

T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇANAKKALE KENT MERKEZİNE BİTİŞİK TARIM TOPRAKLARININ AĞIR METAL İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Mehmet İŞLER

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇANAKKALE KENT MERKEZİNE BİTİŞİK TARIM TOPRAKLARININ AĞIR METAL İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Mehmet İŞLER

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: **01/02/2019**

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Ali SUNGUR

ÇANAKKALE

Mehmet İŞLER tarafından Doç. Dr. Ali SUNGUR yönetiminde hazırlanan ve **01/02/2019** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan "**Çanakkale Kent Merkezine Bitişik Tarım Topraklarının Ağır Metal İçeriğinin Belirlenmesi**" başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Doç. Dr. Ali SUNGUR ……

Başkan

Prof. Dr. Yasemin KAVDIR ……

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Yakup Kenan KOCA ……

Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:……

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası:1345

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Mehmet İŞLER

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen ve her zaman yanımda olan saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Ali SUNGUR'a, çalışma boyunca bana yardımlarını ve bilgi ve birikimleri paylaşarak destek veren sevgili hocalarım Prof. Dr. Hasan ÖZCAN ve Dr. Öğr. Üyesi Timuçin EVERESTe, saygılarımı sunar teşekkür ederim.

Tezim sürecinde, beni destekleyen ve yardımlarını esirgemeyen ve bu yolda benimle birlikte emek veren sevgili Tuna AYGÜN'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Bugünlere ulaşmamda büyük emek ve fedakarlıkları olan, bana maddi ve manevi olarak desteklerini esirgemeyen babam Hüseyin İŞLER, annem Fadime İŞLER'e ve sevgili ablalarım Dilek İŞLER ER, Demet İŞLER MERMER ve Enişte Mustafa MERMER'e hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme başarılarımı ithaf eder ve sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mehmet İŞLER

Çanakkale, Şubat 2019

SİMGELER VE KISALTMALAR

BCR	The European Community Bureau of Reference (Avrupa Birliği Referans Komisyonu)
F_1	Asit ile çözünebilir fraksiyon (değişebilir ve karbonatlara bağlı)
F_2	İndirgenebilir fraksiyon (Fe-Mn oksitlere bağlı)
F_3	Yükseltgenebilir fraksiyon (organik madde ve sülfitlere bağlı)
F_4	Kalıntı fraksiyonu (mineral matrikse bağlı)
ICP-OES	İndüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometresi
Cd	Kadmiyum
Cr	Krom
Cu	Bakır
Ni	Nikel
Pb	Kurşun
Zn	Çinko
$CaCO_3$	Kalsiyum karbonat
OM	Organik Madde
pH	Hidrojen iyonları konsantrasyonunun negatif logaritması
EC	Elektriksel iletkenlik
µg	Mikrogram
g	Gram
cm	Santimetre
mL	Mililitre
L	Litre
µS	Mikrosiemens
dk	Dakika

ÖZET

ÇANAKKALE KENT MERKEZİNE BİTİŞİK TARIM TOPRAKLARININ AĞIR METAL İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Mehmet İŞLER
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Doç. Dr. Ali SUNGUR
01/02/2019, 38

Bu çalışmada, Çanakkale kent merkezine bitişik tarım alanlarından alınan toprak örneklerindeki ağır metallerin (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn) konsantrasyonunun sıralı ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Çanakkale kent merkezine bitişik bulunan 13 tarım arazisinden toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örneklerinin içerdiği toplam ağır metal içeriklerinin belirlenmesi amacıyla kral suyu ile yaş yakma yöntemi kullanılmıştır. Toprak örneklerinde bulunan ağır metallerin jeokimyasal fraksiyonlarının belirlenmesinde BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Topraklardan ekstrakte edilen metal konsantrasyonları ICP-OES cihazı ile belirlenmiştir. Yaş yakma ve ardışık ekstraksiyon yönteminin doğruluğunu test etmek için standart referans maddeler kullanılmıştır. Toprak örneklerinde ilk üç fraksiyonun toplamına dayanan ağır metal hareketliliği Cd (~% 62) > Pb (~% 57) > Cu (~% 40) > Zn (~% 37) > Ni (~% 32) > Cr (~%15) şeklinde bulunmuştur. Çalışma alanında Cd ve Pb elementlerinin daha yüksek mobilite seviyeleri, bu elementlerden kaynaklanan çevre kirliliğini ve tarımsal alanlarda toksiklik riski oluşturabileceğine işaret etmiştir. Dolayısıyla özellikle Cd ve Pb başta olmak üzere Cu ve Zn metallerinin de izlenmesi önerilmektedir. Düşük konsantrasyonları bile toksik olan Cd ve Pb elementlerinin kent merkezine bitişik tarım toprakları için daha ayrıntılı incelenmesi ve değerlendirilmesi, ayrıca sonraki çalışmalarda bitki örneklerinin de incelenmesi önerilmektedir.

Anahtar sözcükler: Kent Merkezi, Tarım Toprakları, BCR Ardışık Ekstraksiyon, Ağır Metal, Çanakkale.

ABSTRACT

DETERMINATION OF HEAVY METAL CONTENTS OF AGRICULTURAL SOILS ADJACENT TO ÇANAKKALE CITY CENTER

Mehmet İŞLER

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Soil Science and Plant Nutrition

Advisor: Doç. Dr. Ali SUNGUR

01/02/2019, 38

In this study, it is aimed to determine the concentration of heavy metals (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn) in soil samples taken from agricultural areas adjacent to Çanakkale city center by sequential extraction method. For this purpose, soil samples were taken from 13 agricultural areas adjacent to the Çanakkale city center. In order to determine the total heavy metal content of the soil samples, the wet digestion with *Aqua regia* method was used. In order to determine the geochemical fractions of heavy metals in soil samples, BCR sequential extraction method was used. Metal concentrations extracted from soils were determined by the ICP-OES. Standard reference materials were used to test the accuracy of wet digestion and sequential extraction methods. Heavy metal mobility based on the sum of the first three fractions in soil samples were found to be Cd (~ 62%) > Pb (~ 57%) > Cu (~ 40%) > Zn (~ 37%) > Ni (~ 32%) > Cr (~ 15%). Higher mobility levels of Cd and Pb in the study area indicated that there may be environmental pollution caused by these elements and toxicity risk in agricultural areas. Therefore, it is recommended to observe primarily Cd and Pb, and also Cu and Zn. It is recommended that the Cd and Pb elements, which are toxic even at low concentrations, should be examined and evaluated in detail for agricultural land adjacent to the city center, and plant samples should be examined in following studies.

