

T. C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



DİLOVASI (KOCAELİ) ENDÜSTRİYEL BÖLGESİNDE
GÖZLENEN TOPRAK KİRLİLİĞİNİN MEKÂNSAL VE
ZAMANSAL DEĞİŞİMİNİN METALLER AÇISINDAN
İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SÜMEYYE GÖGYILDIZ

BOLU, OCAK - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

SÜMEYYE GÖGYILDIZ tarafından hazırlanan “DİLOVASI (KOCAELİ) ENDÜSTRİYEL BÖLGESİNDE GÖZLENEN TOPRAK KİRLİLİĞİNİN MEKÂNSAL VE ZAMANSAL DEĞİŞİMİNİN METALLER AÇISINDAN İNCELENMESİ” adlı tez çalışması Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 21/01/2019 tarihinde BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

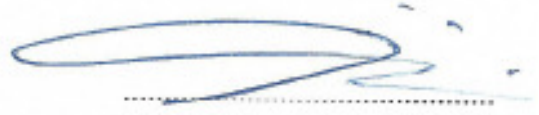
Jüri Üyeleri

Danışman
Doç. Dr. Fatma ÖZTÜRK
BOLU ABANT İZZET BAYSAL
ÜNİVERSİTESİ

Üye
Prof. Dr. Nusret KARAKAYA
BOLU ABANT İZZET BAYSAL
ÜNİVERSİTESİ

Üye
Doç. Dr. Sema YURDAKUL
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ

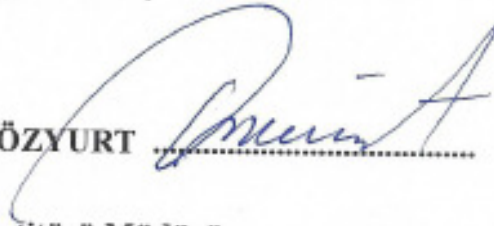
İmza



Mezuniyet Tarihi :

Prof. Dr. Ömer ÖZYURT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



Sevgili Aileme,



ETİK BEYAN

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

1. Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 2. Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 3. Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 4. Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 5. Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarımı kabullendiğimi beyan ederim.

Sümeyye GÖGYILDIZ



ÖZET

**DİLOVASI (KOCAELİ) ENDÜSTRİYEL BÖLGESİNDE GÖZLENEN
TOPRAK KİRLİLİĞİNİN ZAMANSAL VE MEKÂNSAL DEĞİŞİMİNİN
METALLER AÇISINDAN İNCELENMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
SÜMEYYE GÖGYILDIZ
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. FATMA ÖZTÜRK)**

BOLU, OCAK - 2019

Günümüzde endüstriyel faaliyetlerin gelişmesi, motorlu taşıt sayısının artması ve hızlı nüfus artışıyla birlikte topraktaki ağır metal kirliliği önemli çevresel sorunlardan biri haline gelmiştir. Bu çalışmada özellikle sanayi kaynaklı topraktaki ağır metal kirliliği üzerinde durulmuştur. 45 farklı sektörden 185 küçük ve orta ölçekli sanayi tesisini bulunduran Dilovası bölgesi, toprak kirliliğinin çok sık görüldüğü bölgelerden biridir.

Gerçekleştirilen bu çalışma ile (1) Endüstriyel faaliyetlerin çok fazla olduğu Dilovası'nda toprak kirliliğine sebep olan metallerin seviyelerinin belirlenmesi, (2) Farklı mevsimlerde toplanan örneklerde belirlenen kirletici parametrelerine ait konsantrasyon değerlerinin zamansal değişiminin incelenmesi, (3) Toprakta belirlenen parametrelerinin kirletici kaynaklarının belirlenmesi, (4) Kirletici parametrelerinin mekansal değişimlerinin saptanması hedeflenmiştir. Bu hedeflere ulaşmak için Dilovası'nda Şubat, Temmuz ve Ekim (2015) aylarında 23 farklı noktadan toprak örnekleri toplanmış ve toplanan örnekler pH ve metaller (Li-U arası) açısından analiz edilmiştir. Çalışma dönemi boyunca toplanan örnekler için belirlenen ortalama konsantrasyon değerlerinin 0.003 ± 0.003 $\mu\text{g/g}$ (Lu) ile 21 ± 15 mg/g (Ca) arasında değiştiği ve ortalama pH ise 7.69 ± 0.19 olduğu bulunmuştur. Elde edilen pH değeri toprağın alkali özellik gösterdiğini işaret etmektedir. Örneklem noktalarından bazılarında özellikle Şubat ayında TKKY'inde verilen limit değerlerin Cr, Ni ve Zn için aşıldığı belirlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen değerler literatürde raporlanan değerler ile karşılaştırılmış, Dilovası için oluşturulan veri setinin diğer endüstriyel alanlar için elde edilen değerlerin aralığında olduğu belirlenmiştir. Toprak kirliliğine sebep olan parametrelerin kaynaklarını belirlemek amacıyla toprağa göre zenginleştirme faktörü hesaplanmış ve Sn, Cu, Sc, Ni, Cr, Mo, Sb, As, Cd, Hg ve S'un bu çalışma kapsamında toplanan toprak örneklerinde yerel topraktan çok antropojenik faaliyetlerden kaynaklandığını saptanmıştır. Haritalandırma yöntemi ile kirleticilerin mekansal değişimleri de bu çalışma kapsamında değerlendirilmiş, Pb, Cr, Ni ve Zn gibi parametrelerin ana yollara yakın noktalardan örneklerde yüksek seviyelerde olduğu bulunmuştur. Üretilen veri setine uygulanan PMF modeli, bölgede toprak kompozisyonunu belirleyen dört farklı kaynağın olduğunu açığa çıkarmıştır. Yapılan sağlık riski değerlendirmesi toprağın kazara yutulmasının çocuklar ve yetişkinlerde herhangi bir riske neden olmadığını göstermiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Dilovası, Toprak, Element, pH, PMF, EF_c, Kirlilik Haritası, Sağlık Riski

ABSTRACT

**INVESTIGATION OF SPATIAL AND TEMPORAL VARIATION OF
SOIL POLLUTION IN TERMS OF METALS IN DİLOVASI (KOCAELİ)
INDUSTRIAL REGION
MSC THESIS
SUMEYYE GÖGYILDIZ
BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF
NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. FATMA ÖZTÜRK)**

BOLU, JANUARY 2019

Today, with the development of industrial activities, the increase in the number of motor vehicles and rapid population growth, heavy metal pollution in the soil has become one of the important environmental problems. This work mainly focuses on heavy metal pollution from industrial origin. The Dilovasi region, which contains 45 different industries (185 small and medium-sized industrial plants), is one of the regions where soil pollution is frequently seen.

The purpose of this work is (1) to determine the levels of metal pollution causing soil pollution in Dilovasi, where industrial activities are very high, (2) to investigate the temporal variation of concentration values of pollutant parameters determined in different seasons, (3) to determine the sources affecting the chemical composition of soil, (4) to evaluate the spatial distribution of parameters determined in the soil. In order to achieve these listed objectives, soil samples were collected in February, July and October of 2015 in 23 different sites in Dilovasi. Collected samples were analyzed in terms of pH and metals (from Li to U). The obtained results revealed that metal concentrations were ranged from $0.003 \pm 0.003 \mu\text{g/g}$ for Lu to $21 \pm 15 \text{ mg/g}$ for Ca. The average soil pH was found as 7.69 ± 0.19 indicating alkaline nature of soil. When the obtained results were compared with the Turkish Soil Pollution Control Regulations, it has been found that the limit values for Cr, Ni and Zn were exceeded at some sites particularly for the samples collected in February. Once the results from this study were compared with the ones reported in the literature, we found that data set generated for Dilovasi were within the previously published values. Enrichment factor calculation revealed that Cu, Sn, Cu, Sc, Ni, Cr, Mo, Sb, As, Cd, Hg and S released to the soil from anthropogenic sources. PMF was applied to the produced data set identified four different factors affecting soil composition in the region. Exposure risk assessment showed that ingestion of soil contaminated with metals does not lead to health risk for both adults and children.

KEYWORDS: Dilovasi, Soil, Metals, pH, PMF, EF, Pollution Map, Exposure risk assessment

İÇİNDEKİLER

Sayfa

• ÖZET	v
• ABSTRACT	vi
• İÇİNDEKİLER.....	vii
• ŞEKİL LİSTESİ	viii
• ÇİZELGE LİSTESİ	x
• KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ.....	xii
• TEŞEKKÜR.....	xiv
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Kapsamı	2
1.2 Çalışmanın Amaçları.....	2
1.3 Çalışmanın Yöntemi.....	2
1.4 Toksik Maddelerin Sınıflandırılması	3
1.5 Ağır Metallerin Çevresel Faktörlere Etkisi	4
2 LİTERATÜR ÖZETİ.....	10
3 GEREÇ VE YÖNTEM	36
3.1. Arazi Çalışması ve Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması.....	36
3.1.1. Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması	38
3.1.2. Toprak Örneklerinde pH'ın Belirlenmesi.....	38
3.2. Toprak Örneklerinin Elementler Açısından Analiz Edilmesi	39
3.2.1. WDXRF Analizleri.....	39
3.2.2. ICPMS Analizleri	43
3.3. Veri Setinin Değerlendirilmesi.....	48
3.3.1. Pozitif Matriks Faktörizasyonu (PMF).....	48
3.3.2. Zenginleştirme Faktörü (EF _t)	49
3.3.3. Sağlık Maruziyetinin Hesaplanması	50
4 BULGULAR VE TARTIŞMA	53
4.1 ICPMS Verilerinin İstatistiksel Özeti	53
4.2 WDXRF Verilerinin İstatistiksel Özeti	62
4.3 WDXRF ve ICPMS Sonuçlarının Kıyaslanması	66
4.4 Literatür ile Karşılaştırma	69
4.5 Toprak Zenginleştirme Faktörü (EF _c)	75
4.6 Kirletici Parametrelerinin Mekânsal Dağılımı	80
4.7 Kirletici Kaynaklarının Belirlenmesi	97
4.8 Zamansal Değişimlerin İncelenmesi	99
4.9 Sağlık Maruziyetinin İncelenmesi.....	104
5 SONUÇLAR.....	105
6 KAYNAKLAR.....	106
7 ÖZGEÇMİŞ	116

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Klasik Sınıflandırma (Güner, 2014)	3
Şekil 3.1. Arazi çalışmasında toplanan örneklerin lokasyonları.....	36
Şekil 3.2. Arazi çalışmasında toplanan ve elenen örneklerden bir tanesine ait fotoğraf	38
Şekil 3.3. Örneklerin süzülmesi ve pH ölçümüne hazır hale getirilmesini gösterir bir fotoğraf	39
Şekil 3.4. Örneklerin pH ölçümünde kullanılan pH metre ve örneklerin bir tanesinde pH tayinini gösterir bir fotoğraf	39
Şekil 3.5. Bu çalışmada kullanılan WDXRF cihazı.....	40
Şekil 3.6. Örnekleri çözünürleştirmede kullanılan mikrodalga fırın ve aparatı....	43
Şekil 3.7. Bu çalışmada kullanılan ICPMS cihazı	44
Şekil 4.1. Toprak örneklerinde ortak belirlenen elementler için WDXRF/ICPMS oranı	68
Şekil 4.2. Şubat ayında örnekleme noktalarında belirlenen Cr, Ni ve Zn konsantrasyonlarının pH ile değişimi.....	74
Şekil 4.3. Temmuz ayında örnekleme noktalarında belirlenen Cr ve Zn konsantrasyonlarının pH ile değişimi.....	75
Şekil 4.4. Şubat ayında toplanan örneklerde belirlenen parametreler için hesaplanan toprak zenginleştime faktörü değerleri.....	77
Şekil 4.5. Temmuz ayında toplanan örneklerde belirlenen parametreler için hesaplanan toprak zenginleştime faktörü değerleri.....	78
Şekil 4.6. Ekim ayında toplanan örneklerde belirlenen parametreler için hesaplanan toprak zenginleştime faktörü değerleri.....	79
Şekil 4.7. Şubat ayında belirlenen As ve Hg'nin mekânsal dağılımı.....	81
Şekil 4.8. Şubat ayında belirlenen Cr ve Ni'in mekânsal dağılımı.....	82
Şekil 4.9. Şubat ayında belirlenen S ve V'un mekansal dağılımı.....	83
Şekil 4.10. Şubat ayında belirlenen Sn ve Zn'nin mekânsal dağılımı	84
Şekil 4.11. Temmuz ayında belirlenen Al ve Ca'nın mekânsal dağılımı	85
Şekil 4.12. Temmuz ayında belirlenen Ba ve Pb'nin mekânsal dağılımı	86
Şekil 4.13. Temmuz ayında belirlenen As ve Hg'nin mekânsal dağılımı	87
Şekil 4.14. Temmuz ayında belirlenen Cr ve Ni'nin mekânsal dağılımı.....	88
Şekil 4.15. Temmuz ayında belirlenen S ve V'nin mekânsal dağılımı.....	89
Şekil 4.16. Temmuz ayında belirlenen Sn ve Zn'nin mekânsal dağılımı	90
Şekil 4.17. Ekim ayında belirlenen Al ve Ca'nın mekânsal dağılımı.....	91
Şekil 4.18. Ekim ayında belirlenen Ba ve Pb'nin mekânsal dağılımı.....	92

Şekil 4.19. Ekim ayında belirlenen As ve Hg'nin mekânsal dağılımı	93
Şekil 4.20. Ekim ayında belirlenen Cr ve Ni'nin mekânsal dağılımı	94
Şekil 4.21. Ekim ayında belirlenen S ve V'nin mekânsal dağılımı	95
Şekil 4.22. Ekim ayında belirlenen Sn ve Zn'nin mekânsal dağılımı.....	96
Şekil 4.23. Çalışmada belirlenen metallerin PMF ile tanımlanan faktörlere olan katkısı	98
Şekil 4.24. Toprak kaynaklı olan metallerin kaynaklara göre	99
Şekil 4.25. İstatiksel açıdan farklılık gösteren metallerin aylık bazda konsantrasyon değişimleri.....	102
Şekil 4.26. İstatiksel açıdan farklılık göstermeyen metallerin aylık bazda konsantrasyon değişimler.....	103



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1. Endüstriyel faaliyetlerden toprağa gelen ağır metaller	5
Tablo 2.1. Toprak pH'sının iki farklı sisteme göre sınıflandırılması	34
Tablo 2-2. Topraktaki ağır metal sınır değerlerinin pH ile değişimi.....	35
Tablo 3.1. Örneklem noktalarının koordinatları, ana karayolları ve denizden mesafeleri ve hangi ana kirletici kaynaklarına yakın olduğunun bilgisi.....	37
Tablo 3.3. NIST SRM 2703 (sediment for solid sampling) standartında ölçülen değerlerin sertika değerleriyle karşılaştırılması ve geri kazanım değerleri	41
Tablo 3.4. NIST SRM 2711a (Montana II soil) standartında ölçülen değerlerin sertika değerleriyle karşılaştırılması ve geri kazanım değerleri.....	42
Tablo 3.5. NIST SRM 1646a (eustarine sediment) standartında ölçülen değerlerin sertika değerleriyle karşılaştırılması ve geri kazanım değerleri.....	42
Tablo 3.6. WDXRF cihazı ile toprak örnekleri için belirlenen MDL değerleri ...	42
Tablo 3.7. Örnekleri çözünürleştirmede kullanılan mikrodalga fırın programı ...	44
Tablo 3.8. ICP-MS işletme parametreleri.....	45
Tablo 3.9. NIST SRM 1648a (urban particulate matter) standartında ölçülen değerlerin sertifika değerleriyle karşılaştırılması ve geri kazanım değerleri.....	46
Tablo 3.10. IAEA 336 (Lichen) standartında ölçülen değerlerin sertika değerleriyle karşılaştırılması ve geri kazanım değerleri	47
Tablo 3.11. NIST SRM 1575a (Pine Needle) standartında ölçülen değerlerin sertika değerleriyle karşılaştırılması ve geri kazanım değerleri.....	48
Tablo 3.12. Risk değerlendirmesinde kullanılan parametrelerin tanımları ve değerleri.....	51
Tablo 3.13. Metal konsantrasyonlarına bağlı olan kanserojen olan ve olmayan risklerin hesaplanmasında kullanılan parametrelere ait değerler.....	52
Tablo 4.1. Çalışma döneminde toplanan örneklerde ICPMS ile belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti.....	55
Tablo 4.2. Çalışma döneminde toplanan örneklerde ICPMS ile belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti (Devam)	56
Tablo 4.3. Şubat 2015 döneminde toplanan örneklerde ICPMS belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti.....	57
Tablo 4.4. Şubat 2015 döneminde toplanan örneklerde ICPMS ile belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti (Devam)	58

Tablo 4.5. Temmuz 2015 döneminde toplanan örneklerde ICPMS ile belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti.....	59
Tablo 4.6. Temmuz 2015 döneminde toplanan örneklerde ICPMS ile belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti (Devam)	60
Tablo 4.7. Ekim 2015 döneminde toplanan örneklerde ICPMS ile belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti.....	61
Tablo 4.8. Ekim 2015 döneminde toplanan örneklerde ICPMS ile belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti (Devam)	62
Tablo 4.9. Çalışma döneminde toplanan örneklerde WDXRF ile belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti.....	63
Tablo 4.10. Şubat 2015 döneminde toplanan örneklerde WDXRF ile belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti.....	64
Tablo 4.11. Temmuz 2015 döneminde toplanan örneklerde WDXRF ile belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti.....	65
Tablo 4.12. Ekim 2015 döneminde toplanan örneklerde WDXRF ile belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti.....	66
Tablo 4.13. Çalışmada belirlenen değerlerin literatürde raporlanan değerler ile karşılaştırılması (Birim: $\mu\text{g/g}$; Fe için konsantrasyon birimi mg/g olarak verilmiştir).....	71
Tablo 4.14. Türkiye topraklarında pH durumu	72
Tablo 4.15. Çalışmada belirlenen parametrelere ait tek yönlü varyans analizi sonuçları	101
Tablo 4.16. Çalışmada toprak örneklerinde metallerin sebep olduğu kanserojen olmayan ve kanserojen olan riskler.....	104

KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
Au	: Altın
Ba	: Baryum
Be	: Berilyum
Bi	: Bizmut
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
Ce	: Seryum
Co	: Kobalt
Cs	: Sezyum
Cu	: Bakır
Dy	: Disprosyum
EFc	: Zenginleştirme Faktörü
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
Er	: Erbiyum
Fe	: Demir
Gd	: Gadolinyum
Ge	: Germanyum
Hg	: Civa
La	: Lantan
Li	: Lityum
Lu	: Lütesyum
Mn	: Manganez
Mo	: Molibden
Na	: Sodyum
Nd	: Neodim
Ni	: Nikel
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
PMF	: Pozitif Matriks Faktörizasyonu

Pr	: Praseodim
Pt	: Platin
Rb	: Rubidyum
S	: Kükürt
Sb	: Antimon
Sc	: Skandiyum
Se	: Selenyum
Sm	: Samaryum
Sn	: Kalay
Sr	: Stronsiyum
Tb	: Terbiyum
Th	: Toryum
Ti	: Titan
TKKY	: Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
Tm	: Tulyum
U	: Uranyum
V	: Vanadyum
Y	: İtriyum
Yb	: İterbiyum
Zn	: Çinko
W	: Tungsten

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca her zaman ve her türlü yardımlarını esirgemeyen, çok sevdiğim ve benim için çok kıymetli olan hocam Doç. Dr. Fatma Öztürk'e sonsuz teşekkür ederim. Tez savunma jüri üyesi olan Doç. Dr. Sema Yurdakul ve Prof. Dr. Nusret Karakaya'ya değerli katkılarından dolayı çok teşekkür ederim.

Bu tezin arazi çalışmasında katkılar sağlayan Cevdet Doğan'a ve toplanan örneklerin analize hazırlanmadan önce ön işlemden geçirilmesinde yardımcı olan Işıl Çelik'e çok teşekkür ederiz. Bu çalışma kapsamında toplanan örneklerin analizinde katkılar sağlayan Melek Keleş Özgül, Kadir Yıldız, Selin Yıldırım, H.Dilruba Koltka, Tuğba Yücel'e teşekkür ederiz. Arazi çalışması ve toplanan örneklerin analize hazırlanması için gerçekleştirilen ön işlemler sırasında değerli görüş ve önerilerini esirgemeyen Doç. Dr. Sema Yurdakul ve Doç. Dr. Banu Çetin'e çok teşekkür ederiz.

Bu çalışma TÜBİTAK ÇAYDAG tarafından 115Y495 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu desteğinden dolayı ilgili gruba teşekkür etmeyi bir borç biliriz.

Son olarak her zaman yanımda olan sevgili aileme çok teşekkür ediyorum.

1 GİRİŞ

Çevre insanların, hayvanların, mikroorganizmaların vb. diğer canlıların karşılıklı olarak etkileşim içerisinde olduğu ve yaşamları boyunca bu ilişkiyi sürdürdükleri dış ortamdır. Doğanın temel fiziksel unsurları olan hava, su ve toprak üzerinde doğal veya yapay faaliyetler sonucunda olumsuz etkilerin ortaya çıkması ve bu etkilerin canlı öğelerin hayati fonksiyonlarını, aktivitelerini olumsuz yönde etkileyerek oluşturduğu çevre sorunlarına çevre kirliliği denmektedir. Çevre kirliliği insan sağlığı ve ekolojik sistemi tehdit etmektedir. Çevre kirliliği Sanayi Devrimi'nden itibaren her dönemde karşımıza çıkmaktadır. Motorlu taşıtların artması, teknolojinin ve beraberinde endüstriyel faaliyetlerin zaman içerisinde büyümesi ile artan enerji ihtiyacının karşılanması için fosil yakıtların tercih edilmesi önemli çevre sorunlarından biri olan toprak kirliliğini de beraberinde getirmiştir.

Bilimsel araştırmalar toprak kirliliğinin hava ve su kirliliği gibi döngü halinde olduğunu, insan sağlığını ve ekolojik sistemi tehdit ettiğini ortaya çıkartarak araştırmalara yön verilmiştir. Toprak organik ve inorganik maddelerden oluşan farklı yaşam döngülerinin gerçekleşmesini sağlayan bir yapıya sahiptir. Toprak insanoğlu tarafından tarımsal faaliyetler, hayvancılık ve yaşam alanı olarak kullanılarak her dönem önemli hale gelmiştir. Toprak, yapısı ve içerdiği mineraller sayesinde çeşitli bitkilere ve hayvanlara ev sahipliği yapar. Bu yönüyle ekolojik açıdan zengindir. Toprak, yetiştirdiği ağaçlar sayesinde O₂ ihtiyacımızı, çeşitli meyve ve sebzelerle gıda ihtiyacımızı karşılar. Toprak aynı zamanda gıda ürünlerine geçen vitamin ve mineral kaynağımızdır.

Bu çalışmada endüstriyel bir bölge olan Kocaeli'nin Dilovası ilçesinin mekânsal örnekleme çalışması ile toprak kalitesinin çok sayıda metal açısından belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında toplanan örnekler çeşitli analitik yöntemlerle analiz edilerek topraktaki kirleticilerin düzeyleri belirlenmiş ve daha sonra üretilen veri seti, kirletici seviyelerinin zamansal değişimi ve kirletici kaynaklarını belirlemek amacıyla istatistiksel teknikler kullanılarak analiz edilmiştir.

1.1 Çalışmanın Kapsamı

Çalışma kapsamında Kocaeli'nin Dilovası ilçesinde Şubat, Temmuz ve Ekim (2015) aylarında 23 farklı noktadan toprak örnekleri alınmış ve alınan bu örnekler metaller (Lityum-Uranyum arasında 55 metal) ve pH açısından analiz edilerek, endüstriyel olarak kontamine olmuş bu alan için toprak kirliliği açısından bilginiz dahilinde en büyük veri seti üretilmiştir.

1.2 Çalışmanın Amaçları

Bu çalışmanın amaçlarını,

- Endüstriyel faaliyetlerin çok fazla olduğu Dilovası'nda toprak kirliliğine sebep olan metallerin seviyelerinin belirlenmesi
- Farklı mevsimlerde toplanan örneklerde belirlenen kirlenici parametrelerine ait konsantrasyon değerlerinin zamansal değişim gösterip göstermediğinin incelenmesi
- Toprakta belirlenen parametrelerinin hangi kirlenici kaynaklarından toprağa karıştığının belirlenmesi
- Kirlenici parametrelerinin mekânsal değişimlerinin saptanması

şeklinde özetlemek mümkündür.

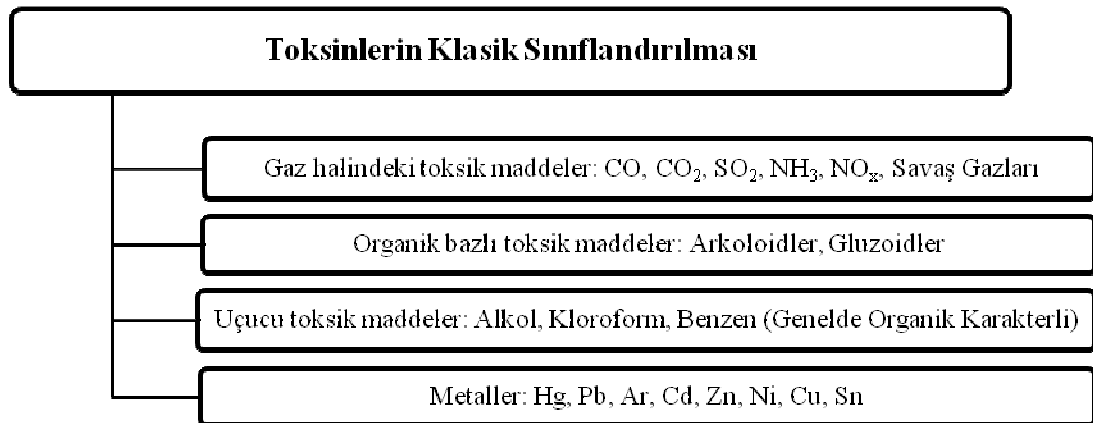
1.3 Çalışmanın Yöntemi

Dilovası'nda 2015 yılında üç farklı ayda 23 farklı noktadan toplanan toprak örnekleri ICPMS ve WDXRF analitik teknikleri kullanılarak metaller açısından analiz edilmiş ve yaklaşık olarak 56 metalin seviyeleri belirlenmiştir. Toprak kirliliğine sebep olan parametrelerin kaynaklarını belirlemek amacıyla toprağa göre zenginleştirme faktörü hesaplanmış ve haritalandırma yöntemi ile kirlenicilerin mekânsal değişimleri değerlendirilmiştir. Üretilen veri setine uygulanan PMF modeli, bölgede toprak kompozisyonunu belirleyen farklı kaynakların olduğunu açığa çıkarmıştır.

1.4 Toksik Maddelerin Sınıflandırılması

"Bilim ve teknolojinin ilerlemesiyle 50 yıl önce yılda sadece 1 milyon ton kimyasal üretilirken, 2014'te bu rakam 400 kat artarak 400 milyon tona ulaşmıştır. Farklı kaynaklarda farklı rakamlar verilmekle beraber ve tüm dünyada ortalama 80.000 ile 100.000 arasında kimyasalın kullanıldığı tahmin edilmektedir. Bu kimyasalların büyük bir bölümü ticari ürünlerin karışımları olarak bulunmaktadır. 10.000 yakın sayıda kimyasalın zararlı olduğu bilinmektedir. Zararlı kimyasalların 3.000'ni kanserojen etkili olup, bunların 20–30 kadarı insan kanserojeni olarak tanımlanmaktadır. Toksik maddelerin farklı şekilde sınıflandırılması yapılmıştır. Genel olarak toksik maddeler alınma şekli, tip, orijini, etkilerine göre sınıflandırılmaktadır. Bir maddenin hangi miktarda etkili olduğu o maddenin biyolojik, kimyasal ya da toksik olarak sınıflandırılmasında önemlidir.

Toksik maddelerin tek başlarına etkisi olduğu gibi bir birleriyle etkileşime girerek farklı etkiler gösterebilir. Bunun yanında bir maddenin toksik etkisi canlı türüne, canlıyı yaşına, fizyolojik şartlar gibi çok çeşitli farklı parametre bağlıdır." (Güner, 2014).



Şekil 1.1. Klasik Sınıflandırma (Güner, 2014)

1.5 Ağır Metallerin Çevresel Faktörlere Etkisi

"Çevrenin kirlenmesi artarak devam etmektedir, buna karşın kaynakların gittikçe daraldığı günümüzde özellikle ekonomik önemi olan canlıların kirlilikten nasıl etkilendiğinin bilinmesi zorunluluk haline gelmiştir. Günümüzde çevreye verilen toksik maddeler doğanın ekolojik dengesini bozacak düzeye gelmiştir. Kirliliğin önemli kaynaklarından birisi olan ağır metal içeren atıklar en çok su ortamlarına verilmektedir. Su ortamına giren ağır metaller, ortamdaki canlılar ve dip sedimentinde birikirler veya suda asılı partiküllere bağlı olarak bulunurlar. Sudaki birçok canlının dokularındaki ağır metal birikimi, söz konusu metalin sudaki derişiminden daha yüksek olabilir. Periyodik tablodaki 105 elementin yaklaşık 80'ini metaller oluşturur. Birçok metal, insan ve hayvanlar için esansiyeldir. Esansiyel olanlar, eksikliklerinde olduğu gibi fazla miktarlarda alındıklarında da vücut homeostazını bozarak toksik etki oluşturabilirler." (Güner, 2014)

"Bugün "endüstri metalleri" olarak nitelendirilen yaklaşık 50 metal ve alaşımı çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Ayrıca metaller ve tuzları tıpta ve veteriner hekimlikte ilaç, tarımsal ilaç olarak da kullanılmaktadır. 30 civarında metalin insanlarda toksisite oluşturduğu bilinmektedir. İnsan vücudu için temel olan ve olmayan metaller başta besinler olmak üzere diğer bazı yollarla (su, hava gibi) alınmaktadır. Böylece "vücut metal yükü" oluşmakta; bazıları ise (alüminyum, kurşun ve kadmiyum gibi) yaş ile birikerek vücuttaki konsantrasyonları artmaktadır." (Güner, 2014)

Toprağın doğal ve antropojenik faaliyetler sonucunda açığa çıkan kirliliklerin etkisi altında kalması yaşamsal döngüye olumsuz bir şekilde yansımaktadır. "Günümüzde çevreye verilen toksik maddeler doğanın dengesini bozacak düzeye ulaşmıştır. Antropojenik işlevlerin yoğun olduğu kentsel alanlardan ve çeşitli endüstri kuruluşlarından çevreye yayılan toksik maddeler su, hava ve toprak kirliliğinin başlıca nedenlerindedir Cu, Zn ve Fe gibi elementleri canlılarda normal gelişim ve biyolojik işlevlerin sürdürülebilmesi için gerekli olan eser derişimlerin üstünde bulunmaları durumunda sucul organizmalarda olumsuz etkiler yapmaktadırlar. Cd ve Pb gibi gerekli olmayan elementlerin düşük derişimlerde bile toksik etki yapar. Bazı temel metabolik fonksiyonların yürütülebilmesi amacıyla az

miktarda gereksinim duyulan Cu ve Zn gibi ağır metallerin ortamdaki derişimlerinin artması, öncelikle metabolik aktivitesi yüksek olan organlarda birikmesine, diğer taraftan da enzimlerin aktif bölgelerini bloke ederek organizmada toksik etkilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır." (Güner, 2014)

Endüstriyel faaliyetlerden toprağa en çok verilen kirlilik ağır metal kirliliğidir. Çeşitli endüstriyel faaliyetler sonucu toprağa geçen metaller aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 1.1. Endüstriyel faaliyetlerden toprağa gelen ağır metaller (Kahvecioğlu vd., 2003)

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

Çeşitli endüstriyel faaliyetler sonucunda açığa çıkan başlıca ağır metallerin kullanım alanları ve insan sağlığı üzerindeki etkileri kısaca aşağıda açıklanmaktadır.

Kurşun (Pb): Pb doğada yer kabuğunda çok miktarda bulunduğu gibi antropojenik kaynaklardan da gelmektedir. Çevredeki topraklarda çeşitli kimyasal formlarda kurşun metalik (saf metal), kurşun oksit, kurşun sülfat, kurşun kromatlar, kurşun silikatlar, kurşun arsenatlar ve kurşun klorür gibi inorganik bileşikler ve tetraetil kurşun gibi organik bileşikler olabilmektedir. (Avino, RB., Lopez-Moya, JR ve Navarro-Avino, JP, 2008). Suni gübre uygulaması, çeşitli endüstriyel faaliyetler; boyalar, pas önleyici maddeler, kurşunlu petrol ürünlerinden çatılara döşenen kurşun saclara kadar birçok antropojenik kaynak, kurşunun ekolojik döngü içerisindeki yerini tehlikeli düzeye taşımaktadır. (Kabata-Pendias ve Pendias, 2001, Teissedre, vd., 1994)

Kurşun hamilelik döneminden itibaren cenine, doğum sonrası anne sütüne geçmektedir. Kurşuna maruz kalınma bebeklikle başlamaktadır. Günümüzde kullanım alanlarının genişlemesiyle birlikte kişilerin vücudundaki bioakümülyasyon artışı görülebilmektedir. Kurşunun vücutta toksik etki oluşturabilmesi için belli bir düzeye ulaşması gerekmektedir. Kanda 40 mg/l seviyesini aştığı takdirde tansiyon

artırıcı etkisi ortaya çıkmaktadır. Ayrıca Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 1995) sınıflandırmasına göre kurşun 2. sınıf kansorejenler grubunda yer almaktadır. (European Commission, 2002).

Kadmiyum (Cd): Kadmiyum endüstriyel olarak nikel/kadmiyum pillerde, korozyona karşı özellikle denizel koşullara dayanımı nedeniyle gemi sanayinde çeliklerin kaplanması, boya sanayisinde, PVC stabilizatörü olarak, alaşımlarda ve elektronik sanayisinde kullanılır. (<http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/minimize/cadmium.pdf>)

Kadmiyum ağır metale aşırı maruz kalmak böbreklerde hasara, yüksek tansiyona, iskelet ve üreme sisteminde kansere neden olmaktadır. (Nordberg, 2003).

Krom (Cr): "Krom, metal alaşımlandırmada ve boyalar, çimento, kâğıt, kauçuk ve diğer malzemeler için pigment olarak kullanılmaktadır. Düşük seviyelerde kroma maruz kalındığında, deride iritasyon ve ülser oluştuğu görülmektedir. Uzun süre maruz kalındığında böbreklerde ve karaciğerde hasara yol açabildiği gibi kan dolaşım sistemini ve sinir dokularını tahrip edebilmektedir." (Kahvecioğlu vd., 2003). Krom daha çok sucul ortamlarda birikerek çoğalmaktadır. Dolayısıyla yüksek seviyelerde kroma maruz kalan besinleri tüketmek oldukça tehlikelidir.

Laboratuvar denemelerinde Cr (VI) nın kanserojen özelliği tespit edilmiştir ve kanserojen etki özellikle bronş sisteminde etkindir. Kromatlaşma yapan ve krom üretiminde çalışan işçiler üzerinde yapılan araştırmalarda ise, cevherden dikromatların ($Cr_2O_7^{2-}$) üretilmesinde ve izolasyonunda çalışan işçilerde bronşit kanserinin arttığı tespit edilmiştir. (<http://www.inchem.org>)

Bakır (Cu): Doğada Bakır, kayalarda, suda ve havada bulunmaktadır. Tüm organizmalar için ise normal büyüme ve metabolizma gibi yaşamsal faaliyetler açısından önemli bir iz elementtir. Bakır elektrikli ekipmanlar, çatı ve sıhhi tesisat gibi inşaat malzemeleri, ısı eşanjörleri ve alaşımları gibi endüstriyel makineler, tarım (besin maddeleri, zirai ilaçlar ve fungusitler, ahşapların korunması ve tıbbi uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. (Kanoun-Boule vd., 2008; Prasad, 1990)

Cu'nin esansiyel element olduğu bilinmekle birlikte, yoğunluğu olması gereken sınırı aştığında canlı hayata toksik etki gösterebilmektedir (Yang vd., 2002; Yaman ve Akdeniz, 2004)

Bakır eksikliğinde kansızlık, güçsüzlük, iştahsızlık, ishal ve çarpıntı meydana gelebilir. Bakır vücuda fazla alındığında ise depresyon, şizofreni, bunaklık, hipertansiyon gibi ciddi zihinsel ve bedensel rahatsızlıklara yol açabilmektedir. (<http://www.inchem.org>, 1996).

Civa (Hg): Civa çevrede doğal olarak bulunan bir elementtir. Endüstride gerek metalik olarak gerekse organik ve inorganik civa bileşikleri olarak termometrelerde, bazı metallerin üretim proseslerinde, ilaç sanayisinde, dış tedavilerinde dolgu malzemesi olarak, laboratuvar uygulamalarında, boya sanayisinde ve kâğıt sanayisinde kullanılmaktadır. Civanın zararının bilinmediği dönemlerde daha çok kullanılırken günümüzde insanoğlu ve ekolojik sisteme verdiği zararları konusunda araştırmaların sayesinde bazı endüstri kollarında civa kullanımı yasaklanmıştır. (<http://www.inchem.org> - https://metalurji.org.tr/dergi/dergi137/d137_4651.pdf)

Civa'nın antropojenik emisyonunun ana kaynağı olarak kömür yakma, belediye katı atık yakma, elektronik, kâğıt ve farmasötik endüstrileri belirlenmiştir. (Biester vd., 2002; Tack vd., 2005). Tarımsal faaliyetlerde civa kullanılmaktadır. Civanın da diğer ametaller gibi bioakümülyasyona uğrayarak canlı hayatını olumsuz etkilediği görülmektedir.

Civa birçok sanayi dalında kullanıldığı için, çevresel kontaminasyon ile balık ve deniz hayvanlarından, yapısında civa bulunan tarım ilaçlarının sık kullanımı sonucu, tarım ürünlerinin yapısından beslenme döngüsüne girerek etkisini göstermektedir. Yapılan çalışmalar balık, et ve bazı süt ürünlerinde yüksek düzeyde civa bulunabildiğini göstermiştir. (<http://www.academicfoodjournal.com/archive/2010/2/31-35.pdf>) Sanayi kuruluşlarının deniz sahillerinde yoğunlaşması, bu bölgelerde yaşıyan balıkların dokusunda civa düzeyinin artmasına neden olmuştur. Civanın bir canlıdan başka bir canlıya aktarılmasının incelendiği bir çalışmada, 8 ppm civa püskürtülen tohumlarla beslenen civcivlerin kaslarında yaklaşık 2 kat civa

birikimi saptanırken, civa ile kontamine olmuş civcivlerle beslenen kır sansarlarında 6 kat civa birikimi saptanmıştır. (Vural, 1993) "Civa zehirlenmesi sonucu oluşan akut zehirlenmeler ile nörolojik bozukluklar, böbrek hasarı oluşmakla birlikte kronik zehirlenme sonucunda titreme, diş etleri iltihabı, psikolojik değişiklikler ile gebelerde düşük ya da bebekte doğumsal anomaliler gözlenebilmektedir." (Çağlarımak ve Hepçimen, 2010)

Nikel (Ni): Periyodik cetvelin VIII. grubunda yer almaktadır. Doğal ve yapay faaliyetlere bağlı olarak karşımıza çıkmaktadır. Her metalin olduğu gibi Nikel'in de organik formu, inorganik formundan daha zehirleyicidir. Canlı vücuduna teması halinde deriyi tahriş etmekte ve solunması halinde kalp-damar sistemine çok zararlı olan kanserojen bir metaldir. Zararlı etkileri olmasına rağmen nikel ve tuzlarıyla ilgili zehirlenme nadir rastlanan bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. (Kartal vd., 2003.) Ağız yoluyla alınan nikelin büyük kısmı vücut tarafından emilmeden dışkı ile dışarı atılır, bir kısmı akciğer, bağırsak ve deri gibi dokularda birikebilir. Nikel organizmada ribonükleik asit gibi moleküllerle kuvvetlice bağlanabilir. Sistin, metiyonin ve histidin gibi aminoasitler, fosfolipidler, asetil-CoA ve sitrik asit gibi komponentlerle birleşebilir. Alet ve ekipmanla beraber gıda maddelerine uygulanan bazı işlemler de nikel kontaminasyonu düzeyini etkilemektedir. Örneğin, hububatın öğütülmesi ve tahılın parçalanması bu ürünlerin nikel içeriğini azaltırken, pişirme işlemi bu düzeyi artırmaktadır. Rusya'da nikel rafinasyon işçileri üzerinde yapılan bir çalışmada, mide ve akciğer kanserine yakalanma oranının yüksekliği dikkat çekicidir. Aynı sonuçlar İngiltere ve Japonya'daki rafinasyon işçileri üzerinde de saptanmıştır (Vural, 1993) .

