşından oluşan Permo-Karbonifer yaşlı Karahamzauşağı formasyonu ile temsil edilmektedir (Gürbüz, 1993; Ünlügenç, 1993).

Paleozoyik yaşlı birimleri uyumsuz olarak üzerleyen Mesozoyik birimleri, Üst Triyas-Kretase yaşlı Demirkazık formasyonu olarak adlandırılan karbonatlar ile temsil edilmektedir. Şeyl ve türbiditlerden meydana gelen Üst Kretase yaşlı Yavça formasyonu, Demirkazık formasyonunu uyumlu bir şekilde üzerlemektedir (Ünlügenç ve Demirkol, 1988).

FORMASYONLAR	LİTOLOJİ	YAŞ
KURANŞA		Pliyo-Kuvaterner
HANDERE FORMASYONU		Erken Pliyosen — Messiniyen
KUZGUN FORMASYONU		Tortoniyen — Serravaliyen
GÜVENÇ FORMASYONU		Serravaliyen — Langiyen
CİNGÖZ FORMASYONU		
KARASALI FORMASYONU		Burdigaliyen — Akitaniyen
KAPLANKAYA FORMASYONU		
GİLDİRLİ FORMASYONU		
KARSANTI FORMASYONU		Oligosen
	TEMEL KAYAÇLAR	PALEOZOYİK MESOZOYİK

Şekil 4.1. Adana Baseni'nin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Gürbüz, 1999'dan değiştirilerek).

4.1.2. Gildirli Formasyonu

Adana Baseni Miyosen istifinin tabanını oluşturan Gildirli formasyonu, düzensiz paleotopoğrafyaya bağlı olarak açısız uyumsuzlukla Demirkazık formasyonu üzerine gelir. Kaplankaya formasyonu ise Gildirli formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Gildirli formasyonu, kırmızımsı renkli çakıltı, çakıllı

kumtaşı, karbonat çimentolu kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşından oluşmuş akarsu çökellerinden ibarettir.

Oligosen-Alt Miyosen yaşlı birimin kalınlığı 120-400 m arasında değişmektedir (Yetiş ve Demirkol, 1986).

4.1.3. Kaplankaya Formasyonu

Lagap (1985) ve Ünlügenç (1986) tarafından adlandırılan Kaplankaya formasyonu, Adana Baseninin kuzey kesimlerinde yer alır. Başlıca çakıllı kumtaşı, kumtaşı, çakıllı kumlu kireçtaşı ve silttaşından oluşmaktadır.

Bazı bölgelerde, Demirkazık formasyonu üzerine uyumsuzlukla, bazı bölgelerde ise Gildirli formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen birimin Karaisalı formasyonu ile olan dokanağı yanal ve düşey geçişlidir.

Birimin yaşı Alt Miyosen'dir (Yetiş ve Demirkol, 1986; Ünlügenç, 1986).

4.1.4. Karaisalı Formasyonu

Karaisalı formasyonu, resifal karakterli karbonatlardan meydana gelmektedir ve bol makrofosil içeren ve genel olarak açık sarı, gri renkli kireçtaşından oluşan bir birimdir.

Birimin hemen altındaki Kaplankaya formasyonu ve üstündeki Güvenç formasyonu ile olan yanal ve düşey fasiyes değişimleri arazide açık bir şekilde görülmektedir. Kaplankaya formasyonu, Karaisalı formasyonunun resif gerisi fasiyesini karakterize ederken, Güvenç formasyonu resif ilerisi fasiyesini temsil etmektedir (Yetiş ve Demirkol, 1986). Birim, Burdigaliyen-Serravaliyen aralığında çökelmiştir (Schmidt, 1961).

4.1.5. Cingöz Formasyonu

Gürbüz (1993); yaptığı sedimantolojik çalışmalarla Cingöz formasyonunun iki adet denizaltı yelpazesi şeklinde çökelindiğini ve bunların yapısı itibarıyla aktif

bir basen kenarında oluştuklarını belirtmiştir. Birimin yaşı Geç Langiyen-Serravaliyen'dir (Nazik ve Gürbüz, 1992).

4.1.6. Güvenç Formasyonu

Adana Baseni'nde, yeşilimsi gri renkli, mikrofosilli, marn arakatmanlı, şeyl'den meydana gelen birim Güvenç formasyonu olarak adlandırılmıştır (Yetiş ve Demirkol, 1986).

Nazik (1983), birimin Langhiyen-Serravaliyen evresinde çökeldiğini belirtmiştir.

Güvenç formasyonu, daha sonraki çalışmalarda Derin deniz sedimanları, Kıyı ilerisi sedimanları ve Sığ denizel sedimanlar olarak üç birime ayrılarak haritalanmıştır (Ünlügenç, 1993).

4.1.7. Kuzgun Formasyonu

Adana baseni içerisindeki sığ denizel kırıntılılar ile kumtaşı, kıltaşı, marn ve kireçtaşı birimlerine Kuzgun Formasyonu adı verilmiştir (Schmidt, 1961).

Formasyonu oluşturan birimler genel olarak çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı, silttaşı, kıltaşı aralanımları şeklindedir (Schmidt, 1961; Yetiş ve Demirkol, 1986; Öğrünç, 1996).

Tabanda Güvenç formasyonu üzerinde uyumsuzlukla yer alan Kuzgun formasyonu, üstündeki Handere formasyonu ile uyumlu bir topoloji göstermektedir (Ünlügenç, 1993; Williams vd., 1995).

4.1.8. Handere Formasyonu

Adana Basesi'nde en üst Neojen birimi olarak tanımlanan Handere Formasyonu ilk kez Schmidt (1961) tarafından adlandırılmıştır. Formasyon, başlıca çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı, silttaşı, kıltaşı ve çamurtaşından meydana gelmektedir.

Genellikle aşınmalı bir taban ile başlayan çakıltası düzeyleri açık gri renkli, başlıca ofiyolit, radyolarit, kireçtaşı, kuvars ve Karaisalı formasyonundan türeme karbonat çakıllarından ibarettir ve çok kötü boyanmalıdır (Yetiş ve Demirkol, 1986).

Sığ denizel ortamda çökeldiği düşünülen Handere formasyonunun yaşı ostrakod faunasına dayanılarak Messiniyen-Pliyosen'dir.

4.1.9. Kuranşa Formasyonu

Mostra vermeyen bu birim önemli kalınlıklarda görülmektedir. Birim, akarsu konglomeraları, kumtaşı, kil ve siltlerden oluşmaktadır (Yalçın, 1982).

Birimin yaşı Pleyistosen'dir (Schmidt, 1961).

4.2. Ağır Metal Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Ağır metal analiz sonuçları değerlendirilirken çalışma alanı; -örneklerin mahalle merkezlerine olan yakınlıkları dikkate alınarak- Doğankent, Karataş ve Tuzla olmak üzere 3 bölgeye ayrılmıştır. Bu çalışma planına göre alınan örneklerin sayısal dağılımı, Doğankent ve civarı (bundan sonra Doğankent olarak adlandırılacaktır) 64 örnek, Karataş ve civarı (bundan sonra Karataş adlandırılacaktır) 29 örnek, Tuzla ve civarı (bundan sonra Tuzla adlandırılacaktır) ise 41 örnek şeklinde oluşmuştur.

Tüm çalışma alanından elde edilen analiz sonuçları Çizelge 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10'da gösterilmiştir. Hg, Pb, Cd, Cr, Zn, Cu ve Ni elementlerinin analiz sonuçları Türkiye, Finlandiya, Almanya, Fransa ve İngiltere standartları ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.1.a). Fe, As, Co ve Mn elementleri için Dünya Sağlık Organizasyonu (WHO) standart değerleri kullanılmıştır (Çizelge 4.1.b.). Tüm tablolarda deteksiyon limitinin altında kalan değerler "<DL" olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.1.a. Ağır metal ülke standart değerleri (Özkul, 2008).

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

Çizelge 4.1.b. Ağır metal standart değerleri (Chiroma ve ark., 2014).

Element	Fe (%)	As (ppb)	Co (ppm)	Mn (ppm)
WHO	5	20000	50	2000

Çizelge 4.2. Doğankent ağır metal sonuçları ve ülke standartları ile karşılaştırması.

DOĞANKENT AĞIR METAL ANALİZ SONUÇLARI								
Örnekler	Element	Hg (ppb)	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)
	TR	1500	300	3	100	300	140	75
	ALM	1000	100	1,5	100	200	60	50
	FRA	1000	100	2	150	300	100	50
	İNG	1000	300	3	-	300	135	75
	FİN	200	60	0,5	200	150	100	60
D - 001	Analiz Sonuçları	85,8	<DL	4,1	90,1	57,8	16,69	130
D - 002		75,3	<DL	5,28	89,6	67,7	19,7	143
D - 003		238	<DL	6	104	60	23,69	160
D - 004		170	<DL	6,15	95	211	79	169
D - 005		339	<DL	4	102	55,5	18,49	147
D - 006		238	<DL	3,59	105	34,8	8,29	138
D - 007		193	<DL	5,71	132	79	27,61	195
D - 008		79,9	<DL	6,24	102	79,9	24,5	142
D - 009		30,7	<DL	4,62	102	52	18,51	146
D - 010		91,4	<DL	5,43	114	53,1	14,55	132
D - 011		129,3	115	<DL	65,35	81,79	34,9	258,7
D - 012		123,6	104	<DL	53,53	65,04	25,32	233,5
D - 013		42	<DL	6,43	110	71,9	20,64	138
D - 014		15,8	<DL	7,82	105	66,5	13,14	109
D - 015		90	<DL	7,43	92,8	114	25,58	90,8
D - 016		29	<DL	7,34	114	52	11,44	127
D - 017		124,3	139	<DL	58,5	76,73	31,27	283,2
D - 018		26,7	<DL	6,39	103	61,7	12,91	120
D - 019		54,5	<DL	6,49	101	52,8	9,3	73,5
D - 020		<DL	<DL	4,89	106	48,6	7,63	71,6
D - 021		40,6	<DL	6,78	109	49	8,43	80,4
D - 022		32,9	<DL	7,3	110	64	9,28	72,3
D - 023		34,9	<DL	6,14	111	59,6	18,63	77,9
D - 024		67,6	<DL	5,73	119	54,1	6,83	64,8
D - 025		33,3	<DL	6,28	119	63	8,51	69,8
D - 026		150,2	137	<DL	70,39	80,94	36,11	267,3
D - 027		66,4	<DL	7,23	113	62,2	5,15	58,1
D - 028		68	<DL	7,26	115	49,2	6,56	54,7
D - 029		82,9	<DL	6,38	128	53,8	7,24	48,3
D - 030		130	<DL	8,53	158	71,1	20,64	104
D - 031		85,6	<DL	9,04	144	56,5	4,4	86,3
D - 032		339	12,6	5,11	119	52,6	8,38	76,3

Çizelge 4.3. Doğankent ağır metal sonuçları ve ülke standartları ile karşılaştırması.

DOĞANKENT AĞIR METAL ANALİZ SONUÇLARI								
Örnekler	Element	Hg (ppb)	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)
	TR	1500	300	3	100	300	140	75
	ALM	1000	100	1,5	100	200	60	50
	FRA	1000	100	2	150	300	100	50
	İNG	1000	300	3	-	300	135	75
	FİN	200	60	0,5	200	150	100	60
D - 033	Analiz Sonuçları	310	<DL	3,71	135	62,3	7,61	107
D - 034		47,9	<DL	5,81	139	65,7	10,32	85,1
D - 035		1,34	<DL	5,9	140	59,7	5,1	78
D - 036		47,8	<DL	6,92	124	50,9	4,1	69,1
D - 037		129	<DL	7,79	135	58,8	<DL	69,1
D - 038		63,8	<DL	6,43	149	66,6	9,64	100
D - 039		77,7	<DL	6,58	134	58,4	4,64	85
D - 040		58,5	5,43	7,44	160	68,9	12,31	113
D - 041		132	370	7,12	152	75,3	3,38	66,9
D - 042		74,1	396	8,49	153	67,2	4,13	52,3
D - 043		206	381	10,3	180	72,4	11,29	90,1
D - 044		107	410	7,42	160	73,6	10,49	77,3
D - 045		28,7	444	9,16	153	47,6	<DL	101
D - 046		45,6	431	9,82	150	157	<DL	84,2
D - 047		312	420	8,54	156	56,7	13,33	100
D - 048		46,4	437	9,15	158	63,4	4,83	77,7
D - 049		65,2	442	9,57	157	45,3	1,39	93
D - 050		41,7	489	8	157	57,7	1,63	78,2
D - 051		103	524	9,96	173	60,6	2,59	95,8
D - 052		52,9	440	9,78	147	67,1	<DL	58,4
D - 053		59	480	9,29	174	63,4	2,89	102
D - 054		126	503	9,64	174	65,5	5,19	101
D - 055		62,3	468	8,32	161	76,4	6,66	111
D - 056		176	487	10,1	187	70,3	3,81	122
D - 057		78,6	430	8,65	154	60,2	<DL	85
D - 058		89,1	467	9,68	173	65,7	6,54	127
D - 059		67,2	523	10,2	127	45,5	<DL	18,4
D - 060		96,8	519	7,7	167	63	<DL	106
D - 061		69	571	9,18	161	59,9	1,61	110
D - 062		135	582	9,36	166	54,5	<DL	96,7
D - 063		99,2	537	9,03	179	60,9	14,63	147
D - 064		43,6	584	10,7	172	93,6	9,57	116

Çizelge 4.4. Doğankent ağır metal sonuçları.

DOĞANKENT AĞIR METAL ANALİZ SONUÇLARI						
Örnekler	Element	Fe (%)	As (ppb)	Mn (ppm)	Co (ppm)	Al (%)
	WHO	5	20000	2000	50	-
D - 001	Analiz Sonuçları	2,36	3794	498	33,7	0,79
D - 002		2,27	3623	548	30,7	0,99
D - 003		2,48	3444	599	37,1	1,19
D - 004		2,41	3411	554	36,2	1,08
D - 005		2,36	3994	593	32	1,22
D - 006		2,36	3810	562	26,5	1,27
D - 007		2,56	3993	714	31,7	1,69
D - 008		2,49	3804	540	27,2	0,98
D - 009		2,23	2771	571	33,3	0,91
D - 010		2,34	2800	565	26,4	1,19
D - 011		2,861	5549	675	51,77	<DL
D - 012		2,364	5488	571,3	48,35	<DL
D - 013		2,44	4087	630	35,2	1,17
D - 014		2,4	3918	598	25,9	1,03
D - 015		2,15	3512	576	26,8	0,72
D - 016		2,29	3518	551	16,1	1,17
D - 017		2,747	6220		56	<DL
D - 018		2,19	3418	549	32,8	0,94
D - 019		2,35	3895	525	30,4	0,81
D - 020		2,34	4030	535	25,3	0,83
D - 021		2,36	4106	548	25,7	0,86
D - 022		2,37	4112	556	29,5	0,89
D - 023		2,32	3764	534	30	0,81
D - 024		2,43	3433	528	31,6	1,06
D - 025		2,35	3588	525	28,8	0,99
D - 026		2,949	3059	759,1	48,95	<DL
D - 027		2,18	1783	539	29,8	0,66
D - 028		2,3	2773	542	29,7	0,8
D - 029		2,43	3319	605	27,2	1,01
D - 030		2,49	2959	650	35,3	1,38
D - 031		2,51	3744	634	30,9	1,28
D - 032		2,15	3109	557	27,8	0,86

Çizelge 4.5. Doğankent ağır metal sonuçları (devamı).

DOĞANKENT AĞIR METAL ANALİZ SONUÇLARI						
Örnekler	Element	Fe (%)	As (ppb)	Mn (ppm)	Co (ppm)	Al (%)
	WHO	5	20000	2000	50	-
D - 033	Analiz Sonuçları	2,36	2558	611	30,2	1,07
D - 034		2,36	3849	609	33,3	1,24
D - 035		2,44	3895	568	31,1	1,16
D - 036		2,3	3133	537	29	0,83
D - 037		2,45	3588	485	32,4	1,2
D - 038		2,52	2980	623	29,5	1,2
D - 039		2,36	3620	622	29,1	0,97
D - 040		2,48	4049	631	31,3	1,32
D - 041		2,36	4177	600	28,4	1,16
D - 042		2,39	4369	589	21,5	1,13
D - 043		2,51	3863	618	33,1	1,5
D - 044		2,42	4195	586	33,2	1,08
D - 045		2,3	3797	562	31,1	1,006
D - 046		2,26	3485	545	29,1	0,89
D - 047		2,3	4088	610	33	1,12
D - 048		2,38	4180	627	24,4	1,16
D - 049		2,37	4208	580	37,4	1,032
D - 050		2,45	4362	594	31	1,045
D - 051		2,5	4517	635	29,5	1,27
D - 052		2,31	4070	542	31,3	0,86
D - 053		2,47	852	625	29,6	1,22
D - 054		2,49	3828	583	32,5	1,28
D - 055		2,3	4057	623	32,1	1,07
D - 056		2,56	4186	696	40,7	1,5
D - 057		2,34	3931	552	27,3	1
D - 058		2,45	3951	605	36,7	1,4
D - 059		1,93	2932	343	24,6	0,6
D - 060		2,51	3667	598	32	1,29
D - 061		2,46	4087	588	35	1
D - 062		2,45	4060	559	38,5	1,2
D - 063		2,37	3887	665	39,8	1,46
D - 064		2,47	4499	617	34,3	1,21

Çizelge 4.6. Karataş ağır metal sonuçları ve ülke standartları ile karşılaştırması.

KARATAŞ AĞIR METAL ANALİZ SONUÇLARI								
Örnekler	Element	Hg (ppb)	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)
	TR	1500	300	3	100	300	140	75
	ALM	1000	100	1,5	100	200	60	50
	FRA	1000	100	2	150	300	100	50
	İNG	1000	300	3	-	300	135	75
	FİN	200	60	0,5	200	150	100	60
K - 001	Analiz Sonuçları	21,4	15,7	7,21	153	56,6	3,82	93,6
K - 002		49,7	37,9	6,61	146	51,8	0,21	82,5
K - 003		44	0,82	6,88	134	61	2,48	76
K - 004		67,57	121	<DL	77,15	81,88	37,56	272,2
K - 005		164,4	118	<DL	72,32	78,21	32,53	246,2
K - 006		85,68	136	<DL	67,92	71,76	29,21	268,4
K - 007		97,11	138	<DL	33,49	67,26	24,72	161,5
K - 008		130,6	136	<DL	25,77	52,73	30,24	127,7
K - 009		342,8	139	<DL	63,14	62,52	30,71	236,4
K - 010		248,9	155	<DL	63,46	62,61	24,22	210,5
K - 011		121,7	165	<DL	71,53	61,85	21,97	170,2
K - 012		271,9	154	<DL	63,77	59,57	26,9	243,5
K - 013		100,7	133	<DL	75,25	167,3	14,15	197,3
K - 014		525,8	159	<DL	75,54	70,54	27,01	262,3
K - 015		80,76	154	<DL	57,26	56,69	23,74	205,2
K - 016		167,2	145	<DL	67,7	63,22	25,11	222,1
K - 017		87,49	144	<DL	54,56	54,16	21,55	230,2
K - 018		466,1	160	<DL	90,9	68,47	15,38	217,1
K - 019		91,64	164	<DL	50,08	50,68	22,3	190,8
K - 020		169,9	170	<DL	77,53	65,5	18,4	260
K - 021		114,6	159	<DL	25,24	57,21	32,63	168,1
K - 022		171,4	166	<DL	29,79	51,98	23,24	165,5
K - 023		117	204	<DL	52,19	77,52	33,76	245
K - 024		273,4	201	<DL	30,32	57,72	29,07	159,2
K - 025		212,9	196	<DL	20,97	75,71	37,85	169,5
K - 026		402,4	183	<DL	43,51	56,23	23,65	190,2
K - 027		605,4	189	<DL	56,69	58,08	20,65	242,2
K - 028		290,6	198	<DL	47,51	61,57	18,27	292,6
K - 029		415,1	194	<DL	51,21	64,32	24,01	262,7

Çizelge 4.7. Karataş ağır metal sonuçları.

KARATAŞ AĞIR METAL ANALİZ SONUÇLARI						
Örnekler	Element	Fe (%)	As (ppb)	Mn (ppm)	Co (ppm)	Al (%)
	WHO	5	20000	2000	50	-
K - 001	Analiz Sonuçları	2,41	3627	603	30,1	1,17
K - 002		2,37	3655	616	29,6	0,92
K - 003		2,4	3512	580	26,4	0,84
K - 004		3,128	3868	693,3	50,67	1,747
K - 005		2,947	2395	666,1	59,82	1,783
K - 006		2,86	2603	627	46,38	1,483
K - 007		1,744	933,1	438,6	45,35	0,993
K - 008		1,56	1286	619,6	42,77	0,929
K - 009		2,63	3508	662,2	41,04	1,348
K - 010		2,249	2723	481,9	43,86	1,305
K - 011		1,847	2055	643,2	30,98	1,394
K - 012		2,507	2849	600,5	45,82	1,332
K - 013		3,121	3094	737,4	39,24	0,813
K - 014		2,633	3240	843,9	37,62	1,33
K - 015		2,481	1754	562,9	30,83	1,168
K - 016		2,674	2923	631,9	36,37	1,369
K - 017		2,45	2613	569,3	38,83	1,152
K - 018		3,851	3686	737,9	34,46	1,024
K - 019		1,92	1786	312,4	32,12	1,064
K - 020		3,061	2840	673,1	37,58	1,318
K - 021		1,768	1598	576,4	28,41	0,925
K - 022		1,676	2617	422	34,66	0,893
K - 023		2,222	2138	545	28,23	1,182
K - 024		1,962	3071	542,3	23,88	1,12
K - 025		1,588	1680	749,3	24,98	0,855
K - 026		2,228	2076	536,4	19,23	1,124
K - 027		2,525	2556	568,3	23,73	1,395
K - 028		2,523	6172	590,9	24,45	1,267
K - 029		2,432	5428	617,7	25,34	1,303

Çizelge 4.8. Tuzla ağır metal sonuçları ve ülke standartları ile karşılaştırması.