Keywords: City Center, Agricultural Lands, BCR Sequential Extraction, Heavy Metal, Çanakkale.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI iii
TEŞEKKÜR iv
SİMGELER VE KISALTMALAR v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
ŞEKİLLER DİZİNİ x
ÇİZELGELER DİZİNİ xi
BÖLÜM 1 1
GİRİŞ 1
BÖLÜM 2 3
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
BÖLÜM 3 6
MATERYAL VE YÖNTEM 6
3.1. Çalışma Alanı 6
3.2. Örneklerin Alınması ve Analize Hazırlanması 7
3.3. Toprak Örneklerine Ait Fiziko-Kimyasal Özelliklerin Belirlenmesi 11
3.4. Toprak Örneklerinin Ağır Metal Analizlerinin Yapılması 11
BÖLÜM 4 14
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 14
4.1. Toprak Örneklerine Ait Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikler 14
4.2. Ağır Metaller İçin Kullanılan Yöntemlerin Validasyonu (Doğruluk Testi) 14
4.3. Toprak Örneklerinin Toplam Ağır Metal İçerikleri 15
4.4. Toprak Örneklerinde Ağır Metallerin Jeokimyasal Fraksiyonları 17
4.4.1. Genel Bakış 17
4.4.2. Kadmiyum (Cd) 19
4.4.3. Krom (Cr) 20
4.4.4. Bakır (Cu) 22
4.4.5. Nikel (Ni) 24
4.4.6. Kurşun (Pb) 26
4.4.7. Çinko (Zn) 27
4.5. Ağır Metallerin Çevresel Risk Değerlendirmesi 29

BÖLÜM 5 31
SONUÇ VE ÖNERİLER 31
KAYNAKLAR 34
ÖZGEÇMİŞ I

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Çalışma alanı ve çevresinin genel jeolojisi.....6
Şekil 3.2. Örnekleme noktaları 8
Şekil 3.3. Örneklerin alındığı noktalara ait fotoğraflar.....10
Şekil 4.1. Toprak örneklerinde ağır metallerin jeokimyasal fraksiyonlarına ait ortalama değerler ve yüzde dağılımları.....18
Şekil 4.2. Toprak örneklerinde kadmiyuma ait jeokimyasal fraksiyonların oransal dağılımı 20
Şekil 4.3. Toprak örneklerinde kroma ait jeokimyasal fraksiyonların oransal dağılımı.....22
Şekil 4.4. Toprak örneklerinde bakıra ait jeokimyasal fraksiyonların oransal dağılımı.....23
Şekil 4.5. Toprak örneklerinde nikele ait jeokimyasal fraksiyonların oransal dağılımı 25
Şekil 4.6. Toprak örneklerinde kurşuna ait jeokimyasal fraksiyonların oransal dağılımı ...27
Şekil 4.7. Toprak örneklerinde çinkoya ait jeokimyasal fraksiyonların oransal dağılımı ...29

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Toprak örneklerine ait genel bilgiler 9
Çizelge 3.2. BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi 11
Çizelge 3.3. ICP-OES için çalışma koşulları 12
Çizelge 4.1. Toprak örneklerine ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler 14
Çizelge 4.2. Sertifikalı referans maddelere ait ölçülen metal konsantrasyonları 15
Çizelge 4.3. Toprakların toplam ağır metal içerikleri (µg/g) 16
Çizelge 4.4. Toprak örneklerinde kadmiyumun jeokimyasal fraksiyonlarda bulunan konsantrasyonları 19
Çizelge 4.5. Toprak örneklerinde kromun jeokimyasal fraksiyonlarda bulunan konsantrasyonları (µg/g). 21
Çizelge 4.6. Toprak örneklerinde bakırın jeokimyasal fraksiyonlarda bulunan konsantrasyonları 23
Çizelge 4.7. Toprak örneklerinde nikelin jeokimyasal fraksiyonlarda bulunan konsantrasyonları 25
Çizelge 4.8. Toprak örneklerinde kurşunun jeokimyasal fraksiyonlarda bulunan konsanatrasyonları (µg/g) 26
Çizelge 4.9. Toprak örneklerinde çinkonun jeokimyasal fraksiyonlarda bulunan konsantrasyonları 28
Çizelge 4.10. Ağır metallere ait kirlilik faktörü (Cf) ve risk değerlendirme kodu (RAC) 30

BÖLÜM 1
GİRİŞ

Toprak matriksi katı, sıvı ve gaz fazlarını içeren oldukça dinamik, heterojen ve ekosistemlerin en önemli bileşenlerinden biridir. Toprak ortamı çeşitli yollar aracılığıyla kirliliğe maruz kalmakta ve bu kirlenme su ve canlılar için de bir kirlilik kaynağı oluşturabilmektedir. Tarıma elverişli toprakların ağır metal kirlenmesi, arıtma çamuru, aşırı gübre uygulanması, sanayileşme, kentleşme, fosil yakıt tüketimi ve trafik gibi antropojenik kaynaklardan meydana gelmektedir. Aynı zamanda topraktaki ağır metal derişimleri toprağı oluşturan ana materyaline bağlı olmasına karşın insan kaynaklı çevreye yayılan metallerin hareketliliği pedojenik kaynaklara göre daha fazla olabilmektedir (Bakırcıoğlu ve ark. 2011; Sungur ve ark. 2015).