Çinko (Zn): "Otomotiv endüstrisinde, elektrikli cihazlarda, oyuncak ve makine üretiminde, deodorant, kaynak, pil işlemlerinde kullanılmaktadır. Kronik maruz kalma sonucu deri, akciğer hastalıkları gözlemlenmektedir. Kanserijen bir madde değildir. İnsan sağlığı açısından önemli bir element olup, belirli miktarlarda alınması gerekir. 70 kg ağırlığındaki bir insanda ortalama olarak 1,4-2,3g çinko bulunabilmektedir. Günlük alınımı ise 10-15mg'dır. Çinko oksit buharları; metal dumanı hummasına, boğaz tahrişi, öksürme, solunum güçlüğü, adale ve eklem ağrılarına neden olur. Yüksek değişimlerde ise çok toksik etki yapar ölüme neden olur. İnsan için en düşük metal doz 500mg/kg tartı/gün; çinko oksit için en düşük

toksik doz ise 600 mg/m³'dür. Çinko eksikliği sendromu jeofajianemi, hipogonadizm-hepatosplenomegali, deri farklılaşmaları, büyüme ve mental gerilik olarak kendini gösterir. Diğer organ sistemleri için de çok önemlidir. Son yıllarda çinkonun çeşitli hücre sistemlerinde etkisi araştırılmıştır. Ekzojen olarak ilave edilen çinko in vivo ve in vitro kültür sisteminde çeşitli etkilere yol açmıştır." (Güner, 2014)



2 LİTERATÜR ÖZETİ

Topraklar, organik ve inorganik maddelerin heterojen karışımlarından oluşur ve metallerin bağlanma mekanizmaları toprağın bileşimine göre değişir. Topraktaki ağır metallerin ekolojik özellikleri, toprağın katı ve sıvı fazlarındaki tür dağılımı ile yakından ilişkilidir (Lund vd., 1990). Toprağın zemin bileşenleri olan kum ve kil inorganik maddelerdir ve bu maddeler ekolojik sistem için önem arz etmektedir. Kil mineralleri, zehirli metalleri tutma kabiliyetleri nedeniyle çevresel açıdan özellikle önemlidir. (Salmons vd., 1995; Fergusson, 1990) Toprak da belli değerlerde kökenlerine bağlı olarak, çeşitli mineral form ve kimyasal bileşikler halinde iz elementler bulunmaktadır. Çeşitli koşullara göre değişebilen mineralli ve organik bileşenlerle kombinasyonlar içerirler: Örneğin, iz metal formlarda pH ve diğer parametreler; ekosistemdeki hareketlilik, dönüşüm ve birikim işlemleri, redoks koşulları, oksidasyon durumları, sıcaklık, organik madde varlığı ve mikrobiyolojik aktivite konsantrasyon seviyelerini etkilemektedir. Bütün bu faktörler, çevremizdeki elementlerin biyojeokimyasal döngülerini kuvvetle etkilemektedir. Asitli topraklarda genellikle katyonlar, kloridler ve sülfatlar bulunur, nötr ve hafif alkali koşullar altında ise karbonat kompleksleri hakimdir (Kot vd., 2000). Antropojenik ve doğal faaliyetler sonucunda meydana gelen kirlilikle beraber topraktaki elemental yapı değişmekte ve kirliliğe neden olmaktadır.

Toprağın kimyasal bileşimi ve metal içeriği, çevresel açıdan önemlidir. Madencilik, tarım, fosil yakıtlar ve trafikteki motorlu taşıtlardan çevreye gelen önemli miktardaki ağır metallerin ve diğer kimyasal maddelerin toprağa karışmasıyla birlikte toprağın kimyasal yapısında değişim meydana gelmektedir. Bu değişime bağlı olarak topraktaki ağır metal konsantrasyonunun gereken değerden fazla olması topraktaki verimliliği düşürmekte, besin zincirindeki miktarı artırmakta ve gıda maddelerinde toksik metal birikimine neden olmaktadır (Doğan, 2003; Kachenko vd., 2006; Yılmaz vd., 2006; Öztürk vd., 2008; Yaşar vd., 2010). Toprak, kirletici elementlerin ana rezervuarı görevi görmektedir. Toprağın sahip olduğu parametreler ağır metal ve diğer kirletici oranlarını etkilemektedir. Parametreler; toprak içindeki

organik madde miktarı, kation değişim kapasitesi, pH değeri gibi toprağın bazı önemli fiziksel ve kimyasal özellikleridir (Quia vd., 2011).

Organik madde açısından zengin topraklar ağır metalleri çok daha çabuk emerek, çözünür bileşimin oluşumuna neden olmaktadır. Ağır dokulu topraklar, ağır metal emme özelliğine sahip olmasından dolayı yüksek kation değişim kapasitesine sahiptir.

Gıda zincirine giren ağır metallerin ve radyonüklidlerin başlıca kaynağı topraktır. Toprağın organik-inorganik yapısı ve miktarı, toprağın fizikokimyasal özellikleri, bitki örtüsünün tipine, iklim koşullarına ve antropojenik etkilerin derecesine bağlıdır (Niskavaara vd., 1997). İnsanların gün içerisinde maruz kaldığı radyoaktivitenin çoğu doğal radyonüklidlerden kaynaklanmaktadır. Doğal ışınımın üç ana bileşeni (232Th ve 238U serisi ve 40K) gama ışınımı yaymaktadır. (UNSCEAR, 2000).

Ağır metal kirliliği artan bir düzende, tüm dünyada potansiyel olarak kalıcı bir sorun haline gelmektedir. (UNEP, 1999) Sanayi devriminden bu yana toksik metallerin çevresel kirliliği gittikçe artarak ciddi ekolojik sorunlara neden olmuştur (Akguc vd., 2008; Hüseyinova vd., 2009). Kayalarda, toprakta, su ve metalik cevher yataklarının çevresindeki bitkilerde, yerel ekosistemlere bağlı olarak, ağır metal kirliliği olduğu bilinmektedir. Birçok ülkede, cevher yataklarında sadece jeolojik, mineralojik ve metalurjik özellikleri değil, metalurjik süreçlerin kimyasal kullanımı, madencilik süreci ve metallerin üretimi sırasında büyük ölçekli çevre kirliliğinin ortaya çıktığı bilinmektedir. (Ellis vd.,1940; Kien, vd., 2010)

Su (göl, nehir, deniz vb.), hava, toz, toprak ve tortulardaki ağır metallerin varlığı canlı hayatı için önemli bir rol oynamaktadır (Juvanovic vd., 1995; Cheng vd., 2013).

Sucul ortamlardaki ağır metaller doğal ve antropojenik kaynaklardan gelmektedir. Antropojenik kaynaklar; endüstriyel, tarımsal (gübre ve ilaç) ve kentsel atıklar sonucu artış göstermektedir. Ağır metaller, sulardaki inorganik kirleticilerin en önemli kaynağını oluşturmaktadır. Bunlar sucul ekosistemde canlılar tarafından

alınarak, canlıların dokularında birikmekte ve besin zinciri yolu ile insana kadar ulaşabilmektedir. (Göksu 2003, Kumar vd., 2010).

Ağır metaller ortamda son derece dayanıklıdır. Biyolojik olarak parçalanmayan ve termo-çözünmeyen özelliklere sahip olduklarından kolayca toksik seviyelerde birikebilirler (Akguc vd., 2008). Ağır metaller, uzun süreli atıksu uygulaması nedeniyle toprakta toksik düzeyde birikebilirler. Toprak ve atmosferik kirlenme nedeniyle metaller ile kirlenen sebze ve meyveler hem kalite hem de sağlık açısından olumsuz şekilde etkilenmektedir (El-Fadel vd., 1997).

Tarımsal faaliyetlerde arıtılmamış veya işlenmemiş atıksuyun uzun süreli kullanımı olan alanlarda daha fazla ağır metal konsantrasyonlarının olduğu anlaşılmıştır (Sharma vd., 2008; Sharma vd., 2006).

Gübre, kanalizasyon çamuru, topraktaki pH, organik madde ve toprak içindeki metallerin biyoyararlanımı gibi metalleri alabilen pestisitlerin kullanılması toprağın fiziko-kimyasal özelliklerini değiştirmektedir (Sharma vd., 2008; Yaşar vd., 2008; Yaşar vd. 2010).

Bazı kimyasallar havaya hem doğal hem de antropojenik kaynaklardan salınmaktadır. Doğal hava kirliliği; bitkiler, radyolojik ayrışma, orman yangınları, yanardağlar ve diğer jeotermal kaynaklar, karadan ve sudan gelen emisyonlar gibi çeşitli biyotik ve abiyotik faktörlerden kaynaklanmaktadır. (WHO, 2001 http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf) Antropojenik kirlilik kaynakları arasında endüstriyel faaliyetlerden ve motorlu taşıtlardan gelen emisyonlar sayılabilir.

Atmosferik çökeltme nedeniyle yapraklı sebzelerde yüksek Pb, Cr ve Cd birikimleri oluşmaktadır (Vousta vd., 1996; Sharma vd., 2008; Özdemir vd., 2008).

Küresel atmosferik Cd birikimi fosil yakıtların yanması, demir-çelik ve demir dışı metallerin üretimi, fosfat gübreleri ve katı atık yakma kaynaklı antropojenik faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Tarımsal topraklarda biriken Cd birikimi ise atmosferik çöküntü, kanalizasyon çamuru ve insektisitler, fungusitler ve fosfat gübre

uygulamalardan kaynaklanmaktadır (Van Assche vd., 1993; Jones, vd., 1993; Sharma vd., 2007; Avino vd., 2008).

Toprakta bulunan metallerin alınması ve döngüye katılması iklim, atmosferik depolar, topraktaki metal konsantrasyonları, sebzelerin yetiştirildiği toprağın yapısı ve hasat sırasında bitkilerin olgunluğunun derecesi gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Vousta vd., 1996).

Ağır metallerin besin zincirine katılım süreci ve insan sağlığına olan etkilerini doğrudan ve dolaylı olarak ikiye ayrılabilir. Kirilenmiş toprağa fiziksel olarak maruz kalma veya kirilenmiş tozların sindirilmesiyle ilgili birçok sağlık riski vardır, bunlardan en önemlisi ise topraktan buharlaşan civa ve arsenik sindirimi doğrudan etkiye örnektir. (Khan, vd., 2008) Fakat ağır metaller, bitkiler tarafından alınmalarının bir sonucu olarak besin zincirine dolaylı olarak girebilmektedir. Bu metallerin bazıları (Pb, As, Hg ve Cd) son derece düşük konsantrasyonlarda bile toksiktir ve birçok hastalık ve kanserde potansiyel kofaktördür. İnsan sağlığı üzerinde tehlikeli etkilere; kan enzimi değişikliklerine, anemi, hiperaktivite, nörolojik bozukluklar vb. gibi sağlık sorunlarına neden olabilmektedir (Flora, 2002; Dockery vd., 1996; Willers vd., 2005). Ağır metal ortamda bulunması gereken değerden daha yüksek konsantrasyonda bulunduğu ise, sinir, kardiyovasküler, böbrek ve üreme sistemlerini olumsuz şekilde etkileyen sağlık tehlikelerine neden olmaktadır. Yetişkinlerde daha çok dikkat eksikliği ve davranışsal anormalliğe neden olmaktadır (Chirenje vd., 2006; Inyang vd., 2006).

Avrupa'da endüstriyel faaliyetler sonucunda kontamine olmuş olan alanlarda önemli miktarda insan yaşamaktadır. Avrupa Çevre Ajansı (AÇA) verilerine göre Avrupa'da temizlenerek rehabilite edilmesi gereken yaklaşık olarak 342,000 kontamine olmuş alan bulunmakta, dolayısı ile her 10,000 sakine 5.7 kontamine alan düşmektedir. Kontamine olmuş bu alanlarda ana kirleticiler arasında ağır metaller, aromatik hidrokarbonlar ve madeni yağ bulunmaktadır. Kontamine olmuş alanlar arasında en büyük odak noktasını özellikle halk sağlığı açısından endüstriyel olarak kirilenmiş alanlar oluşturmaktadır. Bunun nedeni birçok kirleticinin toksik karakteristiğe sahip olması, yörede yaşayan halkın bu kirleticilere maruz kalması ve

kayda değer seviyelerde bulunan bu kirleticilerin bu alanlarda yaşayan halkın sağlığı üzerinde olası etkilerinin olmasıdır (Iavarone, 2015).

Kontamine olmuş bu alanlarda kirleticiler farklı çevresel ortamlarda (toprak, hava, su ve besin zincirinde) bulunmakta ve bir çevresel ortamdan diğerine sürekli bir geçiş olmaktadır. Diğer taraftan, bir çevresel ortamda kirleticilerin konsantrasyonlarının belirlenmesi kontamine olmuş alanlar için son derece çaba gerektiren bir iştir. Endüstriyel faaliyetler sonucunda kontamine olmuş toprağın kimyasal kompozisyonunun belirlenmesi de diğer çevresel matrisleri de etkilediği için son derece önemlidir.

Toprak kirliliğini etkileyen kaynakları doğal ve antropojen olarak iki gruba ayırmak mümkündür. Toprak kirliliğinin en yaygın formu olan ağır metal kirliliğinin kaynakları arasında ise madencilik, dökümhane ve tarımsal faaliyetleri de içine alan antropojenik süreçler yer almaktadır. Bunun yanında, kimya ve metalurji endüstrileri çevrede ağır metal kirliliğine sebep olan en yaygın kaynaklar arasında bulunmaktadır (Odat vd., 2011). Toprakta bulunan elementlerin doğal kaynakları ise; orman yangınları, volkanik aktivite ve emisyonlardır. Bu gibi doğal kaynaklardan meydana gelen partikülleratmosferik ortamda depolanarak toprağa ulaşabilmektedir (Nriagu, 1989).

Ağır metaller doğada bulunan kimyasal elementler olup, bu parametreler yüksek seviyelerde toksik özellik göstermektedir. Toprakta yüksek konsantrasyonlarda ağır metal birikimi hem insanlara hem de diğer canlılara toksik etki göstermektedir. Toprakta ağır metallerin bulunması bu parametrelerin parçalanamaz bir doğaya sahip olmaları ve uzun süre toprakta birikme özelliklerinden dolayı önem taşımaktadır (Gallego vd., 2012). Bu ağır metallerden bazıları, örneğin Fe, Cu, Zn, Co ve Mn, yaşam için gerekli olup, yüksek konsantrasyonlarda toksik etkiye sahiptir (Adepoju-Bello vd., 2009). Bunun yanında, Cr ve Pb toksik metaller olup, canlı yaşamı için büyük tehdit oluşturmaktadır (Costa, 2000; Adepoju vd., 2014). Ağır metallerin kontrolsüz bir biçimde toprağa karışmaları, bu metallerle kirlenmiş toprağın temizlenmesinin oldukça güç olması ve sonraki zamanlarda canlılar üzerinde olumsuz olası etkilerinin bulunması nedeniyle kaçınılması gereken bir durumdur (Arinze vd., 2015).

Besin zinciri insanların toprakta bulunan metallere ile temasta bulunduğu önemli bir yoldur. İnsanlar toprakta bulunan metallere ile solunum, ten teması ve yutma gibi yollarla maruz kalmaktadır. Literatürde yapılan çalışmalar yüksek metal konsantrasyonlarına sahip alanların genellikle endüstriyel, yerleşim, ana yollar ve yoğun ticaret bölgelerine yakın olduğunu göstermiştir (Yang vd., 2016).

Geçtiğimiz otuz yılda toprak kirliliğine sebep olan ağır metallere arasında Cd, Cu, Zn ve Pb bulunmakta olup, bu kirleticiler potansiyel tehlikeleri olan ve üst toprakta en yaygın olarak bulunan parametrelerdir. Bu kirleticilerin üst toprakta birikimlerini etkileyen en önemli kaynaklardan birisi ise trafiktir. Örneğin, Cu, Fe, Sb ve Ba günümüzde motorlu taşıtların fren sistemlerinde, Zn ise lastiklerde kullanılan ağır metallere (Odat vd., 2011). Madencilik, inşaat, çimento ve endüstriyel toz da ise kayda değer miktarda Cu, Fe, As, Pb, Ca, S, Ag, Au, U, Rb ve In bulunmaktadır. Güç santrallerinde kömürün yakılması sonucunda atmosfere salınan metallere arasında As ve Se, evsel ısınmada kullanılan kömürün yakılması sonucunda ise atmosfere Se, As, Cd, Hg ve Zn salınmaktadır. (Watson vd., 2015). Atmosfere salınan bu kirleticiler kuru ve/veya yağ çökeltme ile toprağa karışmaktadır.

Ağır metallere toprağa yüksek seviyelerde bırakılması toprak, bitki, doğal sular ve insan sağlığı üzerinde önemli risklere sebep olmaktadır (Adriano, 2001; Machender vd., 2014). Toprakta bulunan metal iyonlarının biyoyararlanımını (bioavailability) etkileyen faktörler arasında pH, sıcaklık, kation değiştirme kapasitesi, organik madde, diğer metal iyonlarıyla aralarındaki rekabet ve toprağın kalitesi ve kompozisyonu bulunmaktadır (Moon vd., 2000; Mapanda vd., 2005; Machender vd., 2010).

Ağır metallere daha çok Cd, Cr, Hg, Pb, Cu, Zn ve Ni olarak bilinmektedir. Bu metallere ve bileşikleri toprakta ya doğal olarak ya da insan faaliyetleri sonucunda bulunmaktadır (Hu vd., 2013; Chen vd., 2015). Trafik emisyonları, maden atıkları, endüstriyel ve şehirleşme faaliyetleri sonucunda metallere toprağa yayılır (Wuana vd., 2011). Bu ağır metallere insanlar üzerinde ciddi sağlık problemlerine neden olur. Örneğin: Cd insanlarda akciğer kanserine, böbrek hastalığına, hipertansiyona ve kronik hastalıklara neden olmaktadır (Zukowska vd., 2008). Pb solunum yoluyla

insan vücuduna alındığında iskelet,dolaşım,sindirim ve bağışıklık sistemini etkilediği görülmüştür (Li vd., 2014). Cd ve Pb'nin düşük konsantrasyonlarda bile toksik etki gösterdiği belirlenmiştir (Willers vd., 2005). Ni insanlarda pankreas ve protein metabolizmasının tahrip etmekte ve damar sertliğine neden olmaktadır (Yan vd., 2012).

Yaylalı-Abanuz (2011) tarafından Gebze ve Dilovası Organize Sanayi bölgelerinde toprak örnekleri toplanmıştır. Bu iki sanayi bölgesinde daha çok boya, plastik fabrikaları, elektrik, metal, tekstil, kereste, otomotiv, makine, kozmetik ve kimyasal üreten fabrikalar bulunmaktadır. Bu bölgelerde toplanan örnekler metaller açısından analiz edilmiş ve Cd, As, Pb, Zn, Cu, Cr ve Hg konsantrasyon değerlerinin yüksek olduğu bulunmuştur. Yapılan bu çalışmada metal konsantrasyonları sırasıyla Cd 0,05-176 mg/kg, Cr 10-1161, Cu 7,87-725 mg/kg, As 1. 50-65. 60 mg/kg, Pb 17,07-8469 mg/kg, Mn 1,96-10000 mg/kg, Zn 29,5-10000 mg/kg ve Hg 9-2771 µg/kg olarak bulunmuştur. Bu çalışma ile birlikte endüstriyel faaliyetler sonucunda oluşan atık maddelerin toprağı ciddi bir şekilde kirlettiği tespit edilmiştir. Yine aynı bölgede Demiray vd. (2012)'nin yapmış olduğu çalışmada Kocaeli bölgesinde liken örnekleri toplanmış ve toplanan örnekler metaller açısından analiz edilmiştir.

Bu çalışmanın sonucunda da Kocaeli il genelinde metaller açısından bilgi edinilmiştir. Analizler sonucunda tüm bölge için metal sonuçları karşılaştırılmış ve Dilovası bölgesinde metal konsantrasyonları yüksek bulunmuştur. Özellikle Dilovası'nda Mn, Pb, Cd, Zn, Fe, Ni, Cu, Al, Co, Ti, Hg, As, V değerleri Kocaeli şehir merkezine göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Yine aynı bölgede Çetin (2014) de yapılan çalışmada Dilovası'dan farklı 49 nokta seçilmiş ve bu noktalardan toprak örnekleri metaller açısından değerlendirilmek üzere toplanmıştır. Bu çalışmada özellikle Tavşanlı bölgesinde metaller içinden en yüksek konsantrasyonda As bulunmuştur. Ayrıca bu bölgede Pb, Zn, Cr, Cu, Mn ve Sn konsantrasyonları da yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada metal konsantrasyonları sırasıyla As 11 mg/kg, Cd 2 mg/kg, Cr 125 mg/kg, Cu 59 mg/kg, Ni 44 mg/kg, Pb 129 mg/kg, Sn 4 mg/kg ve Zn 535 mg/kg olarak bulunmuştur. Bu bulunan konsantrasyon değerlerinin yüksek olması uzun süre boyunca kuru ve yağ çökme ile birlikte toprakta birikmesi sonucu olduğu kanaatine varılmıştır.

Ağır metallerin insan sağlığına ve ekolojik sisteme zarar vermesinden dolayı farklı bölgelerde çeşitli yöntemlerle, yapılan araştırmaların sonuçlarının karşılaştırılmasıyla ağır metallerin kentsel, kırsal, endüstriyel alanlardan vb. birçok farklı kaynaktan gelmekte olduğu ispatlanarak ortaya konulmaktadır.

Bilim insanlarının kentsel, kırsal ve endüstriyel alanlarla ilgili çalışmalarının bulguları aşağıda yer almaktadır.

Sokak tozu; araç egzozu, havadaki parçacıkların çökmesi, toprak tozu, ev tozu ve suyla taşınan parçacıklardan oluşmaktadır. Sokak tozuyla ilgili birçok çalışma, element konsantrasyonları ve kaynak tanımlamaya odaklanmaktadır. Yapılan çalışmalarda kentleşmiş alanlardaki yoğun motorlu araç trafiğinin sebep olduğu atmosferik tozun sokak tozlarında da görüldüğu anlaşılmaktadır (Ferguson vd., 1991; De Miquel vd., 1997; Naqerotte vd., 1998; Sezgin vd., 2003).

Kentsel alanlardaki sokak tozları ve yol kenarındaki topraklar, atmosferik çökmeden kaynaklanan ağır metal kontaminasyonunun göstergeleridir. Temel ağır metaller, kurşunlu benzin, otomobil bileşenleri, lastik aşınması, yağlayıcılar, endüstriyel ve yakıcı emisyonlarından ortama Pb, Cu, Zn ve Cd bırakılmaktadır. (Markus vd., 1996; Wilcke vd., 1998) Sokak tozundaki Ni, Cr kaynaklarının, otomobillerin korozyona uğraması ve bazı motorlu araç parçalarından krom geldiği bilinmektedir. (Al-Shayep vd., 2001; Ferguson vd., 1991; Akhter vd., 1993)

Atmosfer kirliliği ağır metal kontaminasyonuna önemli derece etki etmektedir. Motorlu taşıtlar fosil yakıtları yaktığında çoğunlukla CO emisyonu gibi kirlilik gösterirken ağır metal kirliliğine de neden olmaktadır (Sahin vd., 2004). Fe, Cu, Cd ve Zn gibi metaller, motorlu taşıtlardaki birçok alaşım, boru, tel ve lastiğin temel bileşenleri olup mekanik aşınma sonucu yol kenarı ortamına bırakılmaktadır (Jaradat vd., 2005). Kadmiyum motorlu taşıtların akümülatörlerinde veya karbüratörlerde alaşım olarak kullanılmakta ve yanmadan sonra serbest bırakılmaktadır (Olajire vd., 1997; Arslan 2001). Araç emisyonların bir kısmı havaya ulaşmadan çökebilen ağır metal kirliliğine neden olmaktadır. Havadaki ağır metaller yağışlarla, kuru çökme ile toprağa geçmekte ve uzun süre kalmaktadır (Kelly vd., 1996). Atmosfere salınan parçacıkların genellikle aerodinamik çapları > 10-20

µm'dir, bu çaplara sahip olan parçacıklar solunum ile temas olsada gırtlaktan ötesine geçememektedir (Hall vd., 1993; Vallack vd., 1998). Erozyona uğramış materyallerin, rüzgâr etkisiyle taşınarak zaman içerisinde birikmesi ile organik materyaller meydana gelmektedir.

Karayolu nakliyesi sırasında çevreye verilen en yaygın ağır metaller kurşun (Pb), çinko (Zn) ve bakırdır (Cu) (Kim vd., 1998; Sezgin vd., 2003; Banerjee 2003; Li vd., 2004). Lastik aşınması ve yol kenarı güvenlik duvarlarının korozyonu Zn kirliliğine katkıda bulunmaktadır (Blok, 2005). Cu, esasen Pb ve Zn'nin önemli bir kaynağı olan fren balatalarının aşınmasına sebep olmaktadır (SEHPA 2001).

Trafik kirleticileri; kurşun, kadmiyum ve çinko gibi sağlık için potansiyel olarak zehirli metalleri içermektedir (Viard vd., 2004; Önder vd., 2006).

Kentsel alanlarda yaşayan çocuklar kırsal alanlarda yaşayan çocuklara göre daha fazla trafiğin yoğun olduğu oyun alanlarında zamanlarını geçirmektedir. Oyun alanlarının başında parklar gelmektedir.

Zamanlarının çoğunu parklarda geçirmekte olan çocuklar ise yetişkinlere oranla daha fazla ağır metale maruz kalmaktadır. Çocukların sindirim sistemi yetişkinlerden daha fazla emme kapasitesine sahip olduğu için hemoglobinleri toksik metallerle karşı daha duyarlıdır. Çocuklar parktaki yabancı nesnelere emerek veya dokunarak toprak ve toza bulaşır, bu da çocukların PM depolanması sonucu metal zehirlenme riskini ortaya çıkarmaktadır. Oyun alanlarından teneffüs ettikleri kimyasal maddeler ve ağır ve toksik iz metaller; Pb, Cu, Cr, Cd, Zn, Co, Ni, V, Al, K, Na, Mg ve Ca'dan oluşan metalleri ihtiva etmektedir.

Kentsel çevredeki ağır metallerden arsenik dağılımı, son yıllarda fosil yakıt yakma, endüstriyel faaliyetler, pigmentlerin, böcek öldürücü ilaçların ve diğer antropojenik faaliyetlerinin yaygın olarak kullanılmasından kaynaklanmaktadır. (O'Neill, 1990; Tsai vd., 2003). Civanın antropojenik emisyonunun ana kaynağı olarak kömür yakma, belediye katı atık yakma, elektronik, kağıt ve farmasötik endüstrileri belirlenmiştir (Biester vd., 2000; Tack vd., 2005). Hg birçok sanayi dalında kullanılmaktadır. Civa bulunan tarım ilaçlarının sık kullanımı sonucu, tarım

ürünlerinin yapısından beslenme döngüsüne veya sucul hayvanların yapısına girerek bioakümülyasyona uğramaktadır ve besin döngüsüyle beraber insan vücuduna alım sağlanmaktadır. Yapılan birçok çalışmaları da balık, et ve bazı süt ürünlerinde yüksek düzeyde civa bulunabildiğini ispatlayarak destek olmuştur (Vural 1993; Concon, 1988; SaiLeung vd., 2003).

Ağır metaller, birçok farklı kaynaktan ve farklı süreçten atmosfere yayılır. Özellikle, petrokimya, kâğıt, enerji, ulaşım ve gübre sanayileri gibi çeşitli kaynaklardan çıkan ağır metaller, yüzey ve yüzey sularına geçebilir, kuru ve ıslak çökeltme ile de ekolojik dengeye zarar verebilir (Sahmurova vd., 2010; Amouei vd., 2012).

Büyük miktarda atık sürekli olarak topraklara, okyanuslara, nehirlere ve atmosfere pompalanmaktadır. İz metalleri, elektrik santrallerinde ve endüstriyel tesislerde kömür ve yağ yanması, çimento fabrikalarında çöp yakma ve fırın işlemleri gibi çeşitli yüksek sıcaklık işlemleri sırasında yayılmaktadır (Pacyna vd., 1991).

Madencilik, dökümhaneler, ergitme makineleri, yanma ve trafik gibi çeşitli endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan antropojenik kaynaklar, çeşitli ortamlardaki ağır metallerin miktarlarına katkıda bulunmaktadır (Al-Khashman, 2004). Bazı ağır metaller, insanlar da dahil olmak üzere birçok canlı organizmada hayati süreçler için önemlidir (Juvanovic vd.,1995; Lapitajs vd., 1995). Bu metaller konsantrasyonları belirli eşikleri aştığında toksik etki göstermektedir.

Termik santraller, uçucu kül, kükürtdioksit, karbon ve azot bileşikleri yanıcı olmayan hidrokarbonlar ve ağır metaller gibi kirleticiler üreterek çevre kirliliğine neden olmaktadır. Santrallerde yakılan kömürden arta kalan milyonlarca kül, cüruf ve partiküller birkaç yüz metre yükseklikte ve binlerce hektar genişlikte başka bir arazi üzerine depo edilerek, ormanların maki alanlarını, tarım kültürlerini ve yerleşim alanlarını yoğun kül emisyonu altında bırakmaktadır. Kömür depolama, işleme alanlarında kömür ve kömür külü yakma sonucu ortaya çıkan kül nakli sırasında gerçekleştirilen faaliyetlerin sonucunda atmosfere salınan kütle asit öncülleri, sera gazı ve partikül maddeler hakim rüzgar üzerinde uzun bir mesafe boyunca taşınabilmektedir. Bu taşınım sürecinin biyotik ve abiyotik faktörlerin üzerinde

olumsuz bir etkisi olabilmektedir; canlı organizmalar için solunum problemleri, özellikle bronşit, psikomotor işlevlerin azalması vb. küresel iklimi (sera gazları - CO₂, NO₂, vb.) etkileyerek SO₂ ve NO_x emisyonlarının atmosferik oksidasyonu ile asit yağmura neden olabilmektedir (Çicek vd., 2001; Pacyna, 1987; Krishna, 1995).

Termik santrallerde elektrik üretmek amacıyla, kömür kullanılmakta ve yakma sistemine bağlı olarak değişik atık malzemeler elde edilmektedir. Modern termik santrallerde en önemli atık malzeme, yanmadan dolayı baca tarafından çekilen gazlarla birlikte yukarıya sürüklenen çok ince kül parçacıklarıdır. Baca ve egzoz gazı emisyonlarıyla kirletilen yağmur suyu topraktaki ağır metal birikiminin artmasına neden olmaktadır (Morton-Bermea vd., 2002).

Termik santrallerin bu etkileri bilinmesine rağmen elektrik üretimi için daha fazla tercih edilmesinin sebeplerinden başlıcaları; maliyetinin daha uygun olması, daha kolay inşa edilebilmesi, düşük kaliteli kömür yakıtı kullanılabilmesi nedeniyle daha ekonomik olmasıdır.

Topraktaki ağır metallerin birincil antropojenik kaynağı tarımsal faaliyetlerdir. Toprağa doğrudan uygulanan pestisitler ve gübreler, Pb ve Cd gibi metallerin önemli bir kaynağı olmaktadır (Bloemen vd., 1995; Fergusson, 1990). Özellikle organik ve değerli besin maddeleri olan fosfor ve azotu toprağa geri döndürmek amacıyla evsel ve endüstriyel çamurun tarım ve imha yöntemiyle topraklara uygulanması genellikle en çevreci ve ekonomik yöntemdir. Fakat bu yöntem aşırı derecede konsantrasyon yüklemesine maruz kalırsa, çamurdaki ağır metaller ve diğer kirletici maddeler toprakta birikir, bu da tarımda kalitenin düşmesine neden olur. (<http://res.agr.ca/CANSIS/PUBLICATIONS/HEALTH/chapter09.html>).

Dere, endüstriyel ve evsel artıklarla kirlenmiş olan göller, tarımda sulama suyu olarak kullanıldığında toprak metal içeriği açısından konsantrasyonlarda artış meydana gelmektedir (Fergusson, 1990).

Ağır metallere çevresel ortamda maruz kalma sonucunda çeşitli hastalıkların ortaya çıktığı bilinmektedir. Kanser bu hastalıkların en tehlikeli sağlık

problemlerinin başında gelmektedir. Canlı organizmalara ve ekolojik sisteme zarar veren bu metallerin toprağa ve bitkiye hangi kaynaktan geldiği araştırılarak önlem alınabilinmesi mümkündür.

20. yüzyılın başından bu yana antropojenik faaliyetler sonucunda biyosferdeki ağır metallerin döngüsü önemli bir konudur (Nriagu, 1979). Ağır metaller, biyolojik olarak parçalanmaz ve karasal ortamlarda olduğu kadar suda da uzun süre kalır. Toprakta yeraltı sularına taşınır veya tarımsal ürünler de dahil olmak üzere bitkiler tarafından alınabilirler. Bu nedenle, metal-bitki etkileşimlerinin bilgisi, çevrenin güvenliği için de önemlidir. Son zamanlarda bitkilerde ağır metal birikimine dikkat çeken bir sürü çalışma bulunmaktadır (Shallari vd., 1998; Yoon vd., 2006; Salah vd., 2006; Kalavrouziotis vd., 2007; Jamali vd., 2009).

Bu çalışmaların örneklerine aşağıda yer verilmiştir.

Purslane (*Portulaca oleracea* L.) birçok ülkede mutfak bitkisi olmakla beraber Dünya Sağlık Örgütü tarafından da çokça kullanılan tıbbi bir bitkidir. Bu araştırma, yabani tipteki ağır metal (kadmiyum, bakır, kurşun ve çinko) değerleri ve kentsel alanlarda toplanan toprak örneklerinin değerlendirilmesi amacıyla yürütülmüştür. İstanbul Bakırköy ve Zeytinburnu olmak üzere iki farklı bölgede (Sahil ve kentsel yol kenarında) iki tip istasyondan bitki ve toprak örnekleri alınmıştır. Bu şekilde yapılan çalışmalarda yıkama yöntemi etkilidir. Yapılan ölçümler sonucunda, yabani tip ve sürgünler için Cd (0. 270,36 µg/g DW), Cu (9. 64-17. 63 µg/g DW), Pb (4. 51-9. 62 µg/g DW) ve Zn (32. 69-59. 49 µg/g DW) ağır metal değerleri belirlenmiştir. Yıkamış bitkilerde ağır metal konsantrasyonu daha düşük bulunmaktadır. Bu da ağır metalin topraktaki bileşenlerin doğal yapısından kaynaklanmadığını antropojenik kaynaklardan geldiğini göstermektedir. Bu gibi çalışmaların sonucunun doğrulanması için farklı şehirlerde farklı bitki kullanılarak aynı temsili bölgeler seçilerek karşılaştırma yapılabilir (Osma vd., 2014).

2007 vejetasyon döneminde (*Capsicum annuum* L., *Phaseolus vulgaris* L. ve *Solanum melongena* L.) meyvelerindeki kadmiyum, krom, bakır, nikel, kurşun ve çinko düzeylerini ölçerek İstanbul ilinde metal kirliliği düzeylerini belirlemiştir. İstanbul (kıyı bölgesi, şehir içi, sanayi bölgesi, banliyö, yol kenarı ve kırsal alan

kontrol alanları) altı yerden toplanılmıştır. Yıkanmamış ve yıkanmış yaprak ve zemin numuneleri ile analiz yapılmıştır. Yıkanmamış numunelerin yıkanmış numunelerden daha yüksek konsantrasyonda olduğu bulunulmuştur. Endüstriyel bölgelerde ve yol kenarı boyunca yetiştirilen sebzelerde kontaminasyon daha yüksek bulunulmuştur. Sebzedeki toplam metal konsantrasyon payı Pb> Cr> Ni> Zn> Cu> Cd idi. Bu çalışmanın sonucuna göre ağır metal kirlilik kaynakları gıda maddelerinde ayrılmış metallerin en önemli iki kaynağı: Pestisitler ve gübre olduğu anlaşılmıştır. Bu sonuçlar bazı batı ülkelerinde olduğu gibi tarımda kimyasal girdilerin azaltılması ve biyolojik mücadele otoriteleri getirilmelidir. Nüfus ve sanayileşme artışına paralel olarak çevre ve metal kirliliğinde de artış gözlemlenmektedir (Ekmekyapar vd., 2012).

2007 yılında İstanbul'da altı farklı bölgeden (akarsu tarafı, iç şehir, sanayi, banliyö, yol kenarı ve kırsal alan) topraktan ve farklı sebze türlerinden örnekler toplanılarak yıkanmış ve yıkanmamış numuneler arasındaki ağır metal konsantrasyonları ölçülmüştür. Metal birikintilerinin ortalama en yüksek değerlerinin yıkanmamış numunelerde tespit edilmiştir. Pb>Cr>Ni>Zn>Cu>CD şeklindedir. Sebze örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn) diğer alanlar ve kontrol istasyonuna kıyasla yol kenarı ve sanayi bölgelerinde daha yüksek olduğu görülmüştür. Ağır metal analizleri için toprak numuneleri akarsu tarafı, şehir içi, endüstriyel, banliyö, yol kenarı ve kırsal alan olmak üzere seçilen altı farklı bölgeden altı farklı ağır metal analizi yapmak için toplanılmıştı. Yol kenarındaki bölgelerde Ni ve Zn konsantrasyonları daha yüksek Cd, Cr, Cu ve Pb için sırasıyla iç şehir, banliyö, akarsu tarafı ve endüstriyel alanlarda yüksek konsantrasyonlar da olduğu anlaşılmıştır (Osma vd., 2013).

Metallerin bitkiler üzerindeki birikimi ile ilgili yapılan çalışmaların farklılıkları veya benzerliliklerinin nedeni;

- Metalin özelliklerine,
- Kirlilik kaynaklarına olan uzaklığına,
- Sebzelerin yüzeylerine,
- Rüzgârın yönüne,
- İklimsel faktörlere

- Toprak özelliklerine ve topraktan alınan girdilere, genetik özellikler de dahil olmak üzere farklı faktörlere bağlıdır.

Birçok araştırma, trafiğin neden olduğu kirlilik üzerindeki etkisini yol kenarındaki alanlar olduğunu ve uzaklığa bağlı olarak değiştiğini göstermektedir (Lau vd.,1994; Soylak vd., 1999).

Bu çalışmaların örnekleri aşağıda yer verilmiştir.

Türkiye'nin kuzeybatısındaki Trakya bölgesinde Trafik faaliyetlerinden kaynaklanan kirlilik, insan sağlığına büyük bir tehdit haline gelmektedir. Bunun farkına varılması için Çorlu-Çerkezköy Otoyolu çevresinde 36 adet toprak ve bitki örneği toplanmıştır. Numuneler karayolundan 1, 25, 50, 100, 250 ve 500 m mesafelerde alınmıştır. Tüm numuneler, ağır metal konsantrasyonları (Pb, Zn, Cd, Cu, Ni, Mn, Cr ve Fe) açısından analiz edilmiştir. Sonuçlar, çalışma alanındaki kirliliğin Pb tarafından kirlendiğini göstermiştir. Bu çalışmada, yıkanmamış bitki ve toprak örneklerinin metal konsantrasyonları yıkanmış bitki ve toprak örneklerinden daha yüksek olduğunu ve ağır metal içeriklerinin otoyoldan uzaklaştıkça azaldığını göstermiştir.