TUZLA AĞIR METAL ANALİZ SONUÇLARI								
Örnekler	Element	Hg (ppb)	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)
	TR	1500	300	3	100	300	140	75
	ALM	1000	100	1,5	100	200	60	50
	FRA	1000	100	2	150	300	100	50
	İNG	1000	300	3	-	300	135	75
	FİN	200	60	0,5	200	150	100	60
T - 001	Analiz Sonuçları	85,9	40,8	6,71	130	69,8	5,71	86,5
T - 002		65,2	45	5,46	130	55,6	1,69	74,9
T - 003		28,5	14,3	6,48	130	51	0,16	66,6
T - 004		54,6	57,9	6,31	150	62,1	8,27	79,5
T - 005		426	56,7	6,7	148	56,6	1,92	61,8
T - 006		70,1	47	6,99	144	45,9	<DL	78,3
T - 007		73,1	66,1	8,36	163	51	<DL	94,2
T - 008		54,8	103	7,98	156	49,3	<DL	102
T - 009		44,2	125	7,71	160	55,9	<DL	66,5
T - 010		116	129	6,65	161	140	8,53	64,9
T - 011		128	105	8,2	156	38,2	<DL	60,1
T - 012		266	125	7,68	153	50,3	<DL	61,7
T - 013		185	176	4,67	160	96,1	0,44	63,5
T - 014		34,5	155	7,5	139	67,1	<DL	14,5
T - 015		26,7	152	9,27	155	64,3	3,43	105
T - 016		26,3	227	5,07	157	67,8	2,16	85,5
T - 017		48,5	236	7,15	147	59,1	9,66	121
T - 018		46,2	274	5,81	139	43,8	<DL	77
T - 019		38,1	321	7,37	151	56,4	5,5	104
T - 020		32,5	311	7,76	155	61,7	6,43	82,1
T - 021		45,9	337	6,56	164	69,2	4,77	66,8
T - 022		30,5	368	7,22	153	68,9	7,38	68,7
T - 023		70,3	312	8,19	166	55	<DL	59,5
T - 024		35	347	7,84	171	47,6	<DL	42,5
T - 025		100	333	7,18	171	64,2	<DL	34,4
T - 026		77,3	360	9,03	169	75,5	<DL	40,5
T - 027		39,6	342	4,81	152	62,5	8,15	83,1
T - 028		39,3	329	8,6	152	52,1	0,43	72,6
T - 029		38,2	415	8,61	166	63,9	4,11	69,8
T - 030		43,8	398	7,22	172	71,5	5,96	79,9
T - 031		41,2	586	11,5	156	65,8	2,49	98,1
T - 032		69,7	584	10,6	152	48,9	<DL	84,4

Çizelge 4.9. Tuzla ağır metal sonuçları ve ülke standartları ile karşılaştırması.

TUZLA AĞIR METAL ANALİZ SONUÇLARI								
Örnekler	Element	Hg (ppb)	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)
	TR	1500	300	3	100	300	140	75
	ALM	1000	100	1,5	100	200	60	50
	FRA	1000	100	2	150	300	100	50
	İNG	1000	300	3	-	300	135	75
	FİN	200	60	0,5	200	150	100	60
T - 033	Analiz Sonuçları	37,2	608	9,95	149	52,4	<DL	82,7
T - 034		63,1	617	10,7	150	50,7	<DL	107
T - 035		70	620	11,2	167	48	<DL	121
T - 036		89,7	606	11,7	182	75,6	12,72	117
T - 037		73,6	604	12,5	186	71,6	7,17	112
T - 038		51	657	10,4	166	60,8	0,96	143
T - 039		93,5	629	11,3	168	61,3	1,48	118
T - 040		96,3	588	9,63	163	66,7	0,11	143
T - 041		32,4	621	9,54	143	34,3	<DL	68,3

Çizelge 4.10. Tuzla ağır metal sonuçları.

TUZLA AĞIR METAL ANALİZ SONUÇLARI						
Örnekler	Element	Fe (%)	As (ppb)	Mn (ppm)	Co (ppm)	Al (%)
	WHO	5	20000	2000	50	-
T - 001	Analiz Sonuçları	2,34	3430	548	33	0,8
T - 002		2,31	3650	493	26,8	0,684
T - 003		2,4	4071	526	28,5	0,72
T - 004		2,5	540,6	657	33,3	0,895
T - 005		2,48	2806	668	29,9	0,868
T - 006		2,28	4165	566	30,8	0,61
T - 007		2,57	2965	617	32,2	0,68
T - 008		2,44	4264	612	30,3	0,73
T - 009		2,51	4040	605	29,1	0,66
T - 010		2,54	3209	625	27,9	0,66
T - 011		2,44	3699	375	28,3	0,61
T - 012		2,42	4112	551	27,5	0,86
T - 013		2,47	3835	586	26,5	0,69
T - 014		2,22	3792	520	11,2	0,62
T - 015		2,4	4141	612	35,1	0,86
T - 016		2,27	2643	634	27,8	0,64
T - 017		2,14	3649	609	31,9	0,82
T - 018		2,21	3634	492	31,2	0,83
T - 019		2,35	3952	552	29,6	0,93
T - 020		2,43	3488	607	30,9	1,03
T - 021		2,48	3750	644	29,4	1,28
T - 022		2,29	3886	591	26,8	1,06
T - 023		2,29	3218	630	33	0,75
T - 024		2,46	2868	598	34	0,75
T - 025		2,46	1104	652	32,7	0,75
T - 026		2,49	1939	676	30,3	0,81
T - 027		2,23	3654	586	29,3	1,2
T - 028		2,41	3896	585	33,6	0,97

Çizelge 4.11. Tuzla ağır metal sonuçları (devamı).

TUZLA AĞIR METAL ANALİZ SONUÇLARI						
Örnekler	Element	Fe (%)	As (ppb)	Mn (ppm)	Co (ppm)	Al (%)
	WHO	5	20000	2000	50	-
T - 029	Analiz Sonuçları	2,49	4036	601	28,4	1,26
T - 030		2,52	4329	660	31,3	1,39
T - 031		2,41	4267	501	32,5	0,98
T - 032		2,34	3628	501	32,7	0,92
T - 033		2,41	3925	552	32,6	0,86
T - 034		2,34	4497	538	37,5	0,82
T - 035		2,41	4126	607	35,2	1,09
T - 036		2,52	2906	708	46	1,35
T - 037		2,55	4340	644	43,5	1,42
T - 038		2,41	4277	610	44	1,05
T - 039		2,42	4346	611	42,3	1,09
T - 040		2,25	3667	590	40,5	1,21
T - 041		2,11	3478	500	35,4	0,66

4.4.1. Demir (Fe) Analiz Sonuçları

Demir (Fe) elementinin analiz sonuçlarına göre bölgesel değerleri yüzde (%) cinsinden şu şekilde tespit edilmiştir:

Doğankent'ten alınan 64 örnek içerisinde en yüksek değer % 2,95, en düşük değer % 1,93 ve ortanca değer de % 2,37 olarak kaydedilmiştir. Tüm değerlerin ortalaması % 2,39 ve standart sapması da % 0,15'dir.

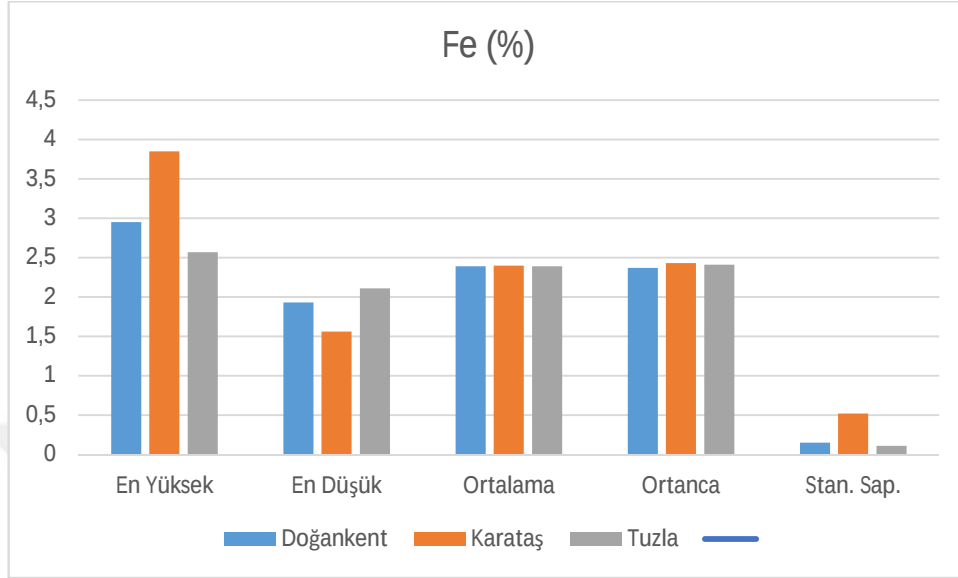
Karataş'tan alınan 29 örnek içerisinde en yüksek değer % 3,85, en düşük değer ise % 1,56 ve ortanca değer de % 2,43 olarak belirlenmiştir. 29 örneğin ortalaması % 2,40 ve standart sapması da % 0,52'dir.

Tuzla'dan alınan 41 örnek içerisinde ise en yüksek değer % 2,57, en düşük değer % 2,11 ve ortanca değer de % 2,41 olarak kaydedilmiştir. Tüm değerlerin ortalaması % 2,39 ve standart sapması da % 0,11'dir (Çizelge 4.7 ve Şekil 4.2).

Çizelge 4.12. Fe elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri.

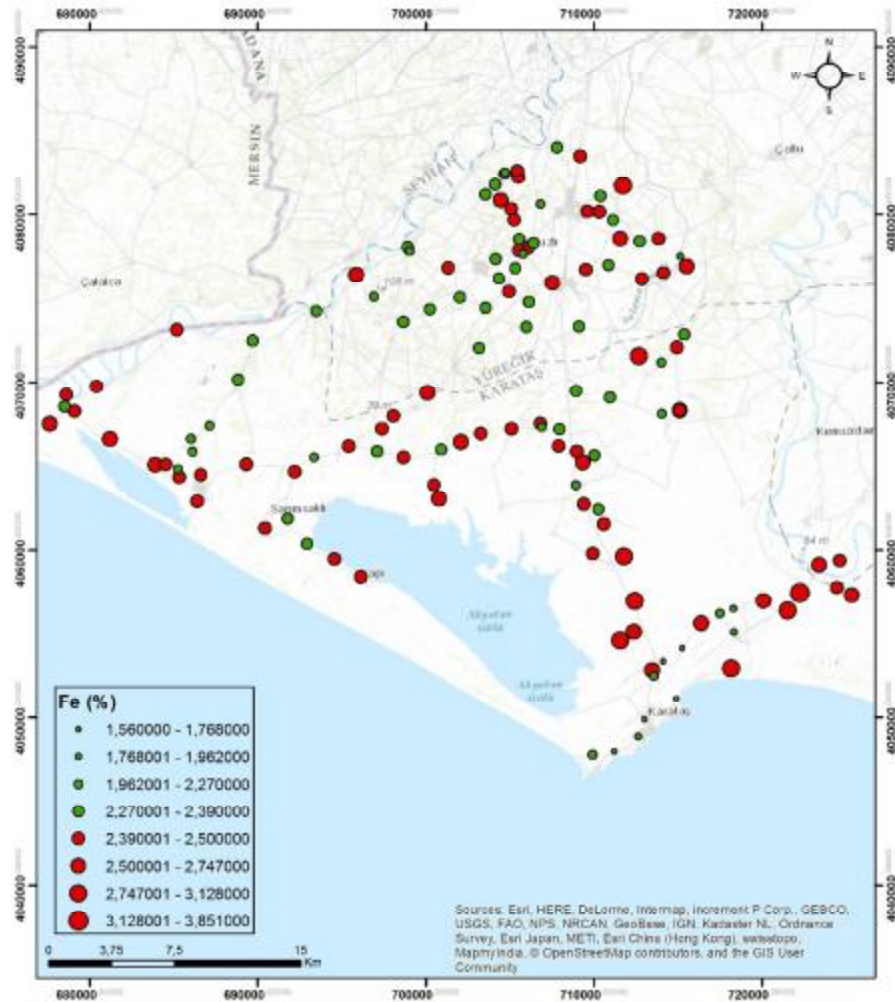
Arazi	En Yüksek	En Düşük	Ortalama	Ortanca	Stan. Sap.
Doğankent	2,95	1,93	2,39	2,37	0,15
Karataş	3,85	1,56	2,4	2,43	0,52
Tuzla	2,57	2,11	2,39	2,41	0,11

Elde edilen bu değerlere göre, Doğankent ve Tuzla civarından alınan örneklerin Fe içeriği düzgün bir dağılım göstermektedir. Sırası ile 0,15 ve 0,11 olan standart sapma değerleri ile en yüksek ve en düşük değerler arasındaki farkların yüksek olmaması buna işaret etmektedir. Karataş bölgesinde ise biraz daha dağınık bir dağılım göze çarpmaktadır. En yüksek ve en düşük değerler arasındaki fark, standart sapma değerinin bir miktar daha yüksek olmasına sebep olmuştur. Karataş bölgesindeki değerlerin, diğer iki bölgeye göre farklı çıkması, alınan örnek sayısının daha az olması ile de ilgili olabilir (Çizelge 4.11 ve Şekil 4.2.).

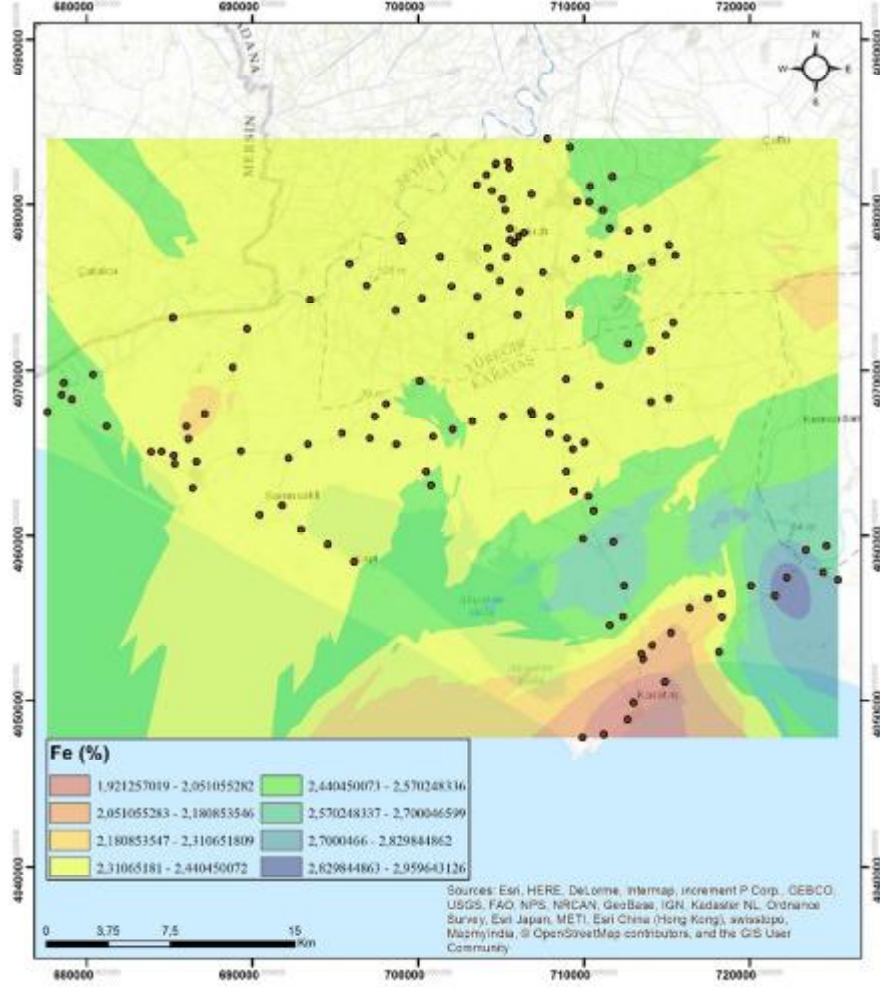


Şekil 4.2. Fe elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği.

Fe ile ilgili literatürde herhangi bir ülke standart değeri bulunamamıştır. Ancak topraklardaki genel Fe oranının % 1-10 arasında değiştiği bilinmektedir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007). Bowen, 1979'a göre dünya topraklarındaki Fe ortalaması 26000 ppm'dir (Bowen, 1979; Kurt ve ark., 2014) ve bu değer % 2,6 oranına karşılık gelmektedir. Aynı şekilde WHO'nun belirlediği değerler de % 5'e eşdeğer olmaktadır (Chiroma ve ark., 2014). Elde edilen bu bilgiler ile yapılan karşılaştırma sonucunda, çalışma alanının genel Fe ortalamasının % 2,4 civarında olması sebebiyle, demir kaynaklı bir kirliliğin varlığından söz etmek doğru bir yaklaşım olmayacaktır.



Şekil 4.3.a. Fe elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanmış sembol haritası



Şekil 4.3.b. Fe elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanmış dağılım haritası

Semboloji ve dağılım haritalarının incelendiğinde, yukarıda istatistiki verilerden elde edilen sonuçlar mekânsal olarak yorumlanabilmektedir. Her iki haritanın sembol ve renk lejantlarına bakıldığında, Doğankent ve Tuzla'nın, Karataş'a oranla daha homojen bir Fe içeriğine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.3.a. ve Şekil 4.3.b).

4.4.2. Alüminyum (Al) Analiz Sonuçları

Alüminyum (Al) elementinin analiz sonuçlarına bölgesel değerleri, yüzde cinsinden şu şekilde tespit edilmiştir:

Alınan 64 örnek içerisinde en yüksek değeri % 1,69, en düşük değeri 0 ve ortalama değeri de % 1,06 olarak tespit edilen Doğankent'te, tüm değerlerin ortalaması % 1,01 ve standart sapması da % 0,33 olarak ölçülmüştür.

29 örnek toplanmış olan Karataş'ta en yüksek değer % 1,70, en düşük değer % 0,8 ve ortalama değerinde % 1,06 olarak belirlenmiştir. 29 örneğin ortalaması % 1,19 ve standart sapması da % 0,24'tür (Çizelge 4.12 ve Şekil 4.4).

Çizelge 4.13. Mn elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri.

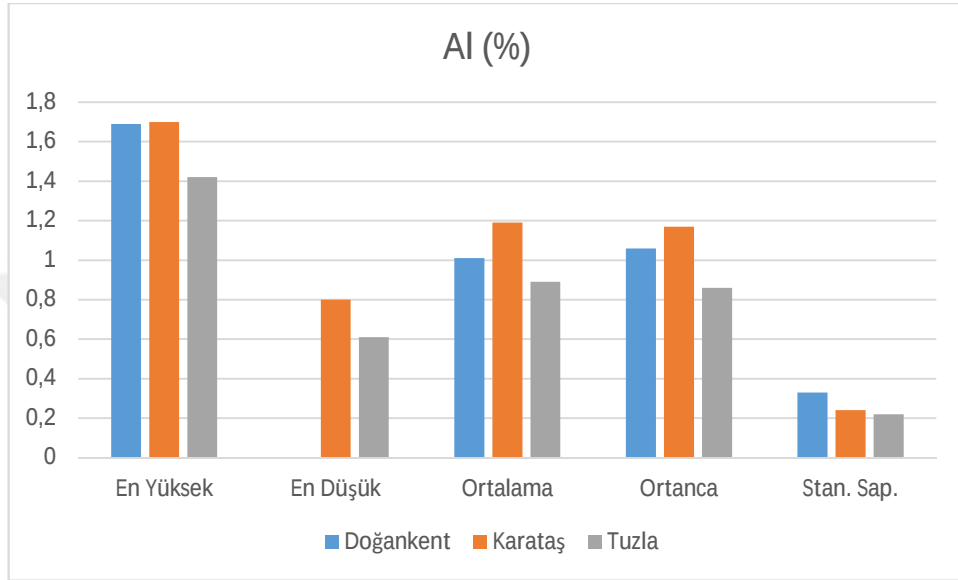
Arazi	En Yüksek	En Düşük	Ortalama	Ortanca	Stan. Sap.
Doğankent	1,69	0	1,01	1,06	0,33
Karataş	1,7	0,8	1,19	1,17	0,24
Tuzla	1,42	0,61	0,89	0,86	0,22

Tuzla'dan alınan 41 örnek içerisinde en yüksek değer % 1,42, en düşük değer % 0,61, ortalama değer ise % 0,86 olarak kaydedilmiştir. Tüm değerlerin ortalaması % 0,89 ve standart sapması da % 0,22'dir (Çizelge 4.12).

Elde edilen bu değerlere göre, Tuzla civarından alınan örneklerin Al içeriği, hem Doğankent hem de Karataş'a göre daha düşük değerler vermektedir. Ayrıca standart sapma değerinin yine en düşük Tuzla'da olmasından dolayı Al içeriği bakımından daha düzgün bir dağılıma sahip olduğunu göstermektedir. Doğankent ve Karataş'ın sırası ile 1,01 ve 1,19 olan ortalama değerleri her iki bölgenin Al içeriği bakımından daha zengin olduğuna işaret etmektedir. 0,24'lük standart sapma değeri ile Karataş'ın da Tuzla gibi daha düzgün bir dağılım içerdiğini görülmektedir.

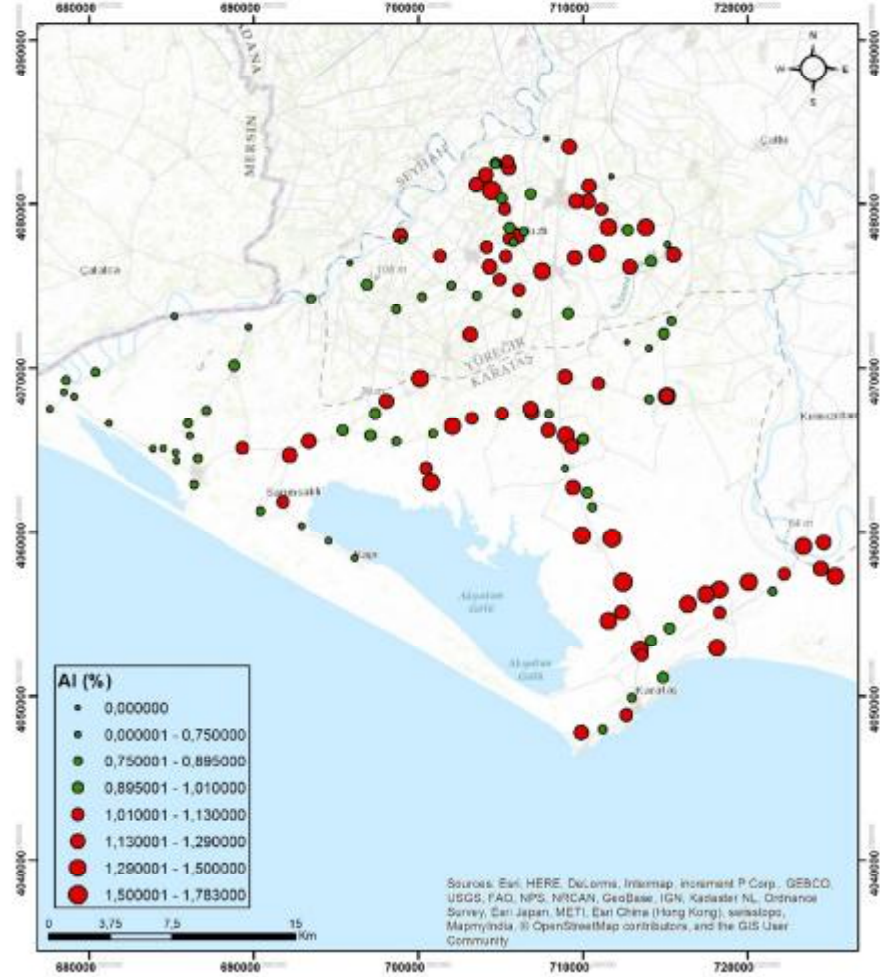
Literatürde Al içeriği bakımından topraklar ile ilgili herhangi bir standart değere rastlanmamıştır. Ancak dünya genelindeki toprakların Al içeriğinin % 1 ile

% 4 arasında değiştiği düşünülürse, çalışma alanı ve civarında Al kaynaklı bir kirliliğin olmadığı tahmin edilmektedir.