Kentleşme tüm dünyada hızla devam eden bir süreçtir. Kentleşme oranındaki artışlardan dolayı kentsel topraklar üzerindeki antropojenik aktivitelerinin etkisi hakkındaki kaygılar devam etmektedir (Lu ve ark. 2007). Özellikle hızlı kentleşme ve sanayileşmeden dolayı artan yoğun insan faaliyetleri ile birlikte kent merkezine yakın tarım topraklarının ağır metallerce kirlenmesi dikkat çeken boyutlara ulaşmaktadır. Topraklar, çeşitli antropojenik kaynaklardan çıkan ağır metallerin en büyük alıcı ortam görevini görmektedir. Bu nedenle toprağın ağır metallerle kirletilmesi hem sağlık hem de çevresel riskler konusunda endişelere yol açmaktadır (Tang ve ark. 2006). Ağır metaller toprak tarafından adsorpsiyon ve çökeltme mekanizmaları ile hareketsiz hale getirilerek tutulabildiği gibi farklı biyolojik ve kimyasal mekanizmalarla toprak çözeltisinde mobil hale geçebilirler. Bu mobil hale gelen ağır metaller içme suyu kaynaklarının veya göl, deniz gibi sulu ortamların kontaminasyona uğramasına neden olabilir. Diğer yandan mobil hale gelen ağır metaller toprak çözeltisinden bitkiler tarafından alınarak potansiyel olarak gıda zincirine dahil olabilirler (Pagnanelli ve ark. 2004; Kelepertzis, 2014; Botsou ve ark. 2016; Sungur, 2016).

Tarım alanları başta olmak üzere topraklarda ağır metallerin toplam konsantrasyonlarının belirlenmesi metal birikimi hakkında bilgi sağlamakla birlikte toprakta bulunan toplam metal içeriği bitki tarafından alınabilir veya hareketli miktarları yani kimyasal formları hakkında bilgi sağlamaz. Ağır metaller toprağa ulaştığında, bir dizi fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçler (adsorpsiyon, çözünme, kompleksleşme ve biyota-biyokütle tarafından alım) vasıtasıyla farklı jeokimyasal formlara dönüşürler (Kraemer ve Hering, 2004; Lu ve ark., 2007). Dolayısıyla, toprakta ağır metallerin toksisitesi ve

biyoyararlılığı yalnızca ağır metallerin toplam konsantrasyonuna değil, aynı zamanda jeokimyasal formlarına da bağlıdır. Örneğin, suda çözünür ve karbonat formları, biyoyararlanımı en çok kabul gören formlarıdır. Bu formları Fe/Mn oksitlerle bağlanmış formlar izlerken, organik maddelere bağlı oksitlenebilir metaller ise potansiyel olarak biyo-temin edilebilir formlar olarak değerlendirilmektedir. Diğer yandan toprak matrisine bağlı kalıntılar bitkiler için biyoyararlanamazdır (Rodríguez ve ark. 2009). Bu nedenle, ağır metallerin labil fraksiyonlarının konsantrasyonunu anlamak gerekir (El Khalil ve ark. 2008; Pueyo ve ark. 2008). Dolayısıyla metallerin çözünebilir veya hareketli miktarlarının farklı ekstraksiyon yöntemleriyle belirlenmesi daha fazla önem taşımaktadır. Metal hareketliliğinin, metal-toprak etkileşimine bağımlılığı nedeniyle, metalleri farklı jeokimyasal formlardan seçici olarak ayırmak için ardışık ekstraksiyon prosedürleri geliştirilmiştir. Bu prosedürlerin tümü, bir toprak numunesinin artan ekstrakte etme gücü ile karakterize edilen kimyasal çözeltilerle reaksiyona sokulması prensibine dayanmaktadır (Tang ve ark. 2006). Bundan dolayı ardışık ekstraksiyon yöntemlerinin kullanımı günümüzde artmaktadır. Ardışık ekstraksiyonlar ile ağır metallerin bağlanma şekillerinin tanımlanması; jeokimyasal süreçlerin anlaşılmasına ve biyo-yararlılığın belirlenmesine yardımcı olur. Ayrıca bu yöntemler ağır metallerin muhtemel kaynaklarının ayrımlı yorumlanmasına ve ağır metallerin potansiyel hareketliği hakkında bilgi sağlar (Sungur ve ark. 2014).

Bu çalışmanın amacı; (ı) Çanakkale kent merkezini çevreleyen tarım topraklarında ağır metal (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn) konsantrasyonlarının belirlenmesi; (ıı) modifiye edilmiş BCR (Modified European Community Bureau of Reference) sıralı ekstraksiyon yöntemini kullanarak ağır metallerin jeokimyasal fraksiyonlarının belirlenmesi; ve (ııı) kentleşmenin tarımsal topraklar üzerine olan olası etkilerini değerlendirilmesidir.

BÖLÜM 2
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yirminci yüzyılın başından itibaren artan nüfusa bağlı olarak modern tarım yapılmaya başlanması ve hızla artan sanayileşmeyle, çevre kirliliği problemleri de ortaya çıkmaya başlamıştır. Endüstrileşme ve kentleşmeye paralel olarak hızla artan çevre kirliliği ile toprak kirliliği de ortaya çıkmış ve canlılar üzerinde tehlikeli olabilecek boyutlara ulaşmıştır. Doğrudan ve dolaylı yollardan oluşabilen çevre ve toprak kirliliği probleminden besin zinciri yoluyla bütün organizmaların etkilenmesi, bu problemin büyüklüğünü ve tehlikesini daha da arttırmaktadır (Asri ve ark. 2007). Çevre ve toprak kirliliğinin nedenlerinden en önemli kirletici faktör, kimyasal kirlilik olarak bilinen, ağır metallerdir.

Ağır metaller, yerkabuğunda mevcut, bozunmayan ve yok edilemeyen özelliklerinden dolayı ekolojik olarak önemlidir. Çünkü toprak, su ve havada farklı konsantrasyonlarda bulunabilen ağır metallerin belirli konsantrasyonu geçmesi halinde kirlilik adını verdiğimiz çevre sorunu ortaya çıkmaktadır. Çinko (Zn), bakır (Cu), demir (Fe), mangan (Mn), nikel (Ni), alüminyum (Al), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) gibi ağır metallerin canlıların vücut dokularında birikmesi, büyük tehlikelere neden olabilmektedir (Nieboer ve Richartson, 1980).