Pb konsantrasyonunun topraklarda izin verilen maksimum sınırlardan yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yüksek Pb ve Mn, çalışma alanındaki topraktaki ağır metal kontaminasyonunu göstermektedir. Temizlenmemiş buğday bitkilerinde Cu, Ni, Mn ve Fe konsantrasyonları, yıkanmış buğday bitkilerinden istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Bu trafik kirliliğinin buğday bitkileri üzerindeki etkisinin bir sonucudur. Mevcut çalışmanın sonuçları, trafikten kaynaklanan ağır metallerin bitki örneklerinde çökeldiğini göstermektedir. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan ağır metaller rüzgârla taşınır. Topraktaki Cd ve Ni hariç, otoyolun güneyindeki toprak ve bitkilerdeki maksimum metal konsantrasyonlarında olduğu gözlenmiştir. Bu sonuç baskın rüzgârın (kuzey ve kuzeydoğu) trafik kirleticisinin alanın güneyine taşınmış olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, Çorlu Çerkezköy Otoyolunun yakınında bulunan buğday bitkilerinde trafik emisyonunun belirgin bir etkisini göstermiştir (Ekmekyapar vd., 2012).

Yol kenarı toprak ve bitkilerinde kurşun, kadmiyum ve bakır tayini gibi ağır metal analizi yapılan çalışmalardan bir örneğinde Elazığ da yapılmıştır. Yol kenarı boyunca farklı mesafelerde (0.25 ve 50 m.) toprak örnekleri toplanmıştır. Yol kenarından alınan toprak ve farklı bitki örtüleri Pb, Cd ve Cu için incelendi. Yol ile aynı mesafede olan ağır metal içeriği aşağıdaki gibi sırayla bulunmuştur: Cu> Pb> Cd. Vejetasyonlar için aynı örnekleme noktalarında Pb, Cd ve Cu bakımından da aynı düzen görülmüştür. Otoyol yakınındaki topraklarda daha fazla konsantrasyonların olması ağır metalin yol kenarı ortamında taşınmasından kaynaklanan uzun süreli kontaminasyonu temsil etmektedir. Yol kenarındaki toprağın kurşun içeriğini inceleyerek, otoyoldan uzaklaştıkça azaldığı ve yolun iki yanında rüzgârın yönü ve binanın yüksekliği nedeniyle kurşun konsantrasyonunda büyük farklılıklar olduğu görülmektedir. Genellikle kurşun, geniş yüzey alanına bağlı olarak bulunur. Toprakta Cd kontaminasyonunun konsantrasyonu genellikle yol kenarından uzaklaştıkça azalmaktadır. Bu çalışmada, yol kenarındaki topraktaki Cd'nin kaynağının trafik kaynaklı olduğunu göstermektedir. Cd konsantrasyonlarının farklı bitkilerde değişkenlik gösterip göstermediği araştırılmıştır. Bitkiler tarafından Cd ve Pb alımlarında farklılık olduğu görülmüştür. Bu farklılık, genotip, gelişme evresi ve büyüme oranı gibi bazı bitki özelliklerinde farklılıklar ile açıklanabilmektedir (Bakırdere vd., 2007; Bakırdere vd., 2008).

Türkiye şehir alanlarında hava kirliliğinin ana kaynağının kurşunlu petrol kullanan yollarda trafik yoğunluğundan kaynaklandığı bildirilmiştir (Soylak vd., 2000; Aksoy vd., 2000; Li vd., 2001), Pb konsantrasyonuna ilaveten, benzin, otomobil bileşenleri, yağ yağlayıcıları, endüstriyel ve yakıcı madde emisyonlarında görüldükleri için Cu, Cd ve Zn'nin sokak tozunda kirliliğin iyi bir gösterge olduğu anlaşılmıştır. Bu bulgular ayrıca Gülser ve Eraydın (2004) tarafından yapılan çalışmanın sonuçlarına da uymakta ve yoğun trafiğe bağlı olarak Van'ın yol kenarındaki topraklarında özellikle Pb, Cr, Zn ve Cu için ağır metal kontaminasyonunun bulunduğunu göstermektedir (Füsun Gülser vd.,2007).

Ağır metal kirliliği şehirler için bir sorundur. Genel olarak eser elementlerin konsantrasyonları, üst zemin numunelerinden (0-10 cm), toprağın derinliklerine doğru ilerledikçe (10-30 cm) azalmaktadır. Yol kenarlarından alınan toprak örneklerindeki bakır ve çinko konsantrasyonlarının, yollardan örnekleme olan

uzaklığı arttıkça azaldığı pek çok çalışmada olduğu gibi bu çalışmada da görülmektedir. Yol kenarındaki topraklarda Pb konsantrasyonunun büyük kentsel alanlardan daha fazla olduğu bulunmuştur.

Bu metallerin aşınmaya maruz kalan motorlu araç parçalarının kullanılmasına bağlı olarak araçların sokak ortamlarında bir metal kaynağı olduğu anlaşılmıştır. Edirne yol kenarındaki topraklardaki bazı metal konsantrasyonlarının kontrolden belirgin derecede yüksek olduğu görülmüştür. Çalışma alanının toprak numunelerindeki nikel ve çinko içeriği, topraklarda maksimum ve kabul edilebilir değerlerden daha yüksek olduğu bulunmuş ve metal kirliliğinin sebebinin baskın olan trafik kaynaklı olduğu anlaşılmıştır (Aktaş vd., 2010).

Sokak tozunun bileşenleri ve miktarı özellikle büyük şehirlerdeki çevre kirliliğinin göstergeleridir. Cadde tozları genelde araba egzoz gazı kaynaklı ve rüzgârla taşınan parçacıklardan oluşur. Sokak tozunda bulunan, Pb, Cu, Mn, Zn, Cd ve Ni gibi ağır metaller çevre kirliliği açısından önemlidir. Sokak tozundaki ağır metallerin tür ve miktarı trafikteki araç modelleri ile trafik durumuna göre değişiklik göstermektedir.

E-5 Karayolu üzerinde Topkapı'dan Avcılar bölgesine kadar Pb, Cu, Mn, Zn, Cd ve Ni konsantrasyonlarını ölçümlemek için yaklaşık 18 km boyunca 14 ana alanda toplam 22 farklı noktadan 22 sokak tozu örneği alınmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre bu bölgeden alınan örneklerde Pb, Cu ve Zn konsantrasyonları toprakta olması gereken maksimum değerden yüksek seviye olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum İstanbul E-5 Karayolu'ndaki sokaklarda ağır metal kirliliği olduğunu göstermektedir. Bazı bölgelerde trafik yoğunluğu ve atmosferik koşulların (rüzgâr hızı ve yönü) az olması binaların yüksek olması nedeniyle E-5 Karayolunun diğer bölgesinde kalan sokak tozlarına göre yüksek konsantrasyonlarda olduğu görülmektedir.

Örnekleme noktalarında yüksek bulunan Pb, Cu ve Zn konsantrasyonları ağır metal kirliliğinin olduğunu göstermektedir. Yerleşim yerlerinde ısıtma amacıyla kullanılan yakıtın çoğunlukla kömür olduğu tespit edilmiştir (Şahin vd., 2003). Katı yakıtların baca gazları içindeki yanan sistemlerin sonucunda açığa çıkan ağır

metallerin atmosfere ulaşmasıyla partikül madde konsantrasyon durumlarını etkilemektedir (Ersoy vd., 1998). Bazı partiküllerin yoğunluğuna bağlı olarak atmosfere ulaşım şansı düşük olduğundan metaller yolların yakınındaki yerlere çökelmektedir. Karayolunun endüstriyel faaliyetlerin ve trafik yoğunluğunun daha az olduğu bölgelerinde metal konsantrasyonlarının daha düşük olduğu görülmektedir (Naim Sezgin vd., 2003).

Fosil yakıt kullanımı ve Otoyollarda motorlu taşıtla ilgili trafik nedeniyle oluşan hava kirliliği emisyonları atmosfere gönderilir. Ağır metaller çevre kirliliği kaynakları arasında önemli parametrelerden biridir. Motorlu taşıtlardan gelen ağır metaller otoyol atmosferinde PM olarak bulunabilir ve atmosferik çökeltiler olarak yollara çökerek sokak tozuna karışabilirler. Köprü geçitleri, insanların bu tür toza sahip en yakın çevrelerinden biridir. Bu çalışmada Kurşun (Pb), bakır (Cu), çinko (Zn), kadmiyum (Cd) ve nikel (Ni), konsantrasyonunu analiz edilerek bulunmuştur. Devamlı köprüde çalışan insanlar bu ağır metallere daha fazla maruz kalırlar. Buda sağlık riski teşkil etmektedir. Motorlu taşıtlarda ortak bir bileşen olan egzoz borusu içinden geçen tetraetil kurşun emisyonu nedeniyle kurşun en yüksek konsantrasyon değerleri gözlemlenmiştir. Hem trafik hem de özellikle araçlara bağlı olarak çinko gözlemlenmiştir. Cd ve Ni nin bu çalışmada sorun teşkil etmeyecek konsantrasyonda olduğu bulunmuştur (Özcan vd., 2007).

Birçok şehirde, özellikle büyük metropollerdeki parklar insanlar için genellikle flora ile daha yakın ilişki içinde olduğu önemli rekreasyon alanlarıdır. Bu nedenle, parklardaki kirlilik seviyesi insan sağlığı üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olabilmektedir. Ağır metaller hem doğal hem de antropojenik faaliyetler sonucunda çevrede bulunmaktadır ve insanlar çeşitli yollarla ağır metale maruz kalmaktadırlar. Kentsel topraklarda (İstanbul, Türkiye), trafik etkisinin ağır metallerin mekânsal dağılımının üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla trafiğin yoğun olduğu otoyol ve trafiğin düşük olduğu ikincil yollar ile 41 yerden yol tozu, yüzey ve yer altı toprak örnekleri toplanarak kurşun (Pb), çinko (Zn) ve bakır (Cu) konsantrasyonları açısından analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre toprağın yüzeysel ve 20 cm derinliğe kadar Pb, Zn ve Cu değerlerinin hemen hemen aynı oranda kirlilik seviyesinin yüksek olduğunu daha derin topraklardaki metal konsantrasyonlarının yüzeyde gözlemlenenden önemli ölçüde düşük olduğu

görülmüştür. Sonuçlar, çalışma alanı içerisindeki bazı sanayi bölgelerinin varlığına rağmen, ana ağır metal kirliliği kaynağının trafik olduğunu göstermektedir (Demir vd., 2016).

Kentsel alanlarda çocuklar zamanlarının çoğunu park ve oyun alanlarında geçirmektedir. Bu yüzden hava kirliliğine maruz kalmakta ve önemli sağlık problemleri teşkil etmektedir. Hangipark ve oyun alanında daha fazla ağır metaller maruz kalıyorlar araştırmalar sonucunda bulunmuştur. Üç farklı (trafik sıklığı yüksek olan şehirde, İstanbul Boğazı kıyı şeridinde, bir karayolunun yakınında) yer temsili oyun alanı seçilerek çalışma yapılmıştır. Bu oyun alanlarında, belirlenen periyotlarda partikül madde (PM) fraksiyonlarının konsantrasyonları (PM_{2.5} ve PM₁₀) belirlenmiştir. Al, K, Na, Mg, Ca, Pb, Cu, Cr, Cd, Zn, Co, Ni ve V konsantrasyonlarının ölçülmesiyle PM'nin elementel bileşimi belirlenmiştir. Element konsantrasyonları ve PM sonuçları seçilen oyun alanları arasında farklılıklar göstermiştir. En yüksek konsantrasyon otoyola yakın yerdeki oyun alanı çıkmıştır. Kentsel çevrede, çocukların tüm solunum sistemi açık hava kirliliğinden (özellikle PM kirliliği) etkilenir. Bu partikül madde kirliliği astım, öksürük, zor ya da ağırlı nefes alma, kronik bronşit, akciğer fonksiyonlarında azalma gibi ciddi sağlık etkilerine neden olur (USEPA, 1997 - <http://www.epa.gov/oar/particlepollution/health.html>).

Çocuklar için metaller maruz kalmanın önemli bir kaynağı toprak yutma ve solunum yoludur. İstanbul'da bulunan 24 saha (127 zemin örneği), seçilen metaller (As, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn) ile kentsel toprak kirliliğini değerlendirmek ve aralarındaki ilişkileri araştırmak (saha tipi, ekipman tipi, toprak özellikleri) için yapılmıştır. Ortalama 17 metal oyun parkı, 4 parkta ve 3 piknik alanında örneklenen metal konsantrasyonları benzer olduğu belirlenmiştir. 24 noktadan beşinde (hepsi işlenmiş ahşap yapılarla donatılmıştır), As, Cu, Cr veya Zn için arka plandan sistematik olarak daha yüksek kontaminasyona sahip ve değerler oldukça yüksekti. Bu bölgelerdeki yüksek Cu konsantrasyonları, kromlu bakır arsenat (CCA) dışındaki Cu ihtiva eden koruyucularla işlenmiş odunlardan sızıntıya geçmektedir. Metallerin ortalama kimyasal alımı, kirlenen toprağın ellere yapışması ve yeme olarak maruz kalma yolu göz önüne alınarak hesaplanmaktadır.

24 çalışma alanından 11 tanesinde, metal içeriği düzenleyici sınırların üzerinde olan en az 1 toprak örneği ve tümü işlenmiş ahşap yapılarla donatılmış 5 bölge, sistematik olarak, metalik konsantrasyonlara (As, Cr, Cu ve Zn) arka plana göre daha yüksek çıkmıştır. Kirlenmiş alanların çoğunluğunu plastik veya metal yapılara sahip alanlardan ziyade ahşap yapılar işleyen yerler oluşturmaktadır. Kritik olarak kirlenen bu 5 bölgeden alınan toprak numunelerindeki Cu konsantrasyonları, CCA dışındaki bakır içeren odun koruyucuları ile muamele edilmiş ahşabın sızıntısıyla bağlantılı olabilir. As, Cr ve Zn'nin daha yüksek konsantrasyonları diğer bulaşma kaynaklarına bağlı olabilir. Ortalama metal seviyeleri, oyun alanları, parklar ve piknik alanlarında benzer olmakla birlikte, toprak yoğunluğunun düşük olmasından dolayı, metal konsantrasyonları daha az önem taşımaktadır.

Park ve oyun alanı topraklarındaki As konsantrasyonu yüksektir. Düşük toprakta bile as konsantrasyonunun yüksek bulunduğu görülmüştür. Bu da çocuklarda önemli bir ek risk oluşturmaktadır.

Ayarlı kimyasal günlük alım miktarlarını hesaplamak için kullanılan parametrelerin bir duyarlılık analizi, en yüksek belirsizlik derecesine sahip olan faktörün toprak alım hızı olduğunu ve yüksek değerlerin, kanserojenik riski değerlerini kabul edilemez seviyelere yükselteceğini gösterdi. Vücut ağırlığı, çocuklarda büyük farklılık göstermesi nedeniyle riski etkileyen diğer bir önemli faktördür. As'ın maruz kalma süresi ve biyolojik olarak erişilebilirliğinin risk değerleri üzerine etkisi, toprak alım hızı ve vücut ağırlığı etkisine kıyasla daha düşüktür (Güney vd., 2010).

İstanbul yakınlarındaki Çerkezköy ve Tuzla Sanayi Bölgelerindeki izleme araştırmalarının sonuçları Tuzla Sanayi Bölgesindeki krom elemental konsantrasyonların hem endüstriyel alanlarda hem de arsenik yoğunluğunun dünya ortalamasından daha yüksek olduğu belirtilmektedir. Çerkezköy Sanayi Bölgesinde boya, reçine, metal, plastik, tekstil ve kimyasal ürün fabrikaları bulunmaktadır. Burada, As hariç olmak üzere, ilgili elementlerin ortalama konsantrasyonları dünya ortalamasının çok altında idi. Genel olarak, bölgedeki tüm örnekleme alanlarından topraklarda Cr, Co, Fe ve Zn konsantrasyonlarında belirgin bir fark

bulunmamaktadır. Bu, çalışma alanlarının bu elementlerle zenginleştirilmediğini göstermektedir.

Tuzla sanayi bölgesinde metal, tıp, elektrik, deri, otomotiv, kimya, gıda ve boya ürünleri fabrikaları bulunmaktadır. As ve Cr hariç olmak üzere, bu elementlerin düşük toplam konsantrasyonlarından anlaşılacağı üzere, bu topraklardaki endüstrilerle ilişkili riskin en az olduğu tespit edilmiştir. Cr seviyesinin yüksekliği, bölgedeki tabaklama ve deri sanayinin deşarjından kaynaklanmaktadır. Tabaklama ve deri endüstrisi, çevre kirliliği sorunlarına yol açabilen bir endüstridir. Bu endüstriler tarafından krom kirliliği, herhangi bir tabaklama fabrikasından oluşabilir (Khamis vd., 2002).

Çevredeki potansiyel olarak zehirli elementler doğal veya antropojenik faaliyetlerden gelebilir. Doğal olarak, bu elementler, maden zengin materyallerin pedojenik prosesler vasıtasıyla parçalanması ile mineralizasyon veya jeotermal akışkanların mevcudiyeti ile toprağa verilebilir. Sanayi faaliyetlerinden kaynaklanan atmosferik çökeltme, kanalizasyon çamuru, endüstriyel atıklar, hayvancılık gübresi, kompostlar, gübreler, kireç ve zirai ilaçlar dahil olmak üzere, toprak / tarım arazisine ağır metal girdilerinin antropojenik potansiyel kaynakları çok sayıdadır (Su vd., 2014).

Endüstriyel alanların, genel olarak, endüstriyel tesislerden Tehlikeli Atıkların kontrolsüz bertaraf edilmesinden dolayı uzun yıllar boyunca aşırı derecede kirlenmiş olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada, İstanbul'un iki farklı tarafındaki endüstriyel alanların topraklarındaki ağır metal ve potansiyel toksik elementler incelenmiştir.

Potansiyel ekolojik risk endeksleri, Tuzla ve Çerkezköy sanayi alanları için $As > Cr > Zn > Co$ olarak sıralanmıştır. Ekolojik risk değerlendirme sonuçları, As ve Cr'nin seçilen alanlarda çevre açısından potansiyel olarak yüksek risk oluşturan metallerin olduğunu göstermiştir. Yüksek seçilen alan topraklarındaki konsantrasyonlar antropojenik faaliyetler; metal, metalürji ve kimya endüstrisi gibi sanayi faaliyetleri ile arsenik spreylemlerin kullanımından dolayı kaynaklanmaktadır. Cr, çeşitli endüstriyel atıklarda, özellikle deri imalat atıkları, tabakhane atıkları, elektroliz çamurunda mevcut halde bulunmaktadır. Zn varlığı demir dışı metal

endüstrilerinden ve tarımsal uygulamalardan kaynaklanmaktadır. Son olarak Co, süper alaşımlarda jet motorları ve kimyasallarda (boya kurutucuları, katalizörler, manyetik kaplamalar, pigmentler ve şarj edilebilir piller) kullanılır.

Türkiye'deki diğer endüstriyel alanlardan gelen verilerle karşılaştırılarak yorum yapılmıştır. Buna göre Tuzlanın As ve Cr metallerinin diğer incelenen endüstriyel alanlara göre daha yüksek konsantrasyona sahip olduğu, Çerkezköy sanayi bölgesinin ise diğer endüstriyel alanlar kadar kirlenmediği anlaşılmıştır (Haciyakupoglu vd., 2014).

İzmit Körfezi çevresindeki kırsal, kentsel ve çoğunlukla sanayi bölgelerinden toplanan toprak yüzeyi örnekleri kullanılarak bir dizi analiz yapılmıştır. Toplanan örneklerin, seçilen yerlerinin özelliği:

- Endüstriyel topraklar: İzmit Körfezi'nin sanayi bölgelerinde toplanan toprak numunelerini içermektedir.
- Kentsel topraklar: Bunlar konut ve ticaret bölgelerinden toplanan toprak numunelerini temsil etmektedir.
- Kırsal topraklar: Bu numuneler, yetiştirilmemiş topraklardan toplanmıştır.

Deneyler, kadmiyum, kobalt, krom, bakır, demir, manganez, nikel, kurşun ve çinkonun toplam metal konsantrasyonlarının araştırılması amacıyla yapılmıştır. Toprak türleri arasındaki analiz ve karşılaştırmalardan, kentsel ve endüstriyel topraklarda kırsal alanlardan daha fazla kontamine olduğu açıkça gösterilmektedir. Cd, herhangi bir toprak örneğinde bulunmadı. Kentsel ve endüstriyel topraklardaki Pb zenginleştirme işleminde kaynağın benzinli yanmanın bir sonucu olduğu şeklinde yorum yapılmıştır. Elde edilen ortalama metal konsantrasyon seviyelerinin dünya ortalamaları ile karşılaştırılması sonucunda Co, Cu, Mn, Pb ve Zn için yüksek bulunmuştur. Araştırılan iz metalleri arasında, tüm toprak kategorilerinde Cd düzeyi tespit limitinden daha az bulunmuştur. Hem endüstriyel hem de kentsel topraklarda Co, Cu, Mn, Pb ve Zn konsantrasyonlarının yükseldiği anlaşılmıştır. Genellikle körfezdeki metal içeriği daha yüksek iken, kırsal topraklarda daha düşük metal konsantrasyonları olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar karşılaştırıldığında endüstriyel ve kentsel topraklardaki yüksek metal içeriği insan ve endüstriyel

aktivitelere ve ağır sanayi bölgesi, yoğun trafik, nüfusun artışı olması gibi nedenlerle gösterilebilir (Yılmaz vd., 2003).

Kavala (Yunanistan) şehrinin (kentsel, endüstriyel, çevresel) üç farklı bölgesinden toplam 96 sokak tozu ve 96 yol kenarı toprağı örneklendi ve Pb, Cu, Zn, Ni, Cr, Cd, As ve Hg için analiz edildi. Sokak toz dağılım modelleri, yol kenarı topraklarında bulunan değerlere yakındır. Elde edilen sonuçlar, kentsel ve endüstriyel sokak toz örneklerinin yüksek seviyelerde Pb, Cu, Zn ve As, Cd ve Hg bulunmaktadır. Kaynaklar arasında fosforlu gübre ve petrokimyasallar da gözükmektedir. Kentsel ve endüstriyel alan Pb, Zn, Cr, Cu, Ni, As, Cd, Hg arasında Pb daima ilk sırada ikinci sırada ise Zn izlemektedir. Kontrol alanındaki örnekler Cr'yi daha yüksek göstermektedir. Çevresel bölge Zn, Pb, Cr, Cu, Ni, As, Cd, Hg Kontrol alanında ise Cr, Zn, Pb, Cu, Ni, As, Cd, Hg, Cu, Zn ve Cd kentte ve endüstriyel alanda bulunmaktadır. Metallerin endüstriyel emisyonları tozların içerisinde önemli ölçüde kirlilik sağlamaktadır. Cu ve Zn kirlilik konsantrasyonunun artmasının sebepleri; imalatda kullanılan motorlu taşıtlarda malzemelerin taşınması, tankerlerin yüklenmesi sırasında petrol ürünlerinin sızıntı yapması ve araba lastiklerinin aşınması ana kaynak olarak gösterilmektedir. Sokak tozuna bakırın varlığı otomobillerin motor aşınmalarından, otomobil lastiklerinin ve yağlama yağlarının yıpranmasından çinko ve kadmiyum ağır metali ortaya çıkmaktadır (Akhter vd.,1993). Ni ve Cr'un kentsel alanlarda en yüksek konsantrasyon değerine sahip olmasının nedeni trafik ve antropojenik kirliliktir.

Hem endüstriyel hem de kentsel toz örnekleri arasında As'nin en yüksek konsantrasyon değerine, fosforik gübre fabrikası yakınlarından toplanan toz örneklerinde ulaşılmıştır. Kavala bölgesinin doğu kesiminde kullanılan zirai mücadele ilaçlarının da As konsantrasyonu değerinin artışında katkısı vardır. As'nin yol kenarlarındaki konsantrasyonu düşüktür. Yanma prosesleri tarafından yayılan nanometrik partiküller de As'nin kaynağı olmaktadır. Çinko ortalamasının yüksek olması, yol kenarı çevrelerindeki motorlu taşıtlardaki çinko miktarının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

Yol kenarındaki topraktaki kurşun konsantrasyonları incelenen kentsel alan ve sanayi bölgesinde önemli miktarda Pb kontaminasyonu bulunmaktadır. En kirli topraklar, en yüksek trafik akışına sahip sokakların yakınındadır (şehir merkezi).

Bu çalışmadan yola çıkılarak, sokak tozunun ve toprak numunelerinin Kavala bölgesindeki önemli kontaminasyonu gözlenmiştir. Buna rağmen dünya çapında nüfusun yüksek olduğu diğer bölgelere göre daha düşüktür. Çalışma alanındaki toz metal konsantrasyonunun dağılımı, en yüksek metal konsantrasyonlarının kentsel ve endüstriyel bölgede bulunması nedeniyle, sanayi ile birlikte trafiğin metal kirliliğinden sorumlu olduğunu ortaya koymuştur. Hg, As ve Pb tarafından takip edilen sokak tozlarındaki en zenginleştirilmiş eser elementtir. Çalışma alanında yol kenarındaki topraklarda ağır metal kontaminasyonu, bu çalışmada araştırılan tüm metallerin arka plan seviyelerine kıyasla daha yüksektir. Topraktaki en yüksek konsantrasyonlar, kentsel alandan toplanan numunelerde, ardından sanayi bölgesinde toplanan numunelerde tespit edilmiştir (Christoforidis vd., 2009).

Türkiye'de Tunçbilek TPP'nin yakınında bulunan ağaç yaprakları ve toprak numuneleri, kükürt ve ağır metal kirlenmesi açısından izlenmiştir. Bu kirleticilerin çalışma alanındaki birikiminin yüksek olduğu ancak sıklık yığınının rüzgâr santralinde 5 km den sonra azaldığı ve konsantrasyonların 10 km sonra normalleştiği saptanmıştır. Toprakta bulunan kükürt ve ağır metaller, konsantrasyonları nedeniyle 5 km çevre içerisinde normal seviyenin üzerinde olan tüm canlı türleri tehdit etmektedir.(Rüzgâr hızı kirlilik ile doğru orantılı olarak artmaktadır (Çiçek vd., 2004).

Özetlemek gerekirse, endüstriyel, kırsal ve kentsel alanlarla ilgili yukarıda birçok çalışmaya yer verilmiştir. Genel olarak kırsal (tarım topraklarının) alanların endüstriyel ve kentsel alana göre daha düşük konsantrasyonlarda ağır metal içerdiği anlaşılmaktadır. Trafiğe yakın bölgelerdeki kırsal alanlarda yetişen bitki ve sebzelerdeki ağır metallerin daha çok Pb, Cd, Ni, Cr ve Cu olduğu anlaşılmaktadır. Diğer antropojenik nedenler; toprağa doğrudan uygulanan pestisitler ve gübreler, endüstriyel ve evsel artıklarla kirlenmiş olan göllerin tarımsal faaliyetlerde sulama suyu olarak kullanılması, nakliye sırasında havaya verilen partiküller, çeşitli sanayi bölgelerinde fabrika türlerine göre farklı ağır metaller havaya ve suya geçmekte

döngü ile toprağa karışarak topraktaki miktarlarını artırmaktadır. Toprağın pH değeri, doğal yapısı, bitkinin yüzey alımı gibi parametre farklılıkları sonuçları değiştirmektedir. Kentsel alanlardaki en önemli kontaminasyon kaynağının trafik olduğu gözlemlenmiştir. Dünya'da ve Türkiye'de yapılan çalışmalar sonucu arabaların egzoz gazından, lastiğin ve fren balatalarının aşınmasından havaya pek çok ağır metal verildiği bilinmektedir. Yüksek binaların olduğu yerlerde ise bu kirliliğin yoğun olduğu, kuru ve ıslak çökme ile toprağa döndüğü ve bu alanlarda yetişen bitkilerle beslenen insanların çok fazla ağır metale maruz kalmasından dolayı sağlık riski taşıdığı anlaşılmıştır. Kentsel alan içerisinde yer alan sanayi fabrikalarının ağır metale maruz kalınmasında önemli bir payı olduğu belirlenmiştir.

Endüstriyel alanlar etrafında yetişen bitkilere hava yolu ile çökme veya sulama suyuna artılmamış kontamine suyunun verilmesi ile toprakta ağır metal konsantrasyonunu artırmaktadır. Bölgelerin çeşitli yerlerinden alınan örneklerdeki konsantrasyon farklılıklarının sebepleri; rüzgar hakim yönü, bölgeye olan mesafesi, topraktaki derinliği, katyon kapasitesi, toprağın mineral yapısı gibi pek çok faktöre göre değişiklik göstermektedir.

Kirlilik nedenlerimizi genellersek;

- Nüfusun artışı ve buna bağlı olarak motorlu taşıtların ve sanayilerin artışı, tarımda hızlı ve çok sayıda meyve ve sebze yetiştirmek amacıyla kullanılan ilaçların artması,
- Park ve piknik alanlarında göze hoş gelmesi için kullanılan malzemelerin yağmur suyu ile sızıntı yapması,
- Endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan kirli suyun arıtılmadan kanalizasyon ile dere, göl gibi sulak alanlara bırakılması ve sulama suyu olarak kullanılması,
- Hava kirliliğinin etkisiyle sucul hayvanların ağır metale maruz kalması ve bioakümülyasyona uğrayarak besin döngüsüne karışması insan sağlığı ve ekolojik sistemin bozulmasına neden olan kaynaklar sayılabilmektedir.

Gebze hızlı endüstrileşme ve kentleşme etkisi altındadır. Birçok bağlantı yolu olması (trafik) gibi antropojenik kaynaklardan ağır metal kirlenmesine neden

olmaktadır. Bu bölgenin ne derece kirli ve insan sağlığına ne gibi etkiler vermekte olduğunu, endüstriyel faaliyetler ve nüfusun yoğun olduğu diğer bölge veya ülkelerin konsantrasyon durumunu kıyaslayarak buluruz.

Toprağın en önemli kimyasal özelliklerinden birisi toprak pH'sı olarak bilinmektedir. Bitkilerin gelişmesi için elementlerin biyoyararlanımı gelişme ortamının pH'sı ya da hidrojen iyonları derişimi ile yakından ilgilidir. Başta forfor (P) olmak üzere mutlak gerekli elementlerin biyoyararlılığı toprak pH'sına bağlıdır. Mikroelementlerden Cu, Fe, Mn, Mo ve Zn'nun biyoyararlılığında toprak pH'sının etkisi altındadır. Alüminyum (Al) gibi mutlak gerekli olmayan elementlerin toksik etkileri de toprak pH'sına bağlıdır (Kacar, 2012). Toprağa uygulanan çoğu kimyasalların etki durumları ile toprakta bulunan mikrobiyal popülasyonun aktivitesi pH'ya göre değişmektedir. Çeşitli bileşiklerin çözünürlükleri ve değişim yerlerine iyonların bağlanma güçleriyeine toprak pH'sına bağlıdır. İki değişik sisteme göre toprak pH'sının sınıflandırılması aşağıda Tablo 2-1'de verilmiştir (Kacar, 2016).

Tablo 2.1. Toprak pH'sının iki farklı sisteme göre sınıflandırılması (Jones, 2001)

Sınıflandırma I*		Sınıflandırma II	
Sınıfı	pH	Sınıfı	pH
Çok asit	4. 5-5. 5	Asit	<4. 5
Asit	5. 6-6. 0	Hafif Asit	4. 5-6. 5
Biraz Asit	6. 1-6. 8	Nötr	6. 6-7. 5
Nötr	6. 9-7. 6	Zayıf Bazik	7. 6-9. 5
Alkalin	7. 7-8. 3	Bazik	>9. 5

*pH ölçümleri su ile toprak karışımında yapılmıştır.

Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'ne (TKKY, 1983) göre toprağın belli pH değerlerindeki metal konsantrasyonları için sınır değerler belirlenmiştir. Bu değerler aşağıda Tablo 2-2'de gösterilmektedir.

Tablo 2.2. Topraktaki ağır metal sınır değerlerinin pH ile değişimi

Ağır Metal (Toplam)	pH 5- 6 (mg/kg Fırın Kuru Toprak)	pH>6 (mg/kg Fırın Kuru Toprak)
Kurşun	50**	300**
Kadmiyum	1**	3**
Krom	100**	100**
Bakır *	50**	140**
Nikel *	30**	75**
Çinko *	150**	300**
Civa	1**	1.5**

*pH değeri 7'den büyük ise çevre ve insan sağlığına özellikle yer altı suyuna zararlı olmadığı durumlarda Bakanlık sınır değerleri %50'ye kadar artırabilir

**Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir

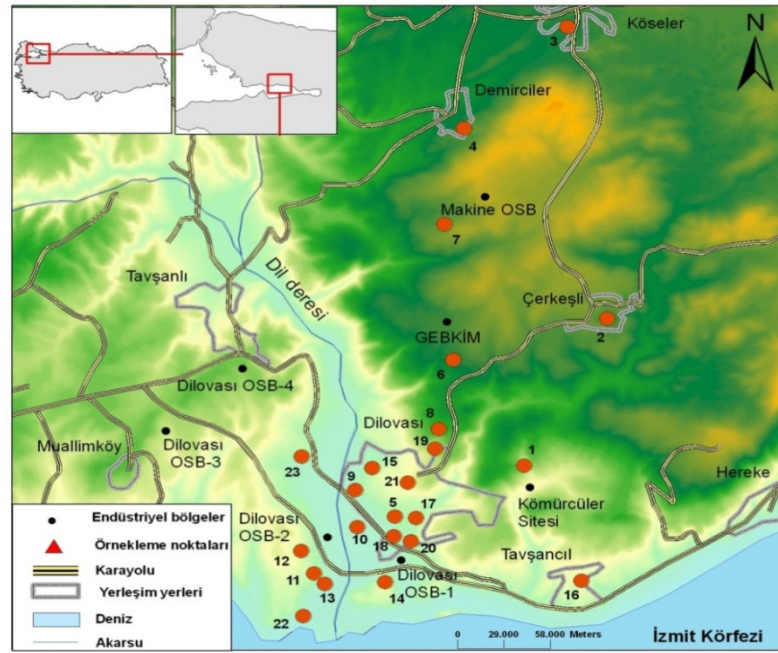
Çetin (2014) yapmış olduğu çalışmada bulunan sonuçların *Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği*'ne göre pH 5-6 arasındaki sınır değerleri geçtiği görülmüştür. Çinko ve Cr konsantrasyonunun her iki sınır değerini de geçtiği yine bu çalışmada belirlenmiştir. Ancak bu çalışmada toprağın pH'ı ölçülmediğinden yönetmelikle yapılan karşılaştırma en kritik değerler üzerinden yapılmıştır.

Bu çalışmada Dilovası ilçesinde Şubat, Temmuz ve Ekim (2015) aylarında 22 farklı noktadan alınan toprak örnekleri pH ve metaller (Al, As, Au, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, K, La, Li, Lu, Mg, Mn, Mo, Na, Nd, Ni, P, Pb, Pr, Pt, Rb, S, Sb, Sc, Se, Sm, Sn, Sr, Tb, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb ve Zn) açısından analiz edilmiştir. Üretilen veri setinde bulunan parametrelerin topraktaki seviyeleri, herhangi bir mevsimsellik gösterip göstermedikleri, mekânsal dağılımları ve kaynakları detaylı bir biçimde değerlendirilerek bölgenin toprak kirlilik profili metaller açısından irdelenmiştir.

3 GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Arazi Çalışması ve Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması

Bu çalışmada analiz edilen toprak örnekleri Dilovası (Kocaeli)'nda 23 farklı noktadan toplanmıştır. Örnekleme noktaları aşağıda Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Örnekleme noktaları seçilirken noktaların farklı karakteristiği (endüstriyel, evsel, trafik vb.) temsil etmesine özen gösterilmiş ve bu yöntem takip edilerek Dilovası merkezinden 16 nokta, ilçenin çevresinde bulunan köy ve organize sanayi bölgelerinden ise 7 noktadan toprak örnekleri toplanmıştır.



Şekil 3.1. Arazi çalışmasında toplanan örneklerin lokasyonları

Bu çalışmada örnekler Şubat, Temmuz ve Ekim (2015) aylarında toplanmıştır. Şubat örnekleme tarihi 06/02/2015, Temmuz örnekleme tarihi 20/07/2015 tarihinde ve Ekim örnekleme tarihi ise 15/10/2015 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Örnekleme noktalarının koordinatları aşağıda Tablo 3.1 ve Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Örnekleme noktalarının koordinatları, ana karayolları ve denizden mesafeleri ve hangi ana kirletici kaynaklarına yakın olduğunun bilgisi

Nokta No	Açıklama	Koordinatlar		Karayolundan Uzaklık (km)		Denizden Uzaklık (km)	En Yakın Ana Kirletici Kaynağı
		E	N	D-100	E-80		
1	Kömürcüler OSB	40,795,833	29,565,278	2.85	3.34		Kömür sahaları
2	Çerkeşli Köyü	40,815,556	29,581,944	0.2	0.11	0.22	Akaryakıt depolama alanı
3	Köseler Köyü	40,861,667	29,576,389	7.52	9.24		Cam işletme ve motor parçaları üretme işletmeleri
4	Demirciler Köyü	40,846,111	29,556,667	5.47	7.12		küçük çaplı çeşitli işletmeler
5	Dilovası Belediyesi	40,785,278	29,541,667	0.46	1.04		Organize Sanayi Bölgesi 1
6	GEBKİM	40,809,722	29,553,333	3.26	3.99		GEBKİM Kocaeli Gebze V (Kimya) OSB Müdürlüğü , Dilovası OSB Ağaç Alanı
7	Makine OSB	40,831,111	29,552,500	5.62	6.69		Makine OSB ve makine parçaları üretimi yapan işletmeler
8	Belediye Garajı	40,798,889	29,550,278	2.05	2.7		Kömür Depolama sahalarına
9	Mimar Sinan Mah.	40,789,167	29,533,056	0.25	1.01		Fabrikalar
10	Cumhuriyet Mah.	40,783,889	29,536,944	0.08	0.91		Fabrikalar
11	Diliskelesi Mah.	40,776,667	29,526,389	1.12	0.14	1	D-100, E-80 ve Osmangazi Köprüsü
12	710. sok	40,780,278	29,524,167	1.11	0.2	1.34	D-100, E-80 ve Osmangazi Köprüsü
13	Şehitlik	40,775,000	29,528,333	1.15	0.19	0.99	D-100, E-80 ve Osmangazi Köprüsü
14	Fatih Mah.	40,775,000	29,539,444	0.54	0.16	0.64	Solventaş Terminali , A tipi Genel Gümrük Deposu
15	545 sok.	40,793,056	29,537,778	0.73	1.88		Fabrikalar
16	Tavşancıl	40,774,444	29,575,556	0.68	0.63	0.8	Nuh Çimento Hereke Tesisi
17	Kayapınar Mah.	40,785,000	29,545,556	0.68	0.97		Organize Sanayi Bölgesi
18	Orhangazi Mah.	40,782,190	29,541,281	0.2	0.62		Organize Sanayi Bölgesi
19	Hz. Hamza Camii	40,795,833	29,549,444	1.66	2.23		Kömür Depolama sahaları
20	Solventaş İO.	40,782,222	29,542,222	0.25	0.63		Organize Sanayi Bölgesi
21	Fatih Camii	40,790,556	29,544,167	1.04	1.59		Organize Sanayi Bölgesi
22	Park Bahçeler Müd.	40,770,000	29,524,167	1.84	0.88	0.27	Osmangazi Köprüsü, Liman
23	Yeni Yıldız	40,794,444	29,526,389	0.06	0.9		Makine ve Kimya Sanayileri

3.1.1. Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması

Şekil 3.1 ve Tablo 3.1’de verilen 23 örnekleme noktasında yüzeysel toprak numunesi alınmış (0-10 cm), daha önceden aseton-hekzan ile yıkanmış alüminyum folyoya sarılarak bir poşete yerleştirilmiş, etiketlenmiş ve toplanan örnekler analiz yapılana kadar -4°C de saklanmışlardır. Her bir örnekleme noktasından en az 5 tane olacak şekilde ve 10 cm yüzeyden yaklaşık 1 kg toprak örneği toplanmıştır. Toplanan bu örnekler analiz için birleştirilerek kompozit bir numune oluşturulmuştur. Toplanan ve elenen örneklerden bir tanesine ait fotoğraf Şekil 3.2’de gösterilmiştir.