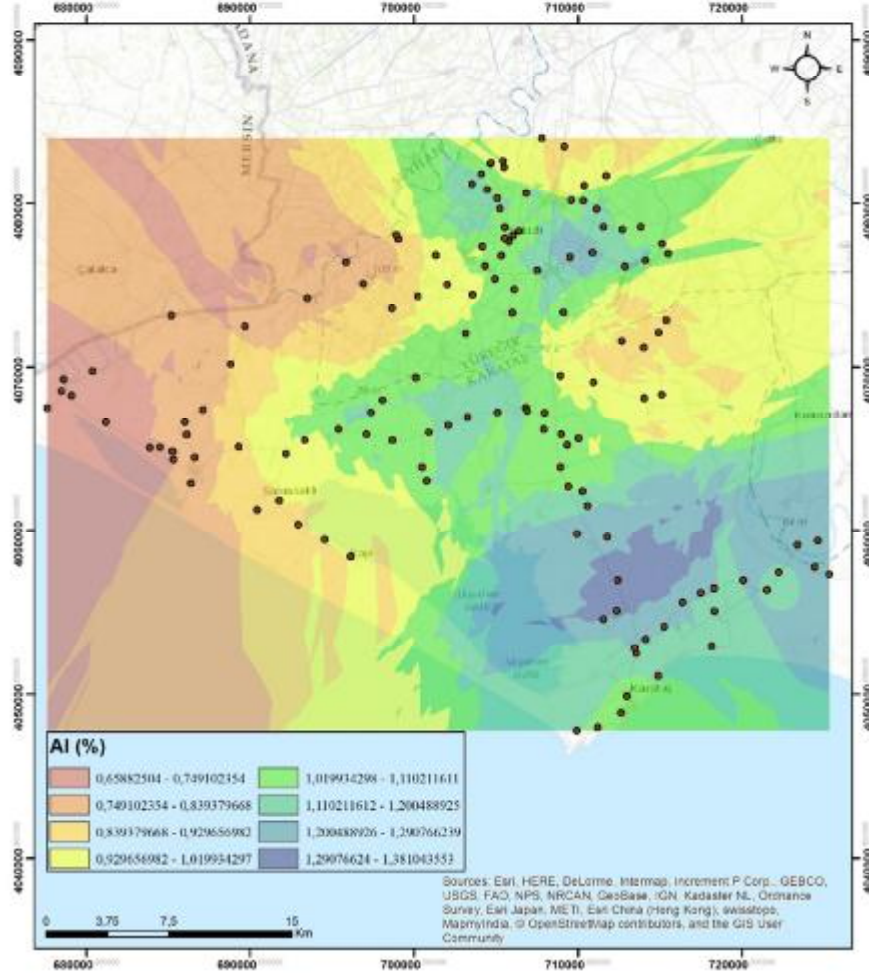


Şekil 4.4. Al elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği.

Aluminyum için CBS haritaları incelendiğinde dağılım haritasındaki açık renkler ile sembol haritasındaki dairelerin rengi ve büyüklükleri göz önüne alındığında, Tuzla'nın diğer iki bölgeye göre hem daha düzenli hem de daha düşük değerler içerdiği anlaşılmaktadır. Doğankent ve Karataş karşılaştırıldığında ise Karataş'ın bir miktar daha homojen bir dağılıma sahip olduğu görülmektedir. Doğankent mahallesinden alınan örnek sayısının fazla olması, iki mahalle arasındaki farkın sebeplerinden birisidir (Şekil 4.5.a ve Şekil 4.5.b).



Şekil 4.5.a. Al elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanmış sembol haritası



Şekil 4.5.b. Al elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanmış dağılım haritası

4.4.3. Manganez (Mn) Analiz Sonuçları

Manganez (Mn) elementinin analiz sonuçlarına göre bölgesel değerleri, ppm cinsinden şu şekilde tespit edilmiştir:

Alınan 64 örnek içerisinde en yüksek değeri 759,1 ppm, en düşük değeri 343 ppm ve ortalama değeri de 583 ppm olarak tespit edilen Doğankent'te, tüm

değerlerin ortalaması 583,27 ppm ve standart sapması da 58,47 ppm olarak ölçülmüştür.

Karataş'tan alınan 29 örnek içerisinde en yüksek değer 843,9 ppm, en düşük değer 312,4 ppm, ortanca değer ise 603 ppm olarak belirlenmiştir. 29 örneğin ortalaması 601,67 ppm ve standart sapması da 104,32 ppm'dir.

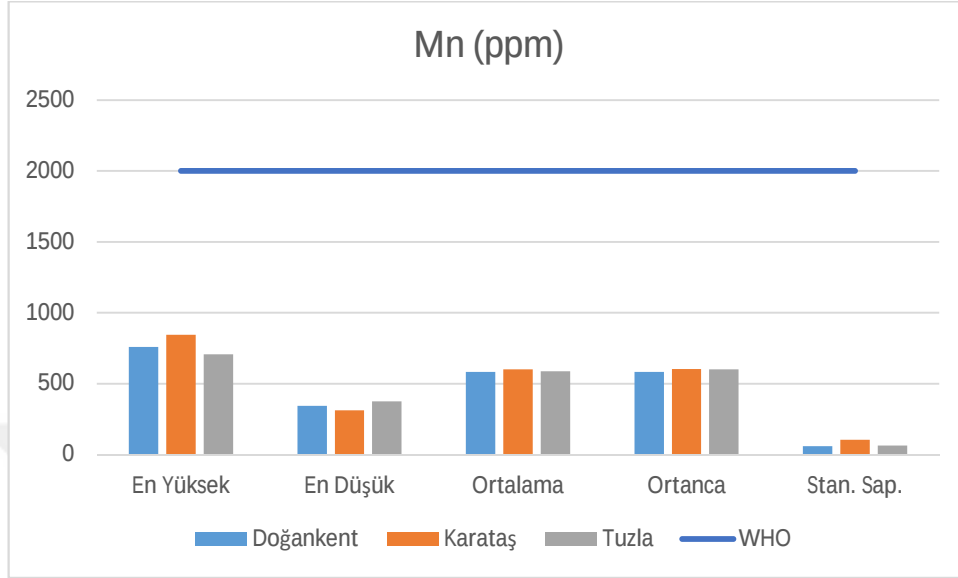
41 örnek toplanmış olan Tuzla'da ise en yüksek değer 708 ppm, en düşük değer 375 ppm, ortanca değer ise 601 ppm olarak kaydedilmiştir. Tüm değerlerin ortalaması 586,34 ppm ve standart sapması da 62,9 ppm'dir (Çizelge 4.13 ve Şekil 4.6).

Çizelge 4.14. Mn elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri.

Arazi	En Yüksek	En Düşük	Ortalama	Ortanca	Stan. Sap.
Doğankent	759,1	343	583,27	583	58,47
Karataş	843,9	312,4	601,67	603	104,32
Tuzla	708	375	586,34	601	62,9

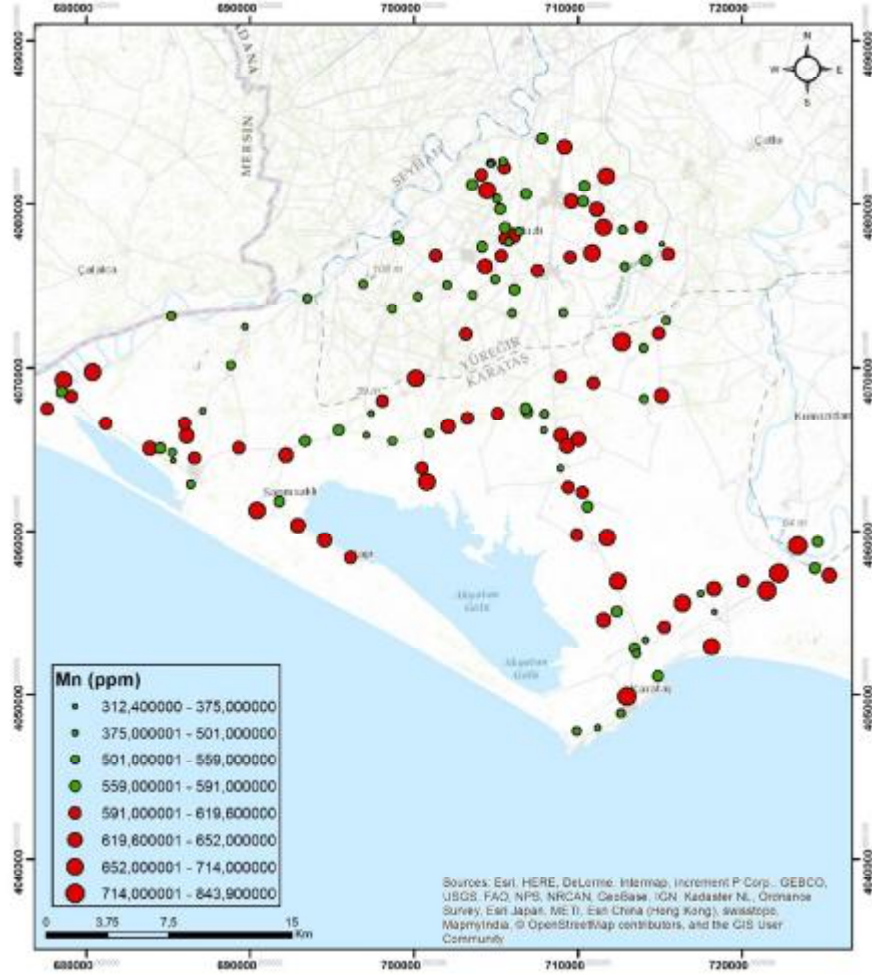
Elde edilen bu değerlere göre, Doğankent ve Tuzla civarından alınan örneklerin Mn içeriği, Karataş'a göre daha düzgün bir dağılım göstermektedir. Doğankent ve Tuzla'nın sırası ile 58,47 ve 62,9 ppm olan standart sapma değerleri ile Karataş'a ait 104,32 ppm'lik değer arasındaki farkın miktarı, buna işaret etmektedir. Ancak ortalamalar göz önüne alındığında, üç bölgenin mangan içeriğinin birbirine yakın olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır (Çizelge 4.13).

Mangan ile ilgili literatürde herhangi bir ülke standart değeri bulunamamıştır. WHO değerlerine göre topraklardaki Mn üst sınırı 2000 ppm olmalıdır (Chiroma ve ark., 2014). Bu değer ile yapılan karşılaştırma sonucuna göre çalışma alanı içerisinde Mn kaynaklı bir kirliliğin olmadığı saptanmıştır.

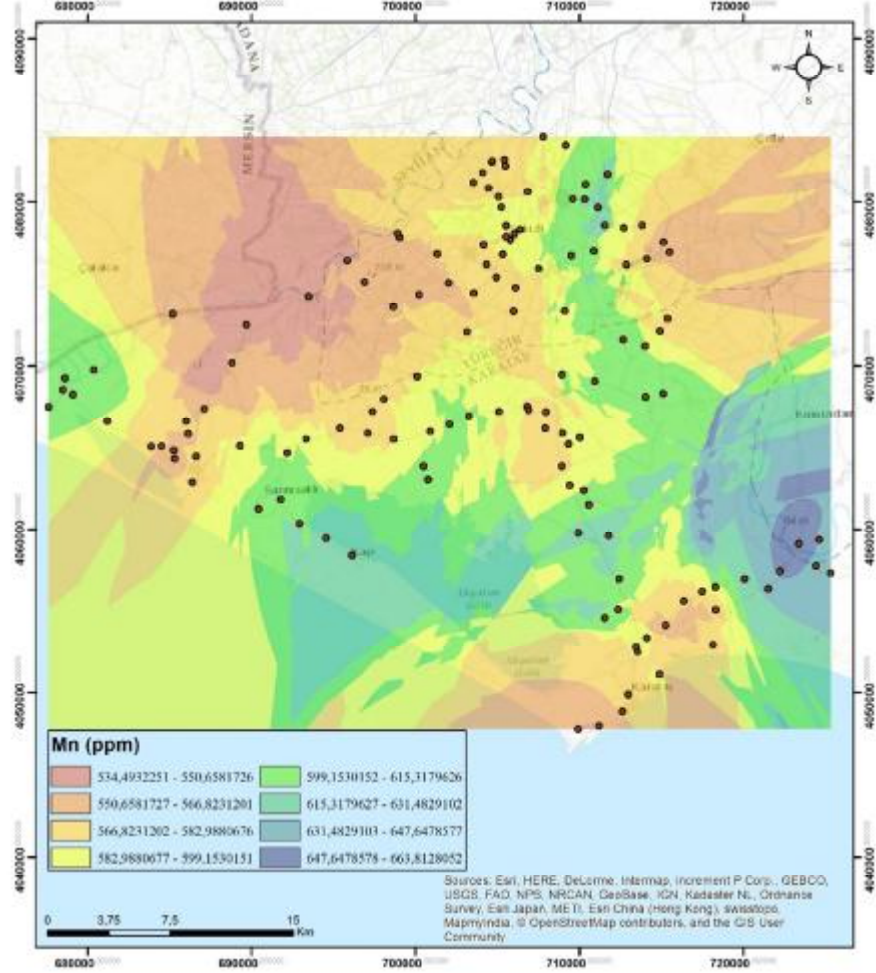


Şekil 4.6. Mn elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği.

Karataş'ın Mn açısından, Doğankent ve Tuzla'ya oranla gösterdiği düzensiz değerler, semboloji ve dağılım haritalarında açıkça görülmektedir. Dağılım haritasında renk skalasına göre Karataş'ta hem düşük hem de yüksek değerler birbirlerine yakın mesafelerde yer almaktadır. Tam tersi şekilde Doğankent ve Tuzla'da daha dengeli bir dağılım dikkat çekmektedir. Benzer şekilde semboloji haritasındaki dairelerin boyutları da benzer bir sonuca ulaşmamızı sağlamaktadır (Şekil 4.7.a ve Şekil 4.7.b).



Şekil 4.7.a. Mn elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanmış sembol haritası



Şekil 4.7.b. Mn elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanmış dağılım haritası

4.4.4. Kurşun (Pb) Analiz Sonuçları

Kurşun (Pb) elementinin analiz sonuçlarına göre bölgesel değerleri, ppm cinsinden şu şekilde tespit edilmiştir:

Doğankent'ten alınan 64 örnek içerisinde en yüksek değer 584 ppm, en düşük değeri 0 ppm olarak saptanmıştır. Ortanca değer 474 ppm, örneklerin ortalaması 185,12 ppm ve standart sapma 227,36 ppm olarak ölçülmüştür.

29 örnek toplanmış olan Karataş'ta en yüksek değer 204 ppm, en düşük değer 0,82 ppm, ortanca değer ise 155 ppm olarak belirlenmiştir. 29 örneğin ortalaması 146,05 ppm ve standart sapması da 49,53 ppm'dir.

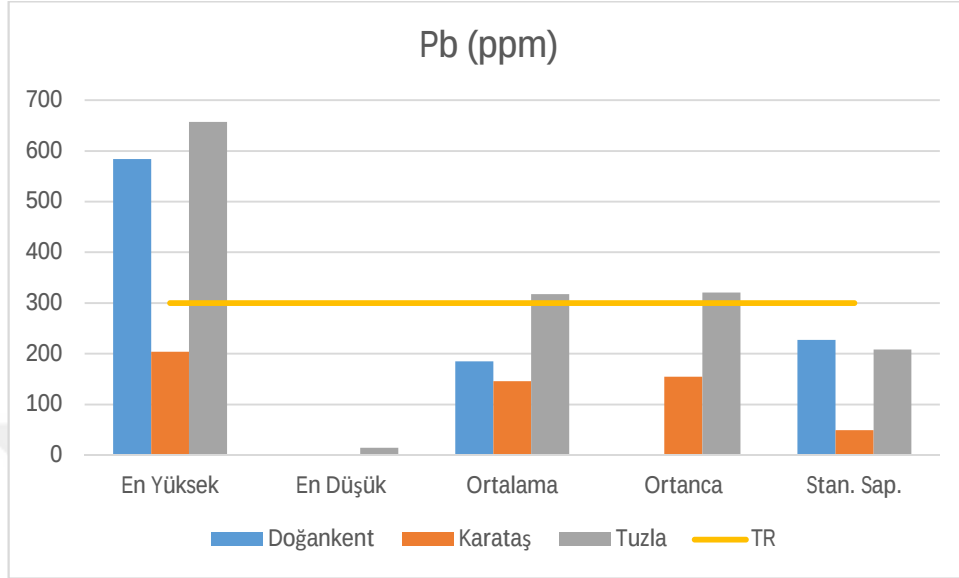
41 örnek alınan Tuzla'da en yüksek değer 657 ppm, en düşük değer 14,3 ppm, ortanca değer ise 321 ppm olarak kaydedilmiştir. Tüm değerlerin ortalaması 317,75 ppm ve standart sapması da 208,36 ppm'dir (Çizelge 4.14 ve Şekil 4.8).

Çizelge 4.15. Pb elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri.

Arazi	En Yüksek	En Düşük	Ortalama	Ortanca	Stan. Sap.
Doğankent	584	0	185,12	474	227,36
Karataş	204	0,82	146,05	155	49,53
Tuzla	657	14,3	317,75	321	208,36

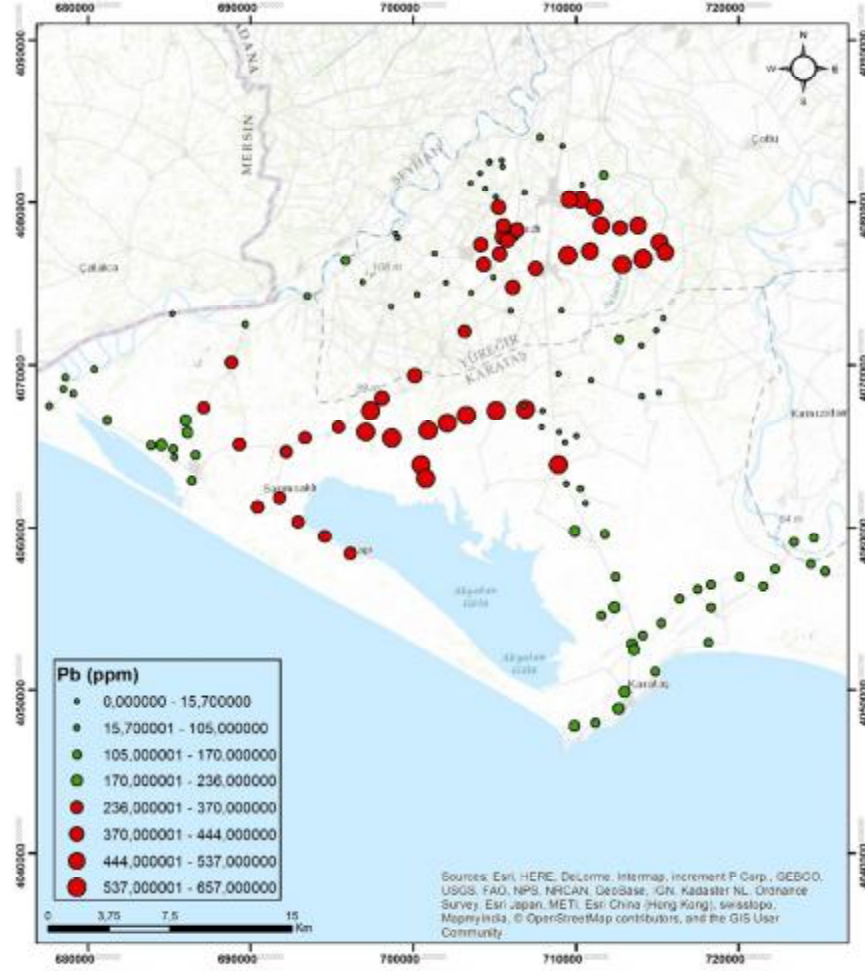
Bu sonuçlara göre, her üç bölgede de Pb'nin dağılımı düzensiz görünmektedir. Doğankent ve Tuzla'da en yüksek ve en düşük değerler arasındaki farkın büyüklüğü, standart sapma değerinin de yüksek olmasına sebep olmuştur. En yüksek değerler göz önüne alındığında, bu iki bölgeye göre daha küçük değere (204 ppm) sahip Karataş'ta standart sapma değeri de düşük kalmıştır.

Her üç bölgenin topraklarının Pb içeriği, baz alınan ülke standartlarının büyük bir çoğunluğunda limit değerlerin üzerinde sonuç vermiştir. Doğankent'te 28 örnek Finlandiya, Fransa ve Almanya, 24 örnek İngiltere ve Türkiye standartlarını aşmıştır (Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3). Karataş'ta ise 26 örnek Finlandiya, Fransa ve Almanya standartlarının üzerinde çıkmış, İngiltere ve Türkiye sınırlarının üzerinde değer veren örneğe rastlanmamıştır (Çizelge 4.6). Tuzla'da 23 örnek İngiltere ve Türkiye, 35 örnek Finlandiya ve 34 örnekte Fransa ve Almanya standartlarının üzerinde sonuç vermiştir (Çizelge 4.8 ve 4.9).