Artan teknolojik gelişmeler, kentleşme, yoğun hammadde ve tarım teknolojisi kullanımı, hiç kuşkusuz yaşam tarzlarımızı, geçmişte hayal bile edemediğimiz bir şekilde geliştirdi. Fakat bu gelişme eş zamanlı olarak doğal çevreyi de kirletmemize sebep oldu. Kirlilik, çevre kalitesinde kirletici maddelerin müdahalesiyle meydana gelen olumsuz değişimdir (Bharti, 2012).

Lu ve ark. (2003), Çinin Jiangsu eyaletinin başkenti olan Nanjing kentindeki, 20 kentsel ve 3 kentsel olmayan toprak profilinden yaklaşık 150 toprak örneği almış ve Cu, Zn, Pb ve Cr elementlerinin toplam ağır metal durumunu ve 23 kentsel ve kentsel olmayan tarım toprağının Cu, Zn, Pb ve Cr içeriğini Tessier ve ark. (1979) ardışık ekstraksyon yöntemine göre ağır metal fraksiyonlarını belirlemişlerdir. Yaptıkları çalışmada, toprakların bir noktaya kadar Cu, Zn ve Cr ile kirlenmiş ve diğer yandan Pb açısından da yoğun bir kirlilik oluştuğunu rapor etmişlerdir.

Kaasalainen ve ark. (2003) Finlandiya'nın Harjavalta kentinde Cu-Ni madeni yakınlarındaki 3 farklı tarımsal toprak profilinde inceleme yapmışlar ve tüme yakın konsantrasyonlarını kral suyu ile yaş yakma yöntemi ile belirlemişlerdir, ayrıca Avrupa Birliği Referans Komisyonu (BCR, European Community Bureau of Reference) ardışık

ekstraksiyon yöntemi ile ağır metalleri incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada, ilk iki fraksiyonda Cd'nin %75-90'ının, Cu, %49-72'sinin ve Ni'nin %22-52'sini oluşturduğunu belirlemişlerdir. Taşınmaya en uygun olan kumlu toprakta daha yüksek oranda Cd, Cu ve Ni hareketliliği, metallerin aşağı doğru hareketliliklerini göstermiştir. İndirgenebilir fraksiyon olan ikinci basamakta hidroksitlere bağlanmış olan Pb'nin oldukça yoğun olduğu bildirilmiştir.

Teng ve ark. (2011) Panzhihua bölgesindeki dört araziden toplam 55 toprak örneği ve 36 bitki örneği toplanmıştır. Toprak ve bitki örneklerindeki vanadyum içeriğini belirlemek amacı ile BCR ardışık ekstraksiyon prosedürü ile analiz edilmişlerdir. Çalışmaları sonucunda, topraklardaki vanadyumun kirlilik derecesi karşılaştırıldığında, maden eritme alanı > madencilik alanı > tarım alanı ≈ kentsel park sonucuna varmış ve raporlamışlardır.

Davidson ve ark. (2006) birbiriyle uyumlu ardışık ektraksiyon prosedürü ile beş Avrupa şehrindeki kent toprağında bulunan ağır metalleri ayrıştırma konulu çalışmalarında; modifiye edilmiş BCR ardışık ekstraksiyon prosedürünü kullanmışlardır. Çalışmalarında beş Avrupa şehrinde kamuya açık alanlardaki toprak örneklerinde Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Cu ve Zn içeriklerini araştırmışlardır. Fe, Ni ve birçok yerde Cr, çoğunlukla toprak matriksinin kalıntı fazı ile ilişkili olduğunu ayrıca bakırın indirgenebilir, oksitlenebilir ve kalıntı fraksiyonlarında bulunduğunu belirtmişlerdir.

Li ve ark. (2001); Hong kong topraklarındaki ağır metallerin kirliliğinin güncel durumlarını incelemek amacıyla kent parklarından geniş çapta örneklemeler yapmışlardır. 60'dan fazla park, eski kent semtlerindeki sosyal alanlar, endüstriyel alanlar ve bölgenin yeni kasabalarından toprak örnekleri ve buna bağlı sokak tozlarından örneklemeler yapmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda; Hong Kong'taki kent topraklarının Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının ve zenginleşmesinin arttırdığını bildirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada ana kirlenme kaynağının ise trafikte egzoz dumanları ve endüstriyel faaliyetler oldugunu vurgulamışlardır.

Usero ve ark. (1998), yaptıkları çalışmada Cu, Pb, Zn, Cr, Mn ve Fe metalleri için dört basamaklı BCR, beş basamaklı Tessier ve ark. (1979) ve altı basamaklı Kersten ve Förstner (1986) ardışık ekstraksiyon tekniklerini uygulamış ve karşılaştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre her üç yöntemle elde edilen metal dağılımları farklılık göstermistir. Tessier yönteminde metallerin çoğu için asitte çözünür ve oksitlenebilen fraksiyonlar yüksek olarak bildirilmiştir. Diğer yandan bu yöntemde arta kalan (mineral yapıya bağlı) fraksiyonunda da yüksek olduğu bildirilmektedir. Tüm çalışmanın sonucunda

indirgenebilir fraksiyonda Cu, Cr ve Fe Kertsen ve Förstner yönteminde, Zn, Mn ve Pb Tessier yönteminde en yüksek değerleri gösterdiği rapor edilmiştir.

Tokalıoğlu ve ark. (2003), yol kenarından aldıkları topraklarda incelemelerde bulunmuşlar; BCR ardısık ekstraksiyon yöntemini kullanarak atomik absorpsiyon spektrometresi ile ağır metallerin tayinini gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi kullanarak matrikse bağlanmış ağır metallerin mobilitesi ve potansiyel toksikliği hakkında çok önemli sonuçlara ulaşmış ve bu çalışma ile kirlenmiş topraktaki biriken toksik ağır metalleri incelemişlerdir.