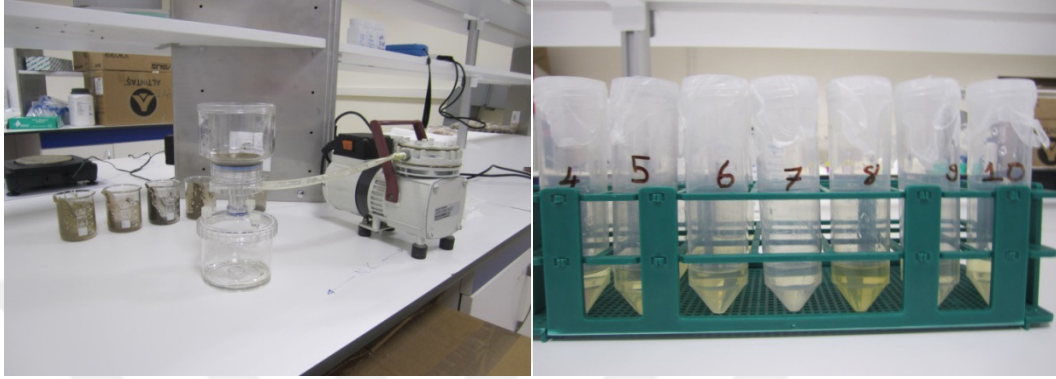


Şekil 3.2. Arazi çalışmasında toplanan ve elenen örneklerden bir tanesine ait fotoğraf

3.1.2. Toprak Örneklerinde pH’ın Belirlenmesi

Toprak örneklerinde pH ölçümlerinde USEPA tarafından geliştirilen 9045D (USEPA 9045D, 2004) yöntemi takip edilmiştir. Bu aşamada temizlenip, kurutulup ve elenen örneklerden 20 g alınmış ve örnekler 50 mL beher içerisinde yerleştirilmiştir. Daha sonra örneklerin üzerine 20 mL 18 MΩ de-iyonize su ilave edilerek örnekler 5 dk süresince kuvvetli bir şekilde karıştırılmıştır. Daha sonra örneklerde bulunan toptağın 1 saat boyunca çökmesi beklenmiş, beherin üzerinde kalan sulu çözelti ise 0.45 µm selüloz astatat filtreden süzülmüştür. Çalışmada kullanılan sentrifüj pompası ve çözelti haline getirilen örneklere ait bir fotoğraf Şekil 3-3’de gösterilmiştir.

Çözelti daha sonra falkon sentrifüj tüplerine alınarak bu örneklerde HI 9812-5 marka pH metre kullanılarak pH ölçümü yapılmıştır. pH ölçümünden önce pH metrenin satın alındığı firma tarafından sağlanan kalibrasyon çözeltileri kullanılarak pH metrenin kalibrasyonu yapılmıştır. Çalışmada kullanılan pH metre ve çözeltilere alınan örneklerden bir tanesinde ki pH ölçümü aşağıda Şekil 3.4’de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Örneklerin süzülmesi ve pH ölçümüne hazır hale getirilmesini gösterir bir fotoğraf



Şekil 3.4. Örneklerin pH ölçümünde kullanılan pH metre ve örneklerin bir tanesinde pH tayinini gösterir bir fotoğraf

3.2. Toprak Örneklerinin Elementler Açısından Analiz Edilmesi

3.2.1. WDXRF Analizleri

Bu çalışmada toplanan ve ön işlemden geçirilen toprak örnekleri Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi’nde bulunan Dalga Boyu Kırınımlı X ışınları Floresans (Wavelength Dispersive X-Ray

Fluorescence, WDXRF) cihazı ile analiz edilmiştir. WDXRF cihazına ait bir fotoğraf Şekil 3-5’de sunulmuştur.



Şekil 3.5. Bu çalışmada kullanılan WDXRF cihazı

Cihazda bulunan X-ışınları tübü 4 Kw güce sahip olup, 160 mA ışık akımı ve 60 kV voltajda çalışmaktadır. Cihazda Rh anot (SST-mAX) kullanılmaktadır. Kurşun ve Ba metal analizleri için cihazda L- α dalgaboyu ışımaya ve diğer analiz edilen metaller için de K- α dalgaboyu ışımaya kullanılmıştır. Örneklerin ve standart referans maddelerin analizinde aynı işletme parametreleri kullanılmıştır. Analiz edilecek örneklerden ve SRMlerden 2 g tartılmış ve örnekler pelletler haline getirilerek, cihazın oto örnekleyicisine yerleştirilmiştir. Analiz edilen parametreler arasında As, Ba, Ce, Co, Cr, Cu, La, Mn, Nd, Ni, Pb, Rb, Sc, Sn, Sr, Th, U, V, Y, Zn, Al, Ca, Fe, K, Mg, P, S, Si ve S bulunmaktadır.

Bu çalışma kapsamında yapılan analizlerin doğruluğunu kontrol etmek amacıyla, standart referans maddelerde örneklerle aynı koşullarda kullanılarak analiz

edilmiştir. Bu amaçla NIST (National Institute of Standard and Technologies)'den temin edilen 2703 (sediment for solid sampling), 2711a (Montana II soil) ve 1646a (eustarine sediment) isimli standart referans maddeler (SRM) kullanılmıştır. SRMlerin sertifika değerleri ile bu çalışma kapsamında ölçülen değerleri ve hesaplanan geri kazanım değerleri Tablo 3.2, Tablo 3.3 ve Tablo 3.4'de sunulmuştur. WDXRF ile yapılan bu analizlerde her üç SRM'e ait geri kazanım değerlerinin analitik açıdan kabul edilebilir değerler aralığı olan %70-%120 arasında olduğu görülmektedir.

Aynı zamanda WDXRF cihazında toprak örnekleri on kez tekrar analiz edilerek analizlerin tekrarlanabilirliği de hem majör hem de eser elementler için belirlenmiştir. Eser elementler için tekrarlanabilirlik değerinin %0.4 (Sr) ve %10 (La) arasında değiştiği saptanmıştır. Majör elementler için ise tekrarlanabilirlik değerleri %0.01 (K) ila %1.64 (Si) arasında değişmektedir. WDXRF cihazı için hesaplanan metot tayin sınır (MDL) değerleri ise 'da sunulmaktadır. Tablo 3.5'den de görülebileceği gibi toprak örnekleri için MDL değerleri 0.3 ppm (Sr) ila 163.4 ppm (Si) arasında değişmektedir.

Tablo 3.2. NIST SRM 2703 (sediment for solid sampling) standartında ölçülen değerlerin sertika değerleriyle karşılaştırılması ve geri kazanım değerleri

SRM 2703				
Parametre	Birim	Sertifika Değeri	Ölçülen Değer	Geri Kazanım (%)
Al	(%)	8.33	8.37	99.49
Ca	(%)	0.31	0.33	92.81
Fe	(%)	7.38	7.52	98.16
K	(%)	2.08	2.08	100.04
Mg	(%)	1	0.99	100.95
Mn	(%)	0.1734	0.18	97.12
Na	(%)	0.693	0.71	97.29
P	(%)	0.16	0.15	108.00
Ti	(%)	0.88	0.87	101.26

Tablo 3.3. NIST SRM 2711a (Montana II soil) standartında ölçülen değerlerin sertika değerleriyle karşılaştırılması ve geri kazanım değerleri

SRM 2711a				
Parametre	Birim	Sertifika Değeri	Ölçülen Değer	Geri Kazanım (%)
Al	(%)	6.72	6.64	101.16
Ca	(%)	2.42	2.41	100.40
Fe	(%)	2.82	2.83	99.65
K	(%)	2.53	2.43	103.87
Mg	(%)	1.07	1.01	105.64
Mn	(%)	0.0675	0.07	101.19
Na	(%)	1.2	1.28	93.75
P	(%)	0.0842	0.08	103.33
Si	(%)	31.4	30.69	102.27
Ti	(%)	0.317	0.32	99.68

Tablo 3.4. NIST SRM 1646a (eustarine sediment) standartında ölçülen değerlerin sertika değerleriyle karşılaştırılması ve geri kazanım değerleri

SRM 1646a				
Parametre	Birim	Sertifika Değeri	Ölçülen Değer	Geri Kazanım (%)
Al	(%)	2.297	2.31	99.52
Ca	(%)	0.519	0.51	101.23
Fe	(%)	2.008	1.99	100.77
K	(%)	0.864	0.86	100.80
Mg	(%)	0.388	0.39	98.69
Mn	(%)	0.0234	0.02	94.44
Na	(%)	0.741	0.77	95.48
P	(%)	0.027	0.02	117.41
Si	(%)	40	39.71	100.72
Ti	(%)	0.456	0.44	104.43

Tablo 3.5. WDXRF cihazı ile toprak örnekleri için belirlenen MDL değerleri

Parametre	Birim	MDL	Parametre	Birim	MDL
Al	ppm	36	Ni	ppm	0.8
As	ppm	4.88	P	ppm	7.5
Ba	ppm	1.09	Pb	ppm	1.38
Ca	ppm	16	Rb	ppm	0.4
Co	ppm	4.71	Sc	ppm	1.43
Cr	ppm	1.5	Si	ppm	163.4
Cu	ppm	0.8	Sr	ppm	0.3
Fe	ppm	29.1	Th	ppm	1.6
K	ppm	23.4	Ti	ppm	9.7
La	ppm	7.04	U	ppm	1.52
Mg	ppm	40.4	V	ppm	2.4
Mn	ppm	5.9	Y	ppm	0.6
Na	ppm	67.6	Zn	ppm	0.6
Nb	ppm	0.5	Zr	ppm	0.5

3.2.2. ICPMS Analizleri

Toplanan toprak örneklerinde metal analizlerinin yapılabilmesi için örnekler öncelikle katı fazdan sıvı faza alınmıştır. Bu amaçla örneklerden yaklaşık olarak 0.25 g tartılmış 50 mL'lik teflon kapların içine yerleştirilerek tartılmıştır. Daha sonra örneklerin üzerine 3 mL %60 ultrasaf Merck marka HNO₃, 2 mL %40'lık ultrasaf Merck marka HF asit ve 9 mL %40'lık ultrasaf Merck marka asit HCl ilave edilmiştir. Daha sonra teflon kapların kapakları kapatılmış ve kaplar mikrodalga fırının rotoruna yerleştirilmiş ve bu şekilde yaklaşık olarak 30 dk bekletilerek teflon kapların içerisinde ön tepkimelerin gerçekleşmesi sağlanmıştır. Bu sürenin sonunda rotor mikro dalga fırın içerisinde konularak mikrodalga fırın çalıştırılmıştır. Bu çalışmada kullanılan Berghof (speedwave two, Almanya) marka mikrodalga fırının fotoğrafı Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6. Örnekleri çözünürleştirmede kullanılan mikrodalga fırın ve aparatı

Mikrodalga fırında örneklerin çözünürleştirilmesinde kullanılan ve cihazın yazılımında bulunan EPA 3051A çözünürleştirme yöntemi kullanılmamış olup, Tablo 3.6'de bu yöntemle ait sıcaklık ve basınç programı da verilmiştir. Program

tamamlandıktan sonra mikrodalga fırından çıkartılan örnekler çeker ocağın altında soğumaya bırakılmış ve soğuyan teflon kapların kapakları açılarak örnekler önce balon jöjeye aktarılmış ve daha sonrasında ise de-iyonize su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. Örnekler daha sonra önceden de-iyonize su ile yıkanmış ve etüvde kurutulmuş HDPE şişelere transfer edilerek, analiz anına kadar buzdolabında saklanmıştır.

Çözünürleştirme işleminden kullanılan tüm malzemeler bir gece boyunca % 35 HNO₃ çözeltisinde bekletilmiş ve kullanılmadan önce de-iyonize su ile yıkanmıştır. Bu şekilde kullanılan saf malzemedeki kaynaklanabilecek kontaminasyon minimum seviyede tutulmuştur.

Tablo 3.6. Örnekleri çözünürleştirmede kullanılan mikrodalga fırın programı

Aşama	Ramp (dk)	Zaman (dk)	Sıcaklık (°C)	Basınç (Bar)	Güç (%)
1	1	25	175	20	90
2	1	10	50	25	0

Bu çalışma kapsamında toplanan toprak örnekleri çözünürleştirme işleminden sonra metal içeriklerinin belirlenmesi amacıyla Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ne götürülmüştür. Örnekler burada bulunan Perkin Elmer marka ELAN serisi ICP-MS cihazı ile analiz edilmiş olup, cihaza ait bir fotoğraf Şekil 3.7'da sunulmuştur.



Şekil 3.7. Bu çalışmada kullanılan ICPMS cihazı

ICP-MS cihazının işletme parametreleri Tablo 3.7’de verilmiştir. Örneklerin, standart referans maddelerin ve örneklerin hazırlanmasında kullanılan asit şahitlerin analizinde aynı işletme parametreleri kullanılmıştır. Analiz edilen parametreler arasında Al, As, Au, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, K, La, Li, Lu, Mg, Mn, Mo, Na, Nd, Ni, P, Pb, Pr, Pt, Rb, S, Sb, Sc, Se, Sm, Sn, Sr, Tb, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn bulunmaktadır. ICP-MS analizleri sırasında internal standart olarak Rh ve Re kullanılmıştır.

Tablo 3.7. ICP-MS işletme parametreleri

a) Enstrümental Parametreler	
RF gücü (kW)	1300 Watts
Argon gaz akış hızı (L/dk)	
• Plazma	15
• Ek	1.2
• Nebulizatör	1.01
Peristaltik pompa akış hızı (rpm)	20
Örnek çekme oranı (mL/dk)	~1
Skimer Konisi	Pt (1.1 mm aralık çapı)
Örnek Konisi	Pt (0.9 mm aralık çapı)
b) Veri Soğurma Parametreleri	
Analiz Modu	Standart, Tarama Modu: Pik Hopping
Pik başına Ölçüm sayısı	50 msn
Kütle Aralığı (m/z)	5-270 amu
Entegrasyon zamani	1000 msn
Tekrar sayısı	3
Örnek analiz süresi	4 dk 45 sn (35 sn örnek çekme süresi dahil)
Yıkama süresi (s)	45 (ilaveten ~ 15 sn okumada gecikme)

Bu çalışma kapsamında yapılan analizlerin doğruluğunu kontrol etmek amacıyla, standart referans maddelerde örneklerle aynı koşullarda ve aynı asitler kullanılarak çözülmüştür. Bu amaçla NIST (National Institute of Standard and Technologies)’den temin edilen 1648a (Urban Particulate Matter), 175a (Trace Elements in Pine Needles) ve IAEA (International Atomic Energy Agency)’dan temin edilen 336 (Trace and Minor Elements in Lichen) isimli standart referans maddeler (SRM) kullanılmıştır. SRMlerin sertifika değerleri ile bu çalışma kapsamında ölçülen değerleri ve hesaplanan geri kazanım değerleri Tablo 3.8, Tablo 3.10 ve Tablo 3.10’de sunulmuştur. SRM 1648a için elde edilen geri kazanım değerleri incelendiğinde (Tablo 3.8) en küçük geri kazanım değerinin Se için (%59±4) bulunduğu, en yüksek geri kazanım değerinin ise Co (% 114±6) ve W (%114±11) için bulunduğu görülmüştür.

Hafniyum dışındaki parametreler için geri kazanım değeri %70-120 kabul edilebilir değerleri arasında kalmıştır. SRM IAEA 336 standartında belirlenen parametreler için geri kazanım değerleri incelendiğinde (Tablo 3.10) en düşük geri kazanım La (%61.6) ve en yüksek geri kazanım değeri ise %125 ile Co için bulunmuştur. SRM 1575a için elde edilen geri kazanım değerleri incelendiğinde (Tablo 3.10), en düşük değer Pb (% 66.3±6.0), en yüksek değer ise Ca (% 95.2±4.3) için belirlenmiştir.

Metal analizlerinin tekrarlanabilirlik değerleri ve cihazın tayin sınırı da bu çalışma kapsamında KK/KG prosedürü olarak yakından takip edilmiştir. Tekrarlanabilirlik değerinin hesaplanabilmesi için altı farklı örnek herbiri 3 kez olmak üzere analiz edilmiş ve elde edilen değerler kullanılarak herbir örnekteki ortalama metal konsantrasyonları standart sapma değerlerine bölünerek rölatif standart sapma (RSS) değeri hesaplanmış ve daha sonra altı örneğin ortalama RSS değeri alınarak ICPMS cihazında analiz edilen herbir parametre için tekrarlanabilirlik değeri elde edilmiştir. RSS değerleri incelendiğinde Pt, Gd, Nd, Sb, Cd, Be, Hg ve Se için bu değer %20'den daha fazla olduğu, bunun dışında kalan parametreler için ise %20'nin altında olduğu bulunmuştur. ICPMS ile belirlenen metaller için tayin sınırı (TS=3×analiz değerlerinin standart sapması) değerlerinin ise 0.5 ng/L (Ce, Tl, Hf ve Pt için aynı) ile 28 µg/L (P) arasında değiştiği belirlenmiştir.

Tablo 3.8. NIST SRM 1648a (urban particulate matter) standartında ölçülen değerlerin sertifika değerleriyle karşılaştırılması ve geri kazanım değerleri

Element	Sertifika Değeri		Ölçülen Değer		Geri Kazanım	
	Ort (µg/g)	SS	Ort (µg/g)	SS	Ort (%)	SS
Al	34300	1300	29855	3292	87.0	10.2
As	115.5	3.9	101.0	8.9	87.5	8.2
Ca	58400	1900	54911	3848	94.0	7.3
Cd	73.7	2.3	61.6	5.0	83.6	7.3
Ce	54.6	2.2	40.5	4.4	74.2	8.6
Co	17.93	0.68	19.57	1.58	109.1	9.7
Cr	402	13	286	33	71.1	8.6
Cs	3.4	0.2	2.9	0.3	86.7	10.2
Cu	610	70	485	51	79.5	12.4
Fe	39200	2100	35954	2640	91.7	8.3
Hf	5.2		2.4	0.4	46.6	7.5
K	10560	490	9922	634	94.0	7.4
La	39	3	28.1	3.1	72.0	9.8
Mg	8130	120	7459	454	91.7	5.7
Mn	790	44	810	53	102.6	8.8

Tablo 3.8. (devamı) NIST SRM 1648a (urban particulate matter) standartında ölçülen değerlerin sertifika değerleriyle karşılaştırılması ve geri kazanım değerleri

Element	Sertifika Değeri		Ölçülen Değer		Geri Kazanım	
	Ort (µg/g)	SS	Ort (µg/g)	SS	Ort (%)	SS
Na	4240	60	4134	231	97.5	5.6
Ni	81.1	6.8	73.7	6.4	90.8	11.0
Pb	6550	330	6336	427	96.7	8.1
Rb	51	1.5	36.9	3.1	72.4	6.4
S	55100	3600	45778	2871	83.1	7.5
Sb	45.4	1.4	37.1	3.5	81.7	8.1
Sc	6-120		9.8	0.8		
Sm	4.3	0.3	3.3	0.4	75.6	10.0
Sr	215	17	209	18	97.4	11.3
Ti	4021	86	3402	318	84.6	8.1
V	127	11	118	11	93.1	11.8
W	4.6	0.3	4.8	0.6	105.0	15.3
Zn	4800	270	4354	275	90.7	7.7

Tablo 3.9. IAEA 336 (Lichen) standartında ölçülen değerlerin sertika değerleriyle karşılaştırılması ve geri kazanım değerleri

Element	Sertifika Değeri		Ölçülen Değer		Geri Kazanım
	Ort (µg/g)	SS	Ort (µg/g)	SS	Ort (%)
Al	680		696	26	102.4
As	0.63		0.57	0.04	90.3
Ba	6.4		5.6	0.1	87.1
Cd	0.117		0.086	0.010	73.9
Ce	1.28		0.86	0.02	67.3
Co	0.29		0.36	0.02	125.3
Cr	1.06		1.06	0.03	100.0
Cs	0.11		0.094	0.003	85.2
Cu	3.6		2.52	0.04	69.9
Eu	0.023		0.017	0.000	74.3
Fe	430		381	11	88.6
K	1840		1643	55	89.3
La	0.66		0.41	0.01	61.6
Lu	0.0066		0.004	0.000	64.1
Mn	63		62	2	97.9
Na	320		235	8	73.4
Nd	0.6		0.39	0.01	64.9
P	610		421	14	69.0
Pb	4.9		3.59	0.04	73.2
Rb	1.76		1.02	0.07	57.8
Sb	0.073		0.050	0.002	68.9
Sm	0.106		0.076	0.003	71.6
Sr	9.3		7.7	0.2	82.3
Tb	0.014		0.010	0.000	74.4
Th	0.14		0.10	0.00	72.8
V	1.47		1.36	0.09	92.6
Yb	0.037		0.027	0.002	72.6
Zn	30.4		23	0	75.1

Tablo 3.10. NIST SRM 1575a (Pine Needle) standartında ölçülen değerlerin sertika değerleriyle karşılaştırılması ve geri kazanım değerleri

Element	Sertifika Değeri		Ölçülen Değer		Geri Kazanım	
	Ort (µg/g)	SS	Ort (µg/g)	SS (µg/g)	Ort (%)	SS
Al	580	30	504	10	86.9	4.8
Ba	6	0.2	4.90	0.04	81.6	2.8
Ca	2500	100	2381	48	95.2	4.3
Cd	0.233	0.004	0.185	0.004	79.6	2.2
Cs	0.283	0.009	0.247	0.002	87.4	2.9
Cu	2.8	0.2	2.34	0.14	83.5	7.8
Fe	46	2	44	3	95.2	7.1
K	4170	70	3837	77	92.0	2.4
Mg	1060	170	927	27	87.5	14.3
Mn	488	12	425	10	87.1	2.9
Na	63	1	53	3	84.9	4.2
Ni	1.47	0.1	1.37	0.15	93.0	12.0
P	1070	80	877	22	81.9	6.5
Pb	0.167	0.015	0.111	0.001	66.3	6.0
Rb	16.5	0.9	13.8	0.1	83.5	4.6
Zn	38	2	29.2	0.8	76.9	4.6

3.3. Veri Setinin Değerlendirilmesi

3.3.1. Pozitif Matriks Faktörizasyonu (PMF)

Dilovası bölgesinde toplanan toprak örneklerindeki elementlerin kaynaklarının belirlenebilmesi için PMF modeli kullanılacaktır. Önerilen bu çalışmada toplanan toprak örneklerinin kompozisyonunu etkileyen kaynakların daha iyi anlaşılabilmesi için bir alıcı ortam modellemesi olan Pozitif Matriks Faktörizasyonu (PMF) çalıştırılacaktır. PMF modeli Paatero ve Tapper (1994) tarafından geliştirilmiş olup, literatürde birçok kaynakta uygulamasına ulaşmak mümkündür (Öztürk vd., 2012; Öztürk vd., 2013; Koçak vd., 2009; Stone vd., 2007).

PMF ileri bir faktör analiz yöntemi olup prensip olarak en düşük kareler yöntemine (least square methods) dayanmaktadır. Bu yöntemde, partikül madde veri seti 'n' satırdan (örnek sayısı) ve 'm' sütundan (partikül madde de belirlenen parametre sayısı) oluşacak şekilde bir matriks elde edilir. Daha sonra elde edilen matriks PMF modeli çalıştırılarak iki alt matrikse ayrılır. Bu alt matriksler G (nxp) ve F (pxm) matriksleri olup burada 'p' model tarafından belirlenen kaynak sayısını

göstermektedir. PMF'in dayandığı matematiksel model, aşağıda Eşitlik (1)' de verildiği gibi yazılabilir:

$$X = G \cdot F + E \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Bu eşitlikte 'X' (nxm) büyüklüğündeki veri setini, G (nxp) kaynak katkısını, F (pxm) kaynak profilini ve 'E' ise toprak kompozisyonunun PMF modeli tarafından açıklanamayan kısmını göstermektedir. PMF modeline girdi olarak toprak örneklerine ait veri seti (X) ve toprak kompozisyonunda belirlenen her bir parametre için hesaplanan analitik belirsizlik girilmelidir. Bu çalışmada toplamda 69 örnek toplanacak (23 örnekleme noktası x 3 ay) ve toplanan örneklerde 55 parametre analiz edileceğinden, PMF'e 69x55 büyüklüğünde bir veri seti girdi olarak verilmiştir.

3.3.2. Zenginleştirme Faktörü (EF_t)

Bu çalışmada toprak örneklerinde ölçülen metallerin hangi kaynaklardan toprağa karıştığını anlamak için toprağa göre zenginleştirme parametreleri (EF_t) hesaplanmıştır. Bu hesap Şubat, Temmuz ve Ekim aylarında toplanan örneklerde belirlenen parametreler için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Elementlerin zenginleştirme faktörleri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$EF_t = \frac{\left(\frac{C_x}{C_{Al}}\right)_{\text{örnek}}}{\left(\frac{C_x}{C_{Al}}\right)_{\text{toprak}}} \quad (\text{Eşitlik 2})$$

Bu eşitlikte $(C_x/C_{Al})_{\text{örnek}}$ örnekteki 'x' elementinin konsantrasyonunun Al konsantrasyonuna oranını, $(C_x/C_{Al})_{\text{toprak}}$ referans topraktaki 'x' elementinin konsantrasyonunun Al konsantrasyonuna oranını göstermektedir. Bu çalışmada referans toprak kompozisyonu olarak Rudnick and Gao (2003) tarafından küresel ölçekte derlenen toprak kompozisyonu kullanılmıştır. Referans element olarak "Al" seçilmesinin nedeni hem ICPMS ile hassas olarak ölçülebildiğinden hem de bilinen en önemli kaynağının toprak olmasından kaynaklanmaktadır. Hesaplanan EF_t değerlerine göre analiz edilen metallerin kaynakları hakkında yorum yapmak mümkündür. Hesaplanan EF_t< 2 olan metallerin toprağagöre çok az zenginleştiği,

$2 < EF_t < 5$ olanlar toprağa göre orta derecede zenginleştiği, $5 < EF_t < 20$ arasında olan metallerin toprağa göre çok zenginleştiği, $20 < EF_t < 40$ olanlar için zenginleşmenin yüksek ve $EF_t > 40$ olan metallerin ise en yüksek zenginleşmeye sahip olduğu sonucu çıkartılabilir (Dartan vd., 2015). Zenginleşme terimi burada toprağın başka kaynaklardan doğaya verilen bu metaller açısından kirlenmesi anlamında kullanılmaktadır.

3.3.3. Sağlık Maruziyetinin Hesaplanması

Çevresel kirleticilerin sağlık maruziyetinin hesaplanmasında kirleticilerin solunum, deri ve sindirim yoluyla insan vücuduna alındığı kabul edilmektedir. Toprağın kalın daneli olması ve bu nedenle solunabilir havada bulunma ihtimalinin düşük olması nedeniyle bu çalışmada sağlık riski hesaplamalarında deri ve solunum yoluyla kirlenici maruziyeti ihmal edilmiştir. Bu çalışmada toprakta bulunan metallerin kazara yutulması sonucu yetişkin ve çocuklarda sağlık riski hesaplaması yapılmıştır. Bu amaçla ilgilenen popülasyon çocuk (<15 yaş) ve yetişkin (>15 yaş) olarak ikiye ayrılmıştır. Toprakta bulunan metalin kazara hangi oranda yutulduğu aşağıda Eşitlik 3 kullanılarak hesaplanmıştır. Eşitlik 3’de kullanılan parametrelerin tanımları ve değerler Tablo 3.11’de verilmiştir. Bu tabloda kullanılan tüm değerler Hu vd. (2012)’den alınmıştır.

$$CDI_{ingest} = \frac{C \times IngR}{BW} \times \frac{EF \times ED}{AT} \times CF \quad (\text{Eşitlik 3})$$

Eşitlik 3’de “C” ile gösterilen parametre ilgili metal için % 95 güven seviyesinde ortalama konsantrasyon değerini göstermektedir. İlgili değer aşağıda Eşitlik 4’de gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

$$C_{95\%} = \exp \left\{ X + 0.5 \times s^2 + \frac{s \times H}{\sqrt{n-1}} \right\} \quad (\text{Eşitlik 4})$$

Burada;

X=ortalama metal konsantrasyonu (ppm)

s=standart sapma

n=toplam örnek sayısı

H=H-istatistik değerini göstermekte olup bu değer Gilbert (1987)'de verilmiştir.

Tablo 3.11. Risk değerlendirmesinde kullanılan parametrelerin tanımları ve değerleri

Parametre	Tanım	Birim	Değer	
			Yetişkin	Çocuk
C	Metal Konsantrasyonu	mg/kg		
IngR	Sindirim Oranı	mg/gün	100	200
EF	Maruziyet Sıklığı	gün/yıl	180	180
ED	Maruziyet Süresi	yıl	24	6
CF	Çevrim Faktörü	kg/mg	0.000001	0.000001
BW	Ortalama Vücut Ağırlığı	kg	70	15
AT	Ortalama Süre	saat		
	• Kanserojen		70x365	70x365
	• Kanserojen Olmayan		EDx365	EDx365
AT _n	Ortalama Süre	saat		
	• Kanserojen		70x365x24	70x365x24
	• Kanserojen Olmayan		EDx365x24	EDx365x24

Her metal için kanserojen olmayan ve kanserojen olan riskler sırasıyla Eşitlik 5 ve Eşitlik 6 kullanılarak hesaplanmıştır. Eşitlik 5’de kanserojen olmayan risklerin hesaplanmasında kullanılan “RfD₀” ile gösterilen parametre referans oral doz değerini göstermektedir. Bu değer ilgilenen metaller için US EPA (2007)’den alınmıştır. Yine kanserojen risklerin hesaplanmasında kullanılan “SF₀” parametresi oral eğim faktörü olarak adlandırılmakta olup, bu değerde her metal için yine US EPA (2007)’den alınmıştır.

$$HQ = \frac{CDI}{RfD_0} \quad (\text{Eşitlik 5})$$

$$CR = CDI \times SF_0 \quad (\text{Eşitlik 6})$$

Kanserojen olan ve olmayan risklerin hesaplanmasında çalışma kapsamında belirlenen metallerin ne kadarının insan vücudunda biyo-erişilebilir (bioaccessible) olduğu dikkate alınmıştır. Bu amaçla Hu vd. (2012) tarafından SBET (Simple Bioaccessibility Extraction Test) deneyleri sonucu bulunan metallerin biyo-erişilebilirlik oranları kullanılmıştır. Tablo 3.12’de bu çalışma kapsamında kullanılan RfD₀, SF₀ ve SBET değerleri dikkate alınan metaller için verilmiştir.

Tablo 3.12. Metal konsantrasyonlarına bağlı olan kanserojen olan ve olmayan risklerin hesaplanmasında kullanılan parametrelere ait değerler

	RfD₀ (mg/kg/gün)	SF₀ (mg/kg/gün)⁻¹	SBET %
V	0.005		11.2
Cr(VI)	0.003	0.5	5.83
Mn(Diet)	0.14		47.6
Fe	0.7		3.88
Ni(Refinery Dust)	0.05		15.7
Cu	0.04		29.8
Zn(Metallic)	0.3		60.1
As(Inorganic)	0.0003	1.5	38.8
Pb(acetate)	0.0035	0.28	47

4 BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 ICPMS Verilerinin İstatiksel Özeti

Bu çalışmada Dilovası bölgesinde 23 farklı noktadan toplanan toprak örnekleri Al, As, Au, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, K, La, Li, Lu, Mg, Mn, Mo, Na, Nd, Ni, P, Pb, Pr, Pt, Rb, S, Sb, Sc, Se, Sm, Sn, Sr, Tb, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn ve pH açısından analiz edilmiştir. Örnekleme çalışması Şubat, Temmuz ve Ekim (2015) aylarında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada analiz edilen parametreler için temel istatiksel değerler hesaplanmıştır. Tüm örnekleme dönemi için elde edilen temel istatiksel değerler Tablo 4.1 ve 4.2’de özetlenmiştir. Çalışma dönemi boyunca toplanan örnekler için belirlenen ortalama konsantrasyon değerleri 0.003 ± 0.003 $\mu\text{g/g}$ (Lu) ile 21 ± 15 mg/g (Ca) arasında değişmektedir. Çalışmada toplanan tüm toprak örneklerinde ortalama pH 7.69 ± 0.19 olarak ölçülmüştür. Tüm dönem örnekleri için minimum ve maksimum pH değerleri ise sırasıyla 7.30 ve 8.10 olarak bulunmuş olup, Tablo 2.1’de Sınıflandırma-I için verilen pH değerleri dikkate alındığında Dilovası bölgesi için toprağın alkalın özellik gösterdiğini söylemek mümkündür.

Şubat ayı için elde edilen temel istatiksel özetler Tablo 4.3 ve 4.4’de verilmiştir. Şubat ayı için de en küçük metal konsantrasyonu Lu için 0.006 ± 0.004 $\mu\text{g/g}$ olarak belirlenmiştir. En yüksek metal değeri ise yine Ca için 33 ± 21 mg/g olarak saptanmıştır. Şubat ayında toprak örneklerinde ortalama pH değeri 7.68 ± 0.17 olarak belirlenmiş olup, bu değer tüm çalışma döneminde belirlenen pH değerine oldukça yakındır.

Tablo 4.5 ve 4.6’da özetlenen değerler Temmuz ayında toplanan toprak örnekleri için belirlenen temel istatiksel özeti göstermektedir. En düşük ve en yüksek metal konsantrasyonları Lu ve Ca için sırasıyla 0.002 ± 0.001 $\mu\text{g/g}$ ve 16 ± 6 mg/g

olarak bulunmuştur. Temmuz ayı için ortalama, en düşük ve en yüksek pH değerleri ise sırasıyla 7.70 ± 0.20 , 7.3 ve 8.1 olarak belirlenmiştir.

Ekim ayında toplanan örneklerde belirlenen konsantrasyon değerleri ise Tablo 4.7 ve 4.8'de verilmiştir. Minimum ve maksimum metal konsantrasyonları yine sırasıyla Ca ve Lu için bulunmuş olup, ölçülen değerler Temmuz ayında belirlenen değerlere oldukça yakındır. Ekim ayında toprağın ortama pH değeri 7.65 ± 0.19 olarak ölçülmüştür.



Tablo 4.1. Çalışma döneminde toplanan örneklerde ICPMS ile belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti

Parametre	Birim	N	Ort	SS	Ortanca	Geo.Ort.	Min	Maks.
Al	mg/g	68	3.54	3.90	2.15	2.69	0.95	28.13
As	µg/g	68	12	3	12	11	3	26
Au	µg/g	68	0.156	0.147	0.130	0.138	0.081	1.267
Ba	µg/g	68	80	32	77	76	25	219
Be	µg/g	68	0.558	0.343	0.490	0.486	0.168	2.159
Bi	µg/g	68	0.162	0.138	0.130	0.139	0.057	1.066
Ca	mg/g	68	21	15	18	18	5	74
Cd	µg/g	68	0.403	0.261	0.321	0.336	0.120	1.324
Ce	µg/g	68	3.66	2.06	3.45	3.07	0.14	8.90
Co	µg/g	68	6.57	2.99	5.47	6.10	3.43	16.48
Cr	µg/g	68	68	192	40	43	19	1616
Cs	µg/g	68	0.835	0.752	0.615	0.614	0.107	3.500
Cu	µg/g	68	22	16	18	19	7	105
Dy	µg/g	68	0.080	0.045	0.065	0.071	0.033	0.265
Er	µg/g	68	0.038	0.025	0.028	0.032	0.012	0.160
Eu	µg/g	68	0.059	0.023	0.052	0.056	0.028	0.153
Fe	mg/g	68	13	5	12	12	5	27
Gd	µg/g	68	0.171	0.077	0.143	0.157	0.045	0.412
Ge	µg/g	68	3.72	1.37	3.47	3.50	1.60	8.03
Hf	µg/g	68	0.700	0.499	0.623	0.598	0.173	3.700
Hg	µg/g	68	0.227	0.256	0.163	0.175	0.070	1.988
Ho	µg/g	68	0.013	0.008	0.010	0.011	0.005	0.054
K	mg/g	68	5.84	2.92	5.10	5.40	2.46	22.37
La	µg/g	68	1.68	1.01	1.51	1.39	0.03	5.02
Li	µg/g	68	7.60	5.11	5.91	6.44	2.44	25.43
Lu	µg/g	68	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001	0.020
Mg	mg/g	68	1.69	1.03	1.52	1.45	0.04	6.08
Mn	µg/g	68	496	197	467	461	187	1093
Mo	µg/g	68	1.20	4.28	0.51	0.59	0.20	35.71
Na	mg/g	68	2.21	1.96	1.60	1.75	0.39	13.80
Nd	µg/g	68	1.12	0.64	0.97	0.97	0.06	3.32
Ni	µg/g	68	32	94	19	20	9	791
P	mg/g	68	0.473	0.426	0.326	0.378	0.109	2.995
Pb	µg/g	68	20	12	17	18	7	56
Pr	µg/g	68	0.329	0.187	0.295	0.280	0.011	0.914
Pt	µg/g	44	0.012	0.016	0.004	0.005	0.001	0.057
Rb	µg/g	68	19	10	18	17	5	46

Tablo 4.2. Çalışma döneminde toplanan örneklerde ICPMS ile belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti (Devam)

Parametre	Birim	N	Ort	SS	Ortanca	Geo.Ort.	Min	Maks.
S	mg/g	68	3.63	0.29	3.61	3.62	3.05	4.48
Sb	µg/g	68	0.863	0.558	0.704	0.731	0.270	3.045
Sc	µg/g	68	15	6	13	14	6	32
Sm	µg/g	68	0.158	0.086	0.128	0.139	0.022	0.447
Sn	µg/g	68	2.75	3.86	1.66	1.80	0.51	24.17
Sr	µg/g	68	82	45	71	73	10	263
Tb	µg/g	68	0.015	0.008	0.012	0.014	0.005	0.042
Th	µg/g	68	0.137	0.128	0.109	0.085	0.003	0.689
Ti	mg/g	68	1.10	0.50	0.95	1.02	0.49	2.85
Tl	µg/g	68	0.161	0.090	0.143	0.146	0.073	0.641
Tm	µg/g	68	0.004	0.003	0.003	0.004	0.001	0.023
U	µg/g	68	0.637	0.359	0.560	0.588	0.337	3.068
V	µg/g	68	58	17	56	55	23	110
W	µg/g	68	1.12	1.00	0.78	0.90	0.33	7.23
Y	µg/g	68	0.129	0.119	0.081	0.098	0.026	0.748
Yb	µg/g	68	0.030	0.023	0.021	0.025	0.010	0.155
Zn	µg/g	68	121	83	92	99	39	377
pH	-	61	7.69	0.19	7.70	7.69	7.30	8.10

Tablo 4.3. Şubat 2015 döneminde toplanan örneklerde ICPMS belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti

Parametre	Birim	N	Ort	SS	Ortanca	Geo.Ort.	Min	Maks.
Al	mg/g	22	4.14	6.12	1.93	2.59	1.15	28.13
As	µg/g	22	14	4	14	13	9	26
Au	µg/g	22	0.208	0.243	0.140	0.166	0.113	1.267
Ba	µg/g	22	101	44	93	93	47	219
Be	µg/g	22	0.798	0.482	0.634	0.681	0.272	2.159
Bi	µg/g	22	0.209	0.206	0.180	0.163	0.057	1.066
Ca	mg/g	22	33	21	30	26	5	74
Cd	µg/g	22	0.437	0.314	0.315	0.352	0.120	1.324
Ce	µg/g	22	4.53	2.93	3.80	3.38	0.14	8.90
Co	µg/g	22	8.66	4.35	6.42	7.68	3.75	16.48
Cr	µg/g	22	122	334	51	56	21	1616
Cs	µg/g	22	1.358	1.066	1.031	0.993	0.176	3.500
Cu	µg/g	22	28	25	23	21	8	105
Dy	µg/g	22	0.117	0.056	0.115	0.105	0.050	0.265
Er	µg/g	22	0.059	0.031	0.059	0.052	0.021	0.160
Eu	µg/g	22	0.074	0.032	0.069	0.068	0.035	0.153
Fe	mg/g	22	16	8	15	14	6	27
Gd	µg/g	22	0.225	0.104	0.191	0.200	0.045	0.412
Ge	µg/g	22	4.56	1.94	4.32	4.16	2.22	8.03
Hf	µg/g	22	0.959	0.750	0.883	0.790	0.336	3.700
Hg	µg/g	22	0.335	0.410	0.183	0.233	0.081	1.988
Ho	µg/g	22	0.020	0.010	0.020	0.018	0.009	0.054
K	mg/g	22	7.73	4.25	6.60	6.96	3.84	22.37
La	µg/g	22	2.14	1.48	1.67	1.51	0.03	5.02
Li	µg/g	22	10.67	7.43	7.68	8.51	3.20	25.43
Lu	µg/g	22	0.006	0.004	0.006	0.005	0.001	0.020
Mg	mg/g	22	2.45	1.51	1.98	1.86	0.04	6.08
Mn	µg/g	22	571	222	509	534	305	1093
Mo	µg/g	22	2.22	7.49	0.50	0.68	0.23	35.71
Na	mg/g	22	3.33	2.88	2.44	2.70	1.30	13.80
Nd	µg/g	22	1.48	0.93	1.23	1.14	0.06	3.32
Ni	µg/g	22	60	164	22	27	9	791
P	mg/g	22	0.593	0.637	0.382	0.437	0.168	2.995
Pb	µg/g	22	24	14	19	21	8	56
Pr	µg/g	22	0.423	0.274	0.350	0.318	0.011	0.914
Pt	µg/g	19	0.009	0.011	0.004	0.005	0.001	0.048
Rb	µg/g	22	25	14	22	21	5	46