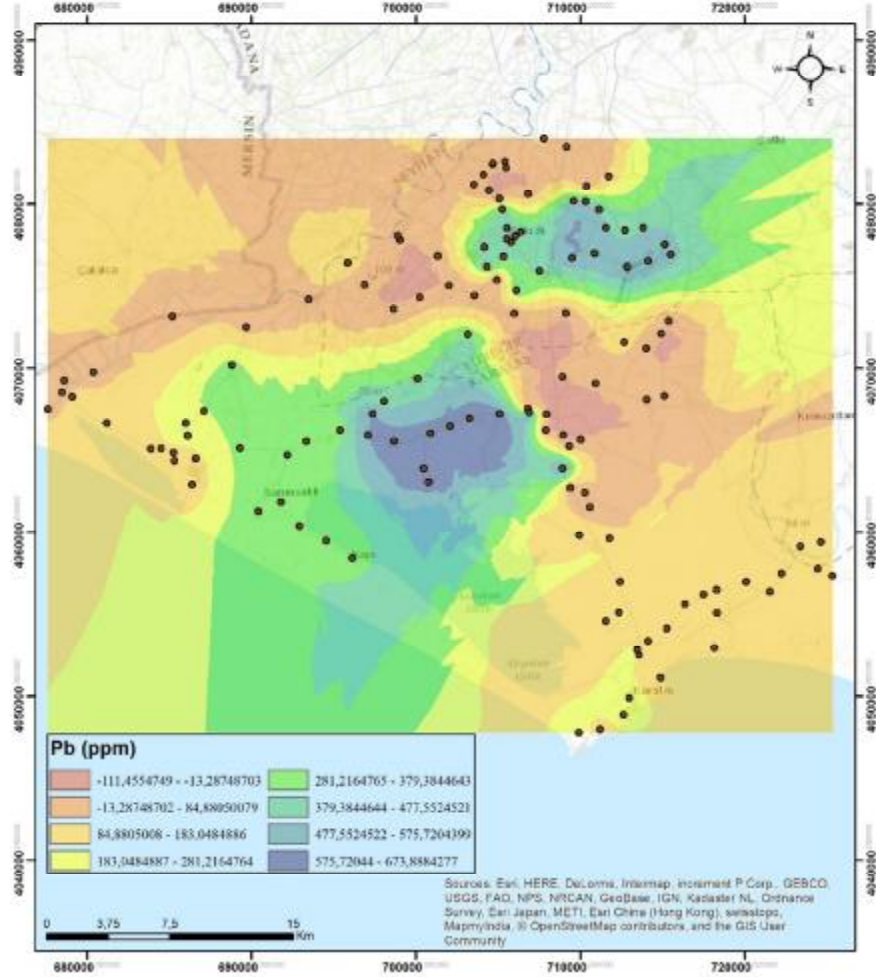


Şekil 4.8. Pb elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği.

Gerek semboloji gerek dağılım haritalarına bakıldığında Pb'nin düzensiz dağılımı açıkça görülmektedir. Tuzla ve Doğan kent'e göre nispeten daha düşük değerler veren Karataş'ta dağılım biraz daha düzgündür. Yine her iki harita özellikle aktif araç trafiğine sahip ana ve arayolların yakın kesimlerinde kurşunun en yüksek değerlere ulaştığını ve aynı zamanda üç bölgenin de ortasında yer alan alanın maksimum değerlere ulaştığını ifade etmektedir (Şekil 4.9.a ve Şekil 4.9.b).



Şekil 4.9.a. Pb elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanmış sembol haritası



Şekil 4.9.b. Pb elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanmış dağılım haritası

4.4.5. Arsenik (As) Analiz Sonuçları

Arsenik (As) elementinin analiz sonuçlarına göre bölgesel değerleri, ppb cinsinden şu şekilde tespit edilmiştir:

Alınan 64 örnek içerisinde en yüksek değer 6220 ppb, en düşük değeri 852 ppb ve ortanca değeri de 3838,5 ppb olarak tespit edilen Doğankent'te, tüm

değerlerin ortalaması 3746,06 ppb ve standart sapması da 761,86 ppb olarak kaydedilmiştir.

Karataş'tan alınan 29 örnek içerisinde en yüksek değer 6172 ppb, en düşük değer 933,1 ppb, ortanca değer ise 2723 ppb olarak belirlenmiştir. 29 örneğin ortalaması 2837 ppb ve standart sapması da 1105,02 ppb'dir.

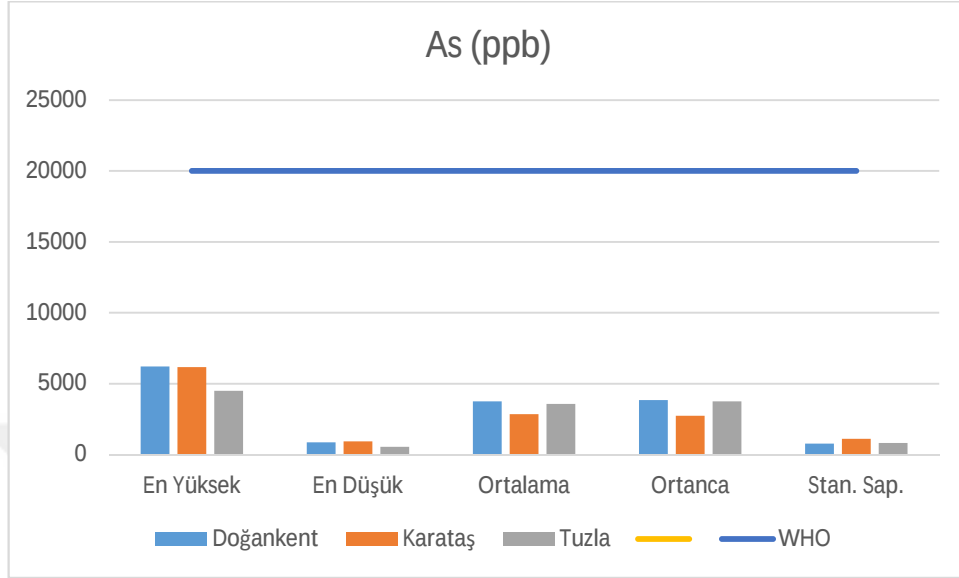
41 örnek toplanmış olan Tuzla'da ise en yüksek değer 4497 ppb, en düşük değer 540,6 ppb, ortanca değer ise 3750 ppb olarak tespit edilmiştir. Tüm değerlerin ortalaması 3566,4 ppb ve standart sapması da 822 ppb'dir (Çizelge 4.15 ve Şekil 4.10).

Çizelge 4.16. As elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri.

Arazi	En Yüksek	En Düşük	Ortalama	Ortanca	Stan. Sap.
Doğankent	6220	852	3746,06	3838,5	761,86
Karataş	6172	933,1	2837,45	2723	1105,02
Tuzla	4497	540,6	3566,4	3750	822

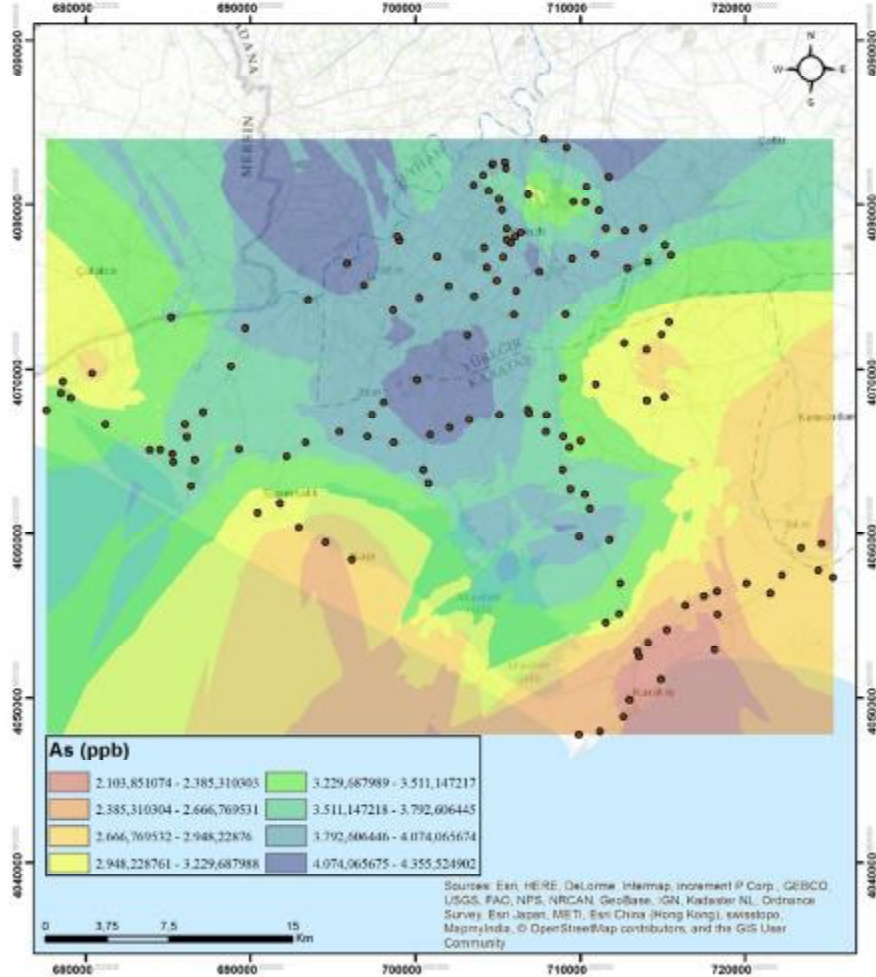
Elde edilen bu değerlere göre, Doğankent ve Tuzla civarından alınan örneklerin sırasıyla 761,86 ve 822 olan standart sapma değerleri, As içeriğinin bu iki merkezde, 1105,02 standart sapma değerine sahip olan Karataş'a göre daha düzgün bir dağılıma sahip olduğuna işaret etmektedir. Ancak üç bölgenin ortalamaları dikkate alındığında, yüksek standart sapma değerine rağmen Karataş'ın arsenik içeriğinin Doğankent ve Tuzla'ya göre daha düşük olduğu görülmektedir. Karataş'tan alınan örnek sayısının daha az olmasına rağmen ortalama değerin düşük olması, Karataş'ın arsenik açısından daha iyi durumda olduğunu göstermektedir.

Arsenik ile ilgili literatürde genel olarak kullanılan herhangi bir ülke standart değeri bulunamamıştır. WHO limit değerleri ise 20000 ppb değerine karşılık gelmektedir (Chiroma ve ark., 2014). Bu değer ile yapılan karşılaştırma, çalışma alanı ve içerisinde As kaynaklı bir kirliliğin mevcut olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.10. As elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği.

İstatistik tablolarının da gösterdiği gibi dağılım ve semboloji haritalarında da As elementinin dağılımının düzensiz olduğu net bir şekilde görülmektedir. Yine benzer şekilde haritalar, Karataş'ın arsenik içeriğinin, diğer iki bölgeye göre daha düşük kaldığını da göstermektedir. Kurşunda olduğu gibi, üç bölgenin ortasında bulunan alanda arsenik miktarının tahmini olarak yüksek olabileceği düşünülmektedir (Şekil 4.11.a ve Şekil 4.11.b).



Şekil 4.11.b. As elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanmış dağılım haritası

4.4.6. Civa (Hg) Analiz Sonuçları

Civa (Hg) elementinin analiz sonuçlarına göre bölgesel değerleri ppb cinsinden şu şekilde tespit edilmiştir:

Doğankent'ten toplanan 64 örnek içerisinde en yüksek değer 339 ppb'dir. En düşük değer 0 ppb olarak ölçülmüştür ancak bunun sebebi bazı örneklerin Hg içeriğinin A.A.S. cihazının deteksiyon limitinin altında kalmasıdır. Ortanca değer

de 76,5 ppb olarak ölçülmüştür. Tüm değerlerin ortalaması 99,7 ppb, standart sapması değeri ise 77,73 ppb'dir.

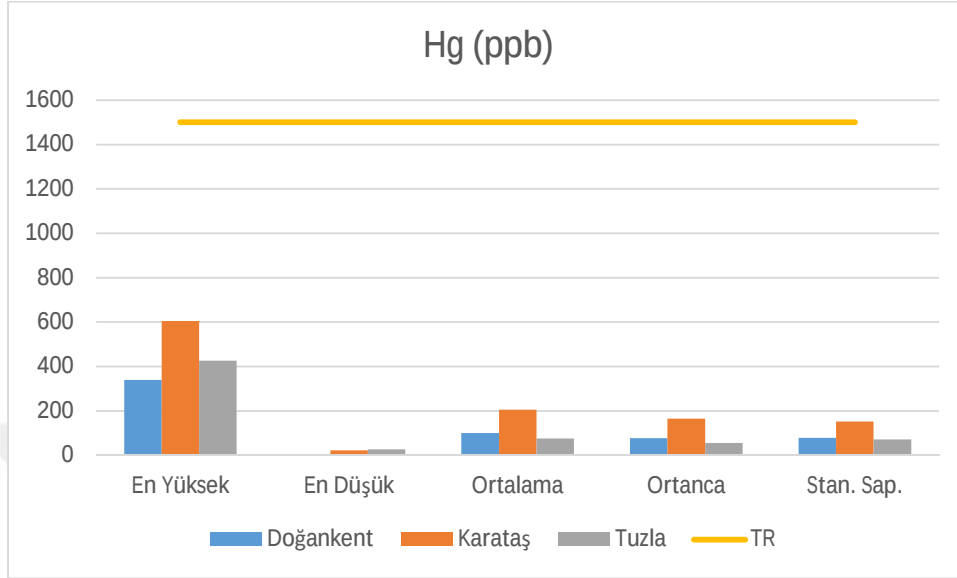
Karataş'tan alınan 29 örnek içerisinde en yüksek değer 605,4 ppb, en düşük değer 21,3 ppb ve ortanca değer de 76,5 ppb olarak belirlenmiştir. 29 örneğin ortalaması 99,37 ppb'dir. Standart sapma ise 77,73 ppb olarak hesaplanmıştır.

Tuzla'dan alınan 41 örnek içerisinde en yüksek değer 426 ppb, en düşük değer 26,3 ppb ve ortanca değer de 54,6 ppb olarak kaydedilmiştir. Tüm değerlerin ortalaması 75,31 ppb ve standart sapması da 71,15 ppb'dir (Çizelge 4.16 ve Şekil 4.12)

Çizelge 4.17. Hg elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri.

Arazi	En Yüksek	En Düşük	Ortalama	Ortanca	Stan. Sap.
Doğankent	339	0	99,37	76,5	77,73
Karataş	605,4	21,4	204,76	164,4	151,7
Tuzla	426	26,3	75,31	54,6	71,15

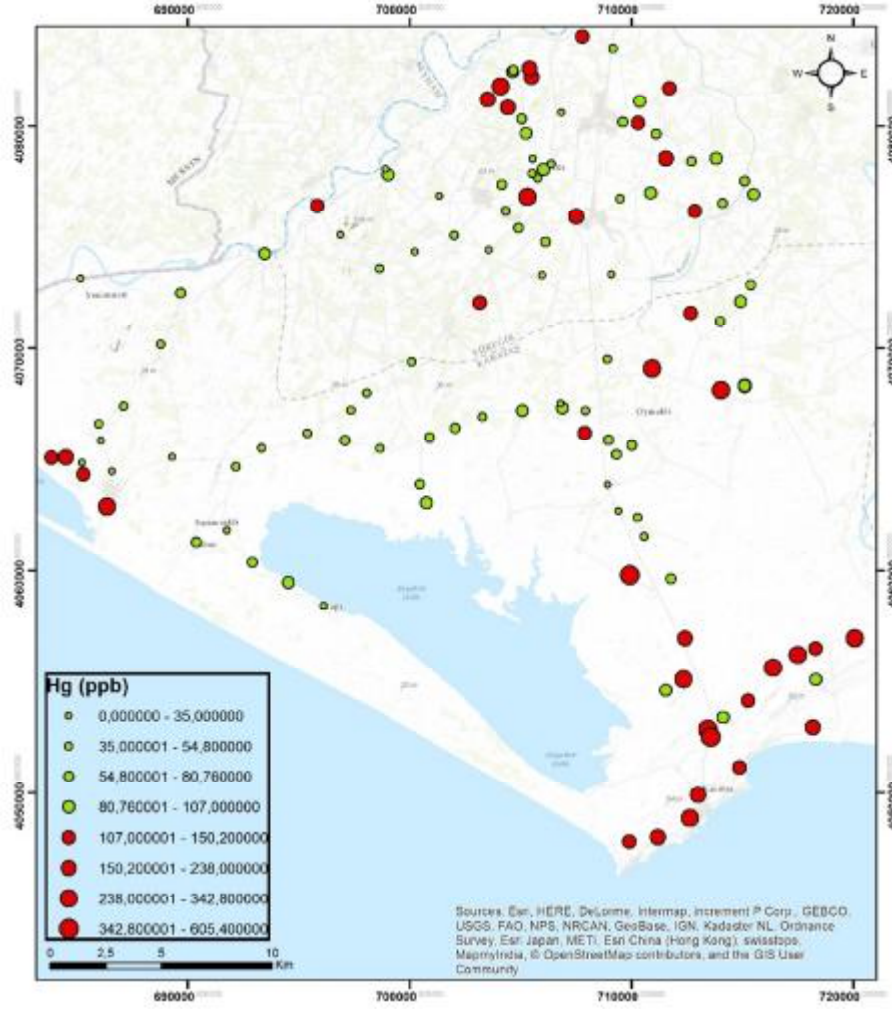
Doğankent ve Tuzla civarından alınan örneklerin Hg içeriği, Karataş'a göre daha düzgün bir dağılım göstermektedir. Doğankent ve Tuzla'nın sırası ile 77,73 ve 71,15 ppb olan standart sapma değerleri ile Karataş'a ait 151,7 ppb'lik değeri karşılaştırıldığında ortaya çıkan fark bu sonuca işaret etmektedir. Benzer şekilde üç bölgenin Hg içeriği ortalamaları incelendiğinde Karataş'ın diğer iki bölgeye göre çok yüksek bir ortalamaya sahip olduğu görülmektedir.



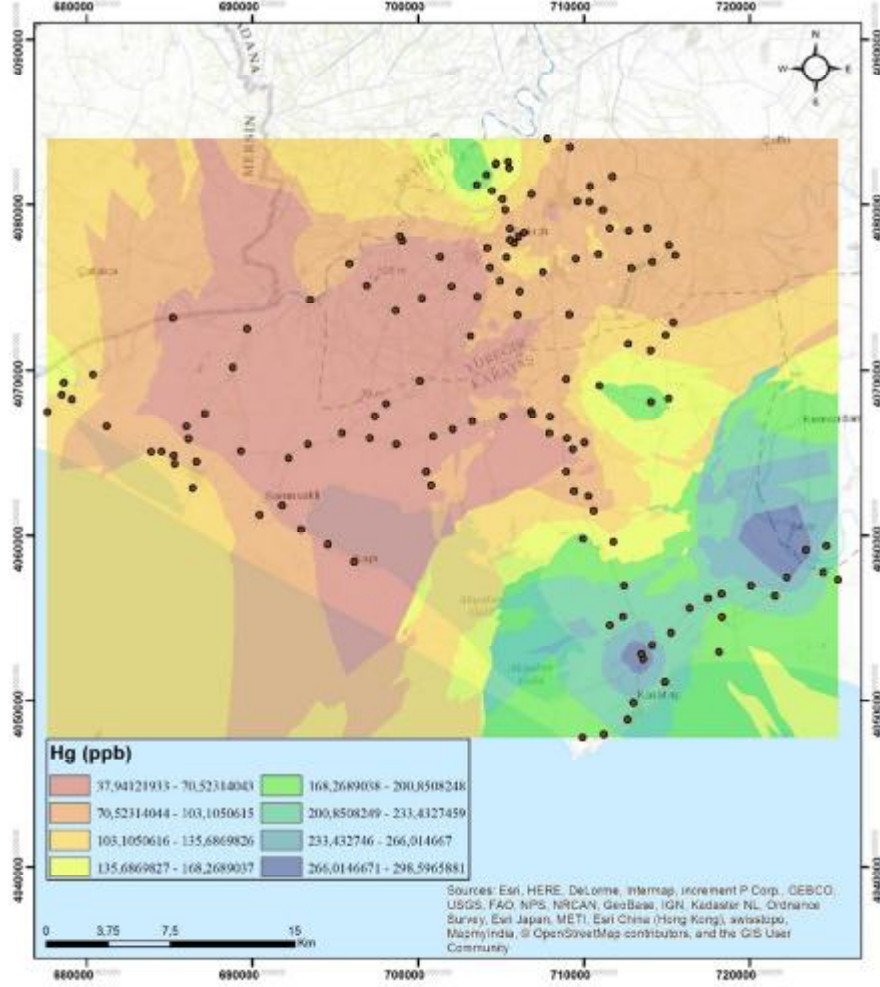
Şekil 4.12. Hg elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği.

Elde edilen bu analiz sonuçları seçilen ülke standartları ile karşılaştırıldığında, Doğankent'te 3 örnek (Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3), Tuzla'da 1 örnek (Çizelge 4.8 ve 4.9) ve Karataş'ta 11 örnek (Çizelge 4.6) Finlandiya standartlarının üstünde çıkmış, geri kalan tüm örnekler, her üç bölgede tüm ülke standartlarının altında sonuç vermiştir (Çizelge 4.1.). Bu sebeple çalışma alanında civa kaynaklı bir kirlilikten söz etmek mümkün değildir.

Dağılım ve semboloji haritası incelendiğinde, kurşun ve arsenik'in aksine civanın üç bölgenin ortalarında tahmini miktarının azaldığı, özellikle çalışma alanının en dış sınırlarında yüksek değerlere ulaştığı net bir şekilde görülmektedir. Ayrıca Karataş'ın civa içeriğinin diğer iki bölgeye oranla daha yüksek olduğu açıkça görülmektedir. Tuzla ve Doğankent'te ise birbirine yakın değerler bulunmaktadır (Şekil 4.13.a ve Şekil 4.13.b).



Şekil 4.13.a. Hg elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanmış sembol haritası



Şekil 4.13.b. Hg elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanmış dağılım haritası

4.4.7. Kadmiyum (Cd) Analiz Sonuçları

Kadmiyum (Cd) elementinin analiz sonuçlarına bölgesel değerleri, ppm cinsinden şu şekilde tespit edilmiştir:

Toplanan 64 örnek içerisinde en yüksek değeri 10,7 ppm, en düşük değeri 0 ppm ve ortanca değeri 7,24 ppm olarak tespit edilen Karataş'ta, tüm değerlerin ortalaması 6,92 ppm ve standart sapması da 2,51 ppm olarak ölçülmüştür.

Karataş'tan alınan 29 örnek içerisinde en yüksek değer 7,21 ppm, en düşük değer dedeksiyon limitinin altında kalarak 0 ppm, ortanca değer ise 6,61 ppm olarak belirlenmiştir. 29 örneğin ortalaması 0,71 ppm ve standart sapması da 2,1 ppm'dir.