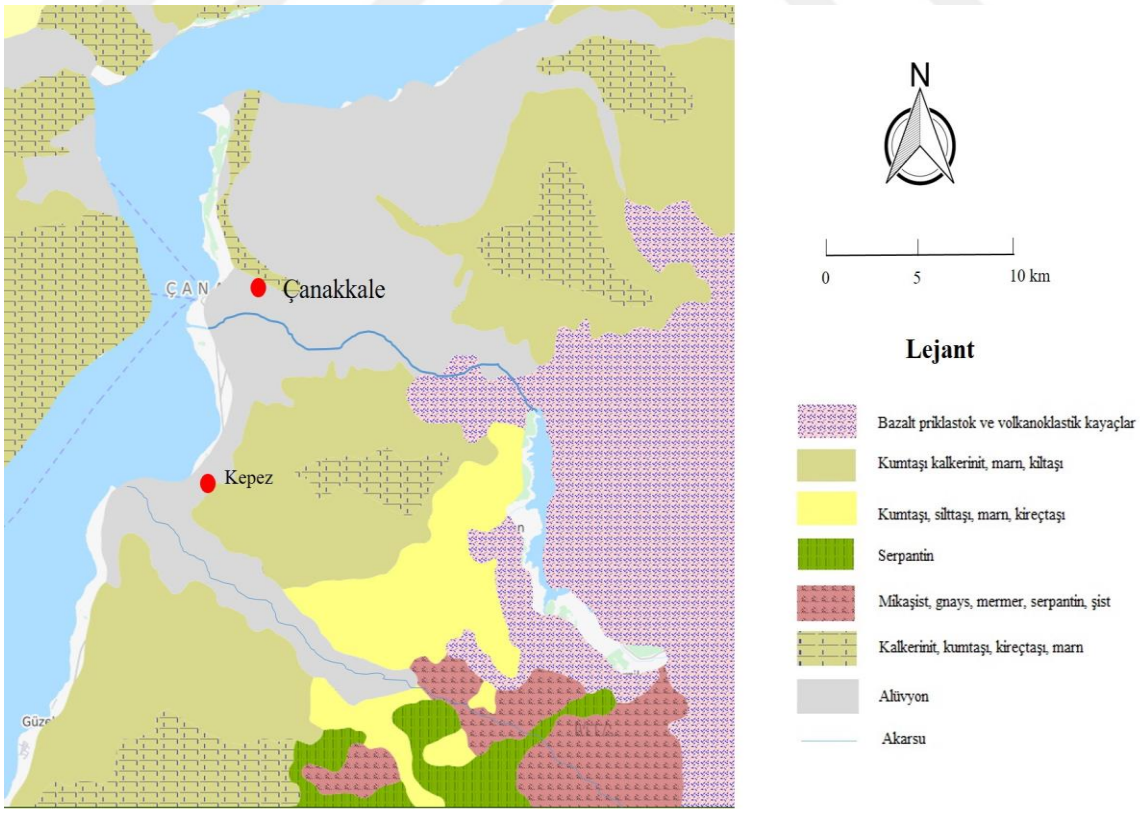
Soylak ve ark. (2004), Kayseri'de sokaktaki tozlardan örnekler alarak BCR ardışık ekstraksiyon metoduyla bu örnekler üzerinde incelemelerde bulunmuşlardır. Toz örneklerinde Cd, Cr, Cu ve Ni elementlerinin analizi yapılmış ve ölçüm atomik absorpsiyon spektrometresi ile yapılmıştır. Bu çalışma ile ağır metallerin özellikle oksitlenebilir ve kalıntı fraksiyonunda yer aldıklarını bildirmişlerdir.

BÖLÜM 3
MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

Çanakkale ili, Türkiye'nin kuzeybatısında 25°40'–27°30' doğu boylamları ve 39°27'–40°45' kuzey enlemleri arasında bulunmakta ve 9.933 km²'lik bir alan kapsamaktadır (Çanakkalenin Valiliği, 2019). Çanakkale ilinin 2017 TÜİK verilerine göre nüfusu 530.417 kişidir. Kent merkezinde ise, 175.032 kişi yaşamaktadır. İlin toplam arazisi 993.318(ha) alandır ve bu alanın %33'ü olan 331.633 ha alan ise tarım arazisidir. İl merkezinde, 2018 yılı itibariyle motorlu kara taşıtı sayısı 222.302 adet ve otomobil sayısı 90.046 adettir. İlin toplam karayolu uzunluğu 1.065 km olup, İl merkezinde bir havaalanı mevcuttur (TÜİK, 2019).

Çanakkale'nin iklimi akdeniz ve karadeniz geçiş iklimidir. Denizden uzaklaştıkça ve yüksek kesimlerde iklimde farklılaşmalar görülmektedir. Jeolojik yapısı, I. zamandan IV. zamana kadar farklı orijinli şist, mermer, kalker, kil taşı, kum taşı, marn, mağmatik kayaçlar, alüvyonlar ve volkan küllerini içermektedir. Kent merkezi ve çevresinin jeolojik yapısında volkanik kayaçlar, kumtaşı, silttaşı, alüvyonlar, kireçtaşı, marn, serpantin gibi jeolojik birimler yer almaktadır (Şekil 3.1).