Tablo 4.4. Şubat 2015 döneminde toplanan örneklerde ICPMS ile belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti (Devam)

Parametre	Birim	N	Ort	SS	Ortanca	Geo.Ort.	Min	Maks.
S	mg/g	22	3.68	0.37	3.66	3.66	3.05	4.48
Sb	µg/g	22	1.012	0.627	0.773	0.877	0.428	3.045
Sc	µg/g	22	19	8	17	17	9	32
Sm	µg/g	22	0.215	0.114	0.181	0.181	0.022	0.447
Sn	µg/g	22	2.50	2.96	1.55	1.78	0.62	14.58
Sr	µg/g	22	111	65	88	93	10	263
Tb	µg/g	22	0.022	0.010	0.020	0.020	0.005	0.042
Th	µg/g	22	0.188	0.182	0.141	0.103	0.004	0.689
Ti	mg/g	22	1.43	0.71	1.32	1.27	0.49	2.85
Tl	µg/g	22	0.214	0.138	0.166	0.183	0.085	0.641
Tm	µg/g	22	0.007	0.004	0.007	0.006	0.003	0.023
U	µg/g	22	0.863	0.554	0.746	0.766	0.384	3.068
V	µg/g	22	65	22	59	62	37	110
W	µg/g	22	1.38	1.40	0.95	1.10	0.56	7.23
Y	µg/g	22	0.197	0.138	0.178	0.168	0.052	0.748
Yb	µg/g	22	0.049	0.029	0.049	0.043	0.014	0.155
Zn	µg/g	22	134	94	98	109	40	377
pH	-	18	7.68	0.17	7.75	7.68	7.40	8.00

Tablo 4.5. Temmuz 2015 döneminde toplanan örneklerde ICPMS ile belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti

Parametre	Birim	N	Ort	SS	Ortanca	Geo.Ort.	Min	Maks.
Al	mg/g	23	3.34	2.26	2.38	2.83	1.32	9.74
As	µg/g	23	12	2	11	12	8	16
Au	µg/g	23	0.135	0.070	0.119	0.127	0.081	0.441
Ba	µg/g	23	73	16	71	71	37	104
Be	µg/g	23	0.436	0.137	0.467	0.413	0.193	0.672
Bi	µg/g	23	0.125	0.037	0.116	0.119	0.061	0.229
Ca	mg/g	23	16	6	17	15	6	25
Cd	µg/g	23	0.377	0.248	0.398	0.313	0.138	1.004
Ce	µg/g	23	3.27	0.91	3.30	3.13	1.27	5.21
Co	µg/g	23	5.41	1.05	5.35	5.31	3.43	7.80
Cr	µg/g	23	42	21	37	38	19	101
Cs	µg/g	23	0.564	0.317	0.498	0.478	0.143	1.320
Cu	µg/g	23	20	10	17	18	7	46
Dy	µg/g	23	0.061	0.023	0.054	0.058	0.033	0.140
Er	µg/g	23	0.027	0.010	0.025	0.025	0.012	0.063
Eu	µg/g	23	0.052	0.008	0.051	0.052	0.035	0.070
Fe	mg/g	23	11	3	11	11	6	17
Gd	µg/g	23	0.146	0.038	0.135	0.142	0.079	0.266
Ge	µg/g	23	3.27	0.72	3.35	3.19	1.97	4.51
Hf	µg/g	23	0.583	0.198	0.538	0.551	0.294	0.937
Hg	µg/g	23	0.166	0.104	0.115	0.142	0.074	0.452
Ho	µg/g	23	0.010	0.004	0.008	0.009	0.005	0.022
K	mg/g	23	5.19	1.50	4.79	4.99	2.46	9.33
La	µg/g	23	1.48	0.49	1.40	1.40	0.60	2.64
Li	µg/g	23	5.89	2.43	5.41	5.44	2.61	11.11
Lu	µg/g	23	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.004
Mg	mg/g	23	1.34	0.31	1.34	1.30	0.83	2.03
Mn	µg/g	23	439	172	427	408	187	872
Mo	µg/g	23	0.77	0.66	0.63	0.59	0.20	2.85
Na	mg/g	23	1.76	0.95	1.42	1.53	0.40	4.05
Nd	µg/g	23	0.97	0.30	0.95	0.93	0.46	1.86
Ni	µg/g	23	18	4	18	17	9	25
P	mg/g	23	0.404	0.276	0.328	0.340	0.109	1.270
Pb	µg/g	23	18	11	16	16	7	54
Pr	µg/g	23	0.287	0.082	0.288	0.276	0.126	0.494
Pt	µg/g	12	0.014	0.020	0.003	0.005	0.001	0.057
Rb	µg/g	23	16	6	16	15	7	37

Tablo 4.6. Temmuz 2015 döneminde toplanan örneklerde ICPMS ile belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti (Devam)

Parametre	Birim	N	Ort	SS	Ortanca	Geo.Ort.	Min	Maks.
S	mg/g	23	3.51	0.22	3.47	3.51	3.24	4.17
Sb	µg/g	23	0.760	0.437	0.720	0.657	0.301	1.897
Sc	µg/g	23	13	3	12	12	7	17
Sm	µg/g	23	0.133	0.047	0.120	0.126	0.066	0.279
Sn	µg/g	23	3.06	4.83	1.69	1.88	0.51	24.17
Sr	µg/g	23	70	19	69	67	37	116
Tb	µg/g	23	0.012	0.004	0.011	0.011	0.006	0.026
Th	µg/g	23	0.104	0.067	0.092	0.078	0.007	0.231
Ti	mg/g	23	0.92	0.25	0.91	0.89	0.55	1.38
Tl	µg/g	23	0.136	0.034	0.136	0.132	0.073	0.212
Tm	µg/g	23	0.003	0.001	0.003	0.003	0.002	0.006
U	µg/g	23	0.527	0.104	0.538	0.517	0.354	0.729
V	µg/g	23	55	9	53	54	41	74
W	µg/g	23	0.96	0.71	0.67	0.79	0.33	2.79
Y	µg/g	23	0.073	0.036	0.060	0.066	0.026	0.181
Yb	µg/g	23	0.019	0.006	0.017	0.018	0.014	0.033
Zn	µg/g	23	113	78	92	93	40	315
pH	-	23	7.75	0.20	7.8	7.75	7.3	8.1

Tablo 4.7. Ekim 2015 döneminde toplanan örneklerde ICPMS ile belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti

Parametre	Birim	N	Ort	SS	Ortanca	Geo.Ort.	Min	Maks.
Al	mg/g	23	3.18	2.21	2.28	2.65	0.95	10.70
As	µg/g	23	11	4	12	10	3	18
Au	µg/g	23	0.127	0.016	0.131	0.126	0.090	0.147
Ba	µg/g	23	69	19	72	66	25	100
Be	µg/g	23	0.450	0.178	0.469	0.414	0.168	0.769
Bi	µg/g	23	0.155	0.110	0.131	0.138	0.073	0.635
Ca	mg/g	23	16	6	14	15	6	31
Cd	µg/g	23	0.396	0.224	0.301	0.345	0.137	0.939
Ce	µg/g	23	3.21	1.64	3.41	2.75	0.92	6.22
Co	µg/g	23	5.74	1.21	5.48	5.63	4.00	8.90
Cr	µg/g	23	42	20	36	39	19	97
Cs	µg/g	23	0.606	0.365	0.526	0.496	0.107	1.429
Cu	µg/g	23	19	8	18	18	8	38
Dy	µg/g	23	0.064	0.028	0.059	0.060	0.034	0.155
Er	µg/g	23	0.029	0.015	0.026	0.026	0.015	0.072
Eu	µg/g	23	0.051	0.016	0.048	0.049	0.028	0.106
Fe	mg/g	23	11	3	12	11	5	16
Gd	µg/g	23	0.143	0.048	0.138	0.136	0.063	0.282
Ge	µg/g	23	3.37	0.77	3.47	3.27	1.60	4.32
Hf	µg/g	23	0.571	0.288	0.500	0.498	0.173	1.089
Hg	µg/g	23	0.186	0.103	0.161	0.163	0.070	0.496
Ho	µg/g	23	0.010	0.005	0.009	0.009	0.005	0.026
K	mg/g	23	4.69	1.03	4.66	4.58	2.65	6.28
La	µg/g	23	1.45	0.67	1.45	1.28	0.45	2.52
Li	µg/g	23	6.36	2.62	6.06	5.85	2.44	11.88
Lu	µg/g	23	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.008
Mg	mg/g	23	1.31	0.32	1.37	1.26	0.65	1.80
Mn	µg/g	23	482	179	445	453	189	875
Mo	µg/g	23	0.66	0.52	0.47	0.52	0.21	2.14
Na	mg/g	23	1.58	1.00	1.25	1.33	0.39	4.14
Nd	µg/g	23	0.94	0.38	0.96	0.87	0.36	1.86
Ni	µg/g	23	19	4	19	19	12	26
P	mg/g	23	0.428	0.262	0.318	0.365	0.173	0.991
Pb	µg/g	23	19	11	16	16	7	46
Pr	µg/g	23	0.280	0.120	0.287	0.253	0.095	0.502
Pt	µg/g	13	0.014	0.017	0.005	0.007	0.001	0.051
Rb	µg/g	23	16	5	15	15	6	25

Tablo 4.8. Ekim 2015 döneminde toplanan örneklerde ICPMS ile belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti (Devam)

Parametre	Birim	N	Ort	SS	Ortanca	Geo.Ort.	Min	Maks.
S	mg/g	23	3.69	0.22	3.70	3.69	3.26	4.01
Sb	µg/g	23	0.823	0.590	0.683	0.682	0.270	2.822
Sc	µg/g	23	13	3	12	12	6	19
Sm	µg/g	23	0.129	0.054	0.124	0.120	0.055	0.308
Sn	µg/g	23	2.68	3.67	1.68	1.75	0.54	18.14
Sr	µg/g	23	65	21	61	62	33	107
Tb	µg/g	23	0.012	0.005	0.012	0.011	0.006	0.029
Th	µg/g	23	0.122	0.099	0.107	0.077	0.003	0.390
Ti	mg/g	23	0.97	0.24	0.97	0.94	0.60	1.45
Tl	µg/g	23	0.134	0.032	0.141	0.130	0.078	0.196
Tm	µg/g	23	0.003	0.002	0.003	0.003	0.001	0.009
U	µg/g	23	0.531	0.114	0.514	0.519	0.337	0.826
V	µg/g	23	53	14	56	51	23	72
W	µg/g	23	1.03	0.75	0.76	0.84	0.34	2.97
Y	µg/g	23	0.119	0.125	0.074	0.087	0.035	0.594
Yb	µg/g	23	0.022	0.012	0.019	0.020	0.010	0.056
Zn	µg/g	23	116	77	86	95	39	272
pH	-	20	7.65	0.19	7.60	7.64	7.30	8.00

4.2 WDXRF Verilerinin İstatistiksel Özeti

Bu çalışma kapsamında toplanan toprak örnekleri ICPMS tekniğine ek olarak WDXRF cihazı ile de metaller açısından analiz edilmiştir. Tüm örnekleme dönemine ait istatistiksel özet bilgiler Tablo 4-9'da verilmiştir. Eser elementler için konsantrasyon değerlerinin 1.9 ± 0.5 µg/g (U) ile 1007 ± 413 µg/g (Mn) arasında değiştiği belirlenmiştir. Yine major elementler için en düşük konsantrasyon değeri 1.6 ± 1.0 mg/g (S) olarak, en yüksek konsantrasyon değeri ise 138 ± 54 mg/g (Ca) olarak belirlenmiştir. Diğer metallere ait seviyelerin ise bu değerler arasında değişim gösterdiği saptanmıştır.

Şubat, Temmuz ve Ekim (2015) aylarında toplanan örneklerin WDXRF ile elde edilen sonuçları ise sırasıyla Tablo 4-10, 4-11 ve 4-12'de verilmiştir. Bu tablolardan da açıkça görülebileceği gibi eser elementler için en düşük konsantrasyon değeri yine U ve en yüksek konsantrasyon değeri ise Mn için belirlenmiştir. Yine,

majör elementler için en düşük konsantrasyon değeri S ve en yüksek konsantrasyon değeri ise Ca için saptanmıştır.

Tablo 4.9. Çalışma döneminde toplanan örneklerde WDXRF ile belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti

Parametre	Birim	N	Ort	SS	Ortanca	Geo.Ort.	Min.	Maks.
As	µg/g	63	10.8	3.3	10.3	10.3	5.4	23.8
Ba	µg/g	63	347	66	362	340	176	485
Br	µg/g	63	5.8	2.1	5.7	5.5	2.1	12.2
Ce	µg/g	63	47.3	14.2	45.3	45.4	23.0	113.8
Co	µg/g	63	12.6	2.9	12.7	12.3	6.6	22.7
Cr	µg/g	63	158	76	128	145	82	407
Cu	µg/g	63	47.2	27.7	40.1	41.6	15.5	172.9
Ga	µg/g	63	8.9	2.1	8.7	8.6	5.1	16.9
La	µg/g	63	29.0	8.6	27.9	28.0	17.2	67.4
Mn	µg/g	63	1007	413	911	934	411	2200
Nb	µg/g	63	9.6	3.3	8.8	9.2	5.4	26.8
Nd	µg/g	63	23.5	7.5	22.9	22.5	11.9	56.8
Ni	µg/g	63	42.1	8.8	42.4	41.1	21.9	64.1
Pb	µg/g	63	45.8	29.3	35.1	38.5	16.2	131.4
Rb	µg/g	63	62.5	20.0	59.9	60.2	39.3	177.1
Sc	µg/g	30	7.2	2.2	7.2	6.8	2.9	11.3
Sn	µg/g	63	15.1	9.1	12.6	13.8	8.4	65.4
Sr	µg/g	63	226	69	213	215	62	391
Th	µg/g	63	8.6	2.8	8.1	8.4	5.8	26.6
U	µg/g	25	1.9	0.5	1.7	1.8	1.2	3.6
V	µg/g	63	84.4	18.7	83.7	82.3	46.4	127.9
Y	µg/g	63	18.6	6.2	17.5	17.6	8.4	37.0
Zn	µg/g	63	287	217	205	228	80	931
Zr	µg/g	63	133	51	117	125	63	306
Al	mg/g	67	60.3	12.4	57.6	59.2	42.1	112.2
Ca	mg/g	67	138	54	141	124	16	255
Fe	mg/g	67	33.7	6.8	33.2	33.0	21.2	49.6
K	mg/g	67	13.7	3.9	12.6	13.2	8.2	30.7
Mg	mg/g	66	10.3	2.3	10.5	10.3	4.6	14.7
P	mg/g	67	1.9	1.4	1.4	1.5	0.4	6.1
S	mg/g	67	1.6	1.0	1.3	1.3	0.4	4.9
Si	mg/g	67	215	43	212	211	124	331
Ti	mg/g	67	3.4	0.8	3.2	3.4	1.7	5.9

Tablo 4.10. Şubat 2015 döneminde toplanan örneklerde WDXRF ile belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti

Parametre	Birim	N	Ort	SS	Ortanca	Geo.Ort.	Min.	Maks.
As	µg/g	18	10.7	3.9	9.9	10.0	5.4	18.8
Ba	µg/g	18	352	65	365	346	253	460
Br	µg/g	18	5.4	2.4	5.0	5.0	2.1	11.8
Ce	µg/g	18	45.7	19.6	42.6	43.1	29.0	113.8
Co	µg/g	18	11.7	2.8	11.3	11.4	6.6	17.0
Cr	µg/g	18	152	76	129	140	85	407
Cu	µg/g	18	49.7	38.9	37.8	40.8	17.1	172.9
Ga	µg/g	18	8.7	2.7	7.9	8.4	5.7	16.9
La	µg/g	18	28.5	11.6	25.2	26.9	17.2	67.4
Mn	µg/g	18	949	428	780	880	553	2200
Nb	µg/g	18	9.4	4.9	8.3	8.7	5.4	26.8
Nd	µg/g	18	22.1	7.1	21.3	21.2	12.4	40.3
Ni	µg/g	18	39.4	9.8	41.6	38.2	21.9	56.5
Pb	µg/g	18	47.4	34.7	35.4	38.5	16.7	131.4
Rb	µg/g	18	64.8	29.9	56.7	61.0	45.2	177.1
Sc	µg/g	8	6.8	2.3	6.8	6.4	3.3	10.5
Sn	µg/g	18	13.7	4.9	11.8	13.0	8.4	27.3
Sr	µg/g	18	231	78	236	215	62	338
Th	µg/g	18	9.0	4.5	7.9	8.5	6.5	26.6
U	µg/g	8	2.0	0.7	1.6	1.9	1.5	3.6
V	µg/g	18	79.8	20.0	83.3	77.3	46.7	116.7
Y	µg/g	18	17.4	6.7	16.3	16.3	8.4	37.0
Zn	µg/g	18	276	258	202	206	80	931
Zr	µg/g	18	132	68	108	120	63	306
Al	mg/g	21	60.4	16.2	56.4	58.7	44.4	112.2
Ca	mg/g	21	141	59	144	122	16	226
Fe	mg/g	21	32.1	7.9	31.2	31.2	21.2	49.6
K	mg/g	21	13.9	4.8	13.1	13.3	9.7	30.7
Mg	mg/g	20	10.5	2.5	9.9	10.2	4.6	14.7
P	mg/g	21	1.7	1.2	1.4	1.4	0.5	6.1
S	mg/g	21	1.5	0.7	1.3	1.3	0.4	3.1
Si	mg/g	21	213	45	194	209	135	331
Ti	mg/g	21	3.3	0.8	3.1	3.2	1.7	5.0

Tablo 4.11. Temmuz 2015 döneminde toplanan örneklerde WDXRF ile belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti

Parametre	Birim	N	Ort	SS	Ortanca	Geo.Ort.	Min.	Maks.
As	µg/g	22	10.6	3.0	10.8	10.2	6.1	19.7
Ba	µg/g	22	343	68	358	336	176	460
Br	µg/g	22	5.9	2.1	5.5	5.6	3.1	12.2
Ce	µg/g	22	47.1	10.5	46.3	46.0	30.1	71.1
Co	µg/g	22	12.6	2.5	12.9	12.3	8.6	18.0
Cr	µg/g	22	158	77	128	145	85	390
Cu	µg/g	22	45.2	22.8	42.5	40.5	15.5	104.4
Ga	µg/g	22	8.7	1.9	8.8	8.5	5.1	11.9
La	µg/g	22	28.7	6.2	28.3	28.1	19.6	43.5
Mn	µg/g	22	1002	385	983	932	411	1864
Nb	µg/g	22	9.6	2.5	9.2	9.3	5.9	15.2
Nd	µg/g	22	22.3	5.7	21.6	21.6	11.9	33.2
Ni	µg/g	22	41.4	8.8	42.0	40.4	23.5	59.1
Pb	µg/g	22	44.1	28.6	36.8	37.6	17.7	127.3
Rb	µg/g	22	62.3	16.7	63.8	60.3	39.3	110.4
Sc	µg/g	11	6.7	2.6	5.5	6.3	2.9	11.3
Sn	µg/g	22	16.5	11.9	12.6	14.6	8.5	65.4
Sr	µg/g	22	229	67	223	219	103	364
Th	µg/g	22	8.5	1.5	8.7	8.3	6.1	10.9
U	µg/g	7	1.9	0.3	1.9	1.9	1.4	2.4
V	µg/g	22	83.2	19.2	80.9	81.0	46.4	117.6
Y	µg/g	22	18.4	5.6	17.4	17.7	11.0	33.0
Zn	µg/g	22	290	209	230	237	98	888
Zr	µg/g	22	136	43	122	130	80	230
Al	mg/g	23	59.5	10.4	58.4	58.6	42.1	77.9
Ca	mg/g	23	138	55	133	125	29	251
Fe	mg/g	23	33.7	6.6	32.3	33.1	22.4	48.3
K	mg/g	23	13.8	3.7	12.6	13.4	8.4	22.7
Mg	mg/g	23	10.5	2.0	10.5	10.3	6.3	14.2
P	mg/g	23	2.1	1.4	1.7	1.7	0.5	5.0
S	mg/g	23	1.9	1.3	1.3	1.5	0.4	4.9
Si	mg/g	23	214	46	209	210	125	321
Ti	mg/g	23	3.4	0.7	3.4	3.4	2.4	5.0

Tablo 4.12. Ekim 2015 döneminde toplanan örneklerde WDXRF ile belirlenen parametrelere ait değerlerin istatistiksel özeti

Parametre	Birim	N	Ort	SS	Ortanca	Geo.Ort.	Min.	Maks.
As	µg/g	23	11.1	3.3	10.3	10.7	6.5	23.8
Ba	µg/g	23	346	68	362	339	200	485
Br	µg/g	23	6.1	2.0	5.8	5.8	2.3	11.8
Ce	µg/g	23	48.6	13.1	47.1	46.8	23.0	74.4
Co	µg/g	23	13.3	3.2	12.8	12.9	9.5	22.7
Cr	µg/g	23	163	78	128	150	82	365
Cu	µg/g	23	47.3	22.9	40.1	43.2	23.3	125.5
Ga	µg/g	23	9.1	2.0	8.9	8.9	6.0	13.2
La	µg/g	23	29.8	8.3	27.9	28.7	17.2	46.7
Mn	µg/g	23	1056	448	913	980	423	2170
Nb	µg/g	23	9.7	2.4	9.6	9.4	6.3	14.7
Nd	µg/g	23	25.8	9.0	24.0	24.6	13.9	56.8
Ni	µg/g	23	44.8	7.6	45.1	44.2	29.3	64.1
Pb	µg/g	23	46.1	27.3	35.1	39.5	16.2	120.7
Rb	µg/g	23	61.0	13.3	59.9	59.5	39.3	82.8
Sc	µg/g	11	8.0	1.9	8.9	7.7	3.2	10.0
Sn	µg/g	23	14.9	9.1	12.8	13.6	8.6	53.8
Sr	µg/g	23	220	67	207	211	101	391
Th	µg/g	23	8.5	2.0	7.9	8.3	5.8	12.2
U	µg/g	10	1.7	0.3	1.6	1.7	1.2	2.3
V	µg/g	23	89.3	17.1	86.1	87.7	56.2	127.9
Y	µg/g	23	19.6	6.6	18.4	18.6	11.6	33.6
Zn	µg/g	23	293	203	230	239	98	811
Zr	µg/g	23	130	46	114	124	72	235
Al	mg/g	23	61.1	10.9	58.6	60.1	44.8	80.3
Ca	mg/g	23	136	50	145	125	29	255
Fe	mg/g	23	35.3	6.1	35.0	34.8	23.1	44.8
K	mg/g	23	13.3	3.3	12.5	13.0	8.2	20.3
Mg	mg/g	23	10.6	1.7	10.6	10.4	7.7	14.2
P	mg/g	23	2.0	1.5	1.4	1.6	0.4	5.0
S	mg/g	23	1.5	0.9	1.1	1.2	0.4	3.5
Si	mg/g	23	219	39	218	216	124	317
Ti	mg/g	23	3.6	0.7	3.4	3.5	2.7	5.9

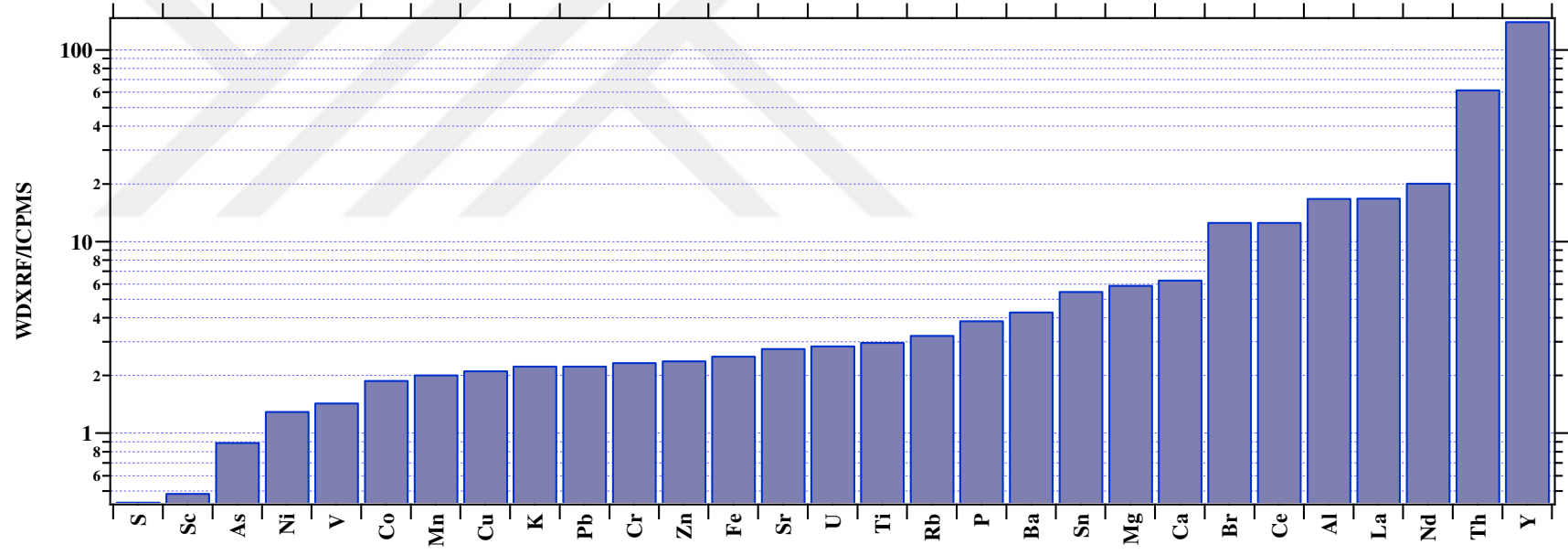
4.3 WDXRF ve ICPMS Sonuçlarının Kıyaslanması

Bu çalışmada toprak örnekleri hem ICPMS hem de WDXRF cihazı ile elementler açısından analiz edilmiştir. Ortak analiz edilen elementler için WDXRF/ICPMS oranı hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 4-1'de gösterilmiştir. Söz konusu oranın 0.44 (S) ila 142 (Y) arasında değiştiği görülmektedir. Özellikle yaş yakma tekniği ile toprak kökenli elementlerin katı fazdan sıvı faza diğer elementlere kıyasla daha zor alınması nedeniyle hesaplanan oranın Ca, Mg, Ce, Al, La, Nd, Th ve Y elementleri için beşden büyük olduğu belirlenmiştir. ICPMS ile S analizi için gerekli olan DRC aparatı bu çalışmada kullanılmadığı için toprak örneklerinde gözlenen yüksek S konsantrasyonunun cihazdan kaynaklanan bir durum olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Diğer

tarafından toprak örneklerinde Si gibi metallerin Sc ölçümlerinde bir biasa sebep olduğu da literatürde daha önce raporlanan bir durumdur. Bu nedenlerle S ve Sc konsantrasyonları ICPMS cihazında WDXRF tekniğiyle elde edilen değerlere kıyasla daha yüksek belirlenmiştir.

Bu çalışmada sadece PMF ile kirletici kaynaklarının saptanmasında ve sağlık maruziyetinin belirlenmesinde toplam konsantrasyon (WDXRF) değerleri, diğer hesaplamalarda ise ICPMS ile belirlenen asit ortamında çözünmüş konsantrasyon değerleri kullanılmıştır.





Şekil 4.1. Toprak örneklerinde ortak belirlenen elementler için WDXRF/ICPMS oranı

4.4 Literatür ile Karşılaştırma

Bu çalışmada toplanan toprak örneklerinde belirlenen parametreler literatürde verilen değerler ile karşılaştırılarak, bölgenin toprak kirliliği hakkında kabaca bilgi edinilmeye çalışılmıştır. Karşılaştırmada kullanılan verilerin endüstriyel olarak kirlenmiş bölgelerden seçilmesine özen gösterilmiştir. Bu çalışmada metaller açısından çok büyük bir veri seti üretilmesine rağmen karşılaştırmada kullanılan parametreler literatürde verilen parametrelerle sınırlı kalmıştır. Söz konusu karşılaştırmada kullanılan değerler Tablo 4.13'de sunulmuştur.

Tablo 4.13'de verilen değerler As için karşılaştırıldığında en yüksek değer (29 µg/g) Vaccaro vd. (2007) tarafından İtalya'da bulunurken, en düşük konsantrasyon değeri Irak'ta 5.68 µg/g olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada bulunan değer (11.99 µg/g) ise Abanuz (2011) tarafından Gebze'de bulunan değere (9.53 µg/g) oldukça yakındır.

Karşılaştırmada kullanılan çalışmalar içinde Liu vd. (2016) tarafından Çin'de yapılan çalışmadan sonra en düşük Cd konsantrasyonu bu çalışmada Dilovası'nda toplanan örneklerde bulunmuştur. Bu çalışmada bulunan Cd konsantrasyonu (0.40 µg/g) Abanuz (2011) tarafından Gebze için elde edilen değerden yaklaşık 10 kat, Dartan vd. (2015) tarafından Bandırma'da elde edilen değerden ise 100 kat daha düşüktür.

Kobalt, Cr ve Cu için Dilovası'nda elde edilen değerler karşılaştırmada kullanılan çalışmalarda raporlanan değerler arasındadır. Bu çalışmada bulunan Fe konsantrasyonunun Hussain vd. (2015) tarafından Pakistan'da bulunan değerden sonra en küçük değer olduğu Tablo 4.13'den de açıkça görülebilir. Dilovası topraklarında belirlenen Mn, Ni ve Pb konsantrasyonlarının yine karşılaştırmada kullanılan değerler arasında olduğu saptanmıştır. Abanuz (2011) tarafından Gebze'de ölçülen Hg konsantrasyonunun bu çalışmada ölçülen değerinin yarısı kadar olduğuda Tablo 4.13'den çıkartılacak bir başka sonuçtur.

Kalay için bu çalışmada bulunan değerin (2.75 µg/g), Zawadski vd. (2016) tarafından Polanya için verilen değere oldukça yakın olduğu belirlenmiştir. Uranyum ve Th konsantrasyonları arasında ise yaklaşık on kat fark vardır.

Bu çalışmada belirlenen V ve Zn değerlerinin Dartan vd. (2015) Bandırma'da verilen değerlere oldukça yakın olduğu saptanmıştır.

Bu çalışmada karşılaştırmada kullanılan çalışmaların sadece üç tanesinde toprak için pH değeri sunulmuştur. Amjadian vd. (2016) tarafından Irak'ta toplanan toprak örnekleri için belirlenen pH değerinin (7.69), Dilovası için bulunan değere oldukça yakın olduğu saptanırken, en yüksek pH değeri Gabarron vd. (2017) tarafından İspanya'da gerçekleştirilen çalışmada, en düşük pH değeri ise Vaccaro vd. (2007) tarafından İtalya'da yapılan çalışmada elde edilmiştir.

Tablo 4.13. Çalışmada belirlenen değerlerin literatürde raporlanan değerler ile karşılaştırılması (Birim: µg/g; Fe için konsantrasyon birimi mg/g olarak verilmiştir)

Parametre	Bu Çalışma 2015 Dilovası	Abanuz 2011 Gebze	Dartan vd. 2015 Bandırma	Ravankhah vd. 2016 İran	Ma vd. 2016 Çin	Liu vd. 2016 Çin	Amjadian vd. 2016 Irak	Zawadski vd. 2016 Polanya	Ali vd. 2016 Mısır	Gabarron vd. 2017 İspanya	Arinze vd. 2015 Nijerya	Hussain vd. 2015 Pakistan	Vaccaro vd. 2007 İtalya
As	11.99	9.53			20.61	7.1	5.68	17.62					29
Cd	0.40	4.41	39	0.72	0.74	0.13	1.03	1.52	1	1.2		8.8	
Co	6.57		37		11.65				39			32.53	13
Cr	68.0	118	301			40.8	39.61		167	43	0.08	301.6	128
Cu	22.37	95.88	71	14.82	37.09	48.3	113.59	16.96	78	39	8.1	144.7	98
Fe	1.28		2.96				2.32		7.18		4.37	1.097	3.03
Hg	0.23	0.102				0.7		0.38					
Mn	496.48	1824	764		467.1				1482		6.6	2508	1530
Mo	1.20							1.15					
Ni	32		97	29.87	20.23	42.8		6.09	74	66	44.3	58.8	65
Pb	20.48	246	36	11.41	50.14	61.8	140.67	113.99	32	85	0.14	152.3	212
Sn	2.75							2.73					
Th	0.14							9.92					
U	0.64							5.92					
V	58.00		54										84
Zn	120.82	632	114		111.28	92	262.8	34.32	203	176	10.5	359.4	1236
pH	7.69						7.62			8			5.53

Türkiye topraklarında çeşitli yöntemler kullanılarak belirlenmiş pH değerleri Tablo 4.14’de verilmiştir.

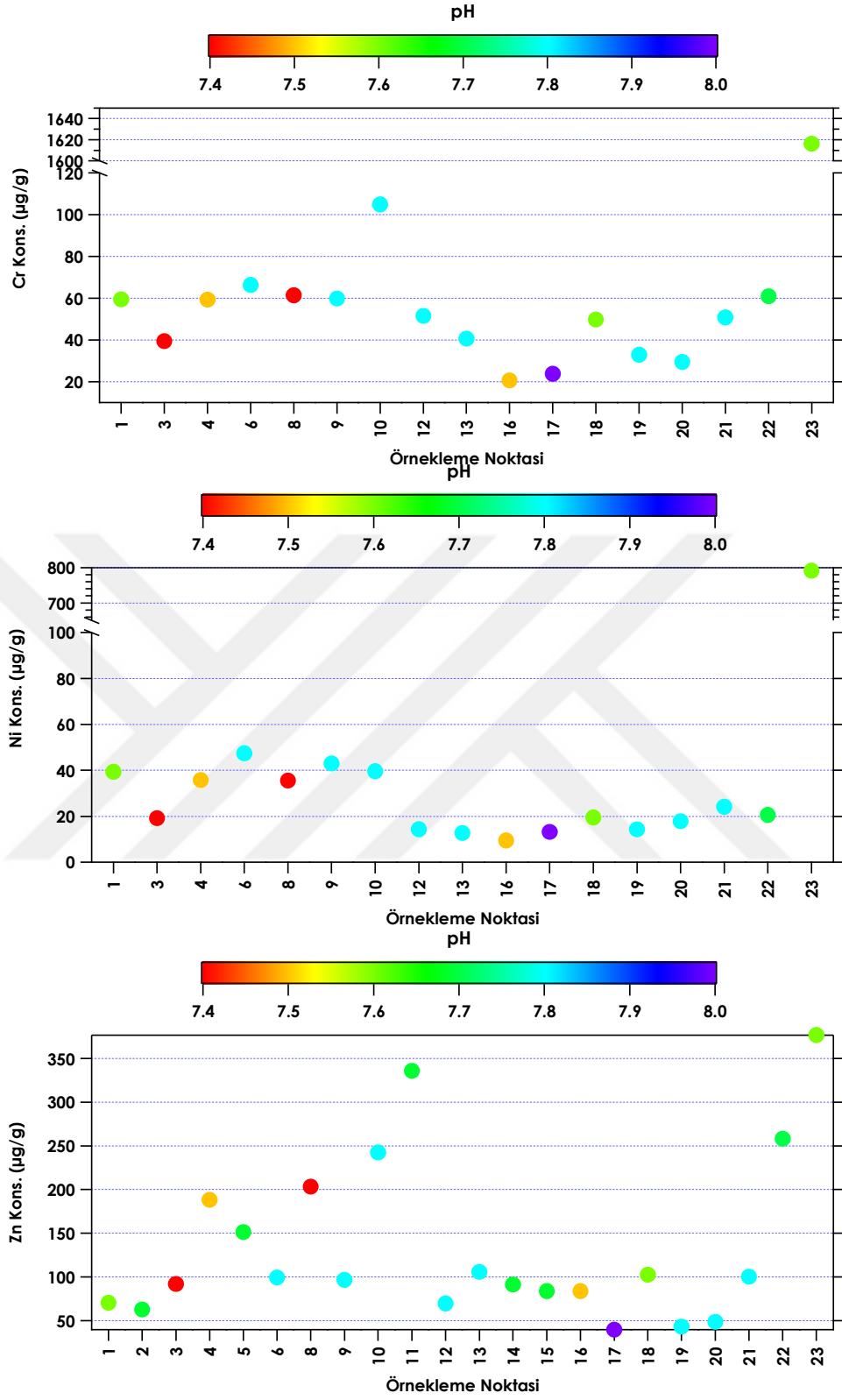
Tablo 4-14. Türkiye topraklarında pH durumu (Kacar, 2016)

Yöre	Toprak Örneği Sayısı	pH		Kaynak
		Min.	Mak.	
Orta Anadolu Kuzey Bölgesi	16	7.3	8.8	Alganatay (1968) ***
Orta Anadolu’da Çeltik Toprakları	34	6.2	8.3	Taban (1990) ***
Büyük Konya Havzası Toprakları	61	7.6	9.3	Chaudhry (1979) ***
Trakya Bölgesi	25	6.0	8.4	Erdoğan (1973) ***
Marmara Yöresi Susurluk Havzası	28	6.3	7.9	Alemdar (1974) *
Trakya Bölgesi	24	6.3	8.2	Aksoy (1967) ***
Trakya Bölgesi Meriç Havzası	30	6.1	8.1	Aksu (1972) ***
Çarşamba Ovası	17	7.1	8.0	Zabunoğlu (1967) **
Karadeniz Bölgesi	56	4.5	7.8	Ülgen (1968) *
Doğu Karadeniz Bölgesi	35	3.8	8.3	Aktaş (1973) ***
Doğu Anadolu Bölgesi	71	6.9	8.2	Ateşalp (1968) *
Çukurova Bölgesi	20	8.0	8.8	Kacar vd. (1974) **
Antalya Sahil Bölgesi	21	7.0	8.5	Kacar vd. (1973) ***
Küçük Menderes Ovası	24	5.3	8.4	Çolakoğlu (1977) *
İzmir Bölgesi	65	5.2	8.0	Kılınç (1978) *
Gediz Havzası	42	7.3	8.3	Atalay (1982) *

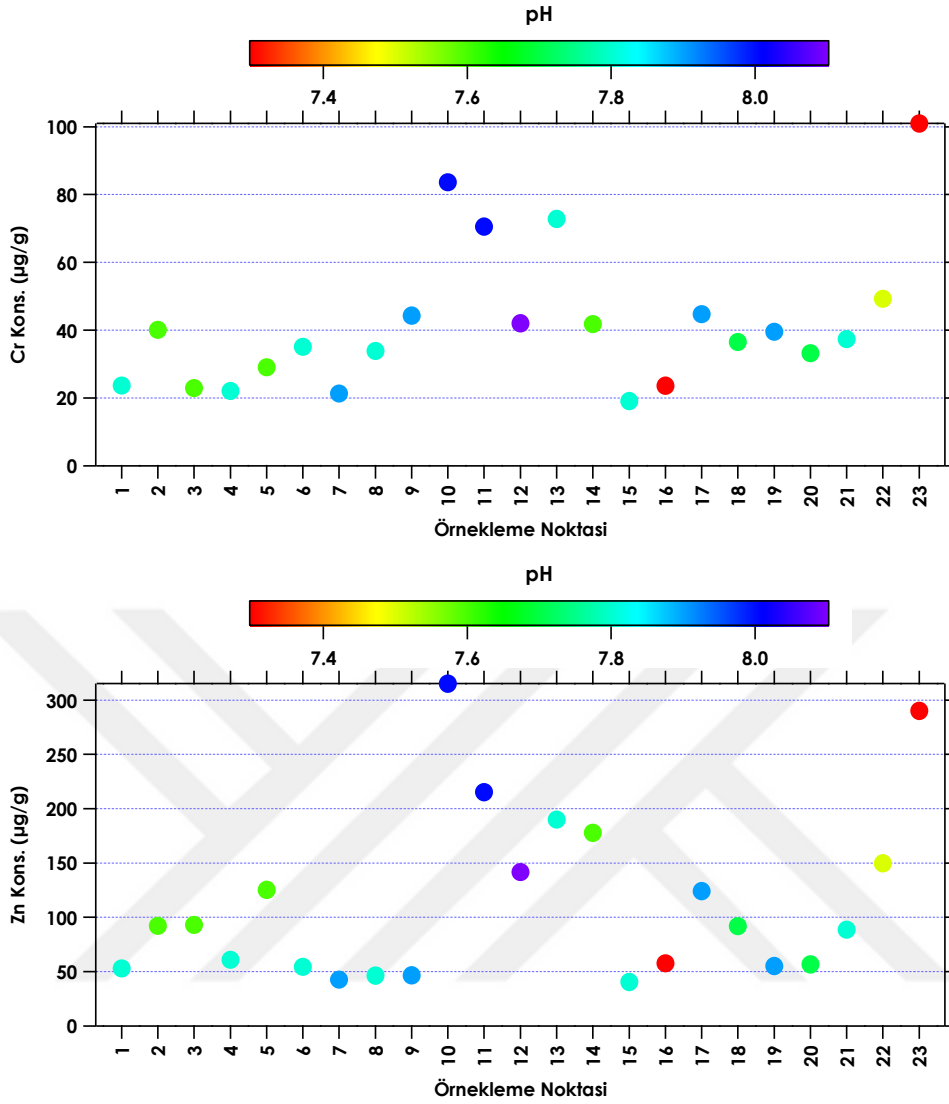
Toprak örneklerinde pH * 1:2.5’lik suda, ** 1:1’lik suda, *** Saturasyon çamurunda belirlenmiştir

Türkiye’nin değişik tarım bölgelerinden alınan toplam 64,591 toprak örneğinde saturasyon çamurunda belirlenen pH topraklarının % 76.5’inde pH’ın 7.0-7.9 arasında değiştiği saptanmıştır (Ülgen vd., 1988). Dilovası’nda çalışma dönemi boyunca toplanan toprak örneklerinde bulunan ortalama pH değerinin de (7.69) hem Tablo 4.10’da verilen minimum ve maksimum değerlerin arasında olduğu, hem de Ülgen vd. (1988)’de yapılan çalışmada tarım toprakları için bulunan aralığın içinde olduğu saptanmıştır. Dolayısı ile Dilovası toprağının asidik özellik göstermediği sonucunu çıkarmak mümkündür. Bunun en önemli sebeplerinden birisi de toprakta kaydedeğer miktarda Ca bulunmasıdır.