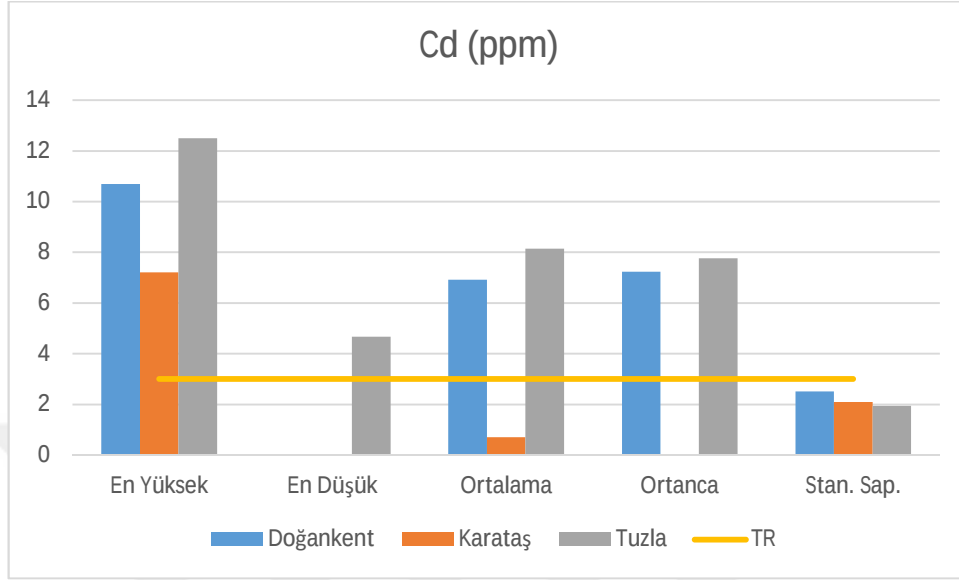
41 örnek toplanmış olan Tuzla'da ise en yüksek değer 12,5 ppm, en düşük değer 4,6 ppm, ortanca değer ise 7,76 ppm olarak kaydedilmiştir. Tüm değerlerin ortalaması 8,15 ppm ve standart sapması da 1,95 ppm'dir (Çizelge 4.17 ve Şekil 4.14).

Çizelge 4.18. Cd elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri.

Arazi	En Yüksek	En Düşük	Ortalama	Ortanca	Stan. Sap.
Doğankent	10,7	0	6,92	7,24	2,51
Karataş	7,21	0	0,71	0	2,1
Tuzla	12,5	4,67	8,15	7,76	1,95

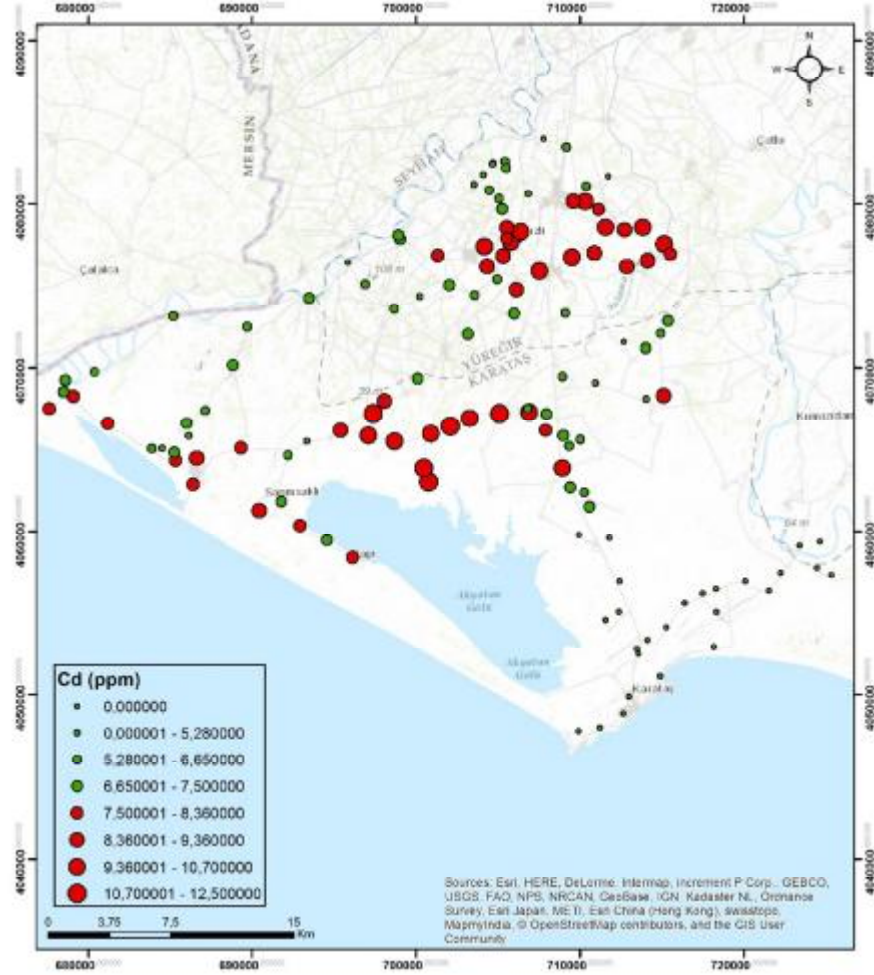
Doğankent ve civarından alınan 64 örnekten sadece 4'ü dedeksiyon limit değerinin altında kalmış, diğer tüm örnekler seçilen tüm ülke standartlarının çok üzerinde çıkmıştır (Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3). Tuzla'dan alınan 41 örneğin tümü, beş ülke standardının çok üzerinde sonuç vermiştir (Çizelge 4.8 ve 4.9). Karataş'ta ise tam tersine bir durum söz konusudur. Alınan örneklerin yalnızca 3 tanesinde kadmiyum değerleri çok yüksek çıkmış, geri kalan örneklerde dedeksiyon limit değerlerinin altında kalmıştır (Çizelge 4.6).

Elde edilen bu değerlere göre, Doğankent ve Tuzla civarında çok ciddi bir kadmiyum kirliliği gözlenmektedir. Her iki bölgenin ortalama değerlerinin sırası ile 6,92 ve 8,15 ppm çıkması durumun ciddiyetini açık bir şekilde göstermektedir.

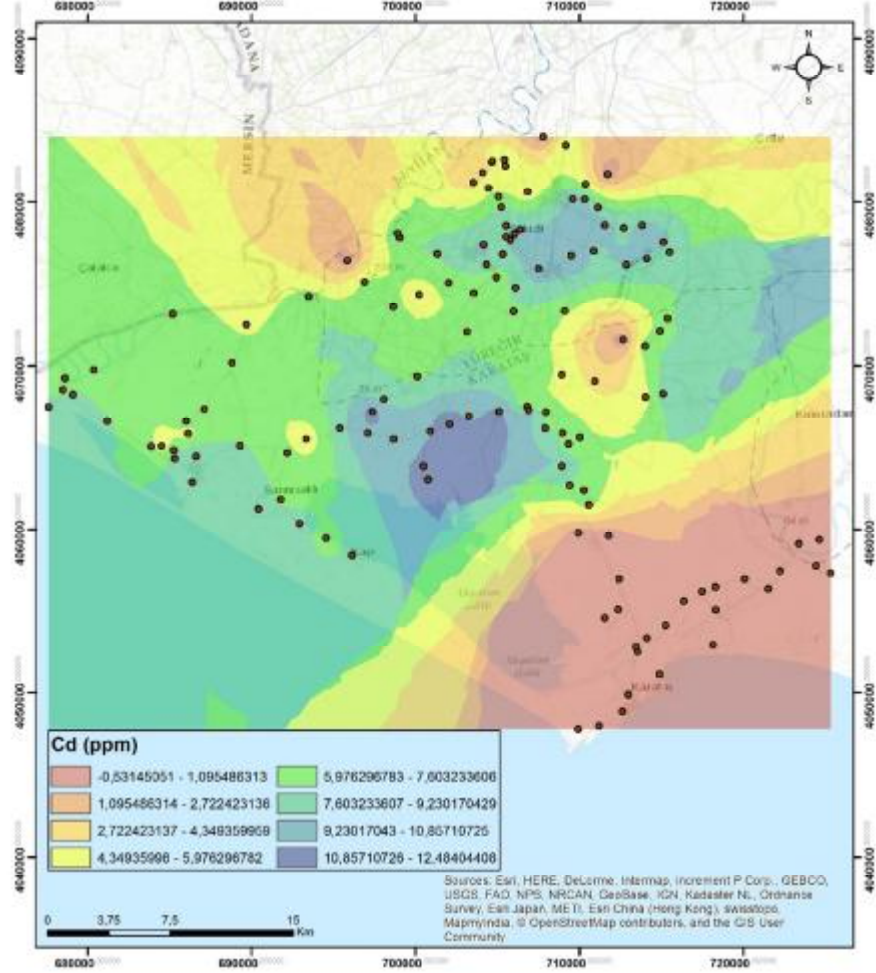


Şekil 4.14. Cd elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği.

Kadmiyum için hazırlanan semboloji ve dağılım haritaları, Cd element değerlerinin Karataş'tan itibaren K-KB yönünde ciddi bir oranda arttığını göstermektedir. Yine haritalar Doğankent ve Tuzla'da Cd dağılımının dengeli olmadığını ancak Karataş'ta tam tersi bir şekilde homojen bir yapı mevcudiyetini ifade etmektedir (Şekil 4.15.a ve Şekil 4.15b).



Şekil 4.15.a. Cd elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanmış sembol haritası



Şekil 4.15.b. Cd elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanmış dağılım haritası

4.4.8. Krom (Cr) Analiz Sonuçları

Krom (Cr) elementinin analiz sonuçlarına bölgesel değerleri, ppm cinsinden şu şekilde tespit edilmiştir:

Alınan 64 örnek içerisinde en yüksek değeri 187 ppm, en düşük değeri 53,53 ppm ve ortanca değeri de 133 ppm olarak ölçülen Doğankent'te, tüm

değerlerin ortalaması 130,73 ppm ve standart sapması da 31,9 ppm olarak saptanmıştır.

29 örnek toplanan Karataş'ta en yüksek değer 153 ppm, en düşük değer 20,97 ppm ve ortanca değer de 63,14 ppm olarak belirlenmiştir. 29 örneğin ortalaması 64,75 ppm ve standart sapması ise 32,4 ppm olarak hesaplanmıştır.

Tuzla'da ise alınan 41 örnek içerisinde en yüksek değer 186 ppm, en düşük değer 130 ppm, ortanca değer ise 156 ppm olarak kaydedilmiştir. Tüm değerlerin ortalaması 156,14 ppm ve standart sapması da 12,6 ppm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.18 ve Şekil 4.16).

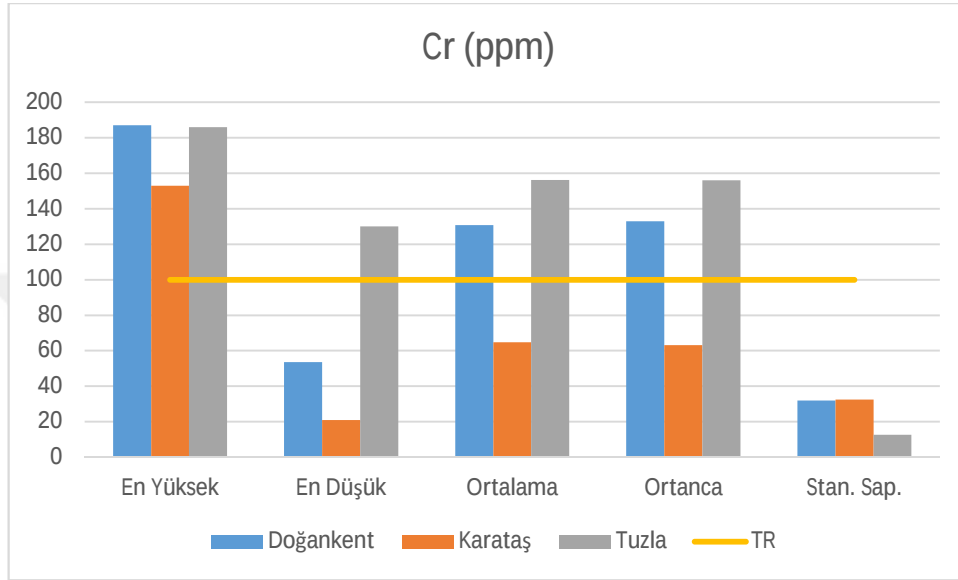
Çizelge 4.19. Cr elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri.

Arazi	En Yüksek	En Düşük	Ortalama	Ortanca	Stan. Sap.
Doğankent	187	53,53	130,73	133	31,9
Karataş	153	20,97	64,75	63,14	32,4
Tuzla	186	130	156,14	156	12,6

Bu sonuçlara göre, Doğankent ve Tuzla civarından alınan örneklerin krom içeriğinin, Karataş'a göre daha yüksek bir seviyede olduğu görülmektedir. Tuzla'nın 12,6 ppm'lik standart sapma değeri, Tuzla ve civarının, krom içeriği açısından daha normal bir dağılıma sahip olduğuna işaret etmektedir. Ancak ortalamalar göz önüne alındığında, Tuzla'nın krom açısından en yüksek değere sahip olduğunu, Karataş'ın ise diğer iki bölgeye göre çok daha düşük krom içerdiği görülmektedir (Çizelge 4.18).

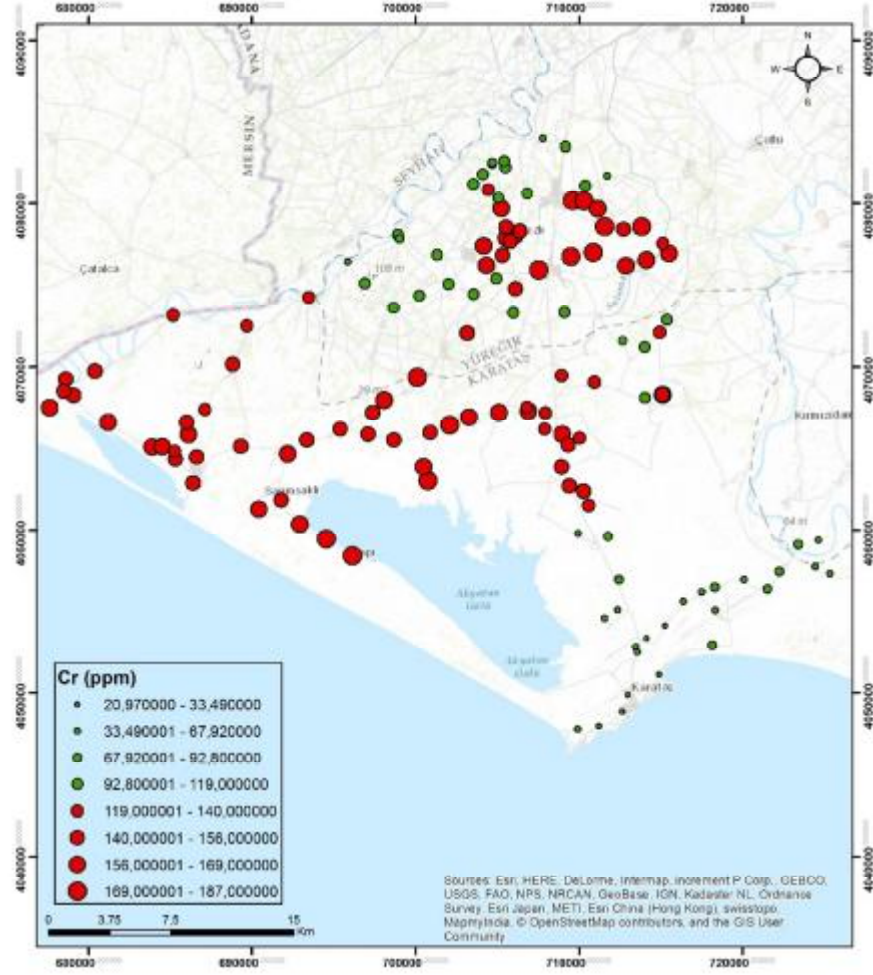
Her üç bölgenin topraklarının Cr içeriği ülke standartları ile karşılaştırıldığında, Doğankent'te 56 örnek (Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3), Tuzla'da ise 41 örnek Türkiye ve Almanya standartlarının üzerinde çıkmıştır (Çizelge 4.8 ve 4.9). Yine Doğankent'te 23 örnek (Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3), Tuzla'da ise 31 örnek Fransa limitlerini aşmıştır (Çizelge 4.8 ve 4.9). Karataş örneklerinde ise yalnızca 3 örnek Türkiye ve Almanya, 1 örnek ise Fransa limitlerinin üzerinde

sonuç vermiştir (Çizelge 4.6). Ancak tüm çalışma alanında Finlandiya standartlarını aşan krom değerleri tespit edilmemiştir.



Şekil 4.16. Cr elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği.

Tuzla'nın krom içeriğinin Doğankent ve özellikle de Karataş'a oranla daha düzgün bir dağılıma sahip olduğu hem semboloji hem de dağılım haritasında açıkça görülmektedir. Yine benzer şekilde haritalar, en yüksek krom değerlerinin Tuzla'da bulunduğunu işaret etmektedir. En düşük değerlere sahip Karataş ile daha yüksek değerlere sahip Doğankent arasında, düşük ve yüksek değerler açısından ters ancak dağılım açısından benzer homojen olmayan yapı dikkat çekmektedir (Şekil 4.17.a ve Şekil 4.17.b).



Şekil 4.17.a. Cr elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanmış sembol haritası

değerlerin ortalaması 32,04 ppm ve standart sapma da 6,51 ppm olarak ölçülmüştür.

29 örnek toplanan Karataş'ta ise en yüksek değer 59,82 ppm, en düşük değer 19,23 ppm ve ortanca değer de 34,46 ppm olarak belirlenmiştir. 29 örneğin ortalaması 34,92 ppm ve standart sapması da 9,28 ppm'dir.

41 örnek toplanmış olan Tuzla'da en yüksek değer 46 ppm, en düşük değer 11,2 ppm olarak ölçülmüş, ortanca değer ise 31,3 ppm olarak kaydedilmiştir. 41 örneğin ortalaması 32,02 ppm ve standart sapma da 5,79 ppm'dir (Çizelge 4.19 ve Şekil 4.18).

Çizelge 4.20. Co elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri.

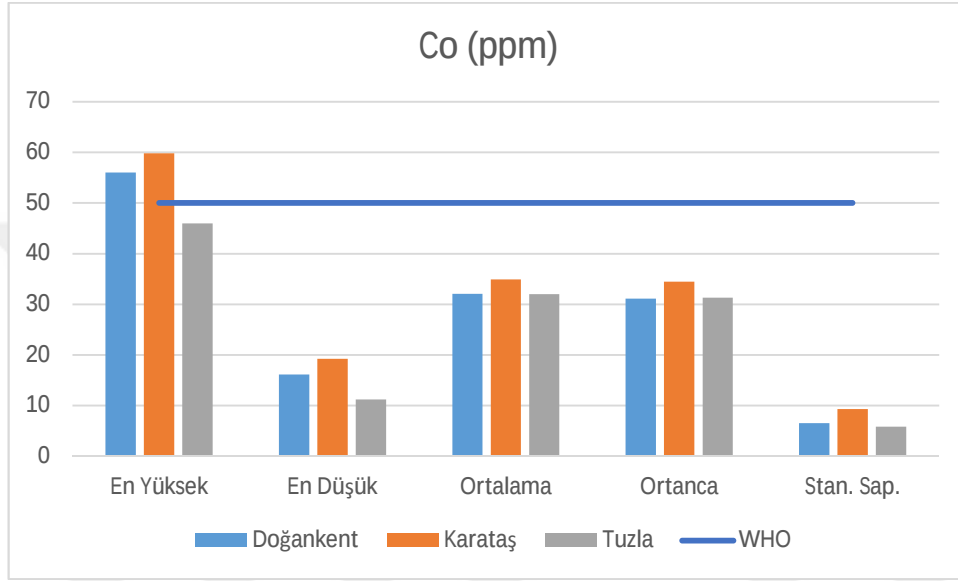
Arazi	En Yüksek	En Düşük	Ortalama	Ortanca	Stan. Sap.
Doğankent	56	16,1	32,04	31,1	6,51
Karataş	59,82	19,23	34,92	34,46	9,28
Tuzla	46	11,2	32,02	31,3	5,79

Bu sonuçlara göre, Doğankent ve Tuzla civarından alınan toprak örneklerinin kobalt içeriği, Karataş'a göre daha düzgün bir dağılım göstermektedir. Doğankent ve Tuzla'nın sırası ile 6,51 ve 5,79 ppm olan standart sapma değerleri ile Karataş'a ait 9,28 ppm'lik değer arasındaki fark, bu sonuca ulaştırmaktadır. Ortalama değerler incelediğinde, üç bölgenin kobalt içeriğinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

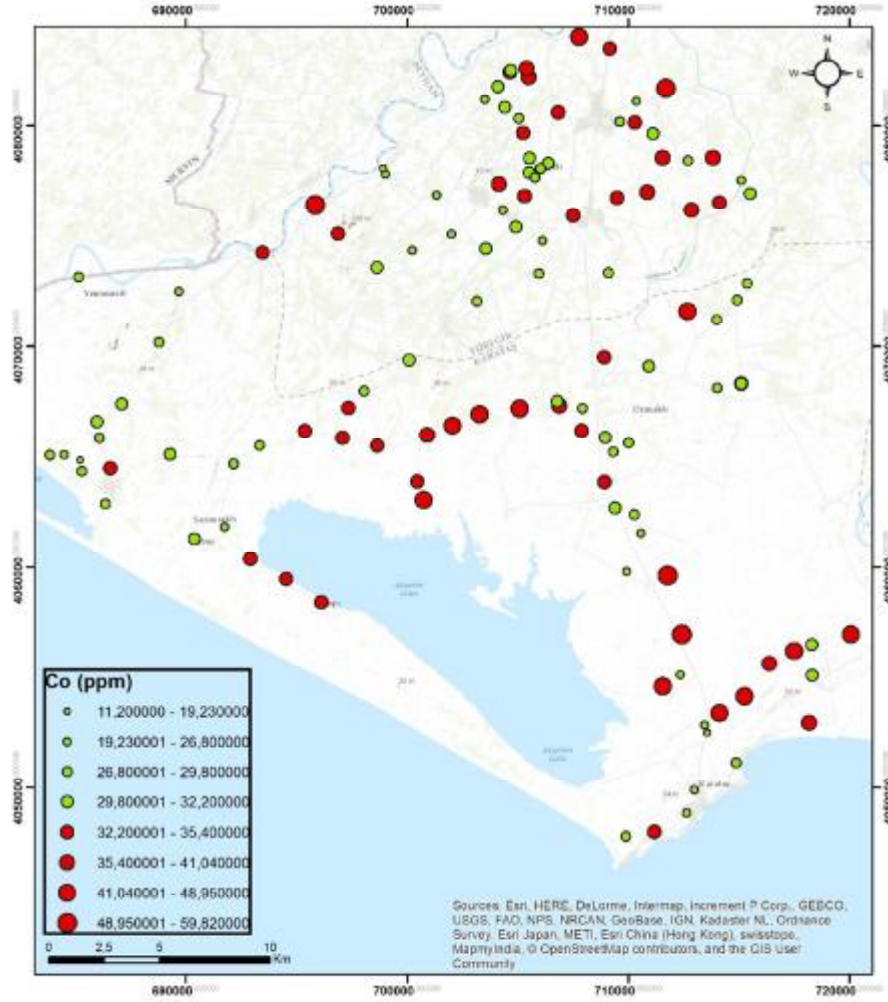
Kobalt ile ilgili literatürde herhangi bir ülke standart değeri bulunamamıştır. WHO verilerine göre topraklardaki limit Co değeri 50 ppm olmalıdır (Chiroma ve ark., 2014). Bu değer ile yapılan karşılaştırma, Doğankent'te bir, Karataş'ta ise 2 örneğin WHO standart değerini aştığını göstermektedir. Buna göre, çalışma alanı içerisinde kobalt kaynaklı bir kirliliğin olmadığı saptanmıştır.