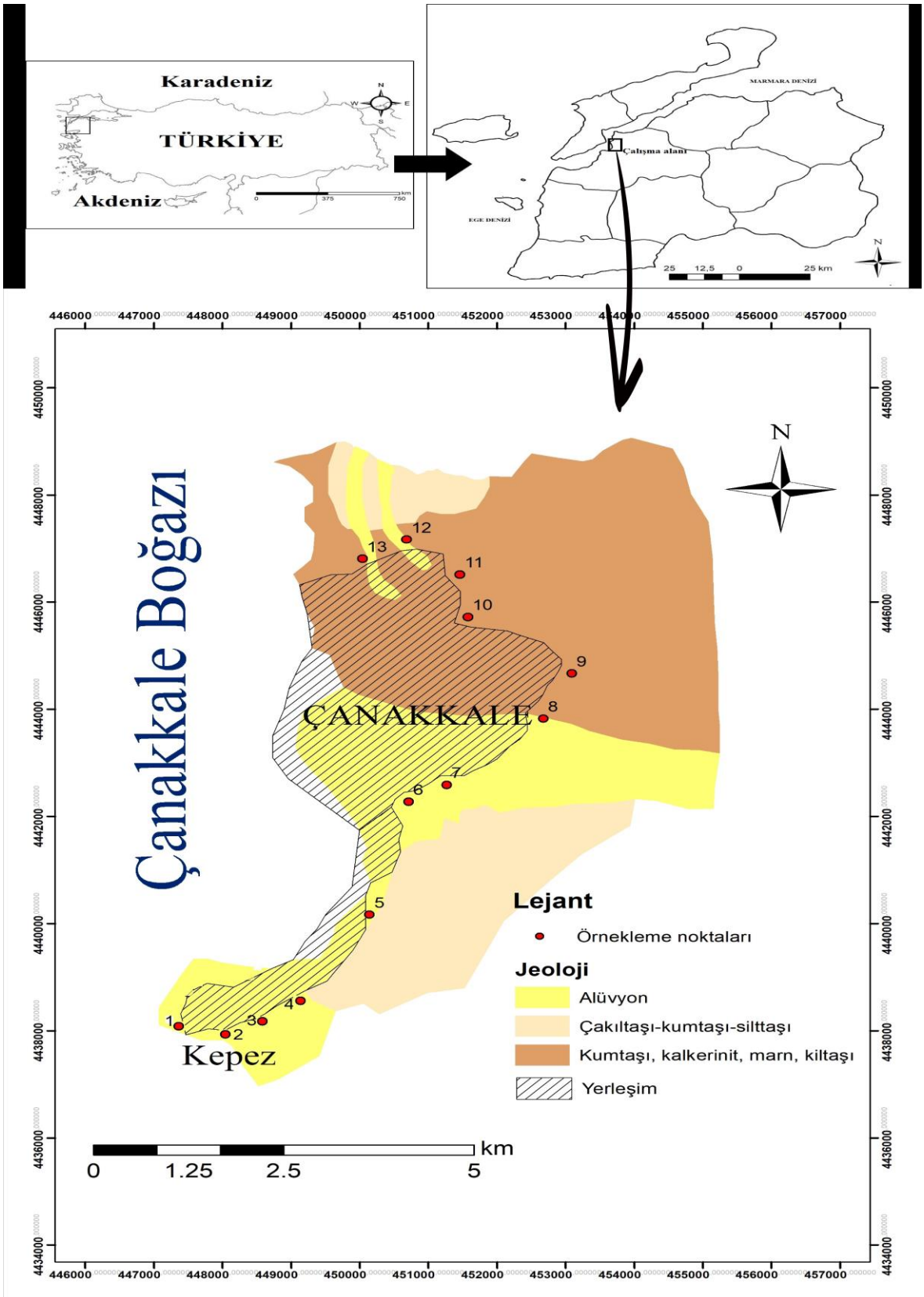


Şekil 3.1. Çalışma alanı ve çevresinin genel jeolojisi

3.2. Örneklerin Alınması ve Analize Hazırlanması

Çanakkale kent merkezini çevreleyen tarım arazileri, çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Çalışma için gerekli olan örneklemeler, Çanakkale kent merkezine bitişik ve kent merkezini çevreleyen tarım arazilerindeki örnekleme noktaları, tüm alanı kapsayıcı şekilde jeolojik değişimler ve farklılar da göz önünde bulundurularak belirlenmiştir (Şekil 3.2). Bu amaçla 13 farklı noktadan yüzey (0-20 cm) toprak örnekleri alınmıştır (Çizelge 1 ve Şekil 3.3). Her bir örnek alınırken, 1 m aralıkla üçgen şeklinde üç noktadan toprak örnekleri alınarak karıştırılmış ve bir kompoze örnek elde edilmiştir. Toprak örnekleri alınırken metal olmayan alet ve ekipmanların kullanılmasına dikkat edilmiş ve böylece olası kontaminasyon riski en aza indirgenmiştir. Arazide alınan toprak örnekleri ağzı kilitli plastik torbalara konulmuş ve güvenli bir şekilde laboratuvara ulaştırılmıştır. Laboratuvara getirilen toprak örnekleri öncelikle numune hazırlama odasına alınarak numune kurutma kapları içine aktarılmış ve örneklerin hava kuru hale gelmesi sağlanmıştır.

Hava kuru hale gelen topraklar daha sonra tahta bir tokmak yardımıyla öğütülmüş ve 2 mm'lik bir elek yardımıyla elenmiştir. Bu örnekler toprakların pH, elektriksel iletkenlik ve tekstür analizlerinde kullanılmıştır. Diğer yandan 2 mm elekten elenmiş topraktan bir miktar alınarak havanda daha küçük parçalara ayrılması sağlanmış ve 0,5 mm'lik bir elek yardımıyla elenmiştir. Bu örnekler ise toprakların organik madde içeriği, kireç kapsamı ve elementel analizleri için kullanılmıştır.



Şekil 3.2. Örnekleme noktaları

Çizelge 3.1. Toprak örneklerine ait genel bilgiler

Örnek No	Örneğin alındığı alan	Ekim durumu	Koordinatlar (y-z)
1	Kepez liman yanı	Buğday	447075 - 4439375
2	Kepez elma bahçesi	Elma bahçesi	447493 - 4438712
3	İzmir yolu-Kepez liman yolu girişi, sağ taraf	Lahana	448282 - 4437966
4	İzmir yolu üzeri, sol taraf (Bakliyat fabrikası arkası), sığ toprak	Nadas	448834 - 4438268
5	Terzioğlu kampüsü (vadi)	Cevizlik	449942 - 4440194
6	Havaalanı yanı, İlahiyat Fakültesine 200 m	Zeytinlik	450710 - 4442274
7	Havaalanı yanı, İzmir-Bursa yolun sol tarafı	Mısır	451268 - 4442590
8	Havaalanı bitim yeri, Sarı çaya 50 m uzaklıkta	Mısır	452676 - 4443824
9	Çanakkale girişi (Dört yola yakın), Tekzen karşısı	Elma bahçesi	453089 - 4444670
10	Açık ceza evi arkası, Esenler Mahallesi	Buğday	451576 - 4445725
11	Esenler Mah. arkası, Karacaören yoluna 200 m uzaklıkta, boğaz tarafı	Buğday	451457 - 4446518
12	Esenler mahallesi, boğaz tarafı, siteye bitişik	Ayçiçeği	450681 - 4447167
13	Mehmet Akif Ersoy Anadolu Lisesi arkası, boğaz tarafı, tepe nokta direği yanı	Bostanlık	450037 - 4446811