Çalışmada belirlenen parametlerin TKKY'nde verilen değerleri (Tablo 2.2) geçip geçmediği de yine bu çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Çalışma döneminde toplanan örneklerin tamamında verilen pH değeri 6.0'dan büyük olduğu için, Tablo 2.2'de bu koşulu sağlayan limit değerler dikkate alınmıştır. Her üç ay için 23 farklı noktada bulunan değerler Tablo 2.2'de verilen sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Şubat ayında toplanan örneklerde belirlenen Cr, Ni ve Zn değerlerinin pH ve örnekleme lokasyonuna göre değişimleri Şekil 4-2'de sunulmuştur. Şubat ayında Cr, Ni ve Zn için bulunan konsantrasyon değerlerinin bazı noktalarda limit değerleri aştığı bulunmuştur. Kromun Şubat ayında Cumhuriyet Mahallesi ve Yeni Yıldız'da toplanan örneklerde sınır değer olan 100 µg/g değerini aştığı belirlenmiştir. Nikelin ise yine Yeni Yıldız'da limit değeri (75 µg/g) aştığı saptanmıştır. Durum Zn açısından değerlendirildiğinde Diliskelesi ve Yeni Yıldız'da toplanan örneklerin limit değeri geçtiği belirlenmiştir. Temmuz ayında ise sadece Cr ve Zn parametrelerine ait verilen değerlerin sınır değerleri aştığı saptanmıştır (Şekil 4.3). Kromun sadece Yeni Yıldız'da, Zn'nun ise Cumhuriyet Mahallesi'nde TKKY'nde verilen limit değerleri aştığı belirlenmiştir. Ekim ayı için ise limit değerlerde bir aşım görülmemiştir.



Şekil 4.2. Şubat ayında örnekleme noktalarında belirlenen Cr, Ni ve Zn konsantrasyonlarının pH ile değişimi



Şekil 4.3. Temmuz ayında örnekleme noktalarında belirlenen Cr ve Zn konsantrasyonlarının pH ile değişimi

4.5 Toprak Zenginleştirme Faktörü (EF_c)

Üretilen veri setinde bulunan parametrelere ait konsantrasyon değerleri kullanılarak toprağa göre zenginleştirme faktörü hesabı da yapılmış ve Şubat, Temmuz ve Ekim ayları için sonuçlar sırasıyla Şekil 4.4, 4.5 ve 4.6'da Box-Whisker grafikleri olarak verilmiştir.

Box-Whisker grafiklerinde kutuların alt ve üst noktaları sırasıyla %25 ve %75'lik değere karşılık gelen değerleri, kutuların ortasındaki çizgi ortanca (% 50)

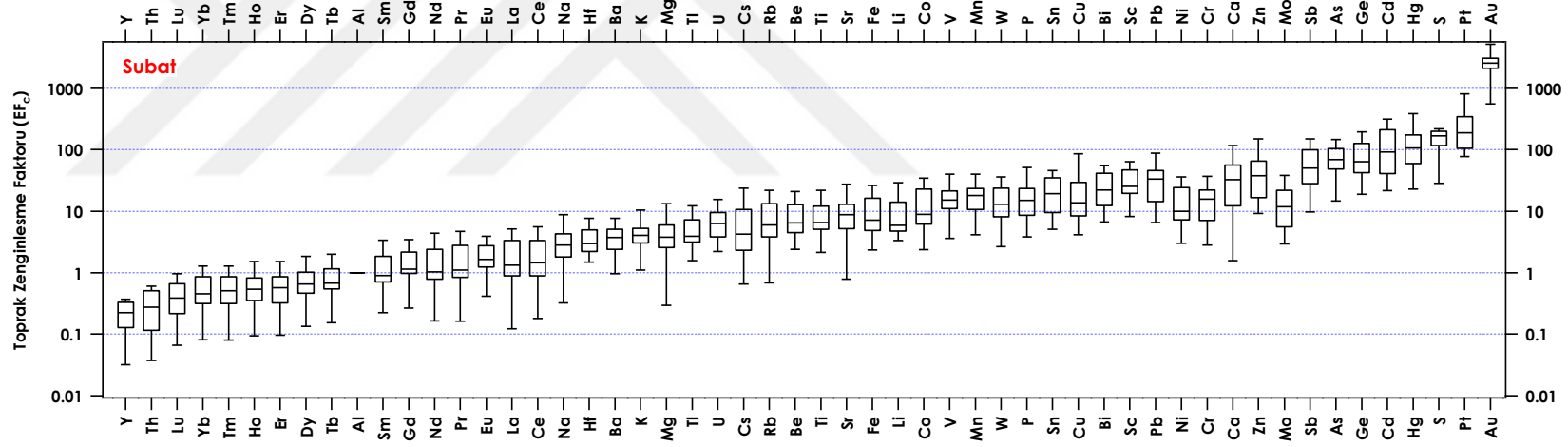
değeri, kutularda bulunan alt ve üst şapkalar ise sırasıyla % 10 ve % 90'lık değerleri göstermektedir.

Şubat ayı verisi kullanılarak hesaplanan EF_c değerlerinin Y, Th, Yb, Tm, Ho, Er, Dy, Tb, Sm, Gd, Nd, Pr, Eu, La ve Ce parametreleri için 2'den küçük olduğu bulunmuştur. Dolayısı ile bu parametrelerin bölgenin jeolojik yapısından kaynaklandığını söylemek mümkündür (Şekil 4.4). Sodyum, Hf, Ba, K ve Mg metalleri için $2 < EF_c < 5$ arasında bulunmuştur. Elde edilen EF_c değerleri bu parametrelerin topraktan başka kaynaklardan da toprağa karıştığını söylemek mümkündür. Talyum, U, Cs, Rb, Be, Ti, Sr, Fe, Li, Co, V, Mn, W and P metalleri için hesaplanan $5 < EF_c < 20$ arasında olduğu belirlenmiş olup, Fe ve Ti gibi toprakta majör olarak bulunan metallerin bu aralıkta bir EF_c değerine sahip olması bu metallerin Dilovası'nda bulunan önemli antropojen kaynaklarının olduğunu göstermektedir. Toprak zenginleştirme faktörü 20'den büyük olan metaller arasında Sn, Cu, Sc, Ni, Cr, Ca, Zn, Mo, Sb, As, Ge, Cd, Hg, S, Pt ve Au bulunmaktadır. Bu son gruptaki parametrelerden Ca dışındakiler toprağa antropojen kaynaklardan bırakılırken, Ca yerel toprağın yapısında bulunan majör bir metaldir. Ancak bu parametre için yüksek EF_c değerinin bulunması bu parametrenin de antropojen kaynaklardan toprağa salındığını işaret etmektedir.

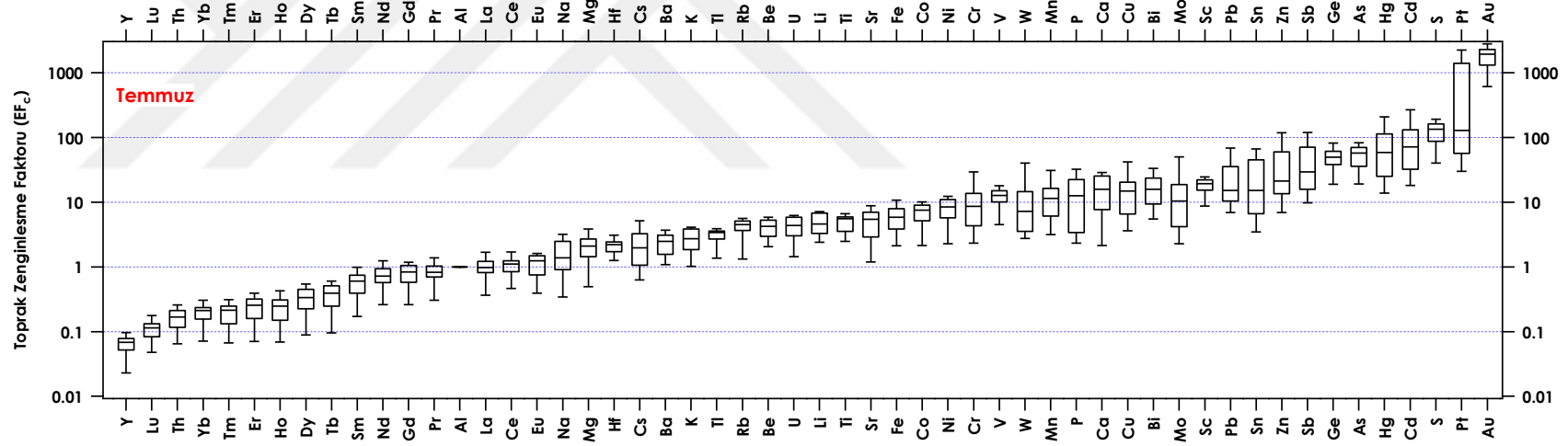
Şekil 4-5 ve 4-6'da Temmuz ve Ekim ayları için verilen Box-Whisker grafikleri incelendiğinde, Şubat ayı için Şekil 4.4'de verilen profile benzer bir durumun olduğu görülebilir.

Hesaplanan EF_c değerlerini özetlemek gerekirse, kontamine olmamış bir toprakta eser miktarda bulunan metallere Sn, Cu, Sc, Ni, Cr, Mo, Sb, As, Cd, Hg ve S'ün bu çalışma kapsamında toplanan toprak örneklerinde yerel topraktan çok antropojen faaliyetlerden kaynaklandığını söylemek mümkündür. Diğer taraftan doğada toprakta majör olan bazı metallerin (Fe ve Ti gibi) antropojen kaynaklardan da toprağa bırakıldığı açıktır. Nadir toprak elementlerinin birçoğu için (örneğin, Y, Th, Yb, Tm, Ho, Er, Dy, Tb, Sm, Gd, Nd, Pr, Eu, La ve Ce gibi) yerel toprağın jeolojik yapısından başka bir kaynağın olmadığı sonucu da hesaplanan EF_c değerlerinden çıkartılacak bir başka sonuçtur.

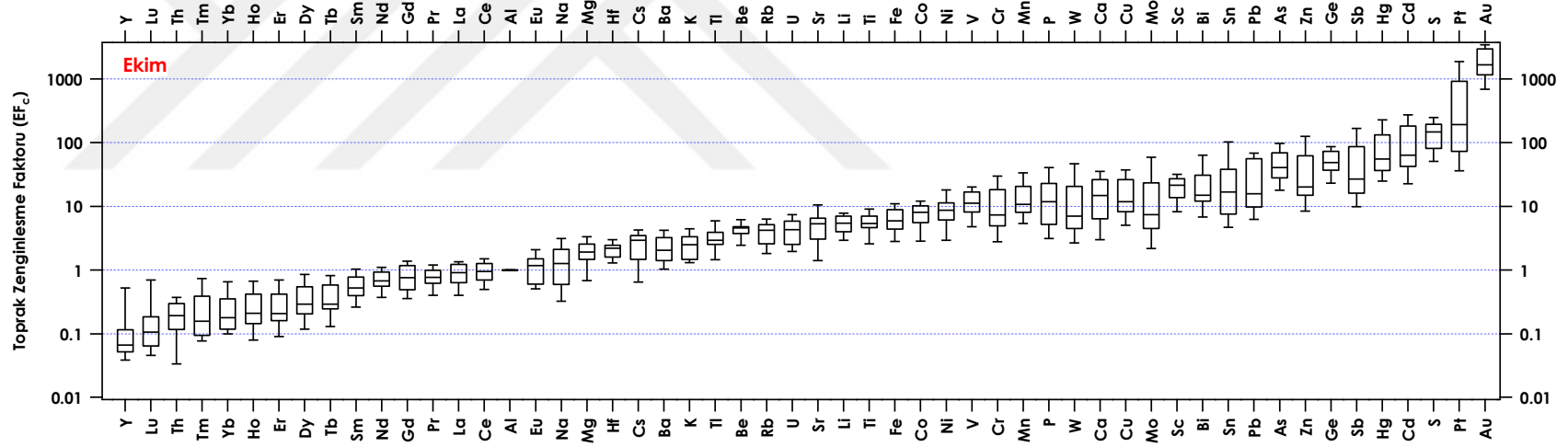
LL



Şekil 4.4. Şubat ayında toplanan örneklerde belirlenen parametreler için hesaplanan toprak zenginleşme faktörü değerleri



Şekil 4.5. Temmuz ayında toplanan örneklerde belirlenen parametreler için hesaplanan toprak zenginleştirme faktörü değerleri



Şekil 4.6. Ekim ayında toplanan örneklerde belirlenen parametreler için hesaplanan toprak zenginleştime faktörü değerleri

4.6 Kirlenici Parametrelerinin Mekânsal Dağılımı

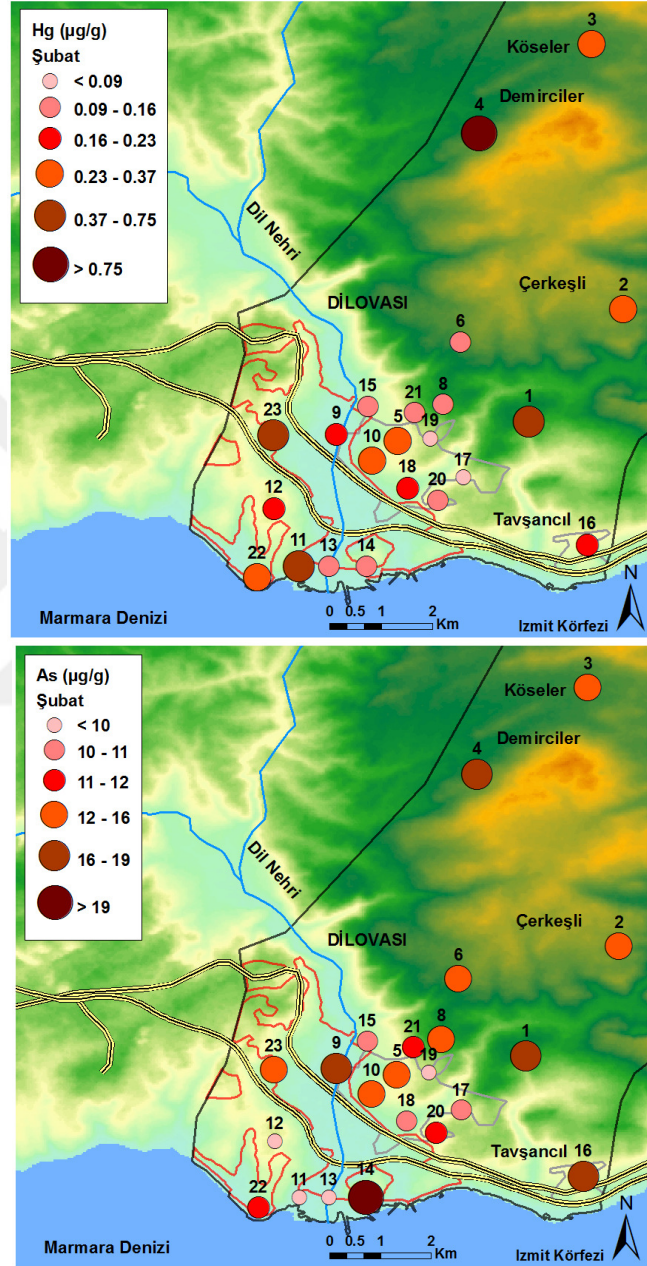
Bu çalışmada ayrıca toprak örneklerinde belirlenen metallerin mekansal değişimleri de incelenmiştir. Mekansal değişimin analizinde ArcGIS v.9.3 kullanılmıştır. Şubat, Temmuz ve Ekim aylarında toplanan örneklerde belirlenen parametrelerin değişimleri incelenmiş ve sadece seçilen parametrelere ait sonuçlar haritalandırılarak bu bölümde sunulmuştur.

Seçilen parametrelerden Al, Ca, Ba, Pb, As, Hg, Cr, Ni, S, V, Sn ve Zn'nin Şubat, Temmuz ve Ekim aylarında mekansal değişimini gösteren haritalar sırasıyla Şekil 4-7 ile 4-10, 4-11 ile 4-16 ve 4-17 ile 4-22 arasında sunulmuştur. Farklı mevsimleri temsil eden bu haritalar incelendiğinde kirlenici parametrelerinin mekansal dağılımlarının da farklı olduğu görülmektedir. Örneğin, toprağın temel bileşenlerinden birisi olan Al, Şubat ayında en yüksek konsantrasyon değerini Köşeler Köyü ve Fatih Camii noktalarından alınan örneklerde göstermiş olmasına rağmen, Temmuz ayında bu parametre için en yüksek konsantrasyon değerleri Dilovası Belediyesi, Hz.Hamza Camii, Solventaş İO ve Cumhuriyet Mahallesi'nden toplanan örneklerde elde edilmiştir.

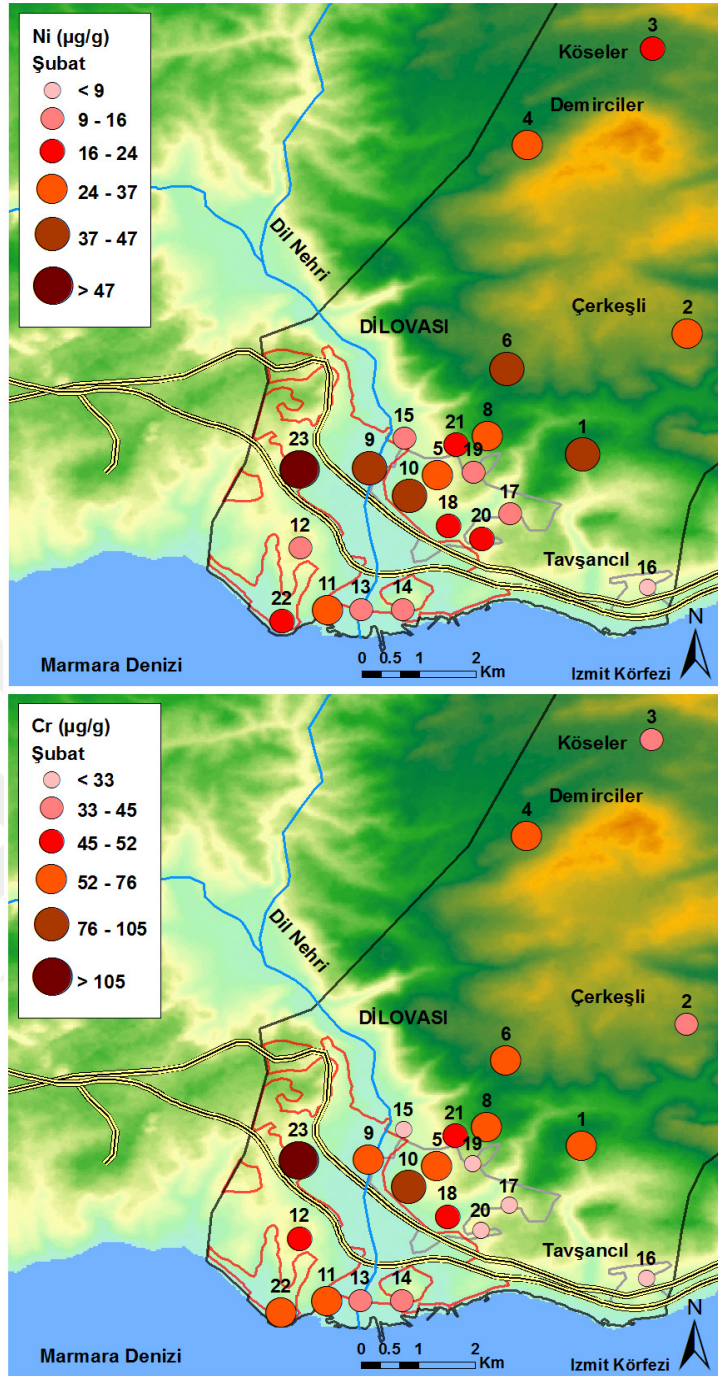
Çalışmada değerlendirilen parametrelerden Pb, Cr, Ni ve Zn için en yüksek konsantrasyon değerleri hemen hemen tüm mevsimlerde Cumhuriyet Mahallesi ve Yeni Yıldız noktalarından alınan örneklerde elde edilmiştir. Her iki noktanın da ana yollara yakın olması, bu parametrelerin trafik kaynaklı emisyonların etkisi altında kaldığını göstermektedir.

Ağır metallerden birisi olan ve biyo-birikim özelliği gösteren Hg, Demirciler Köyü ve Cumhuriyet Mahallesi'nden toplanan örneklerde en yüksek konsantrasyon değerlerinde bulunmuştur. Daha çok atmosfere yanma sonucu salınan bu ağır metalin tüm aylarda özellikle Demirciler Köyü'nde toplanan örneklerde yüksek seviyelerde bulunmasının nedeni tam olarak anlaşılamamıştır. Tüm aylarda yine Demirciler Köyü'nde toplanan örneklerde yüksek seviyede Sn bulunmuştur.

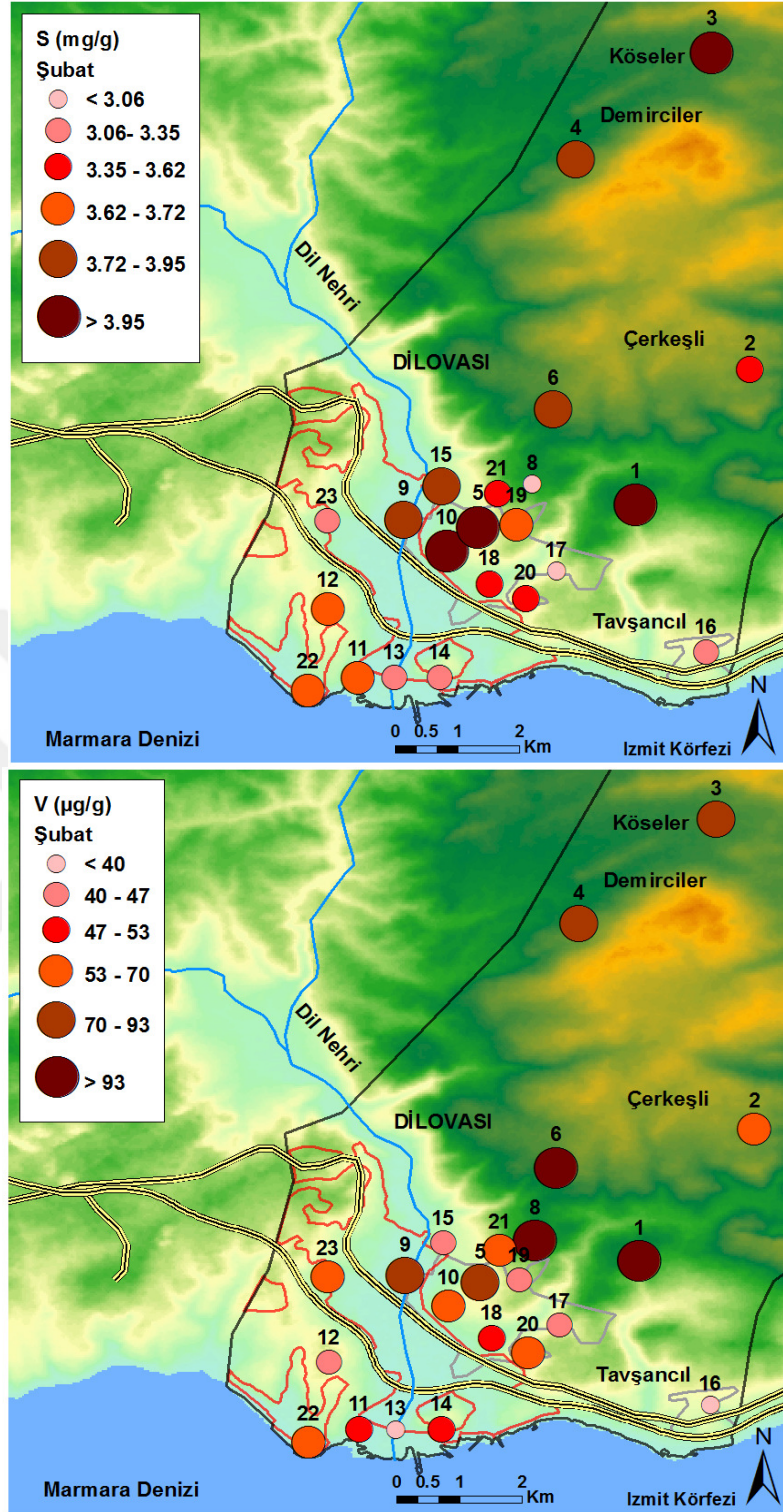
Şubat ve Ekim aylarında en yüksek V konsantrasyonu Kömürcüler OSB ve GEBKİM’de belirlenmiştir. Vanadyum atmosfere fuel-oil kaynaklı olarak salındığı için Şubat ve Ekim aylarında bu parametrenin yüksek konsantrasyonda bulunması bu noktaların ısınma amaçlı yanmanın etkisi altında kaldığını işaret etmektedir.



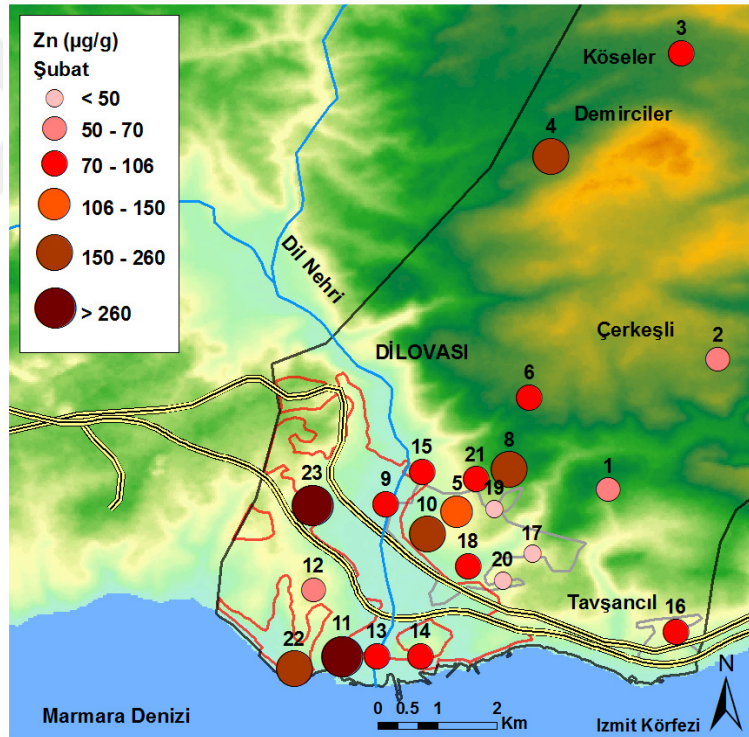
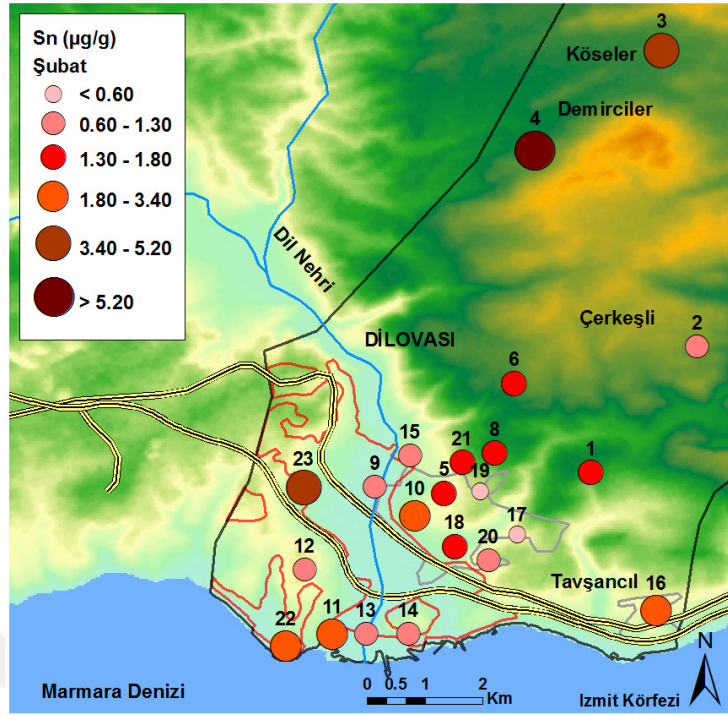
Şekil 4.7. Şubat ayında belirlenen As ve Hg'nin mekânsal dağılımı



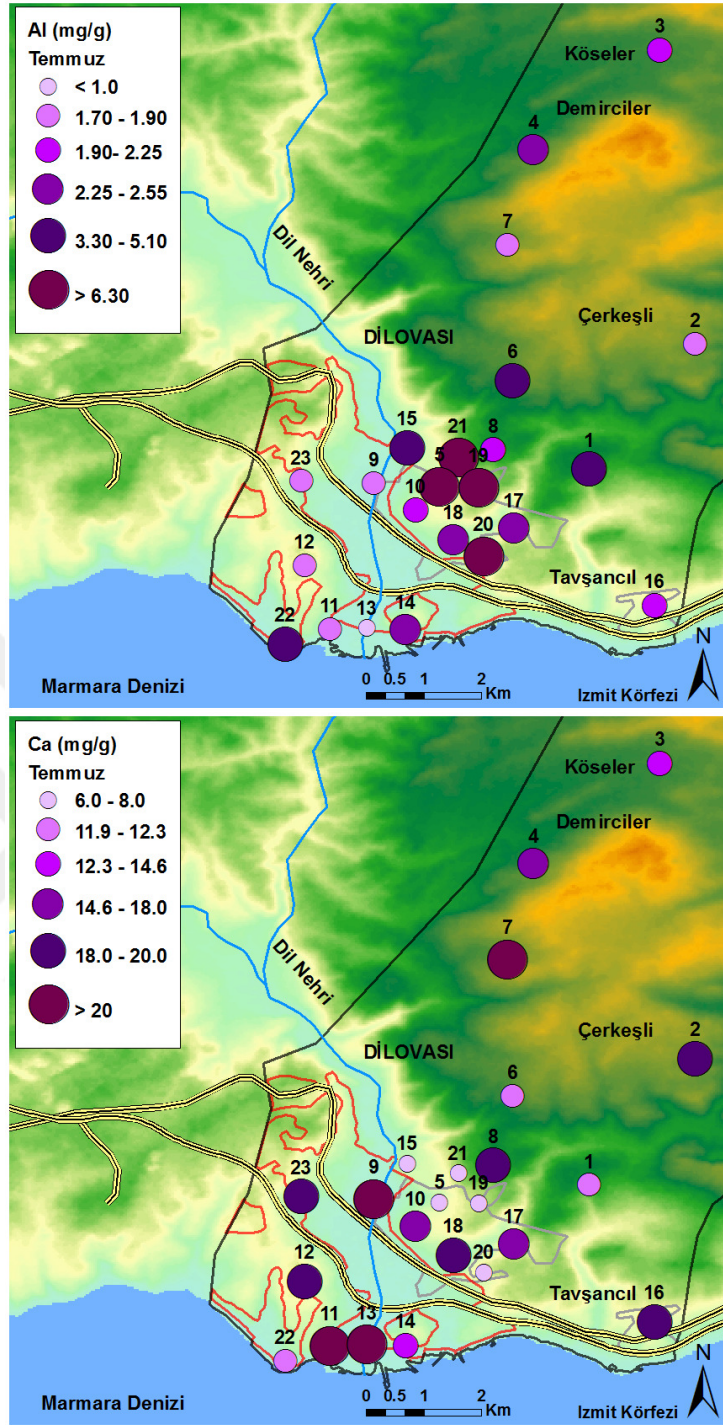
Şekil 4.8. Şubat ayında belirlenen Cr ve Ni'in mekânsal dağılımı



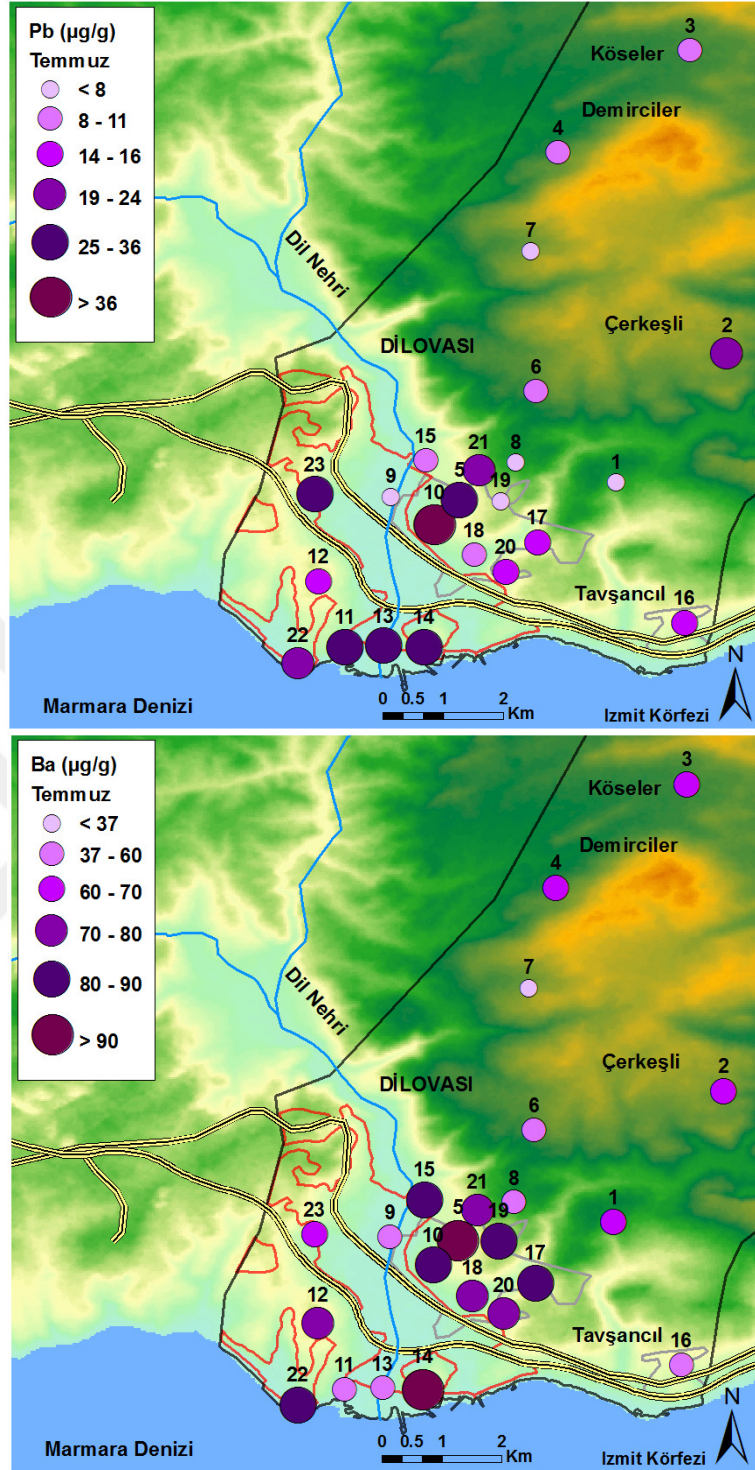
Şekil 4.9. Şubat ayında belirlenen S ve V'un mekansal dağılımı