Kobalt'ın semboloji ve dağılım haritaları, her üç bölgenin çok düzensiz bir dağılıma sahip olduğunu ancak içerik bakımından Karataş'ın bir miktar daha

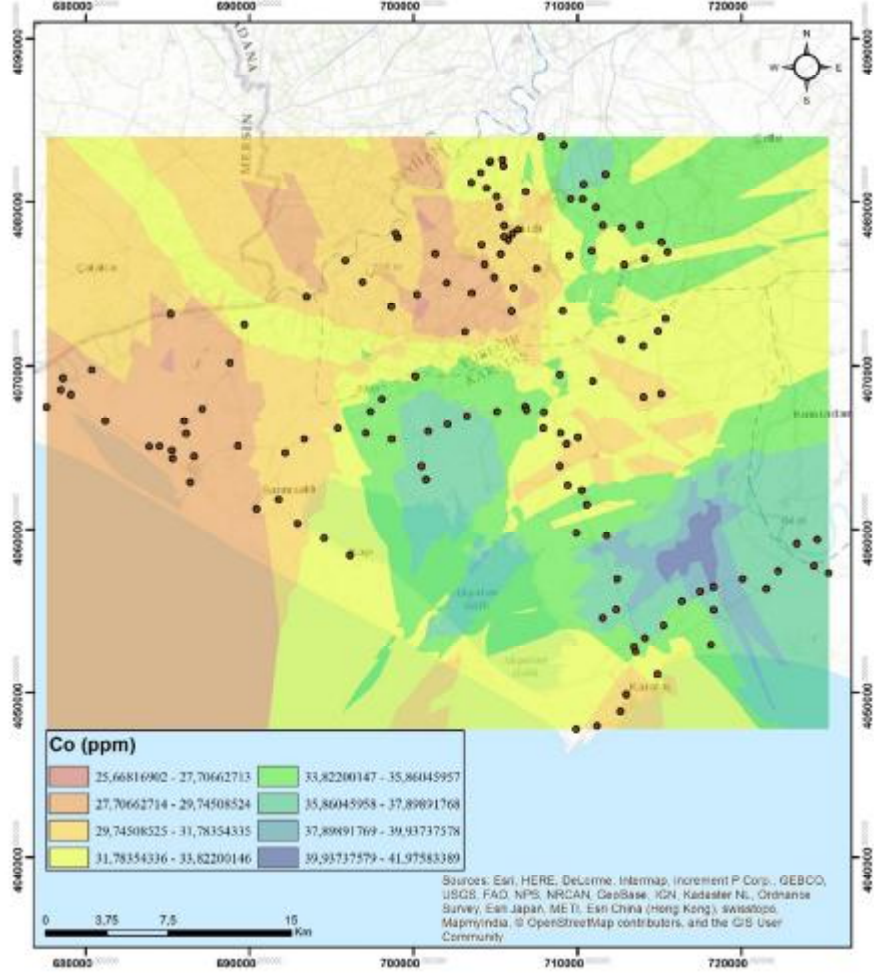
yüksek değerler verdiğini işaret etmektedir. Buna rağmen, haritalar genel olarak incelendiğinde her her üç bölgede birbirine yakın kobalt değerleri olduğu görülmektedir.



Şekil 4.18. Co elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği.



Şekil 4.19.a. Co elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanmış dağılım haritası



Şekil 4.19.b. Co elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanmış dağılım haritası

4.4.10. Çinko (Zn) Analiz Sonuçları

Çinko (Zn) elementinin analiz sonuçlarına bölgesel değerleri, ppm cinsinden şu şekilde analiz edilmiştir:

64 örnek toplanan Doğankent'te en yüksek değeri 211 ppm, en düşük değeri 34,8 ppm ve ortanca değeri de 62,25 ppm olarak tespit edilmiş, tüm

değerlerin ortalaması 66,75 ppm ve standart sapması da 50,61 ppm olarak ölçülmüştür.

Karataş'tan alınan 29 örnek içerisinde en yüksek değer 167,3 ppm, en düşük değer 50,68 ppm, ortanca değer ise 61,85 ppm olarak hesaplanmıştır. 29 örneğin ortalaması 66,36 ppm ve standart sapması da 20,77 ppm'dir.

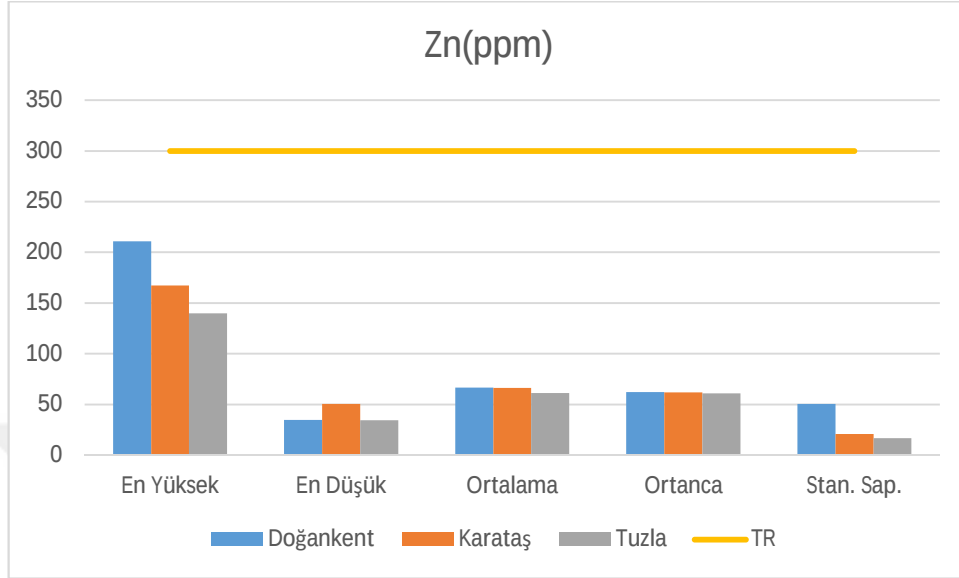
Tuzla'da ise 41 örnek içerisinde en yüksek değer 140 ppm, en düşük değer 34,3 ppm, ortanca değer ise 60,8 ppm olarak kaydedilmiştir. Tüm değerlerin ortalaması 61,18 ppm ve standart sapması da 16,81 ppm'dir (Çizelge 4.20 ve Şekil 4.20).

Çizelge 4.21. Zn elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri.

Arazi	En Yüksek	En Düşük	Ortalama	Ortanca	Stan. Sap.
Doğankent	211	34,8	66,75	62,25	50,61
Karataş	167,3	50,68	66,36	61,85	20,77
Tuzla	140	34,3	61,18	60,8	16,81

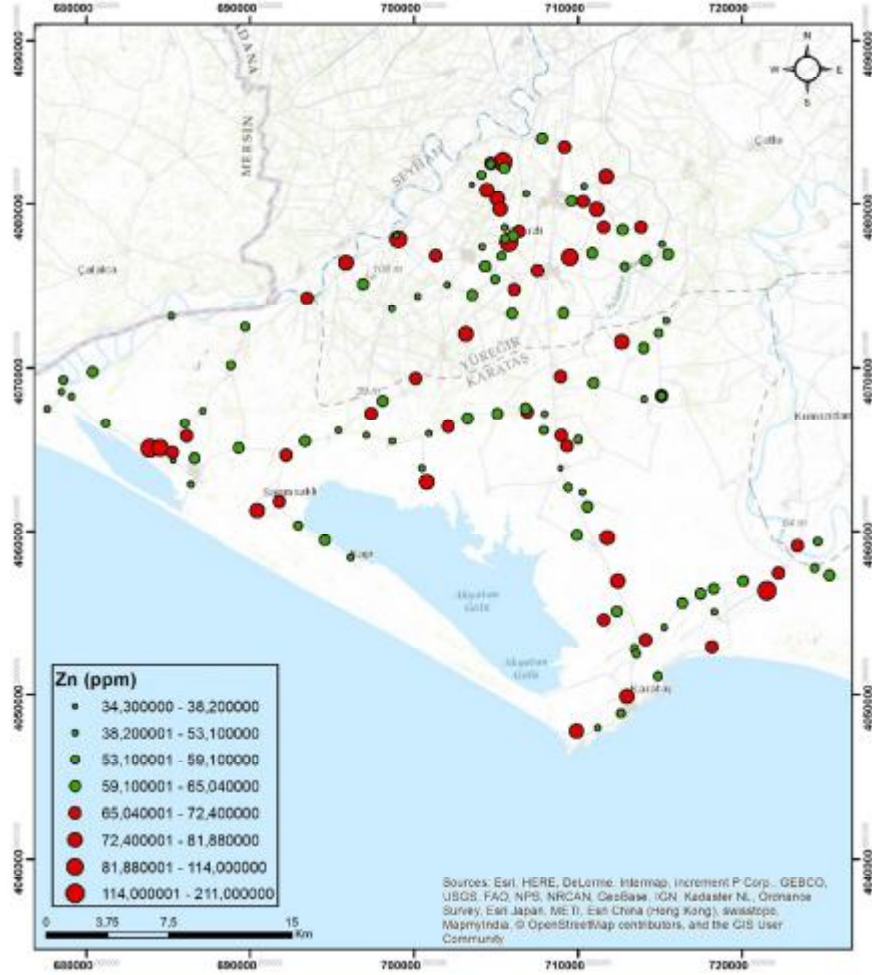
Elde edilen bu değerlere göre, Karataş ve Tuzla civarından alınan örneklerin Zn içeriği, Doğankent'e göre daha orantılı bir dağılım göstermektedir. Sırası ile 20,77 ve 16,81 ppm olan Karataş ve Tuzla standart sapma değerleri ile Doğankent örneklerinin 50,61 ppm'lik standart sapma değeri arasındaki fark bunu ortaya koymaktadır. Ayrıca üç bölgenin en yüksek ve en düşük değerleri incelendiğinde yine benzer bir sonuç ortaya çıkmaktadır.

Her üç bölgenin toprak örneklerinin neredeyse tamamı seçilen ülke limit değerlerin altında bulunmuştur. Doğankent'te 1 örnek Finlandiya ve Almanya (Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3), Karataş'ta yine 1 örnek Finlandiya standartlarının üzerinde çıkmıştır (Çizelge 4.6). Bu sebeple çalışma alanı ve civarında çinko kaynaklı bir kirlilikten söz etmek mümkün değildir (Çizelge 4.1).

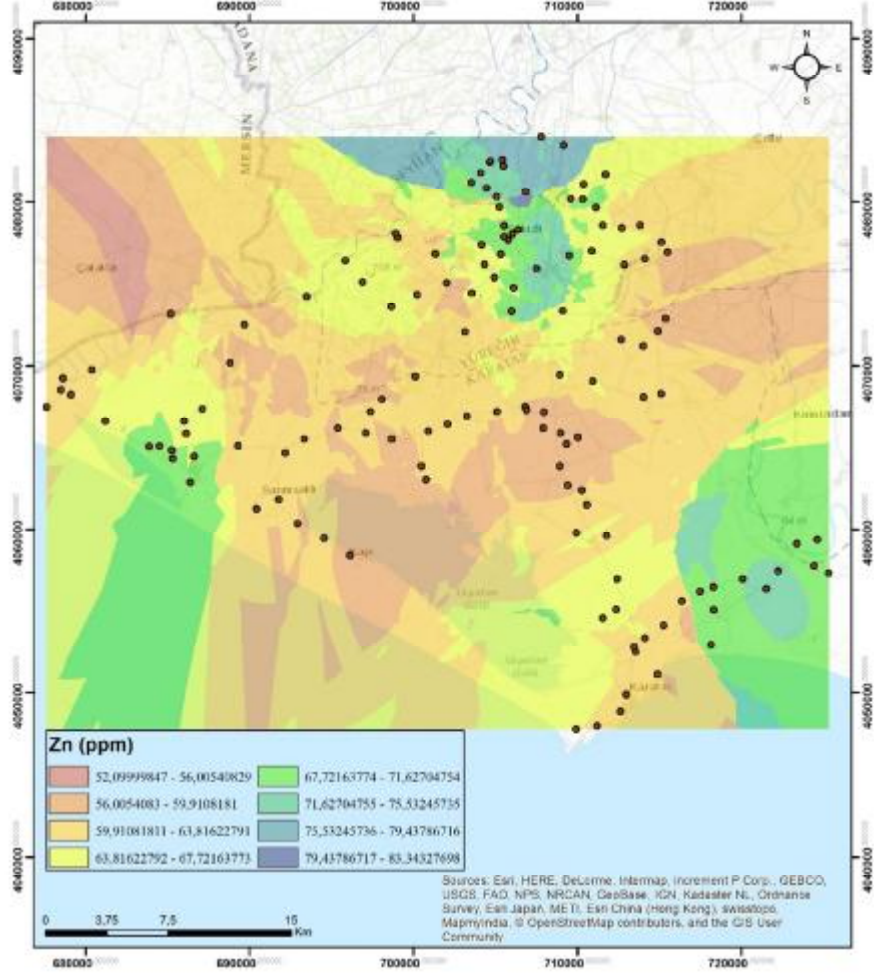


Şekil 4.20. Zn elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği.

Çalışma alanı içerisinde belki de en düşük değerlerde çıkan çinkonun semboloji ve dağılım haritaları incelendiğinde çalışma alanının en dış sınırlarında en yüksek Zn değerlerine ulaşıldığı görülmektedir. Yine dağılım açısından incelendiğinde, Tuzla ve Karataş'ın biraz daha düzenli bir dağılıma sahip olduğu ancak Doğankent'in daha düzensiz Zn içeriğine sahip olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (Şekil 4.21.a ve Şekil 4.21.b).



Şekil 4.21.a. Zn elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanmış sembol haritası



Şekil 4.21.b. Zn elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanmış dağılım haritası

4.4.11. Bakır (Cu) Analiz Sonuçları

Bakır (Cu) elementinin analiz sonuçlarına bölgesel değerleri, ppm cinsinden şu şekilde tespit edilmiştir:

Doğankent ve civarından alınan 64 örnek içerisinde en yüksek değeri 79 ppm, en düşük değeri dedeksiyon limitinin altında kalarak 0 ppm ve ortanca değeri

de 8,4 ppm olarak ölçülmüştür. Tüm değerlerin ortalaması 11,57 ppm ve standart sapması da 12,31 ppm olarak ölçülmüştür.

Karataş'tan alınan 29 örnek içerisinde en yüksek değer 37,85 ppm, en düşük değer 0,21 ppm, ortanca değerde 24,01 ppm olarak belirlenmiştir. 29 örneğin ortalaması 23,28 ppm ve standart sapması da 9,2 ppm'dir.

Tuzla ve civarından alınan 41 örnek için se şu değerler tespit edilmiştir: En yüksek değer 12,72 ppm, en düşük değer 0 ppm, ortanca değer 0,44 ppm, tüm değerlerin ortalaması 2,67 ppm ve standart sapması da 3,44 ppm'dir (Çizelge 4.21 ve Şekil 4.22).

Çizelge 4.22. Cu elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri.

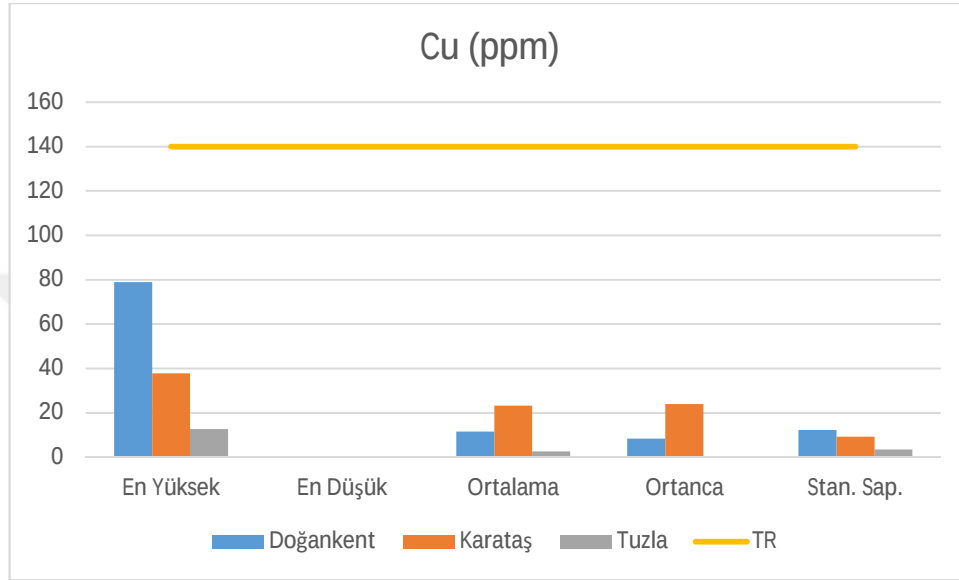
Arazi	En Yüksek	En Düşük	Ortalama	Ortanca	Stan. Sap.
Doğankent	79	0	11,57	8,4	12,31
Karataş	37,85	0,21	23,28	24,01	9,2
Tuzla	12,72	0	2,67	0,44	3,44

Elde edilen bu sonuçlara göre, 3,44 standart sapma değerine sahip olan Tuzla, bakır içeriği açısından en düzgün dağılıma sahip bölgedir. Sırası ile 9,2 ve 12,31 ppm'lik standart sapma değerleri hesaplanan Karataş ve Doğankent'te ise tam tersi bir durum söz konusudur.

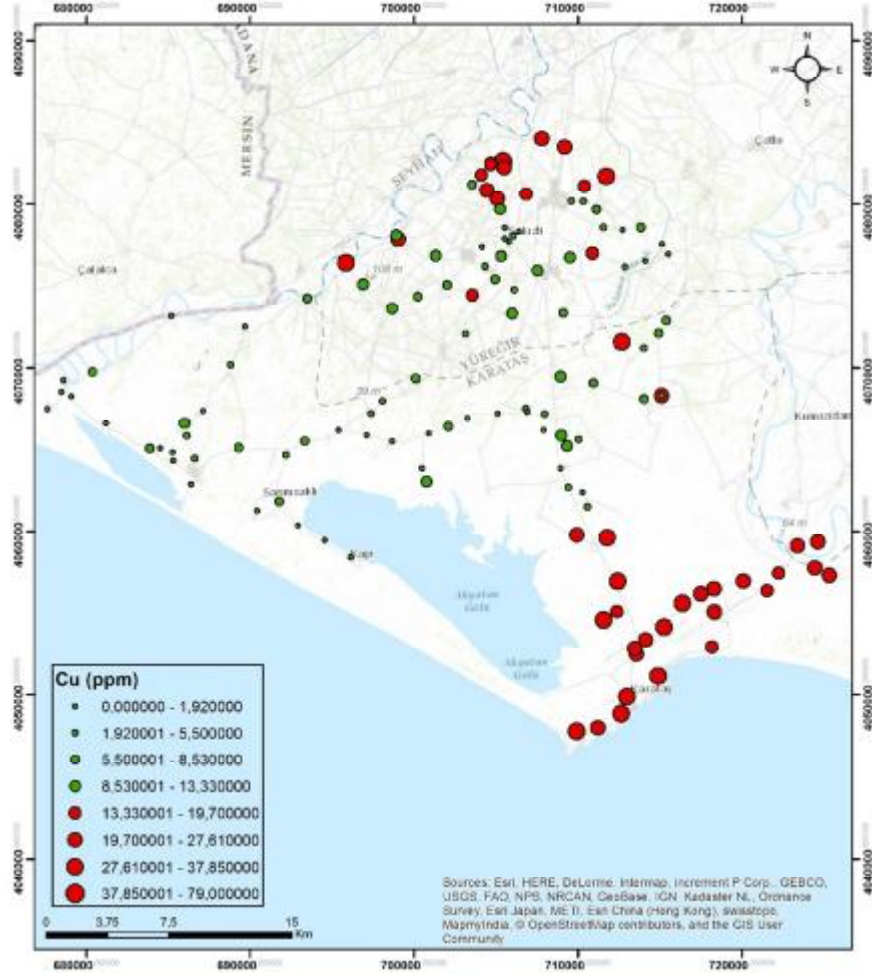
Her üç bölgenin topraklarının Cu içeriği, seçilen ülke standartlarının hepsinde limit değerlerin altında bulunmuş, sadece Doğankent örneklerinin bir tanesinde Almanya standartlarının üzerinde değer tespit edilmiştir (Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3). Bu nedenle çalışma alanı ve civarında bakır kaynaklı bir kirlilikten söz etmek mümkün değildir.