Şekil 3.3. Örneklerin alındığı noktalara ait fotoğraflar

3.3. Toprak Örneklerine Ait Fiziko-Kimyasal Özelliklerin Belirlenmesi

Analize hazır hale getirilen topraklarda, tane irilik dağılım (tekstür) analizi Bouyoucos (1951)'de belirtilen esaslara uygun bir şekilde hidrometre yöntemiyle yapılmıştır. Toprak rekasiyonu (pH) analizi 1:2,5 toprak-su karışımında pH-metre ile potansiyometrik olarak ölçülmüştür (Grewelling ve Peech 1960). Topraklara ait elektriksel iletkenlik (EC) değeri de 1:2,5 toprak-su karışımında (Richards, 1954) bir EC-metre ile belirlenmiştir. Toprak organik madde içeriği asit ortamda dikromat oksidasyonu prosedürü ile belirlenmiştir (Nelson ve Sommers, 1982). Toprak kalsiyum karbonat ($CaCO_3$, kireç) içerikleri, toprak numunesinin asitlendirilmesinden sonra CO_2 hacminin ölçülmesi esasına göre bir kalsimetre ile belirlenmiştir (Nelson, 1982).

3.4. Toprak Örneklerinin Ağır Metal Analizlerinin Yapılması

Toprak örneklerindeki toplam ağır metal içerikleri; kral suyu (*Aqua regia*) yaş yakma yöntemi ile belirlenmiştir. Bu amaçla, tüm numunelerden birer gram 100 mL'lik beher içine tartılmış, üzerine ise 12 mL kral suyu (HNO_3:HC1 karışımı, 1:3 oranında) ilave edilmiştir. Bir gece çeker ocak içinde bekletilmiştir, ardından numunenin sıcaklığı kademeli olarak arttırılarak kurumasına yakın bir seviyede buharlaştırılmıştır. Sonrasında, 12 mL kral suyu behere ilave edilmiş ve sonrasında buharlaştırma işlemi tekrar edilmiştir. Yakılan örnekler, 0,45 μm'lik bir filtreden geçirilmiş ve son hacim 25 mL'ye saf su ile tamamlanmıştır.

Çizelge 3.2. BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi

Fraksiyon	Topraktaki Fraksiyon	Ekstrakt maddesi	Ultrasonik
F_1	Değişebilir fraksiyon (Karbonatlara bağlı)	40 mL 0.11M CH_3COOH	90 dakika, 70 °C'de, R%100
F_2	İndirgenebilir Fraksiyon (Fe-Mn oksitlere bağlı)	40 mL 0.5M HONH2.HCl (pH:1,5)	60 dakika, 60 °C'de, R%100
F_3	Oksitlenebilir fraksiyon (Organik madde ve sülfitlere bağlı)	10 mL 8.8M H2O2 (pH 2), 10 mL 8.8M H2O2 (pH 2), 50 mL 1M NH4OAc (pH 2)	30 dakika, 45 °C'de, R%100
F_4	Artakalan fraksiyon (Mineral yapıya bağlı)	15 mL ve ardından 10 mL kral suyu	Kuruluğa kadar ısıtılır ve sabit hacme tamamlanır

Toprak örneklerinde ağır metallerin jeokimyasal fraksiyonlarını belirlemek için dört basamaklı ultrasonik destekli (Karaçoban, 2017) modifiye BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır (Çizelge 3.2). Ağır metal konsantrasyonları, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (ÇOBİLTUM) bünyesinde bulunan ICP-OES (indüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometresi) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. ICP-OES cihazının çalışma koşulları Çizelge 3.3'de sunulmuştur.

Çizelge 3.3. ICP-OES için çalışma koşulları

Parametre	Değer
Radyo frekans üretim gücü (kW)	1.05
Nebulizer akış hızı (L/dk)	0.9
Plazma akış hızı (L/dk)	15.0
Auxilary akış hızı (L/dk)	1.5
Pompa hızı (rpm)	15.0
Cd için dalga boyu	228.802
Cr için dalga boyu	267.716
Cu için dalga boyu	327.393
Ni için dalga boyu	231.604
Pb için dalga boyu	220.353
Zn için dalga boyu	206.200

3.5. Toprak Örneklerinde Ağır Metal Risk Analizleri

Ağır metallerin çevresel riski, kirlilik faktörü ve risk değerlendirme kodu (RAC) kullanılarak değerlendirilmiştir. Kirlilik faktörü (C_f), ağır metallerin nispi tutulma süresini tahmin etmek için kullanılmaktadır. Hareketli faz (kalıntı olmayan faz) metal konsantrasyonunun kalıntı faza oranı olarak tanımlanır. Kirlilik faktörü aşağıdaki denklem (3.1) ile hesaplanmıştır.

$$C_f = C_i / C_n \tag{3.1}$$

Denklemde, C_i ve C_n sırasıyla mobil ve mobil olmayan fazları göstermektedir. Yüksek C_f değerleri daha düşük tutulma sürelerini ve çevre için daha yüksek risk

seviyelerini gösterir (Nemati ve ark., 2011). C_f için risk değerlendirme indeksleri, $C_f < 1$ olan toprakların temiz; 1-3 arasında ise düşük kirlenin; 3-6 arasında ise orta derecede kirlenmenin; 6-9 arasında ise ciddi kirlenme ve $C_f > 9$ ise yüksek kirlenme olduğu kabul edilir (Sungur, 2016).

Risk değerlendirme kodu (RAC), değişebilir/asitte çözünebilir fraksiyon (F_1) olarak tanımlanmakta ve ağır metallerin çevresel riskini değerlendirme için kullanılmaktadır (Singh ve ark. 2005; Karak, 2010; Liu ve ark. 2013). Risk değerlendirme kodu şağaıda verilen denklem (3.2) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$RAC\ (\%) = (F_1 / F_{1+2+3+4}) \times 100 \qquad (3.2)$$

Değişebilir fraksiyon (F_1) genellikle insan kaynaklı faaliyetlerin bir sonucu olduğu kabul edilmekte ve adsorptif ve değiştirilebilir fraksiyonlar ile karakterize edilir. Bu fraksiyon metallerin zayıf bağlanmış ve daha biyoalınabilir olan kısmını içermektedir (Jin ve ark., 2012). Risk değerlendirme kodu klavuzuna göre; RAC < 1 % ise çevre için risk teşkil etmediği; 1-10 % arasında ise düşük risk; 11-30 % arasında orta düzeyde risk; 31-50 % arasında ise yüksek risk ve RAC > 50 % ise aşırı risk teşkil ettiği kabul edilmektedir (Sungur, 2016).