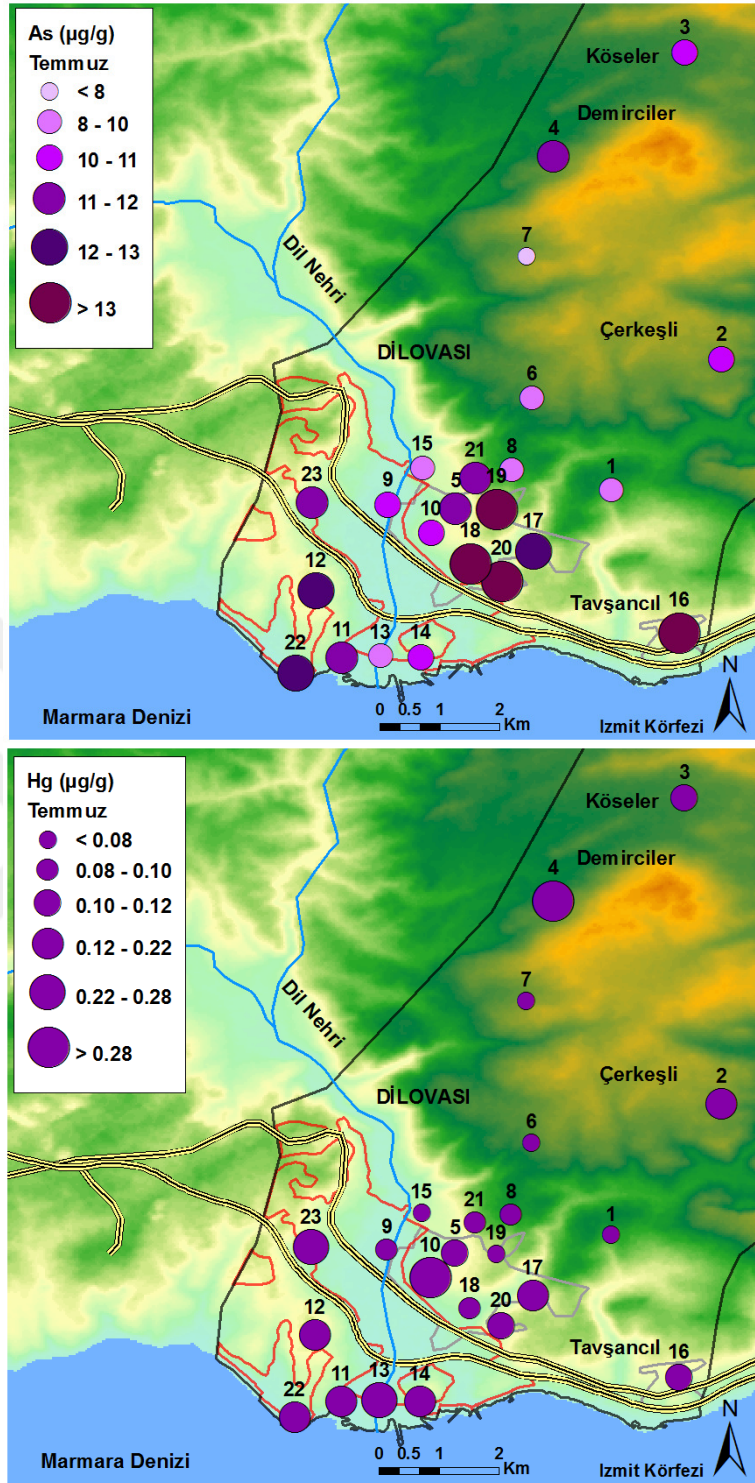
Şekil 4.10. Şubat ayında belirlenen Sn ve Zn'nin mekânsal dağılımı



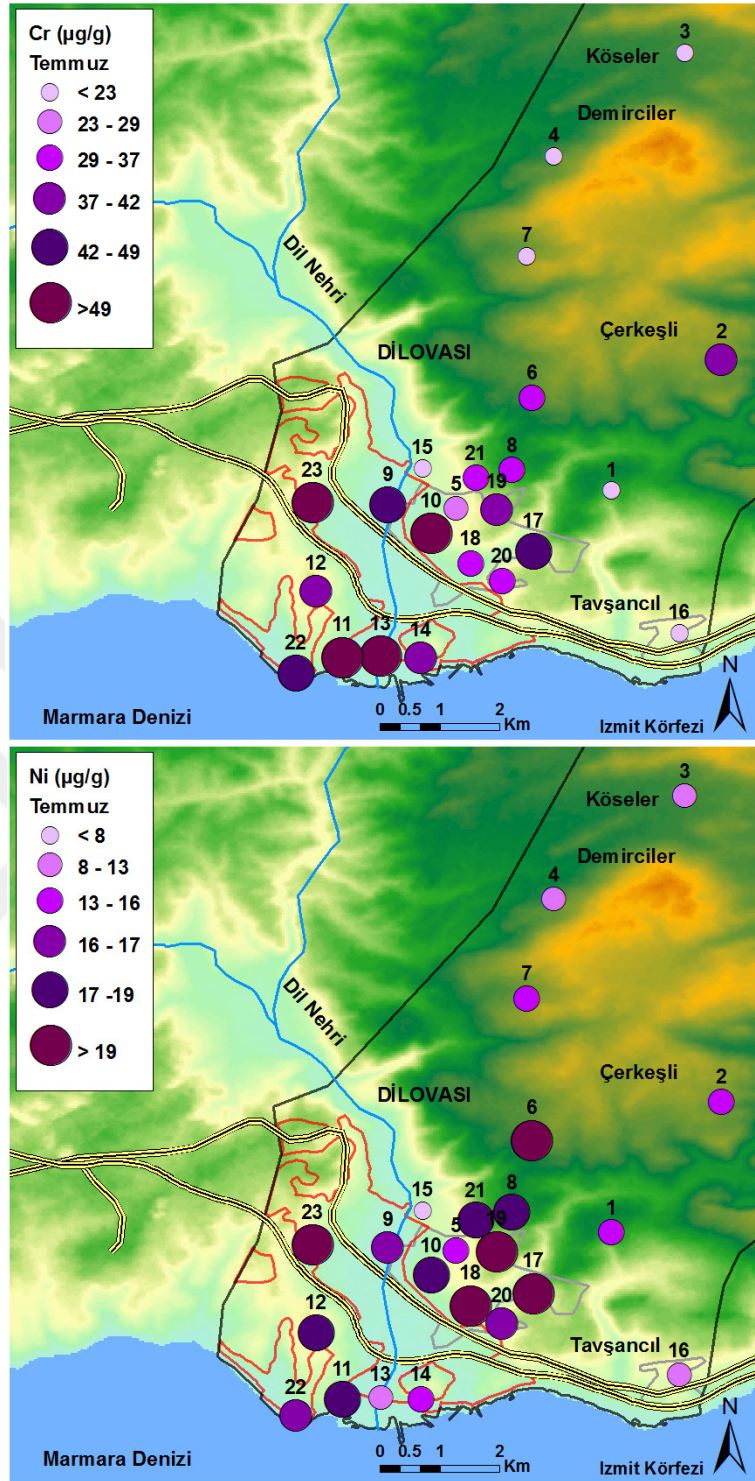
Şekil 4.11. Temmuz ayında belirlenen Al ve Ca'nın mekânsal dağılımı



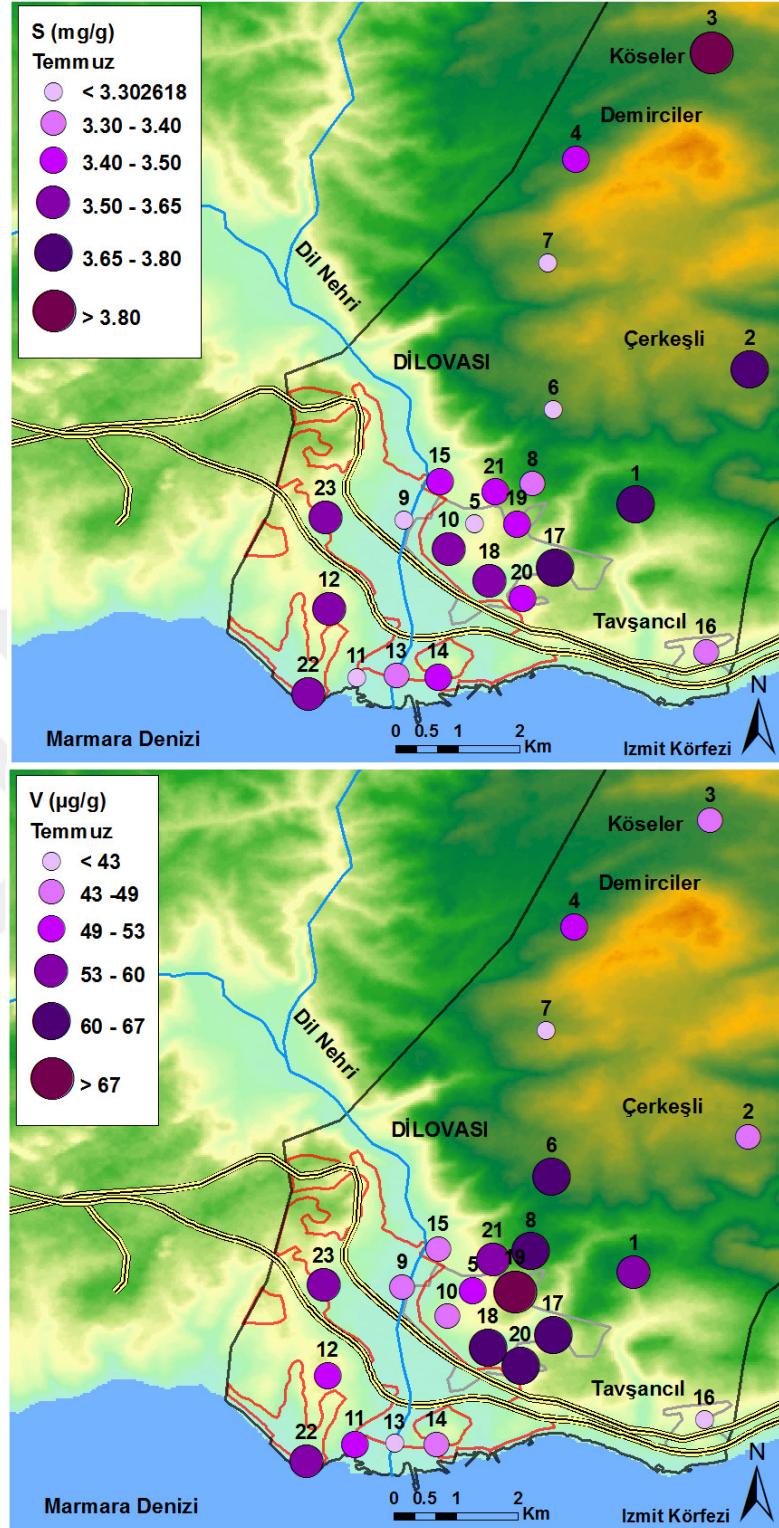
Şekil 4.12. Temmuz ayında belirlenen Ba ve Pb'nin mekânsal dağılımı



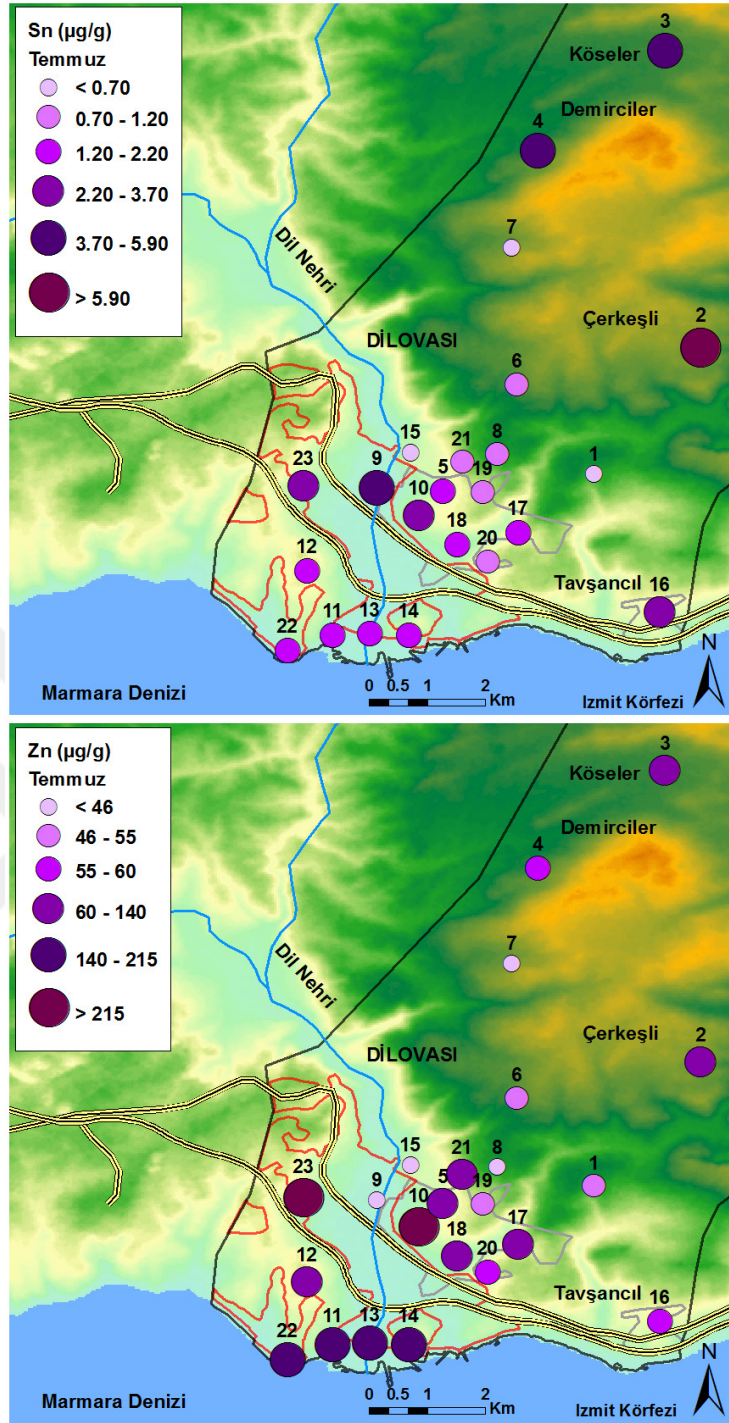
Şekil 4.13. Temmuz ayında belirlenen As ve Hg'nin mekânsal dağılımı



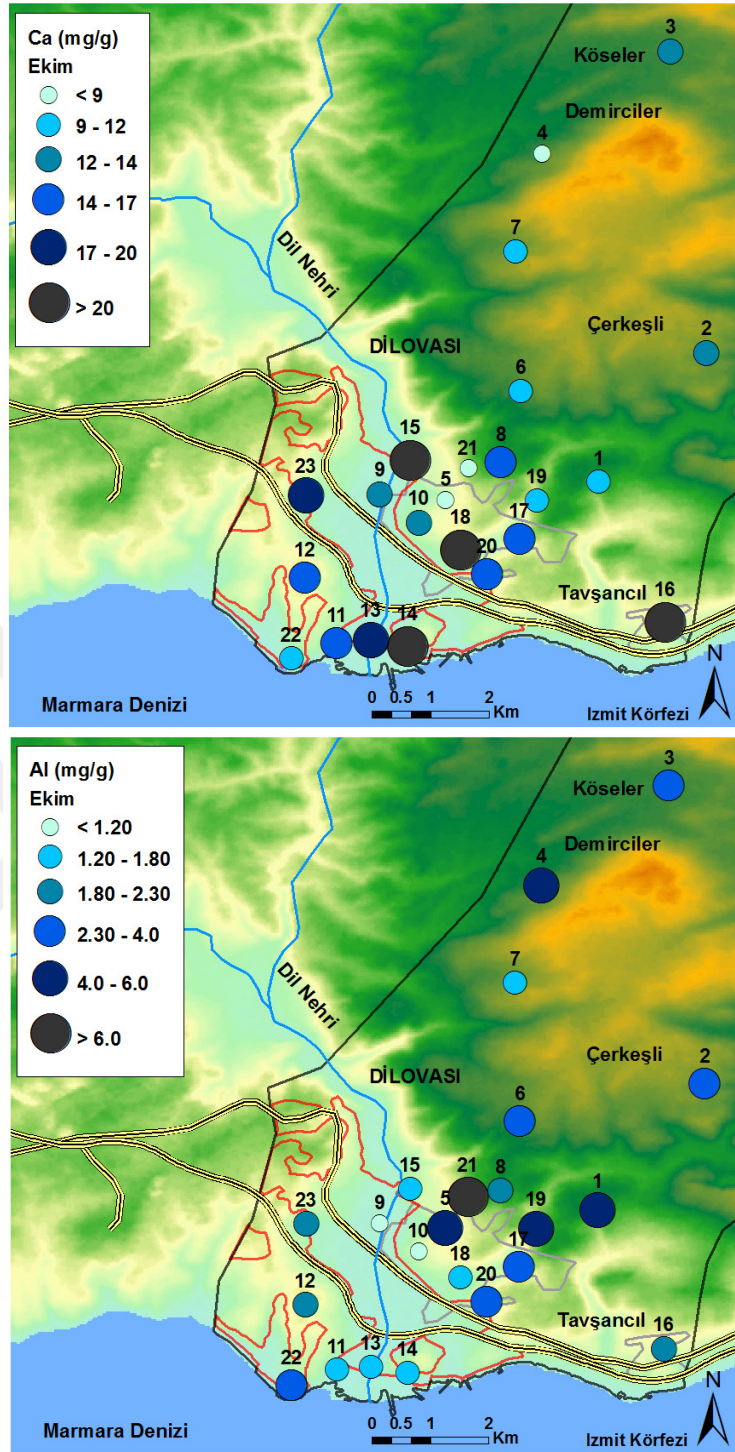
Şekil 4.14. Temmuz ayında belirlenen Cr ve Ni'nin mekânsal dağılımı



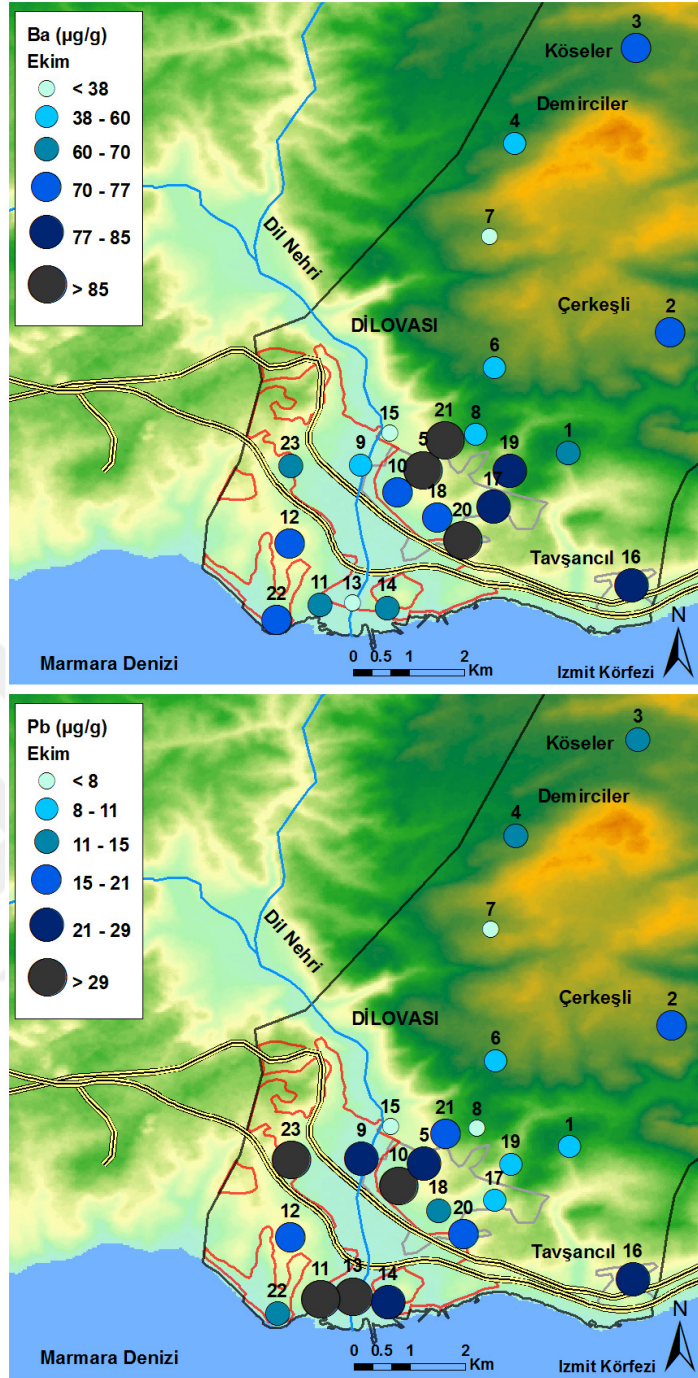
Şekil 4.15. Temmuz ayında belirlenen S ve V'nin mekânsal dağılımı



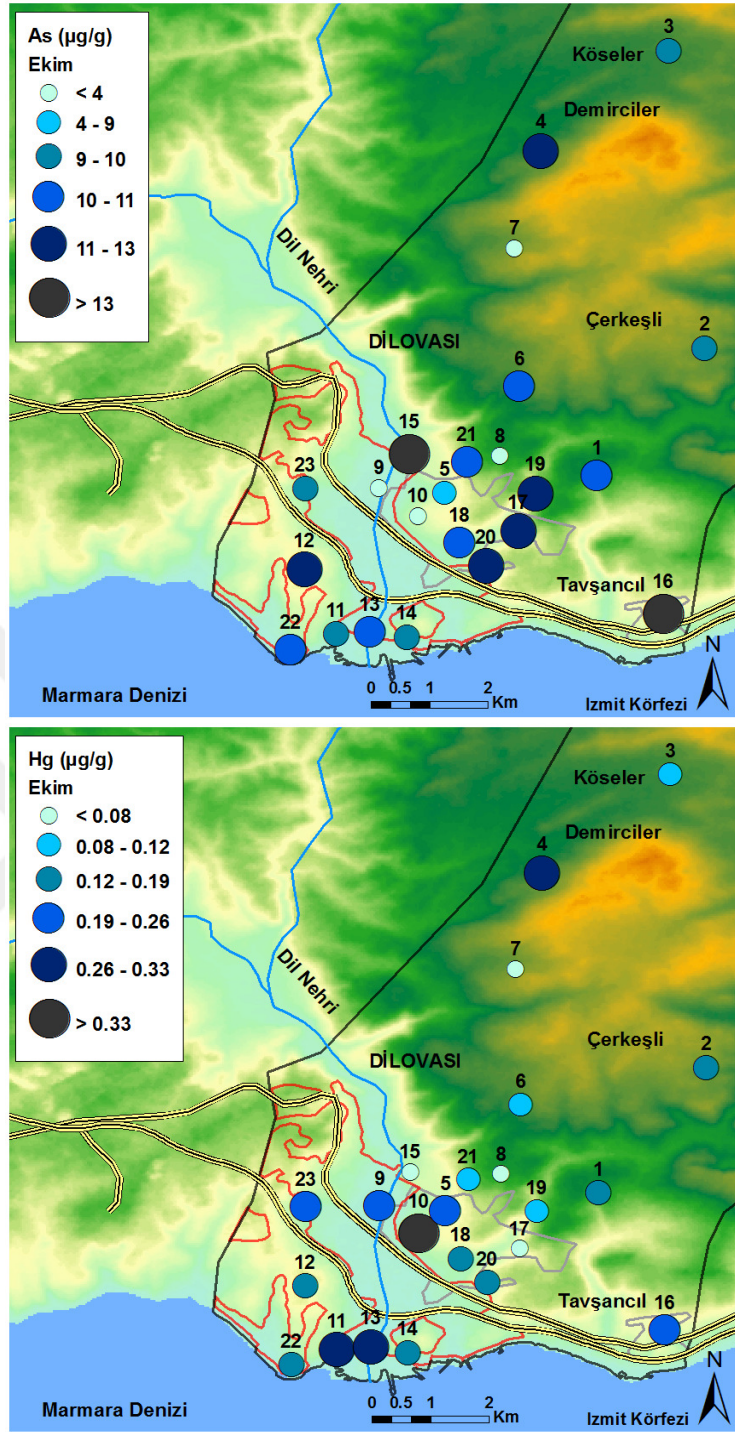
Şekil 4.16. Temmuz ayında belirlenen Sn ve Zn'nin mekânsal dağılımı



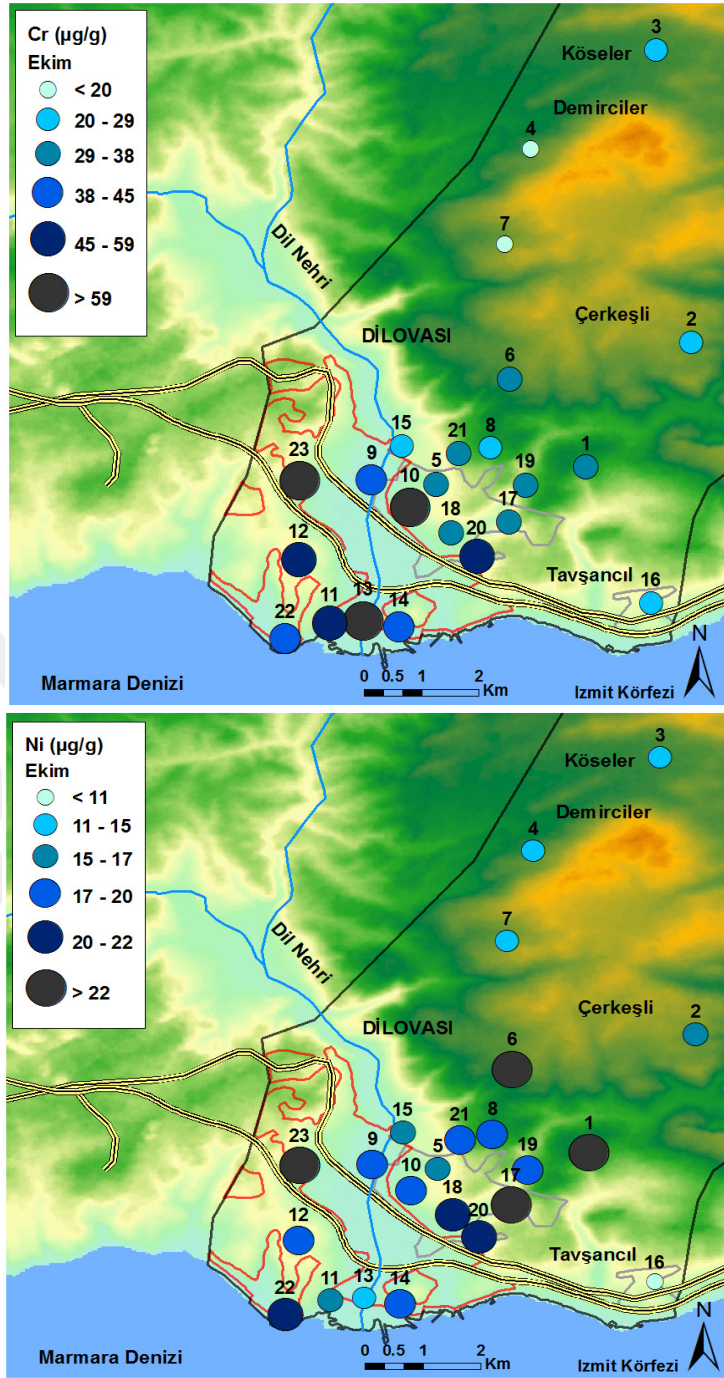
Şekil 4.17. Ekim ayında belirlenen Al ve Ca'nın mekânsal dağılımı



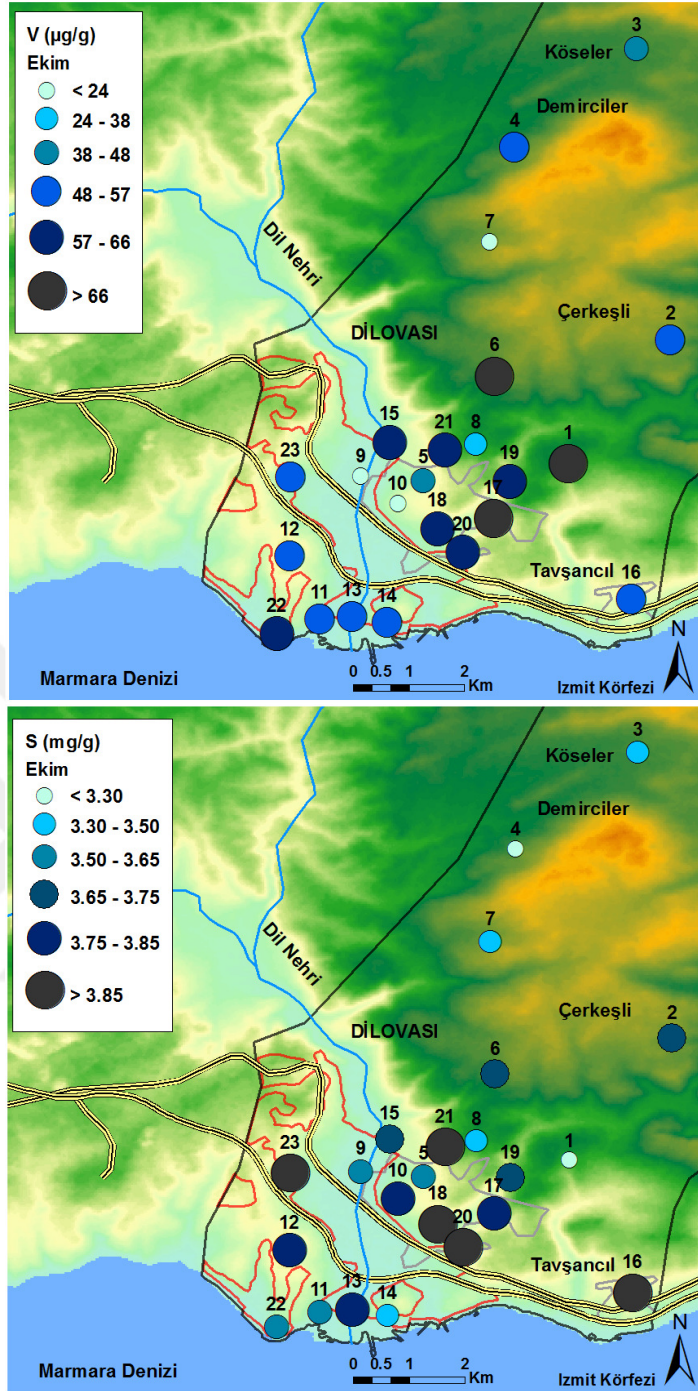
Şekil 4.18. Ekim ayında belirlenen Ba ve Pb'nin mekânsal dağılımı



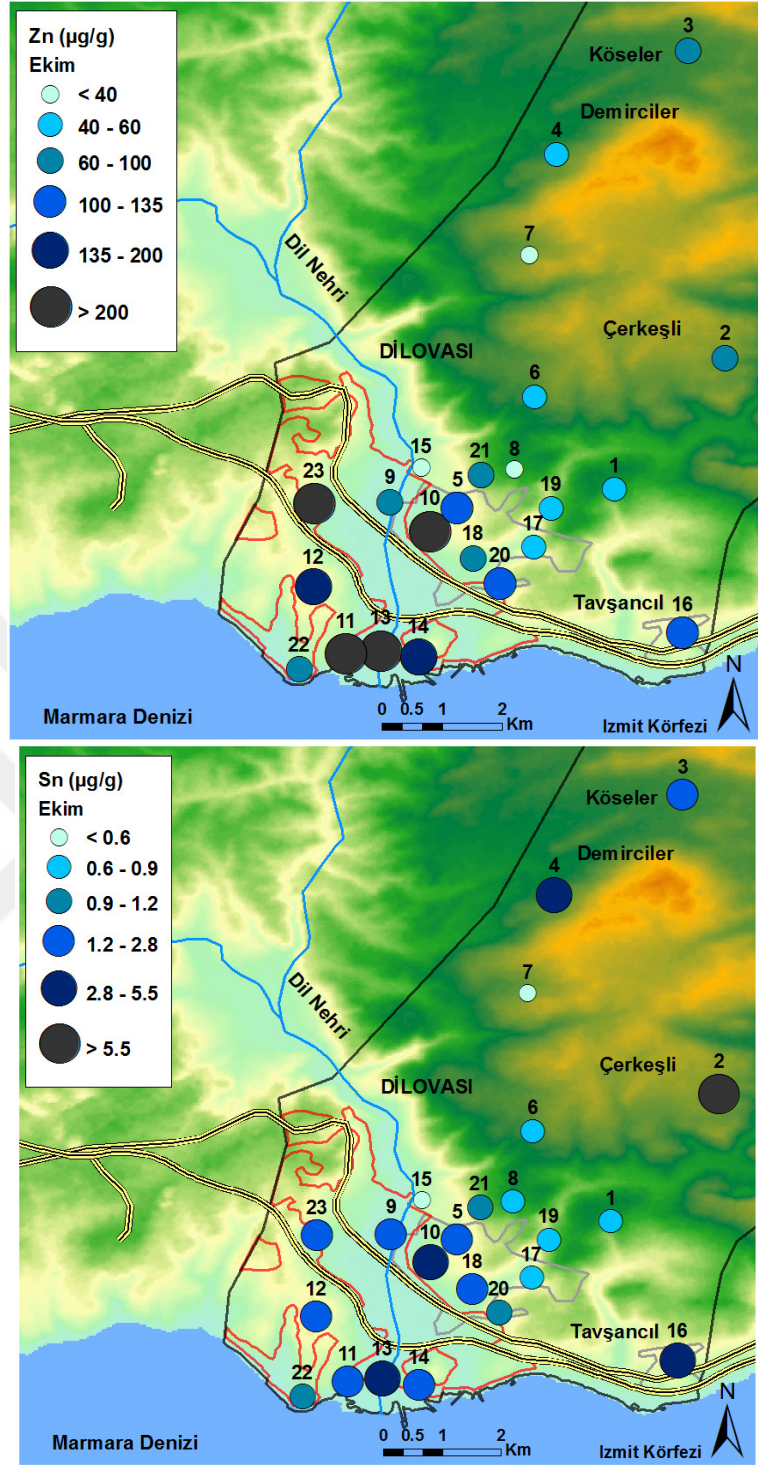
Şekil 4.19. Ekim ayında belirlenen As ve Hg'nin mekânsal dağılımı



Şekil 4.20. Ekim ayında belirlenen Cr ve Ni'nin mekânsal dağılımı



Şekil 4.21. Ekim ayında belirlenen S ve V'nin mekânsal dağılımı



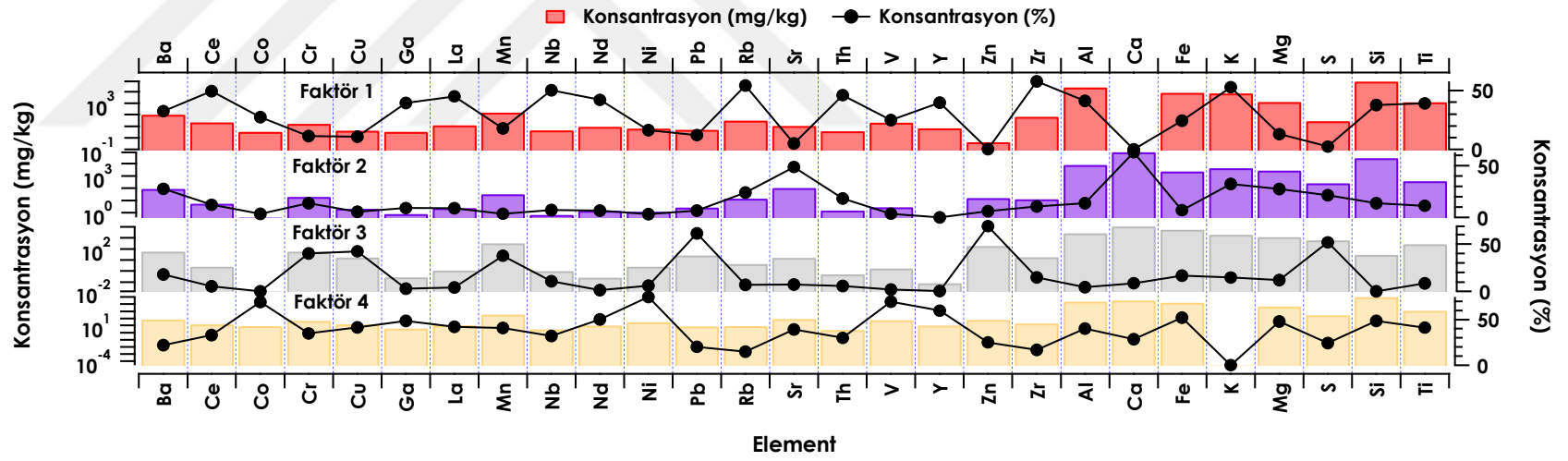
Şekil 4.22. Ekim ayında belirlenen Sn ve Zn'nin mekânsal dağılımı

4.7 Kirlenici Kaynaklarının Belirlenmesi

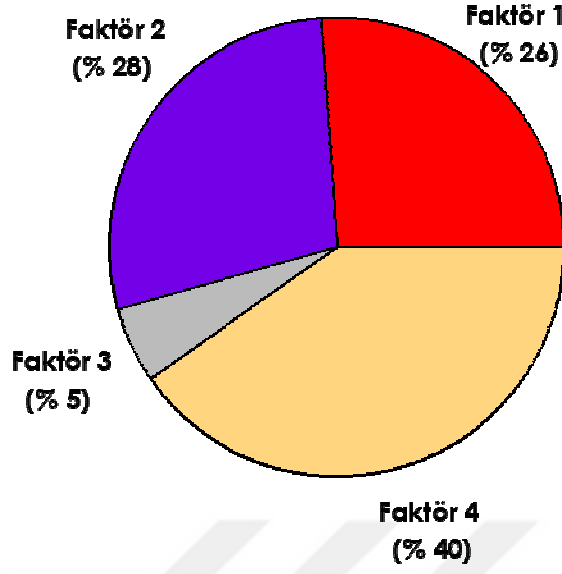
Bu çalışmada toplanan toprak örneklerinin kimyasal kompozisyonlarını etkileyen ana kaynakları bulmak amacıyla üretilen veri setine EPA PMF v.5.0 uygulanmıştır. Programa girilen veri setinin hazırlama aşamaları (Öztürk vd. 2012)'de verildiğinden burada tekrarlanmayacaktır.

Modelin çalıştırılmasından elde edilen sonuçlar Dilovası bölgesi'nde toprak kompozisyonunu etkileyen başlıca dört kaynağın (ya da başka bir ifadeyle faktörün) olduğunu açığa çıkarmıştır.

Çalışmada belirlenen herbir parametrenin faktörler bazında dağılımı Şekil 4-23'de verilmiştir. Şekil 4-24'de ise herbir kaynağın toprak kütlelerine katkısı verilmiştir. Şekil 4-23'den de açıkça görülebileceği gibi birinci faktörde Zr (% 57.8), Rb (% 54.2) ve K (% 52.9) gibi toprak ve bitki iz elementleri bulunmaktadır. Bu nedenle bu kaynak "biyogenik kaynak" olarak adlandırılmıştır. Bu faktörün toprak kütlelerine katkısı % 26 olarak bulunmuştur (Şekil 4.24). Faktör 2'ye en fazla katkısı bulunan metaller arasında ise Ca (% 63) ve Sr (% 48.6) bulunmaktadır. Bu iki metal toprak (litofilik) kökenli olduğu için bu faktör "litofilik kaynak" olarak tanımlanmıştır. Bu faktörün toprak kütlelerine katkısı % 28 olarak belirlenmiştir. Üçüncü faktöre en fazla katkısı olan metaller arasında Zn (% 68.9), Pb (% 61.3), Mn (% 37.8), Cr (% 40.1), Cu (% 42.3) ve S (% 51.9) bulunmaktadır. Bu metaller motorlu taşıtlara ait iz elementlerdir. Bu nedenle bu faktör "trafik kaynağı" olarak adlandırılmıştır. Bu faktörün toplam toprak kütlelerine katkısı ise % 5 olarak saptanmıştır. Son faktöre katkısı olan metallerin arasında V (% 69.4), Ni (% 74.6) ve Co (% 74.6) bulunmakta olup bu metaller fosil yakıtların iz elementleridir, bu nedenle bu faktör "fosil yakıt yanma" faktörü olarak adlandırılmıştır. Bu faktörün toplam toprak kütlelerine katkısı % 40 olarak saptanmıştır.



Şekil 4.23. Çalışmada belirlenen metallerin PMF ile tanımlanan faktörlere olan katkısı



Şekil 4.24. Toprak kaynaklı olan metallerin kaynaklara göre

4.8 Zamansal Değişimlerin İncelenmesi

Bu çalışmada örnekler üç farklı ayda (Şubat, Temmuz ve Ekim) toplanması, toprakta ölçülen metallerin ve pH'ın zamansal değişiminin incelenmesine imkân vermiştir. Aylık bazda kirletici konsantrasyonlarında istatistiksel açıdan herhangi bir farklılığın olup olmadığını anlamak için üretilen ver seti tek yönlü varyans analizine tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar Tablo 4.15'de sunulmuştur. Tablo 4.15'den de görülebileceği gibi bu çalışmada belirlenen parametrelerden As, Ba, Be, Ca, Co, Cs, Dy, Er, Eu, Fe, Gd, Ge, Hf, Ho, K, La, Li, Lu, Mg, Na, Nd, Pr, Rb, Sc, Sm, Sr, Tb, Ti, Tl, Tm, U, Y ve Yb parametrelerine ait konsantrasyon değerlerinin aylık bazda istatistiksel olarak ($p < 0.05$) farklılık gösterdiği bulunmuştur. Diğer taraftan, Al, Au, Bi, Cd, Ce, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Pt, S, Sb, Sn, Th, V, W, Zn ve pH parametrelerine ait değerlerin aylar bazında istatistiksel açıdan herhangi bir farklılık göstermediği ($p > 0.05$) belirlenmiştir.