Bakır için hazırlanan semboloji ve dağılım haritaları, Tuzla'dan kuzey ve güneydoğu yönlerine doğru gidildiğinde daha yüksek Cu değerlerine ulaşılabileceğini işaret etmektedir. Cu dağılımı açısından ise Doğankent'in daha

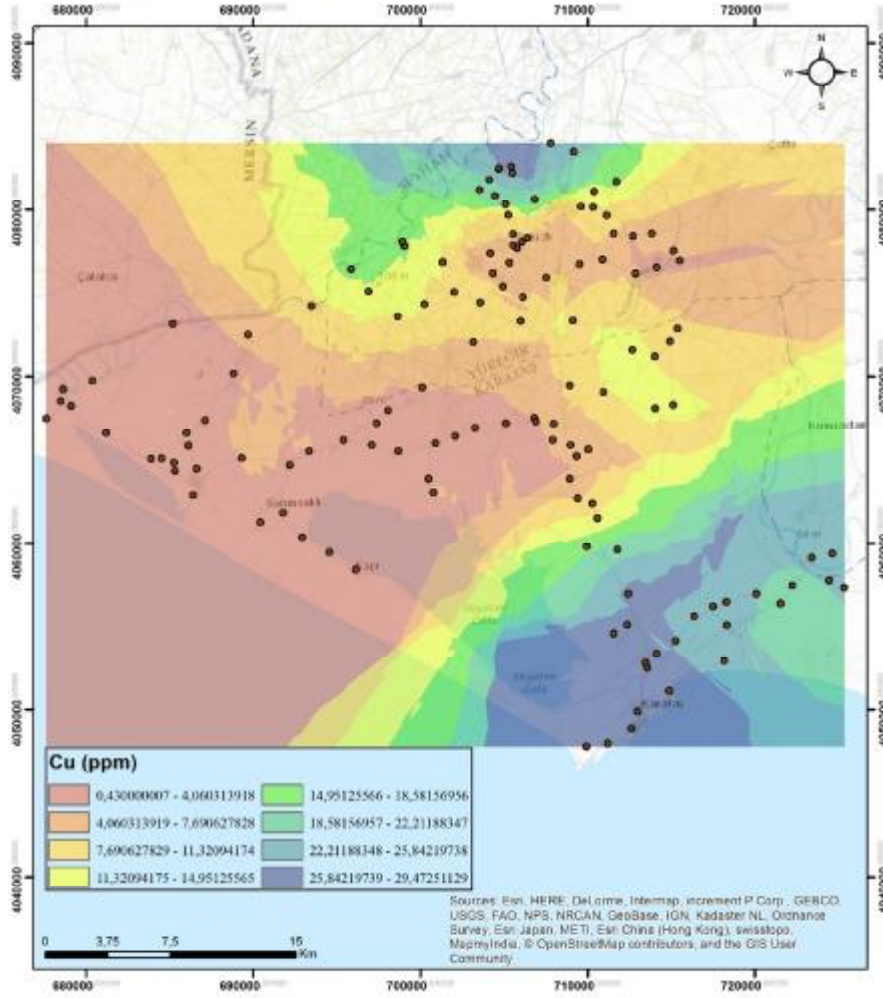
düzensiz ancak Tuzla ve Karataş'ın kendi sınırları içerisinde daha düzgün bir dağılıma sahip olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (Şekil 4.23.a ve Şekil 4.23.b).



Şekil 4.22. Cu elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği.



Şekil 4.23.a. Cu elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanmış sembol haritası



Şekil 4.23.b. Cu elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanmış dağılım haritası

4.4.12. Nikel (Ni) Analiz Sonuçları

Nikel (Ni) elementinin analiz sonuçlarına bölgesel değerleri, ppm cinsinden şu şekilde tespit edilmiştir:

Doğankent'ten alınan 64 örnek içerisinde en yüksek değer 283,2 ppm, en düşük değer 18,4 ppm ve ortanca değer de 100 ppm olarak ölçülmüştür. Tüm değerlerin ortalaması 109,23 ppm ve standart sapması da 50,61 ppm olarak ölçülmüştür.

Karataş'tan alınan 29 örnek içerisinde ise en yüksek değer 292,6 ppm, en düşük değer 76 ppm, ortanca değer 210,5 ppm olarak tespit edilmiştir. 29 örneğin ortalaması 202,36 ppm ve standart sapması da 56,87 ppm'dir.

41 örnek toplanmış olan Tuzla'da en yüksek değer 143 ppm, en düşük değer 14,5 ppm ve ortanca değer de 79,5 ppm olarak ölçülmüştür. Tüm değerlerin ortalaması 81,99 ppm ve standart sapması da 27,2 ppm'dir (Çizelge 4.22 ve Şekil 4.24).

Çizelge 4.23. Ni elementinin bölgelere göre istatistiksel değerleri.

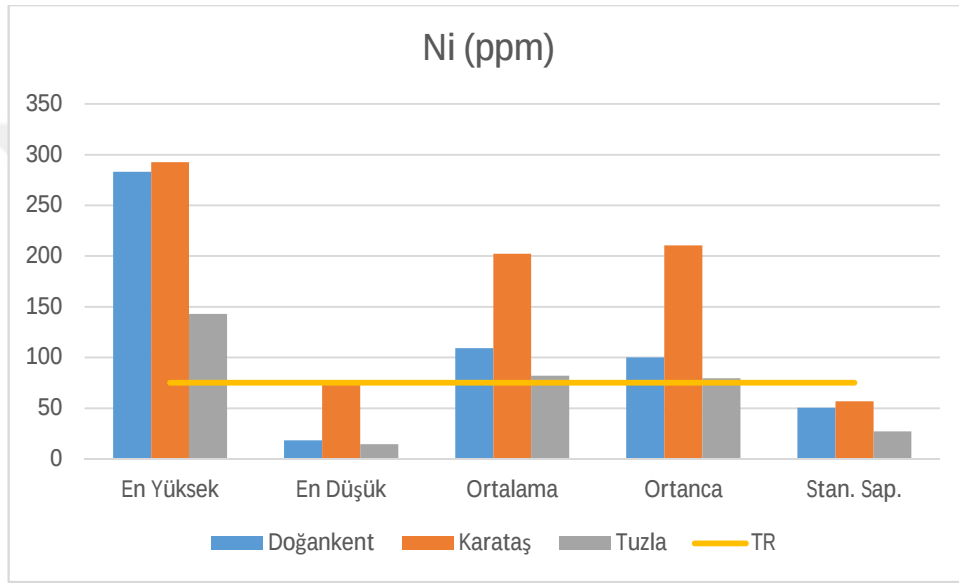
Arazi	En Yüksek	En Düşük	Ortalama	Ortanca	Stan. Sap.
Doğankent	283,2	18,4	109,23	100	50,61
Karataş	292,6	76	202,36	210,5	56,87
Tuzla	143	14,5	81,99	79,5	27,2

Elde edilen bu sonuçlara göre, Karataş ve civarından alınan örneklerin nikel içeriği, Doğankent ve Tuzla örneklerinden daha yüksek çıkmıştır. Üç bölgenin sırası ile 202,36, 109,23, ve 81,99 ppm olan ortalama değerleri de bu farkı göstermektedir.

Her üç bölgenin topraklarının Ni içeriği, baz alınan ülke standartlarının büyük bir çoğunluğunda limit değerlerin üzerinde bulunmuştur. Doğankent'te 50 örnek Türkiye ve İngiltere, 59 örnek Finlandiya ve 62 örnek Fransa ve Almanya standartlarının üzerinde sonuç vermiştir (Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3). Karataş'ta ise 29 örneğin hepsi, tüm ülke limitlerini aşmıştır (Çizelge 4.6). Tuzla'da diğer iki

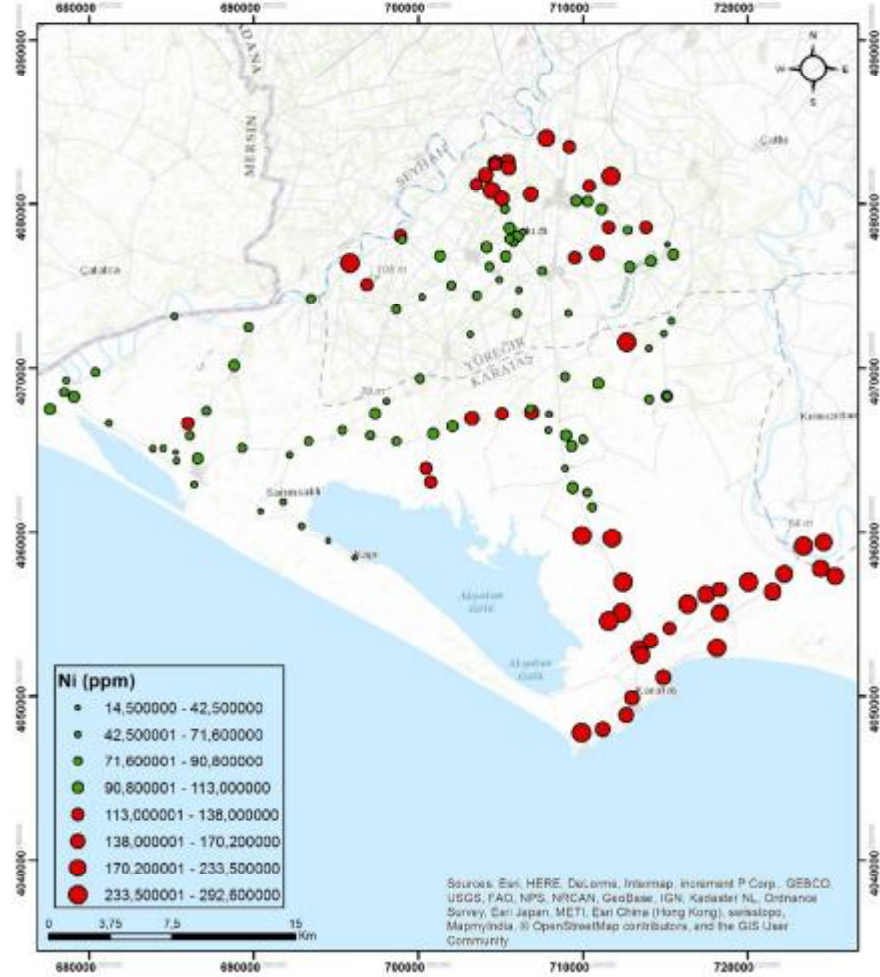
bölgeye benzer şekilde nikel değerleri çok yüksek çıkmış ve limitleri aşmıştır. 24 örnek Türkiye ve İngiltere, 36 örnek Finlandiya ve 37 örnek Fransa ve Almanya standartlarının üzerinde ölçülmüştür (Çizelge 4.8 ve 4.9).

Bu sonuçlar göre, çalışma alanı ve civarında çok ciddi bir nikel kirliliği gözlenmektedir.

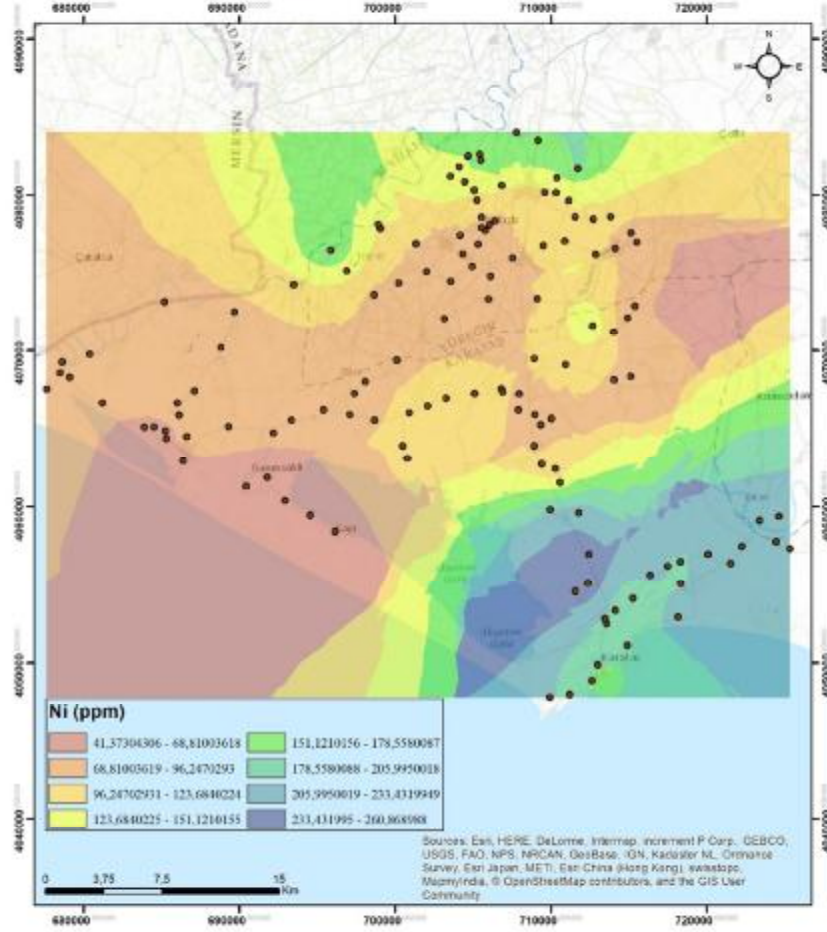


Şekil 4.24. Ni elementinin bölgelere göre karşılaştırmalı grafiği.

Nikel için hazırlanan sembol ve dağılım haritaları incelendiğinde, çalışma alanında G-GD yönünde gidildiğinde daha yüksek nikel değerlerine ulaşıldığı açıkça görülmektedir. Tuzla'nın diğer iki bölgeye oranla daha az nikel içerdiği ve aynı zamanda daha düzgün bir dağılıma da sahip olduğu da açık bir şekilde anlaşılmaktadır.



Şekil 4.25.a. Ni elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanmış sembol haritası



Şekil 4.25.b. Ni elementinin çalışma alanı topraklarındaki dağılımını gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hazırlanmış dağılım haritası

5. TARTIŞMA

Bu bölümde, bu tez çalışmasında incelenen ve standartların üzerinde görülen ağır metallerin değerlerinin yüksek çıkma sebepleri incelenmiştir. Ayrıca çalışma alanında daha önce yapılmış olan bir doktora çalışmasının (Aysan, 1999) sonuçları ile bu tez çalışmasında elde edilen analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

5.1. Ağır Metallerin Yüksek Değerlere Ulaşma Sebepleri

5.1.1. Nikel

Nikelin temel çevresel kaynağı dünyanın ergimiş Fe-Ni çekirdeği ile denizde çözünmüş olan nikeldir (Alloway, 2013). Serpantinleşmiş ofiyolitik kayaçların bölge jeolojisindeki varlığı da nikelin doğal kaynakları arasında yer almaktadır (Argyroki ve Kelepertzis, 2014). Kaynak kayacın içerdiği nikel miktarının, topraklardaki nikel oranını doğrudan etkilediği de bilinmektedir (Chen ve ark., 2005; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007; Alloway, 2013; Argyroki ve Kelepertzis, 2014).

Ayrıca antropojenik kaynaklardan; metal endüstrisinden kaynaklanan emisyonlar, kömür ve yağ yakılması ile çevreye yayılan dumanlar, tarım arazilerinde fosfat gübrelerinin kullanılması (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007) ile motorlu taşıtlardan çevreye yayılan emisyonun atmosfer yoluyla taşınması, topraklardaki nikel miktarını arttırmaktadır (Cannon ve Horton, 2009; Argyroki ve Kelepertzis, 2014).

Bütün bu jeolojik ve antropojenik kaynakların kümülatif etkisi göz önüne alındığında, çalışma alanı ve civarındaki yoğun nüfusun etkisi de düşünüldüğünde, çalışma alanı içerisindeki toprakların nikel içeriğinin standartların üzerinde çıkmasını tetiklediği görülmektedir.

5.1.2. Kurşun

Kurşun, insan faaliyetlerinden kaynaklı çevre kirleticileri arasında ilk ağır metal olma özelliğine sahiptir (Heil ve ark., 1999) ve çevreye insan kaynaklı Pb girişi, doğal yolla Pb girişinden tahmini 100 kat daha fazladır (Campbell ve ark., 1983).

Petrol kullanımı ile kurşunun doğal emisyonu yükselmektedir (Boutron ve ark., 1991; Boutron, 1998; Hooda, 2010). Trafiğin yoğun olduğu yolların yakınlarında yer alan topraklarda kurşun miktarının yüksek olmasına neden olmaktadır (Schachtschabel ve ark., 1993).

Çalışma alanı ve civarında, özellikle yol kenarlarından alınan toprak numunelerindeki kurşun değerlerinin yüksek olmasının, aktif araç trafiğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile hazırlanan sembol ve dağılım haritaları incelendiğinde, çalışma alanı içerisindeki yoğun trafiğe sahip ana ve ara yolların çevresinde toprakların kurşun içeriklerinin, diğer bölgelere oranla daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.9.a ve Şekil 4.9.b).

5.1.3. Kadmiyum

Fosfatlı gübre kullanımı topraklardaki Cd miktarını arttıran en büyük kaynaklardan birisidir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007). Topraklarda fosforlu gübre kullanılması, toprağın özellikle üst kesimlerinde toksik metal konsantrasyonunu yükseltmektedir (Camelo ve ark., 1997) ve yüksek oranda Cd kirliliği, toprak yüzeyinin ilk 15 cm'lik bölümünde olmaktadır (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Çalışma alanından alınan toprak örneklerinin neredeyse tümünün tarlalardan alındığı göz önüne alındığında, çalışma alanı içerisinde fosforlu gübre kullanımının yüksek olduğu, elde edilen Cd değerlerinden anlaşılmaktadır.

5.1.4. Krom

Ultramafik kayalardan ve özellikle serpantinlerden türeyen topraklarda yüksek miktarlarda krom bulunmaktadır (Adriano, 2001; Ajmone-Marsan ve Biasioli, 2010). Endüstriyel faaliyetler, kanalizasyon atıkları ve toprak iyileştirme yöntemleri gibi sebepler ile topraklardaki krom miktarı yükselmektedir (Nriagu, 1989; Alloway, 2013). Ayrıca atmosfere bırakılan emisyon, motorlu araçlardan yükselen egsoz dumanı, atıkların ve petrol ile kömürün yakılması gibi etkenler de krom miktarını yükseltmiş olabilir (Ajmone-Marsan ve Biasioli, 2010).

Alınan toprak örneklerinin birçoğunda krom değerlerinin yüksek çıkmasını, bu faktörlerin doğrudan etkilediği düşünülmektedir.

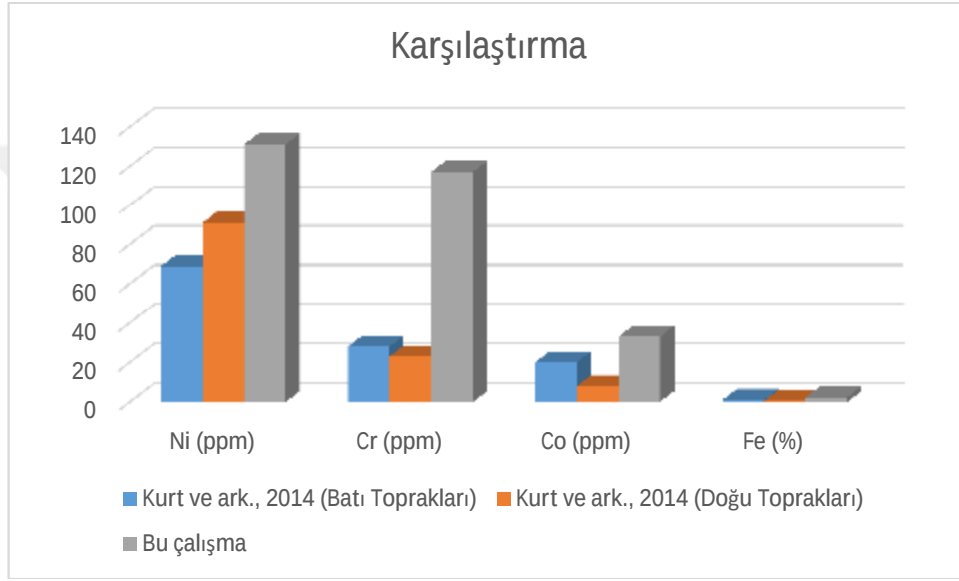
5.2. Ağır Metal Analiz Sonuçlarının Çalışma Alanında Daha Önce Yapılan Çalışmalar İle Karşılaştırması

Bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlar, çalışma alanı ve civarında daha önce yapılan bir çalışmanın (Kurt ve ark., 2014) sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma yapılırken, çalışmanın toprak jeokimyası bölümünde analizi yapılan elementler ile bu tez çalışmasında seçilen elementlerden ortak olanlar (Cr, Co, Fe ve Ni) karşılaştırılmıştır.

Kurt ve ark., 2014 çalışmasında araştırmacılar, çalışmanın toprak jeokimyası bölümünde, çalışma alanı topraklarını, içerdikleri jeokimyasal ve mineralojik farklılıklara göre, Doğu ve Batı olmak üzere iki alana ayırmışlardır. 4 elemente ait ortalama değerler incelendiğinde, Doğu ve Batı topraklarına ait ortalamaların, bu tez çalışmasında elde edilen ortalama değerlerin açık bir şekilde altında yer aldığı saptanmıştır (Çizelge 5.1. ve Şekil 5.1.)

Çizelge 5.1. İki çalışmadan elde edilen ortalama değerlerin karşılaştırması.

Çalışma/Element	Ni (ppm)	Cr (ppm)	Co (ppm)	Fe (%)
Kurt ve ark., 2014 (Batı Toprakları)	69	28	20	1,01
Kurt ve ark., 2014 (Doğu Toprakları)	91	23	8	0,5
Bu çalışma	131,19	117,2	32,99	2,39



Şekil 5.1. Her iki çalışmadan elde edilen sonuçları gösteren sütun grafik.

6. SONUÇLAR

Adana-Tarsus güneyinden alınan toprak örnekleri üzerinde yapılan analiz çalışmaları ve elde edilen değerlerin ülke standartları ile karşılaştırılması sonucunda şu sonuçlara ulaşılmıştır:

1. % 1,56-3,85 arasında değişen değerlere sahip Demir (Fe) ve % 0-1,7 arasında değişen değerlere sahip Alüminyum (Al) elementleri için herhangi bir ülke standart değerine ulaşılammıştır. Fe elementi için WHO değerleri baz alınmıştır. Bununla birlikte Al içeriğinin % 1-4 arasında değiştiği göz önüne alındığında, çalışma alanı ve civarında Fe ve Al kaynaklı bir ağır metal kirliliği bulunmadığı sonucuna ulaşılmıştır.
2. 34,3-211 ppm arasında değişen değerlere sahip Çinko (Zn) ve 0-79 ppm arasında değişen değerlere sahip Bakır (Cu) elementleri için elde edilen analiz sonuçlarında, Zn için 2 örnek Almanya ve Finlandiya ve Cu için de 1 örnek Almanya standartlarını aştığı tespit edilmiştir. Lokal düzeyde ve çok az sayıda örneğin standartların üzerinde çıkması, çalışma alanı ve civarında Zn ve Cu kaynaklı bir ağır metal kirliliği olmadığını göstermektedir.
3. 0-605 ppb arasında değişen değerlere sahip Civa (Hg) elementi, Doğankent civarında 3 örnekte, Karataş civarında 11 örnekte ve Tuzla civarında 1 örnekte Finlandiya standartlarının üzerinde çıkmıştır. 26 örneğin alındığı Karataş civarında örneklerin yaklaşık yarısının, diğer ülke standartlarına göre çok düşük olan Finlandiya standartlarını aşması, Karataş ve civarında kısmen de olsa bir Hg kirliliğini işaret etmektedir.
4. 312,4-843,9 ppm arasında değişen değerlere sahip Mangan (Mn) elementi ile ilgili literatürde herhangi bir standart değer bulunamaması sebebiyle, çalışma alanı içerisinde Mn kaynaklı bir ağır metal kirliliğinin olup olmadığı ile ilgili kesin bir sonuca varılamamaktadır.

5. 0-657 ppm arasında değerler saptanan Kurşun (Pb) elementi ile yapılan analiz sonuçlarına göre, Doğankent'te 28 örnek Finlandiya, Fransa ve Almanya, 24 örnek İngiltere ve Türkiye standartlarını aşmıştır. Karataş'ta 26 örnek Finlandiya, Fransa ve Almanya standartlarının üzerinde çıkmış, İngiltere ve Türkiye standartlarının üzerinde değer veren örneğe rastlanmamıştır. Tuzla'da 23 örnek İngiltere ve Türkiye, 35 örnek Finlandiya ve 34 örnekte Fransa ve Almanya standartlarının üzerinde sonuç vermiştir. Aktif araç trafiğine sahip ana ve ara yol kenarlarından alınan toprak numunelerindeki kurşun değerlerinin yüksek olmasının, araçlardan çevreye salınan egzoz dumanı ile alakalı olduğunu düşünülmektedir.
6. 540,6-6220 ppb arasında değerlere sahip Arsenik (As) elementi ile ilgili literatürde kullanılan herhangi bir ülke standart değerine rastlanmamıştır. Bu sebeple WHO değerleri göz önüne alınmıştır. Bu değerlere göre çalışma alanı ve çevresinde As kaynaklı bir kirlilik mevcut olmadığı saptanmıştır.
7. 0-12,5 ppm arasında değerlere sahip Kadmiyum (Cd) elementi için yapılan analizlerden elde edilen sonuçlara göre, Doğankent ve civarından alınan 64 örnekten 60'ı ve Tuzla'dan alınan 41 örneğin tümü, beş ülke standardının çok üzerinde sonuç vermiştir. Karataş'ta ise sadece 3 örnekte kadmiyum değerleri çok yüksek çıkmış, geri kalan örneklerde dedeksiyon limit değerlerinin altında kalmıştır. Bu sonuçlara göre Doğankent ve Tuzla'da çok ciddi bir Cd kirliliği olduğu görülmektedir. Bu Cd kirliliğinin Karataş'ta ise kısmen ve lokal boyutta kaldığı gözlenmektedir.
8. 11,2-59,82 ppm arasında değişen değerlere sahip Kobalt (Co) elementi için herhangi bir ülke limit değeri bulunamamıştır. Bu sebeple WHO değerleri ile karşılaştırma yapılmış ve bu karşılaştırma sonucunda çalışma alanında Co kaynaklı bir ağır metal kirliliği olmadığı saptanmıştır.

9. 14,5-592,6 ppm arasında değişen değerlere sahip olan ve çalışma alanı içerisindeki üç bölgenin topraklarının Ni içeriği, seçilen beş ülke standardının büyük bir çoğunluğunda limit değerlerin üzerinde bulunmuştur. Doğankent'te 50 örnek Türkiye ve İngiltere, 59 örnek Finlandiya ve 62 örnek Fransa ve Almanya standartlarının üzerinde sonuç verirken Karataş'ta 29 örneğin tümü, tüm ülke limitlerinin üzerine çıkmıştır. Yine benzer şekilde Tuzla'da Ni değerleri çok yüksek çıkmış, 24 örnek Türkiye ve İngiltere, 36 örnek Finlandiya ve 37 örnek Fransa ve Almanya standartlarının üzerinde sonuç vermiştir.
10. 20,97-187 ppm arasında değişen değerlere sahip Krom (Cr) elementi için yapılan çalışmaların sonucunda, Doğankent'te 56 örneğin, Tuzla'da 41 örneğin Türkiye ve Almanya standartlarının üzerinde değer verdiği tespit edilmiştir. Ayrıca Doğankent'te 23 örnek, Tuzla'da ise 31 örnek Fransa limit değerlerini aşmıştır. Karataş örneklerinde ise 3 örnek Türkiye ve Almanya, 1 örnek ise Fransa limitlerinin üzerinde sonuç vermiştir. Finlandiya standartlarını aşan krom değerleri saptanmıştır.
11. Tüm bu bulguların ışığında, Karataş ve civarında, Tuzla ve Doğankent'e oranla daha az ağır metal kirliliğine maruz kaldığı sonucuna ulaşılmıştır.



KAYNAKLAR

- Adriano, D. C., 2001. Trace elements in terrestrial environments (2nd ed.). New York: Springer.
- Adriano, D.C., 2001. Soils: Their implications to human health. Science of the Total Environment, 291, 1-32.
- Ajmone-Marsan, F., Biasioli, M., 2010. Water Air Soil Pollut 213:121-143, Springer Science + Business Media B.V.
- Argyaki, A., Kelepertzis, K., 2014. Urban soil geochemistry in Athens, Greece: The importance of local geology in controlling the distribution of potentially harmful trace elements. Science of the Total Environment 482-483 (2014) 366-377.
- Akçay, M., 2002. Jeokimya: Temel Kavramlar ve Uygulamaya Aktarımları. KTÜ Matbaası, Trabzon. 499 s.
- Akın, H. ve Ertunç, A., 2008. Kokar Pinar Kaynağının (Ceyhan-Adana) Hidrojeokimyasal Değerlendirilmesi Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Cilt:17-1.
- Alloway, B.J., 2013. Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability. Third Edition. Environmental Pollution 22, Springer Science+Business Media Dordrecht. Reading, UK. 613 p.
- Ata, E., 2005. Divriği - Pinargözü (Sivas), Hekimhan (Malatya), Attepe (Kayseri) Ve Feke (Adana) Demir Cevherleşmelerindeki Hematitlerin Karşılaştırmalı Jeokimyasal İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 95 s.
- Avşar N., Nazik, A., Dinçer, F., Darbaş, G., 2006. Adana Havzası Kuzgun Formasyonunun Mikrofosiller ile Ortamsal Yorumu. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama Ve Araştırma Merkezi Dergisi, Yerbilimleri, 27 (1), 1-21.

- Azcue J., & Nriagu, J. (1994). Arsenic: Historical perspectives. In J. Nriagu (Ed.), *Arsenic in the environment, part 1: Cycling and characterization* (pp. 1–15). New York: Wiley.
- Barceloux, D.G., 1999. Copper; *Clin. Toxicol.* 37, 217–230.
- Boudot, J-P., Maitat, O., Merlet, D., Rouiller, J., 1996. Occurrence of non-monometric species of aluminium in undersaturated soil and surface waters: consequences for the determination of mineral saturation indices. *J Hydrology* 177:47–63.
- Boutron, C.F., Görlach, U., Candelone, J-P., Bolshov, M.A., Delmas, R.J., 1991. Decrease in anthropogenic lead, cadmium and zinc in Greenland snows since the late 1960s; *Nature* 1991, 353, 153–156.
- Boutron, C.F., 1998. Evidence in ice-core research; in: *Proceedings of Workshop on the Atmospheric Transport and Fate of Metals in the Environment*; International Council on Metals in the Environment, Ottawa, Canada, pp. 147–165.
- Bowen, H.J.M., 1979. *The Environmental Chemistry of the Elements*, Academic Press, New York.
- Brooks, R. R., (1987. *Serpentine and its vegetation. A multidisciplinary approach*. Portland: Dioscoride Press.
- Camelo L.G.C., Miguez, S.R., Marbon, L., 1997. Heavy metals input with phosphate fertilizers used in Argentina. *Science of the total environment* 204, 45-250.
- Campbell P.G.C., Stokes P.M., Galloway J.N., 1983. Effects of atmospheric deposition on the geochemical cycling and biological availability of metals. In: *Proceedings of the International Conference on Heavy Metals in the Environment*, 6–9 September 1983, Heidelberg, 760–763.
- Canon, W.F., Horto J.D., 2009. Soil geochemical signature of urbanization and industrialization: Chicago, Illinois, USA *Applied Geochemistry*, 24 (2009), pp. 1590-1601.

- Cannon, H.L., Connally, G.G., Epstein, G.B., Parker, J.G., Thornton, I., Wixson, B.G., 1978. Rocks:geological sources of most trace elements. Report to the workshop at South Seas Plantation, Captiva Islands, Florida, USA; Geochemistry and Environment 1978, 3, 17–31.
- Chiroma, T.M., Ebewe, R.O., Hymore F.K., 2014. International Refereed Journal of Engineering and Science (IRJES). 2319-1821, Volume 3, Issue 2 (February 2014), PP.01-09.
- Clarkson T.W., Marsh D.O., 1982. Mercury toxicity in man. In: Prasad AS (ed) Clinical, biochemical, and nutritional aspects of trace elements. Vol 6. AR Liss, New York, pp 549–568
- Çobanoğlu İ., Bozdağ Ş., Kumsar H., Çobanoğlu D., 2005. Coğrafi Bilgi Sistemi (Cbs) Kullanılarak Adana İli Yerleşim Alanının Hidrojeolojik Özellikleri Ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesi.
- Çürük, A., 2006. Farklı Jeolojik Ortamlarda Oluşan Piritlerin Jeokimyasal İncelemesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilimdalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Das, D., Samanta, G., Mandal, B., Chowdhury, T., Chanda, C., Chowdhury, P., Basu, G., & Chakraborti, D., 1996. Arsenic in groundwater in six districts of West Bengal, India. Environmental Geochemistry and Health, 18(1), 5–15.
- Davies, B.E., 1995. Lead. In Alloway BJ (ed), Heavy metals in soils. Blackie Academic, London, pp 206–223
- Dayan, S., Ünlü, T., Sayılı, İ.S.; 2008. Adana-Mansurlu Attepe Demir Yatağının Maden Jeolojisi. Jeoloji Mühendisliği Dergisi 32 (2).
- Demir, E. ve Özdemir, Z.; 2013. Kazanlı - Mersin Bölgesinde Cu, Mn, Zn, Cd ve Pb için Biyojeokimyasal Anomalilerin İncelenmesi ve Çevresel Ortamın Yorumlanması. Jeoloji Mühendisliği Dergisi 37 (2).

- Demirkol, C., 1989. Pozanti-Karsanti-Karaisalı (Doğu Toros) Arasında Yer Alan Karbonat Platformunun Stratigrafisi ve Jeolojik Gelişimi. MTA Dergisi, 109, 33 – 44.
- Dinç, U., Sarı, M., Şenol, S., Kapur, S., Sayın, M., Derici, M.R., Çavusgil, V.S., Gök, M., Aydın, M., Ekinçi, H., Agca, N., 1990. Soils of the Çukurova Region. University of Çukurova Pub. Pub. No. 26. Adana, Turkey.
- Dinman B.D., 1983. Aluminium, alloys and compounds. In: Parmeggiani L (ed) Encyclopedia of occupational health and safety. ILO 1, Geneva, pp 131–135.
- Duffus, J.H., 2002. “Heavy metals” - A Meaningless Term? Pure Appl. Chem., Vol. 74, No. 5, pp. 793–807.
- Evans, G., Evans, J., Redman, A., Johnson, R., & Foust, N., Jr. (2005). Unexpected beneficial effects of arsenic on corn roots grown in culture. Environmental Chemistry, 2(3), 167–170.
- Forster, U.; Wittmann, G.T.W., 1979. Metal Pollution in the Aquatic Environment; Springer-Verlag, Berlin.
- Gerth, J., Brümmer G.W.; Tiller K.G., 1993. Retentiona Ni, Zn, and Cd by Si-associated goethite. Z Pflanzernähr Bodenk 156:123–129
- Gough, L.P., Shacklette, H.T., Case A.A., 1979. Element concentrations toxic to plants, animals and man. U.S. Geol Surv Bull 1466:1–80
- Gökmen, S., 2007. Genel Ekoloji. 3. Basım. Nobel Yayın No: 1160. Nobel Bilim ve Araştırma Merkezi Yayın No: 1. Fen ve Biyoloji Yayınları Dizisi: 37. Ankara, TÜRKİYE. 476 s.
- Grambrell, R.P., 1994. Trace and toxic metals in wetlands: a review. J Environ Qual 123:883–891
- Gürbüz, K., 1993. Identification And Evolution Of Miocene Submarine Fans In The Adana Basin, Turkey. Phd Thesis, University Of Keele (Yayınlanmamış).

- He, Z.L. (ed.), 1998. Chemical Equilibrium of Pollution and Beneficial Elements in Soil; China Environmental Science Press, Beijing, [In Chinese].
- Heil D.M., Samani Z., Hanson A.T., Rudd B., 1999. Remediation of lead contaminated soil by EDTA, I. batch and column studies. *Water, Air and Soil Pollution* 113: 77-95.
- Herrero, T.C., Martin, L.F.L., 1993. Evaluation of cadmium levels in fertilized soils. *Bull Environ Contam Toxicol* 50:61–68
- Hooda, P. 2010. Trace Elements In Soils. Blackwell Publishing Ltd. West Sussex, UK. 596 p.
- IARC (1984) Polynuclear aromatic compounds, Part III, industrial exposures in aluminium production, coal gasification, coke production, and iron and steel founding. 34, WHO/IARC, Lyon, pp 89–91.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H., 1999. Biogeochemistry of trace elements, 2nd ed., Wyd Nauk PWN, Warszawa (in Polish)
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H. 2001. Trace elements in soils and plants, 3rd ed., CRC Press, Boca Raton, FL
- Kabata-Pendias, A. (ed.), Trace Elements in Soils and Plants, 3rd edn; CRC Press; Boca Raton, FL, 2001.
- Kabata-Pendias A., Sadurski W., 2004. Trace elements and compounds in soil. In: Merian E, Anke M, Ihnat M, Stoeppler M (eds) Elements and their compounds in the environment, Wiley-VCH, Weinheim, 2nd ed., pp 79–99.
- Kabata-Pendias, A. and Mukherjee, A.B., 2007. Trace Elements From Soil To Human. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 550 p.
- Keller, E. A., 2006. Çevre Jeolojisi Giriş. Gazi Kitabevi. Ankara, TÜRKİYE. 550 s.
- Kinraide, T.B., 1991. Identity of the rhizotoxic aluminum species. In: Wright et al. (eds) Plant-soil interactions at low pH. Kluwer Publ, The Netherlands, pp 717–728

- Kotas', J., & Stasicka, Z., 2000. Chromium occurrence in the environment and methods of its speciation. *Environmental Pollution*, 107(3), 263–283.
- Kurt, M.A., Alpaslan, M., Temel, A., Güler, C., 2014. Deliçay ile Tarsus (Berdan) Çayı Arasındaki Bölgede Yer Alan Kuvaterner Sedimanlarının Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, Cilt 57, Sayı 1.
- Lide, D. R. (Ed.), 2009. CRC handbook of chemistry and physics. 89th Edition (CD-ROM version). Boca Raton, FL: CRC Press/Taylor and Francis.
- Magiera, T., Lis, J., Nawrocki, J., Strzyszczyk, Z., 2004. Magnetic susceptibility of soils in Poland. Intern Symp on Iron and Manganese in the Environment. *Ecol Analyt Poblems*. Warszawa, 26 p (in Polish)
- Matschullat, J., 2000. Arsenic in the geosphere - A review. *Science of the Total Environment*, 249(1–3), 97–312.
- Nriagu, J.O., Pacyna, J.M., Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals; *Nature* 1988, 333, 134–139.
- Nriagu, J., 1989. A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals. *Nature*, 339, 47–49.
- Nazik, A. ve Toker, V., 1986. Karaisali yöresi Orta Miyosen istifinin foraminifer biyostratigrafisi. *M.T.A. Dergisi*, 103/104:139–153.
- O'Neill, P., 1990. Arsenic. In B. Alloway (Ed.), *Heavy metals in soils* (pp. 83–99). New York: Wiley.
- Öğrünç, G., 1996. Yenice (Tarsus) Kuzeyi Neojen İstifinin Mikropaleontolojik İncelenmesi Ve Ortamsal Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (Yayınlanmamış).
- Öğrünç, G., Gürbüz, K. ve Nazik, A., 2000. Adana Baseni Üst Miyosen Pliyosen istifinde “Messiniyen Tuzluluk Krizine” Ait Bulgular. *Yerbilimleri, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni* 22, 183–92.

- Parlak, O., 2000. Geochemistry and Significance of Mafic Dyke Swarms in the Pozantı-Karsantı Ophiolite (Southern Turkey). Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.), Vol. 9, 2000, pp. 29-38.
- Parlak, O.; Delaloye, M.; Kozlu, H.; Fontignie, D.; 2000. Trace element and Sr-Nd isotope geochemistry of the alkali basalts observed along the Yumurtalık Fault (Adana) in southern Turkey. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, Yerbilimleri, 22, 137-148.
- Rensing, C., & Rosen, B., 2009. Biogeochemical cycles for redox-active metal(oids): As, Cu, Mn and Se. In M. Schaechter (Ed.), Encyclopedia of microbiology (pp. 205–219). Oxford: Elsevier.
- Roorda, A.A.H.; van der Ven, B.L., Lead Sheet and the Environment. TNO Report TNO-MEO –R 98/503; TNO, Amsterdam, 1999.
- Smith, D.S., Adams, N.W.H., Kramer, J.R. 1999. Resolving uncertainty in chemical speciation determinations. Geochim Cosmochim Acta 63:3337–3347.
- Smith, K.A.; Paterson, J.E., Manganese and cobalt; in: B.J. Alloway (ed.), Heavy Metals in Soils, 2nd edn; Blackie Academic & Professional, London, 1995, Chapter 10, pp. 225–244.
- Schachtschabel, P., Blume, H. P., Brummer G., Hartge, K. H., Schwertman, U., 1993. Toprak Bilimi. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 73. Ders Kitapları Yayın No: 16 Adana, TÜRKİYE. 816 s.
- Shacklette, H. T., & Boerngen, J. G., 1984. Element concentrations in soils and other surficial materials of the conterminous United States. USGS Professional Paper 1270. US Govt. Printing Office, Washington, USA, pp. 105.
- Taşkaya, Z., 2005. Adana Havzası (Yenice - Karaisalı/Adana) Miyosen Yaşlı İstiflerinin Yeraltı Jeolojisi ve Hazne Kaya Özelliklerinin İncelenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 62 Sayfa.

- Taylor, M.D., Percival, H.J., 2001. Cadmium in soil solutions from a transect of soils away from a fertilizer bin. *Environ Pollut* 113:35–40
- Thornton, I., 1995. *Metals in the Global Environment: Facts and Misconceptions*; ICME, Ottawa, ON.
- Thornton, I.; Rauti, R.; Brush, S., 2001. *Lead: The Facts*; IC Consultants Ltd. London.
- 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.
- Umemura, T., Asaka, K., Seizawa, K., Odake, T., Tsunoda, K., Satake, K., Wang, Q., Huang, B., 2001. Preliminary investigation of the application of electrospray ionization mass spectrometry to the study of aluminium speciation. *Anal Sci* 17:149–152
- Uras, Y., Yaman, S., Öner, F., 2004. İsağoclu (Kırşehir) ve Feke (Adana) floritlerinde nadir toprak elementi (NTE) jeokimyası. *Yerbilimleri/Geosound* 2004:125-136 Ref: 22.
- Uthus, E., 1992. Evidence for arsenic essentiality. *Environmental Geochemistry and Health*, 14(2), 55–58.
- Ünlüoğlu, U.C. ve Demirkol, C., 1988. Kızıldağ Yayla (Adana) Dolayının Stratigrafisi. *Jeoloji Mühendisliği*, s. 32-33, 17-2S.
- Ünlüoğlu, U.C., 1993. Controls On Cenozoic Sedimentation, Adana Basin, Southern Turkey. Phd Thesis, University Of Keele (Unpublished).
- Williams, G. D., Ünlüoğlu, U. C., Kelling, G., and Demirkol, C., 1995. Tectonic Controls On Stratigraphic Evolution Of The Adana Basin, Turkey. *Journal Of The Geological Society*, London, 152, 873-82.
- Wedepohl, K.H., *Handbook of Geochemistry*; Springer-Verlag, Berlin, 1978.

- Williams, M., Fordyce, F., Pajitrapaporn, A., & Charoensaisri, P., 1996. Arsenic contamination in surface drainage and groundwater in part of the southeast Asian tin belt, Nakhon si Thammarat Province, southern Thailand. *Environmental Geology*, 27(1), 16–33.
- Yalçın, M. N. 1982. Jeokimya Yöntemleriyle Adana Havzası Petrol Potansiyelinin Arastırılması. Doçentlik Tezi, İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi, 152 .
- Yetiş, C., Demirkol C., Kerey, A., 1986. Adana Havzası Kuzgun Formasyonunun (Üst Miyosen) Fasiyes ve Ortamsal Nitelikleri. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, C. 29, 81 – 96.
- Yılmaz, D., Yaman, S., 1999. Heavy Metal Pollution and Chemical Profile of Ceyhan River (Adana-TURKEY). *J. of Engineering and Environmental Science*, TÜBİTAK, 23, 59 – 61.
- Yurtmen, S., Abacı Ş., Gökçen, S.L., 1987. Karsantı Bölgesi (K. Adana) Miyosen Kumtaşlarının Sedimentolojisi ve Klastik Petrofasiyesleri. *Jeoloji Mühendisliği*, s.30-31, 21-30.
- Yüksel, A.; 2007. Üçtepe Yöresinin (İmamoğlu – Adana) Hidrojeolojik İncelemesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.



ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Elazığ'da doğan Can Ekin YILDIZ, ilkokul eğitimini İstanbul'da, ortaokul ve lise eğitimini ise Mersin'de tamamladı. 2008 yılında Mersin Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu İnşaat bölümünü bitirdi. 2014 yılında ise Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Müh. Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl içerisinde Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Müh. Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Yazar, farklı özel sektör firmalarında hem İnşaat Teknikeri hem de Jeoloji Mühendisi olarak çeşitli görevlerde yer aldı. Şu an İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim A.Ş.'de Proje Sorumlusu – Veri Analisti olarak çalışma hayatına devam etmektedir.