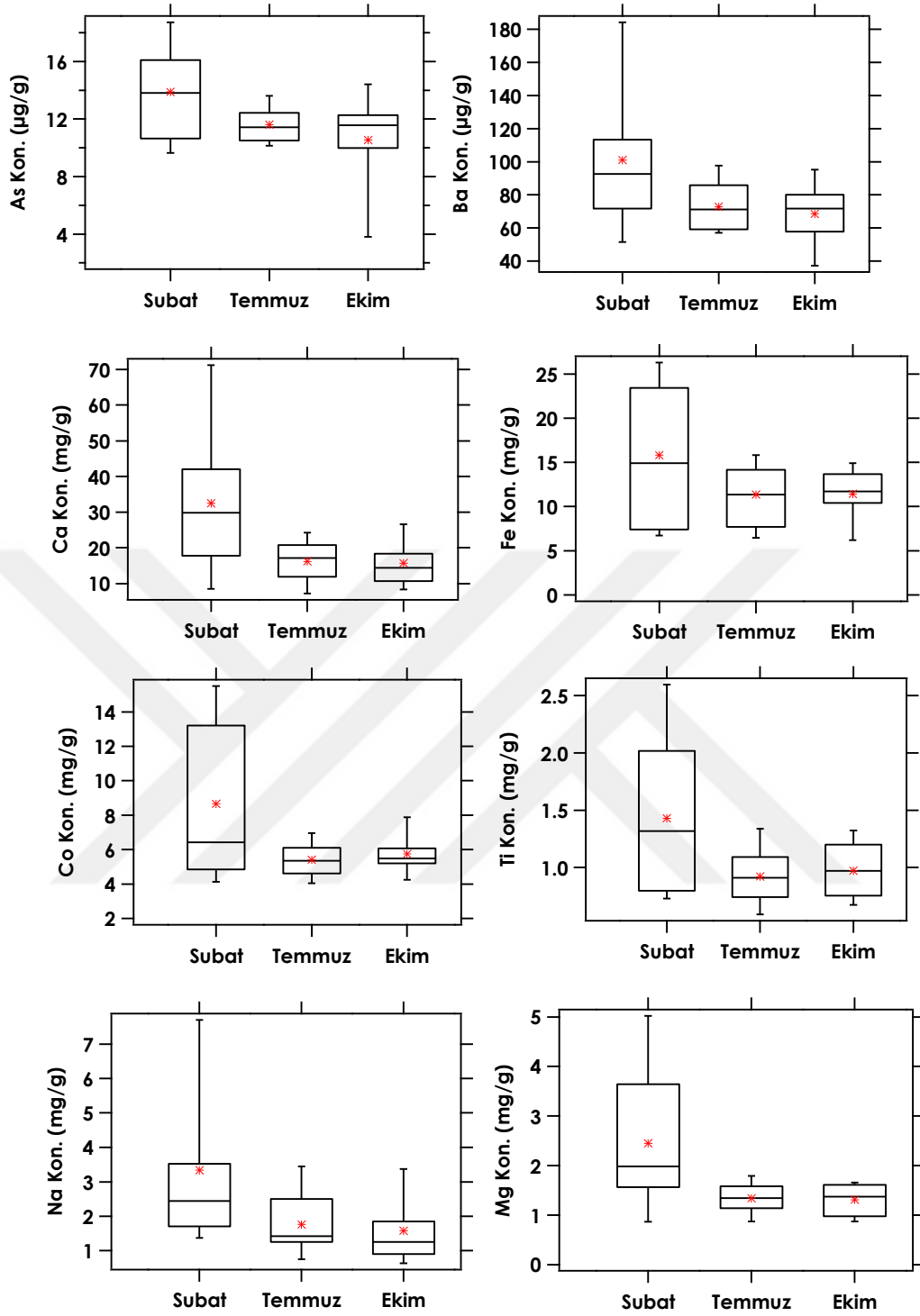
Aylar arasında istatistiksel açıdan fark olup olmadığı bulunup sonuçlar Tablo 4.15'de verilmesine rağmen hangi aylarda ölçülen değerlerin diğer aylara kıyasla yüksek ya da düşük olduğu bu istatistiksel hesaplamadan anlaşılacaktır. Bu nedenle çalışmada değerlendirilen parametreler için aylık konsantrasyonlar Box-

Whisker grafikleri oluşturularak değerlendirilmiştir. Konsantrasyonlarında aylık değişimi olan seçilmiş parametreler için çizilen Box-Whisker grafikleri Şekil 4-25’de gösterilmiştir. Box-Whisker grafiklerinde kutuların alt ve üst noktaları sırasıyla % 25 ve % 75’lik değere karşılık gelen değerleri, kutularda bulunan kırmızı yıldızlar ortalama değeri, kutuların ortasındaki çizgi ortanca (% 50) değeri, kutularda bulunan alt ve üst şapkalar ise sırasıyla % 10 ve % 90’lık değerleri göstermektedir. Şekil 4-25’de Ba dışında olan parametreler toprak kökenli olup bu parametrelerin Şubat ayında ölçülen konsantrasyonlarının Temmuz ve Ekim aylarına göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu sonuç Temmuz ve Ekim aylarında toprağın kuru olmasına bağlı olarak erozyon ve aşınma gibi doğal süreçlere daha çok maruz kalmasıyla açıklanabilir.

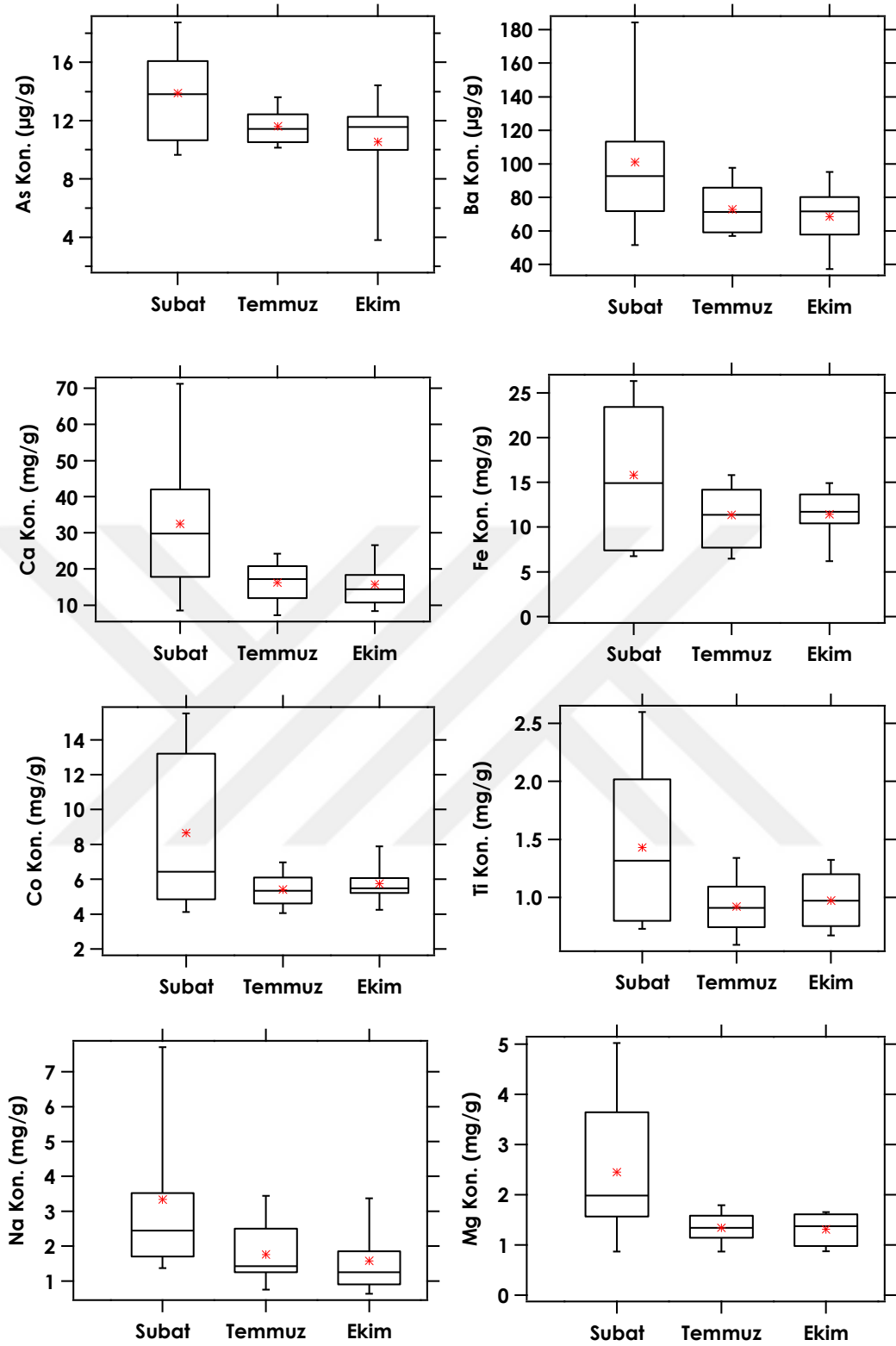
Mevsimsellik göstermeyen seçilmiş parametreler için Box-Whisker grafikleri ise Şekil 4-26’da verilmiştir. İkinci gruptaki bu parametrelerin toprakta mevsimsellik göstermemeleri çoğu antropojen olan bu metallerin bölgeye daha çok yerel kaynaklardan bırakıldığını işaret etmektedir. Örneğin, Sb atmosfere yanma sonucu bırakılan bir kirletici olup, bu kirletici uzun mesafeli olarak bölgeye taşınmış olsaydı, kuru ve yağ çökme ile bölgeye ulaşmadan atmosferden uzaklaştırılacak, dolayısı ile Dilovası toprağın’da ölçülen değerler kışın yaz aylarında kıyasla oldukça düşük olacaktır.

Tablo 4.15. Çalışmada belirlenen parametrelere ait tek yönlü varyans analizi sonuçları

Parametre	F	P-value	Parametre	F	P-value
Al	0.39	0.681	Mo	0.92	0.405
As	6.33	0.003	Na	6.28	0.003
Au	2.12	0.128	Nd	5.64	0.006
Ba	8.46	0.001	Ni	1.53	0.224
Be	10.18	<0.001	P	1.32	0.275
Bi	2.21	0.118	Pb	1.81	0.173
Ca	12.37	<0.001	Pr	4.64	0.013
Cd	0.30	0.740	Pt	0.66	0.523
Ce	2.62	0.081	Rb	6.99	0.002
Co	10.23	<0.001	S	3.01	0.056
Cr	1.31	0.276	Sb	1.23	0.298
Cs	9.99	<0.001	Sc	9.64	<0.001
Cu	1.87	0.162	Sm	8.75	<0.001
Dy	14.93	<0.001	Sn	0.12	0.885
Er	17.14	<0.001	Sr	8.84	<0.001
Eu	8.72	<0.001	Tb	15.25	<0.001
Fe	5.85	0.005	Th	2.81	0.067
Gd	10.21	<0.001	Ti	8.56	0.001
Ge	7.23	0.001	Tl	6.85	0.002
Hf	4.88	0.011	Tm	17.76	0.000
Hg	3.11	0.051	U	7.72	0.001
Ho	16.37	<0.001	V	3.79	0.028
K	8.52	0.001	W	1.14	0.328
La	3.67	0.031	Y	7.41	0.001
Li	6.99	0.002	Yb	17.67	<0.001
Lu	16.38	<0.001	Zn	0.41	0.667
Mg	11.80	<0.001	pH	1.04	0.361
Mn	2.74	0.072			



Şekil 4.25. İstatiksel açıdan farklılık gösteren metallerin aylık bazda konsantrasyon değişimleri



Şekil 4.26. İstatiksel açıdan farklılık göstermeyen metallerin aylık bazda konsantrasyon değişimleri

4.9 Sağlık Maruziyetinin İncelenmesi

Gerçekleştirilen bu çalışmada çocuklar ve yetişkinler için kazara toprak yutulmasına bağlı olarak ortaya çıkabilecek sağlık riski değerlendirmesi de yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.16'da özetlenmiştir. Zarar İndeksi (Hazard Index, HI) tüm parametreler için belirlenen HQ değerlerinin toplamına eşit olup bu değer <1.0 olması kanserojen olmayan risklerin olmadığını göstermektedir (Kurt-Karakuş, 2012). Tablo 4.16'dan da görülebileceği gibi hem çocuklar hem de yetişkinler için bu değer birden küçüktür. Diğer taraftan çocuklar için hesaplanan HI değerinin yetişkinlere kıyasla 10 kat daha fazla olduğu yine Tablo 4.16'dan çıkartılabilecek bir sonuçtur. CR değerinin ise 10^{-6} ila 10^{-4} arasında olması herhangi bir kanser riski olmadığı anlamına gelmektedir (Kurt-Karakuş, 2012). Bu çalışmada hesaplanan CR değerlerinin kabul edilebilir bu aralık içerisinde olduğunu dolayısı ile kazara toprak yutulmasının çocuklar ve yetişkinlerde herhangi bir kanser riskine yol açmayacağı sonucunu çıkarmak mümkündür. Bununla birlikte çocuklar için hesaplanan CR değerinin yetişkinlere kıyasla yaklaşık 2.5 kat daha fazla olduğu Tablo 4.16'da açıkça görülmektedir.

Tablo 4.16. Çalışmada toprak örneklerinde metallerin sebep olduğu kanserojen olmayan ve kanserojen olan riskler

	Kanserojen Olmayan Risk (HQ)		Kanserojen Risk (CR)	
	Çocuk	Yetişkin	Çocuk	Yetişkin
V	1.11E-03	1.19E-04		
Cr	1.19E-03	1.27E-04	1.51E-07	6.46E-08
Mn	4.16E-04	4.46E-05		
Fe	3.77E-05	4.04E-06		
Ni	1.14E-04	1.22E-05		
Cu	2.84E-04	3.04E-05		
Zn	1.14E-04	1.22E-05		
As	2.50E-02	2.67E-03	9.40E-07	4.03E-07
Pb	4.54E-03	4.87E-04	3.96E-07	1.70E-07
Toplam (HI)	3.28E-02	3.51E-03	1.49E-06	6.38E-07

5 SONUÇLAR

Bu çalışmada Dilovası bölgesinde 23 farklı noktadan Şubat, Temmuz ve Ekim (2015) tarihlerinde toplanan toprak örnekleri pH ve metallere (Al, As, Au, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, K, La, Li, Lu, Mg, Mn, Mo, Na, Nd, Ni, P, Pb, Pr, Pt, Rb, S, Sb, Sc, Se, Sm, Sn, Sr, Tb, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn) açısından analiz edilerek bilginiz dahilinde Dilovası bölgesi için şimdiye kadar en kapsamlı veri seti üretilmiştir. Çalışma dönemi boyunca toplanan örnekler için belirlenen ortalama konsantrasyon değerlerinin 0.003 ± 0.003 µg/g (Lu) ile 21 ± 15 mg/g (Ca) arasında değiştiği ve ortalama pH ise 7.69 ± 0.19 olduğu bulunmuştur. Elde edilen pH değeri toprağın alkali özellik gösterdiğini işaret etmektedir. Örnekleme noktalarından bazılarında özellikle Şubat ayında TKKY’inde verilen limit değerlerin Cr, Ni ve Zn için aşıldığı belirlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen değerler literatürde raporlanan değerler ile karşılaştırılmış, Dilovası için oluşturulan veri setinin diğer endüstriyel alanlar için elde edilen değerlerin aralığında olduğu belirlenmiştir. Toprak kirliliğine sebep olan parametrelerin kaynaklarını belirlemek amacıyla toprağa göre zenginleştirme faktörü hesaplanmış ve Sn, Cu, Sc, Ni, Cr, Mo, Sb, As, Cd, Hg ve S’nin bu çalışma kapsamında toplanan toprak örneklerinde yerel topraktan çok antropojen faaliyetlerden kaynaklandığını saptanmıştır. Haritalandırma yöntemi ile kirlleticilerin mekânsal değişimleri de bu çalışma kapsamında değerlendirilmiş, Pb, Cr, Ni ve Zn gibi parametrelerin ana yollara yakın noktalardan örneklerde yüksek seviyelerde olduğu bulunmuştur. Üretilen veri setine uygulanan PMF modeli, bölgede toprak kompozisyonunu belirleyen dört farklı kaynağın olduğunu açığa çıkarmıştır. Son olarak, bu çalışmada ayrıca toprağın kazara yutulması sonucu çocuklar ve yetişkinler üzerinde herhangi bir sağlık riskine sebep olup olmadığı da incelenmiştir. Yapılan değerlendirmede toprağı kazara yutmanın çocuklarda ve yetişkinlerde kanserojen olan ve olmayan sağlık riskine sebep olmadığı, ancak çocuklar için hesaplanan kanserojen olmayan ve kanserojen olan risklerin yetişkinlere oranla sırasıyla 10 ve 2.5 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Gerçekleştirilen bu çalışmada Dilovası bölgesinde bazı örnekleme noktalarında TTKKY'inde Cr, Ni ve Zn için verilen limit değerlerin aşıldığı belirlenmiştir. Yine yapılan PMF analizinde bu kirleticilerin daha çok trafik ve fosil yakıtların yakılması gibi antropojen kaynaklardan çıkarak toprağı kontamine ettiği saptanmıştır. Bu veriler ışığında toprak kirliliğinin önlenmesi için trafik ve yanma emisyonlarının kontrol edilmesi gerektiği sonucunu çıkarmak mümkündür.



6 KAYNAKLAR

- Adepoju MO and Adekoya JA (2014) "Heavy metal distribution and assessment in stream sediments of river Orle, southwestern Nigeria", *Arab J Geosci*, 7: 743-756.
- Adepoju-Bello AA, Ojomolade OO, Ayoola GA and Coker HAB (2009) "Quantitative analysis of some toxic metals in domestic water obtained from Lagos metropolis", *Niger J Pharm*, 42(1): 57-69.
- Adriano DC (2001) "Trace metals in terrestrial environment", *Biochemistry, bioavailability and risk of metals*, Springer-Verlag, New York, s.879
- Aksoy T (1967) "Trakya Bölgesi topraklarının fosfor durumu ve bu bölge topraklarının fosfor ihtiyaçlarının tayininde kullanılacak metotlar üzerinde bir araştırma", A.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Doktora Tezi (yayınlanmamış), Ankara, s.1-102
- Aksu A (2015) "Sources of metal pollution in the urban atmosphere (A case study: Tuzla, İstanbul)", *J.environ Health Sci Eng.*, 13: 79.
- Aksu T (1972) "Trakya Bölgesi Meriç Havzası topraklarının azot durumu ve bu topraklarda faydalanabilir azot miktarının tayininde kullanılacak metotlar üzerinde bir araştırma", A.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Doktora Tezi (yayınlanmamış), Ankara, s.1-137
- Aksu, A (2015) "Sources of Metal Pollution in the Urban Atmosphere (A Case Study: Tuzla, İstanbul)", *J Environ Health Sci Eng.*, 13:79.
- Aktaş M (1973). "Doğu Karadeniz Bölgesi topraklarının potasyum durumu ve bu topraklarda alınabilir potasyum miktarının tayininde kullanılacak metotlar üzerinde bir araştırma", A.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Doktora Tezi (yayınlanmamış), Ankara, s.1-78
- Aktaş YK and Kocabaş A (2010) "Heavy metal content results of road soils in Edirne", *Atomic Spectroscopy*, 43(12): 1869-1878
- Alemdar N (1974) "Marmara Bölgesi Susurluk Havzası topraklarının azot durumu ve topraklarda alınabilir azot miktarının tayininde uygulanacak yöntemler üzerinde bir araştırma", A.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Doktora Tezi (yayınlanmamış), Ankara, s.1-78

- Alganatay N (1968) "Orta Anadolu Kuzey Bölgesi topraklarının fosfor durumu ve bu bölge topraklarında alınabilir fosfor miktarının tayininde kullanılacak metotlar üzerinde bir araştırma", A.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Doktora Tezi (yayınlanmamış), Ankara.
- Ali MH, Ara M, El-Sheikh AA (2016) "Geochemistry and spatial distribution of selected heavy metals in surface soil of Sohag, Egypt: a multivariate statistical and GIS approach", *Environ Earth Sci*, 75:1257-1273.
- Amjadian K, Sacchi E, and Mehr MR (2016) "Heavy metals (HMs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in soils of different land uses in Erbil metropolis, Kurdistan Region, Iraq", *Environ Monit. Assess*, 188: 605-620.
- Arık F and Yıldız, T (2011) "Heavy Metal Determination and Pollution of the Soil and Plants of Southeast Tavşanlı (Kütahya, Turkey)", *Clean-Soil, Air, Water*, 38 (11): 1017–1030.
- Arinze IE, Igwe O and Una, CO (2015) "Analysis of heavy metals' contamination in soils and water at automobile junk markets in Obosi and Nnewi, Anambra State, Southeastern Nigeria", *Arab J Geoci.*, 8:10961-10976.
- Atalay İZ (1982) "Gediz Havzası alüviyal topraklarının potasyum durumu ve bu topraklarda alınabilir potasyum miktarının tayininde kullanılacak yöntemler üzerinde bir araştırma", Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Doçentlik Tezi (yayınlanmamış), İzmir, s.1-170
- Ateşalp M (1968) "Doğu Anadolu Bölgesi topraklarının fosfor durumu ve bu bölge topraklarının fosfor ihtiyaçlarının tayininde kullanılacak metotlar üzerinde bir araştırma", A.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Doktora Tezi (yayınlanmamış), Ankara, s.1-170
- Bakirdere S and Yaman M (2008) "Determination of lead, cadmium and copper in roadside soil and plants in Elazig, Turkey", *Environ Monit Assess.*, 136: 401–410.
- Belivermiş M, Kılıç Ö and Çotuk Y (2008), "Heavy Metal and Radioactivity Concentrations in Soil and Moss Samples from Istanbul, Turkey", *IUFS Journal of Biology*, 67(1): 39-47.
- Çağlarırnak N ve Hepçimen AZ (2010) "Ağır metal toprak kirliliğinin gıda zinciri ve insan sağlığına etkisi", *Akademik Gıda*, 8(2), 31-35.
- Çetin B (2014) "Soil concentrations and source apportionment of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and trace elements around a heavily industrialized area in Kocaeli, Turkey", *Environmental Sciences Pollution Research*, 21: 8284-8293.

- Chaudry MR (1979) "Büyük Konya Havzası topraklarının Fe, Zn, Cu ve Mn, durumu üzerine bir araştırma", A.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Doktora Tezi (yayınlanmamış), Ankara, s.1-124
- Cheng H, Teng Y, Lu S, Wang Y and Wang J (2015) "Contaminations features and health risk of soil heavy metals in China", *Science of the Total Environment*, 512-513:143-153.
- Christoforidis A and Stamatis N (2009) "Heavy Metal Contamination in Street Dust and Roadside Soil along the Major National road in Kavala's Region, Greece", *Geoderma*, 151(3-4):257-263.
- Çiçek A and Koparal AS (2004) " Accumulation of Sulfur and Heavy Metals in Soil and Tree Leaves Sampled from The Surroundings of Tuncbilek Thermal Power Plant", *Chemosphere*, 57: 1031–1036.
- Çolakoğlu H (1977) "Küçük Menderes Ovası genç allüviyal topraklarının bitkiye yarayışlı potasyum miktarının tayininde kullanılacak metotlar üzerinde bir araştırma", A.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Doktora Tezi (yayınlanmamış), Ankara, s.1-104
- Costa, M (2000) "Chromium and nickel", In: Zalups, RK., Koropatnick, J., *Molecular biology and toxicology of metals*, Taylor and Francis, Great Britain.
- Dartan G, Taspınar F and Toroz I (2015) "Assessment of heavy metals in agricultural soils and their source apportionment: a Turkish district survey", *Environ Monit Assess.*, 187(3): 99
- Demir G, Özcan HK, Özdemir H, Pektaş AO, Oruç İ and Büyükyıldız M (2016) "Heavy Metal Concentrations of Selected Public Parks of Istanbul City", 2nd International Conference on Chemical Materials and Process (ICCMP 2016), Kopenhag, Danimarka.
- Demir G, Yiğit S, Özdemir H, Borucu G. and Saral A (2010) "Elemental Concentrations of Atmospheric Aerosols and the soil Samples on the Selected Playgrounds in Istanbul", *Journal of Residuals Science & Technology*, 7(2): 1544-8053.
- Demiray AD, Yolcubal İ, Akyol NH and Çobanoğlu G (2012) "Biomonitoring of airborne metals using the Lichen *Xanthoria parietina* in Kocaeli Province, Turkey", *Ecological Indicators*, 18:632-643.
- Ekmekyapar F, Şabudak T and Şeren G (2012) "Assessment of Heavy Metal Contamination in Soil and Wheat (*Triticum Aestivum* L.) Plant Around the Çorlu–Çerkezkoy Highway in Thrace Region", *Global Nest Journal*, 14: 496-504.

- Etem O, Serin M, Leblebici Z and Aksoy A (2012) "Heavy Metals Accumulation in Some Vegetables and Soils in Istanbul", *Ekoloji*, 21 (82):1-8.
- Etem O, Serin M, Leblebici Z and Aksoy A (2013) "Assessment of Heavy Metal Accumulations (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn) in Vegetables and Soils", *Proper Pol. J. Environ. Stud.*, 22(5):1449-1455.
- Gabarron M, Faz A, Martinez-Martinez S, Zornoza R and Acosta JA (2017) "Assessment of metals behaviour in industrial soil using sequential extraction, multivariate analysis and a geostatistical approach", *Journal of Geochemical Exploration*, 172:174-180.
- Gallego JLR, Ordonez A, Loreda J (2012) "Investigation of trace element sources from an industrialized area (Aviles, northern Spain) using multivariate statistical methods", *Environmental International*, 27: 589-596.
- Gülser F and Erdoğan E, (2008) "The effects of heavy metal pollution on enzyme activities and basal soil respiration of roadside soils", *Environ Monit Assess.*, 145:127–133.
- Güner U (2014) "Toksikoloji", Versiyon 2.0.0 Trakya *Üniversitesi Fen Fakültesi*, Derleme, s.13-15-130-151.
- Güney M, Onay TT, Copty NK (2010) "Impact of Overland Traffic on Heavy Metal Levels in Highway Dust and Soils of Istanbul, Turkey", *Environ Monit Assess.*, 164: 101–110.
- Güney MM, Zagury Gj, Dogan NN and Onay TT (2010) "Exposure Assessment and Risk Characterization From Trace Elements Following Soil Ingestion by Children Exposed to Playgrounds, Parks and Picnic Areas", *Journal of Hazardous Materials*, 182(1–3): 656-664.
- Güven A, Kartal G, Kahvecioğlu Ö ve Timur S "Metallerin Çevresel Etkileri -III", *Metalurji Dergisi*, 138.
- Güvenc N, Alagha O and Tuncel, G (2003) "Investigation of soil multi-element composition in Antalya, Turkey", *Environment International*, 29: 631–640.
- Hacıyakupoglu E, Esen AN, Erenturk S, Okka M, Genceli M, Mercimek M, Genceli E, Yusan S, Gur F, Olgen K, Camtakan Z, Kiziltas S and Tanbay S (2015) "Determining Distribution of Heavy Metal Pollution in Terms of Ecological Risk Levels in Soil of Industrially Intensive Areas Around Istanbul", *Toxicological & Environmental Chemistry*, 97(1): 62-75.
- Hanedar A (2015) "Assessment of Airborne Heavy Metal Pollution in Soil and Lichen in the Meric-Ergene Basin, Turkey", *Environmental Technology*, 36:20; 2588-2602.

- Hu Y and Cheng H (2013) "Application of stochastic models in identification and apportionment of heavy metal pollution sources in the surface soils of a large-scale region", *Environ. Sci. Technol.*, 47: 3752-3760.
- Hu X, Zhang Y, Ding Z, Wang T, Lian H, Sun Y and Wu J (2012) "Bioaccessibility and health risk of arsenic and heavy metals (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn and Mn) in TSP and PM_{2.5} in Nanjing, China", *Atmos Environ.*, 57: 146-152.
- Hussain R, Khattak SA, Shah MT, Ali L (2015) "Multistatistical approaches for environmental geochemical assessment of pollutants in soils of Gadoon Amazai Industrial Estate, Pakistan", *J Soils Sediments*, 15: 1119-1129.
- Iavarone I (2015) "Industrially Contaminated Sites and Health Network", First Plenary Conference: Industrially Contaminated Sites and Health Network (ICSHNet, COST Action IS1408), Instituto Superiore di Sanata, Rome, October 1-2, 2015.
- Isen H, Altundağ H and Keskin CS (2013) "Determination of Heavy Metal Contamination in Roadside Surface Soil by Sequential Extraction", *Pol. J. Environ. Stud.*, 22(5):1381-1385.
- Isen H, Altundağ H and Keskin CS (2013) "Determination of Heavy Metal Contamination in Roadside Surface Soil by Sequential Extraction", *Pol. J. Environ. Stud.*, 22(5): 1381-1385.
- Jones JB (2001) "Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis", CRC Press, New York, USA.
- Kacar B (2012a) "Temel Bitki Besleme", s.1-385, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara
- Kacar B (2016) "Fiziksel ve Kimyasal Toprak Analizleri, Bitki, Toprak ve Gübre Analizleri", 3, s. 1-613, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara
- Kacar B, Amin S, Çelebi G ve Turan C (1973) "Antalya Sahil bölgesi topraklarının fosfor durumu ve bu bölge topraklarında alınabilir fosfor tayininde kullanılacak metotlar üzerinde bir araştırma", Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu (TOAG), s.1-110
- Kacar B, Çağatay M, Arat A ve Günday G (1974) "Çukurova Yöresi topraklarında değişik azotlu gübrelerin karşılaştırılması", Azot Sanayi Türk Anonim Şirketi Yayınları, s.1-90
- Kahvecioğlu Ö, Kartal G, Güven A ve Timur S (2003) "Metallerin Çevresel Etkileri -I", (<http://www.metalurji.org.tr/index.php/dergiler-alt,136.sayı, 2 Kasım 2017'de erişildi>).

- Karaca A, Türkmen C, Arcak S, Haktanır K, Topçuoğlu B and Yıldız H "The Determination of the Effect of Cayirhan Coal-Fired Power Plant Emission on Heavy Metals and Sulphur Contents of Regional Soils". <http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/47/1037/12517.pdf> - 9 Aralık 2017'de Erişildi.
- Kartal G, Güven A, Kahvecioğlu Ö ve Timur S "Metallerin Çevresel Etkileri -II" *Metalurji Dergisi* 137. Sayı https://metalurji.org.tr/dergi/dergi137/D137_4651.pdf
- Kılınç R (1978) "İzmir Bölgesi tarım topraklarının fosfor durumunun radyoizotop yöntemleriyle saptanması ve bunun toprak özellikleriyle ilişkileri üzerine araştırmalar", Ege Üniversitesi Nükleer Araştırma ve Eğitim Enstitüsü, Doktora Tezi (yayınlanmamış), İzmir, s.1-152
- Koçak M, Mihalopoulos N and Kubilay N (2009) "Origin and source regions of PM₁₀ in the Eastern Mediterranean atmosphere", *Atmospheric Research*, 92: 464-474.
- Kurt-Karakus PB (2012) "Determination of heavy metals in indoor dust from Istanbul, Turkey: Estimation of the health risk", *Environ Int.*, 50: 47-55.
- Li ZY, Ma ZW, Kuijp TJ, Yuan ZW and Huang L (2014) "A review of soil heavy metal pollution from mines in China: pollution and health risk assessment", *Sci. Total Environ.*, 468-469: 843-853.
- Liu C, Lu L, Huang T, Huang Y, Din L and Zhao W (2016) "The distribution and health risk assessment of metals in soils in the vicinity of industrial sites in Dongguan, China", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(8): 832-848.
- Ma L, Yang Z, Li L and Wang L (2016) "Source identification and risk assessment of heavy metal contaminations in urban soils of Changsha, a mine-impacted city in Southern China", *Environmental Science and Pollution Research*, 23: 17058-17066
- Machander G, Dhakate R, Rao STM, Rao VM and Prasanna L (2014) "Heavy metal contamination in sediments of Balanagar industrial area, Hyderabad, Andhra Pradesh, India", *Arab J Geosci.*, 7: 513-525.
- Machender G, Dhakate R, Prasanna L and Govil PK (2010) "Assessment of heavy metals contamination in soils around Balanagar industrial area, Hyderabad, India", *Environ Earth Sci.*, 63(5): 945-953.
- Mapanda F, Mangwayana EN, Nyamangara J and Giller KE (2005) "The effect of long term irrigation using waste water on heavy metal content of soil under vegetables in Harare, Zimbabwe", *Agric Ecosyst Environ.*, 107: 151-165.

- Moon JW, Moon HS, Woon NC, Hahn JS, Won JS, Song Y, Lin X and Zhao Y (2000) "Evaluation of heavy metals contamination and implication of multiple sources from Hunchin basin, North Eastern China", *Environ Geol.*, 39:1039-1052.
- Odat S and Alshmmari AM (2011) "Seasonal Variations of Soil Heavy Metal Contaminants along Urban Roads: A Case Study from the City of Hail, Saudi Arabia", *Jordan Journal of Civil Engineering*, 5(4): 581-591.
- Osma E, Ozyigit II, Demir G and Yasar U (2014) "Assesment of Some Heavy Metals in Wild Type and Cultivated Purslane (*Portulaca oleracea* L.) and Soils in Istanbul, Turkey", *Fresenius Environmental Bulletin*, 23:2181-2189.
- Osma E, Serin M, Leblebici Z and Aksoy A (2012) "Heavy Metals Accumulation in Some Vegetables and Soils in Istanbul", *Ekoloji*, 21(82): 1-8.
- Osma E, Serin M, Leblebici Z and Aksoy A (2013) "Assessment of Heavy Metal Accumulations (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn) in Vegetables and Soils", *Polish Journal of Environmental Studies*, 22:1449-1455.
- Osma E, Serin M, Leblebici Z and Aksoy A (2013) "Assessment of Heavy Metal Accumulations (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn) in Vegetables and Soils", *Polish Journal of Environmental Studies*, 22:1449-1455.
- Özbaş EE (2011) "Heavy metals in surface soils of groves: A study from Istanbul, Turkey", *Scientific Research and Essays*, 6(7):1667-1672.
- Özcan HK, Demir G, Nemlioğlu S, Sezgin N and Bayat C (2007) "Heavy Metal Concentrations of Atmospheric Ambient Deposition Dust In Istanbul-Bosphorus Bridge Tollhouses", *Journal of Residuals Science & Technology*, 4: 55-59.
- Özcan HK, Demir G, Nemlioğlu, Sezgin N and Bayat C (2007) "Heavy Metal Concentrations of Atmospheric Ambient Deposition Dust in Istanbul - Bosphorus Bridge Tollhouses", *Journal of Residuals Science & Technology*, 4: 55-59.
- Öztürk F, Bahreini R, Wagner N, Dubé W, Young C, Brown SS, Brock C, Ulbrich IM, Jimenez JL, Cooper OR and Middlebrook AM (2013) "Vertically Resolved Chemical Characteristics and Sources of Sub-micron Aerosols in a Suburban Area near Denver, Colorado, in Winter", *Journal of Geophysical Research*, 118(24):13591-13605.
- Öztürk F, Zararsız A, Dutkiewicz VA, Husain L, Hopke PK and Tuncel G (2012) "Temporal variations and sources of Eastern Mediterranean aerosols based on a 9-year observation", *Atmospheric Environment*, 61: 463-475.

- Paatero P and Tapper U (1994) "Positive matrix factorization: A non-negative factor model with optimal utilization of error estimates of data value", *Environmetrics*, 5:111-126.
- Rudnick RL and Gao S (2003) "Composition of the continental crust" 3:1-64.
- Sezgin N, Ozcan HK, Demir G, Nemlioglu S and Bayat C (2003) "Determination of Heavy Metal Concentrations in Street Dusts in Istanbul E-5 Highway", *Environment International*, 29: 979–985.
- Stone EA, Lough GC, Schauer JJ, Praveen PS, Corrigan CE and Ramanathan V (2007) "Understanding the origin of black carbon in the atmospheric brown cloud over the Indian Ocean", *Journal of Geophysical Research*, 112, D22S23.
- Taban S (1990) "Orta Anadolu'da çeltik yetiştirilen toprakların mikroelement durumu", A.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Doktora Tezi (yayınlanmamış), Ankara, s.1-75
- Tokalioğlu S, Kartal S and Birol G (2003) "Application of a Three-Stage Sequential Extraction Procedure for the Determination of Extractable Metal Contents in Highway Soils", *Turk J Chem.*, 27: 333 – 346.
- Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, <http://www.csb.gov.tr/db/turkce/mevzuat/mevzuat660.pdf>, Son Erişim Tarihi: 14 Haziran 2012.
- Ülgen N (1968) "Karadeniz Bölgesi topraklarının fosfor durumu ve bu bölge topraklarının fosfor ihtiyaçlarının tayininde kullanılacak metotlar üzerinde bir araştırma", A.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Doktora Tezi (yayınlanmamış), Ankara, s.1-157
- Vaccaro S, Sobiecka E, Contini S, Locoro G, Free G and Gawlik BM (2007) "The application of positive matrix factorization in the analysis, characterisation and detection of contaminated soils", *Chemosphere* 69: 1055-1063.
- Vural H (1993) "Ağır metal iyonlarının gıdalarda oluşturduğu kirlilikler", *Çevre Dergisi*, 8: 3-8.
- Watson JG and Chow JC (2015) "Receptor Models and Measurements for Identifying and Quantifying Air Pollution Sources", In: *Introduction to Environmental Forensic*, 677-706.
- Willers S, Gerhardsson L and Lundh T (2005) "Environmental tobacco smoke (ETS) exposure in children with asthma-relation between lead and cadmium, and nicotine concentrations in urine", *Respir. Med*, 99: 1521–1527.

- Wuana RA and Okieimen FE (2011) "Heavy metals in contaminated Soils: A review of sources, chemistry, risk and best available for remediation", International Scholarly Research Network Ecology, Article ID 402647, 20 pages
- Yan X, Zhang F, Zen C., Zhang M, Devkota LP and Yao T (2012) "Relationship between Heavy Metal Concentration in Soil and Grasses of Roadside Farmland in Nepal", International Journal of Environmental Research and Public Health, 9: 3209-3226.
- Yang Y, Mei Y, Zhang C, Zhang R, Liao X and Liu Y (2016) "Heavy metal contamination in surface soils of the industrial district of Wuhan, China", Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 22(1): 126-140.
- Yaylalı-Abanuz G (2011) "Heavy metal contamination of surface soil around Gebze industrial area, Turkey", Microchemical Journal (99): 82-92.
- Yılmaz F, Yılmaz YZ, Ergin M, Erkol AY, Müftüoğlu AE and Karakelle B (2003). "Heavy Metal Concentrations in Surface Soils of Izmit Gulf Region, Turkey", Journal of Trace and Microprobe Techniques, 21(3): 523-531.
- Zabunoğlu S (1967) "Çarşamba Ovası topraklarının fosfor durumu ve bu bölge topraklarının fosfor ihtiyaçlarının tayininde kullanılacak metotlar üzerinde araştırmalar", A.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Doçentlik Tezi (yayınlanmamış), İzmir, s.1-91
- Zawadski J, Szuskiewicz M, Fabijanczyk P and Magiera T (2016) "Geostatistical discrimination between different sources of soil pollutants using a magneto-geochemical data set", Chemosphere, 164: 668-675.
- Zukowska J and Biziuk M (2008) "Methodological evaluation of method for dietary heavy metal intake", J. Food Sci, 73: 821-829.

7 ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sümeyye GÖĞYILDIZ

Doğum Yeri ve Tarihi : Avcılar 05.11.1994

Lisans Üniversite : Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Elektronik Posta : sumeyye_guller@hotmail.com

İletişim Adresi : Cumhuriyet Caddesi Battalgazi Mahallesi İğde
Sokak No:22 Esenyurt/İSTANBUL