BÖLÜM 4
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Toprak Örneklerine Ait Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikler

Tez çalışması kapsamında alınan toprak örneklerine ait fiziko-kimyasal özellikler belirlenmiş ve Çizelge 4.1'de sunulmuştur. Topraklara ait pH değeri 7,53 ile 8,23 arasında değişmiş ve ortalama 7,93 ± 0,24 ile hafif alkali olduğu tespit edilmiştir. Elektriksel iletkenliği 559 ± 173 µS/cm ile tarımsal açıdan herhangi bir tuzluluk problemi olmadığı belirlenmiştir. Organik madde bakımından orta (%2,10 ± 1,15) düzeyde ve geneli orta ve az kireç içeriğine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Toprak örneklerine ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler

Örnek No	pH	EC (µS/cm)	Oragnik madde (%)	Kireç ($CaCO_3$) (%)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	Tekstür sınıfı
1	8,19	563	2,06	8,6	22,2	8,3	69,6	Kumlu killi Tın
2	7,94	550	3,45	6,2	24,7	29,5	45,8	Tınlı
3	8,03	543	2,13	5,3	30,4	14,5	55,2	Kumlu killi Tın
4	7,6	785	0,62	11,8	28,6	16,7	54,7	Kumlu killi Tın
5	8,03	220	2,16	3,5	5,5	16,2	78,3	Tınlı Kum
6	8,18	245	1,75	3,8	16,0	16,5	67,5	Kumlu Tın
7	7,97	588	1,83	4,6	30,5	22,8	46,7	Kumlu killi Tın
8	8,23	456	1,44	3,6	32,1	26,2	41,7	Killi Tın
9	7,58	789	5,13	4,0	18,0	26,8	55,2	Kumlu Tın
10	7,53	665	1,97	2,8	34,9	27,1	38,0	Killi Tın
11	7,93	611	2,33	2,0	43,4	25,1	31,5	Killi
12	8,07	567	1,70	4,9	33,0	25,2	41,8	Killi Tın
13	7,77	690	0,76	4,1	43,5	27,3	29,2	Killi
En küçük	7,53	220	0,62	2,0	5,5	8,3	29,2	
En büyük	8,23	789	5,13	11,8	43,5	29,5	78,3	
Ortalama	**7,93**	**559**	**2,10**	**5,0**	**27,9**	**21,7**	**50,4**	
Sd	**0,24**	**173**	**1,15**	**2,6**	**10,7**	**6,5**	**14,9**	

4.2. Ağır Metaller İçin Kullanılan Yöntemlerin Validasyonu (Doğruluk Testi)

Kral suyu yaş yakma yöntemi için elde edilen deneysel sonuçların doğruluğunu test etmek için NIM-GBW07425 (toprak) standart referans madde kullanılmıştır. Standart referans maddesindeki elementlerin geri kazanımları %89 ile %94 arasında değiştiği görülmüştür (Çizelge 4.2).

Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen deneysel sonuçları belgelemek ve

kullanılan yöntemin güvenilirliğini değerlendirmek için BCR-701 (göl sedimenti) Standart Referans Materyali kullanılmıştır. Bu kapsamda, değiştirilebilir fraksiyon (F_1) için standart referans materyaldeki ağır metaller için geri kazanımların %92 ile %104 arasında olduğu tespit edilmiştir. İndirgenebilir fraksiyonu (F_2) için %91 ile %95 aralığında ve oksitlenebilir fraksiyonu (F_3) için %88 ile %106 aralığında bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Sertifikalı referans maddelere ait ölçülen metal konsantrasyonları (ortalama ± standart sapma, µg/g) ve geri kazanım (G.K.) değerleri (%), n=3

Metaller	BCR 701 (Göl sedimenti)								
	Değişebilir (F_1)			İndirgenebilir (F_2)			Oksitlenebilir (F_3)		
	Sertifika	Ölçülen	G.K. (%)	Sertifika	Ölçülen	G.K. (%)	Sertifika	Ölçülen	G.K. (%)
Cd	7,34 ± 0,35	7,65 ± 0,45	104,2	3,77 ± 0,28	3,45 ± 0,33	91,5	0,27 ± 0,06	0,28 ± 0,10	103,7
Cr	2,26 ± 0,16	2,08 ± 0,21	92,0	45,7 ± 2,0	41,4 ± 3,2	90,6	143 ± 7	128 ± 9	89,5
Cu	49,3 ± 1,7	45,6 ± 2,4	92,5	124 ± 3	114 ± 6	91,9	55,2 ± 4,0	57,4 ± 5,3	104,0
Ni	15,4 ± 0,9	14,1 ± 1,1	91,6	26,6 ± 1,3	23,7 ± 2,7	89,1	15,3 ± 0,9	13,6 ± 1,1	88,9
Pb	3,18 ± 0,21	2,92 ± 0,36	91,8	126 ± 3	118 ± 7	93,7	9,30 ± 2,0	8,2 ± 1,8	88,2
Zn	205 ± 6	188 ± 9	91,7	114 ± 5	108 ± 6	94,7	45,7 ± 4,0	48,4 ± 4,6	105,9

Metaller	NIM-GBW07425 (Toprak)		
	Sertifika	Ölçülen	G.K. (%)
Cd	0,13 ± 0,01	0,11 ± 0,02	89,6
Cr	59,0 ± 3,0	54,2 ± 4,2	91,9
Cu	21,4 ± 1,2	19,8 ± 1,5	92,5
Ni	25,4 ± 1,3	24,8 ± 2,3	97,6
Pb	24,7 ± 1,4	22,1 ± 2.2	89,5
Zn	65,0 ± 5,0	61,3 ± 6,1	94,3

4.3. Toprak Örneklerinin Toplam Ağır Metal İçerikleri

Toprak örneklerine ait toplam ağır metal konsantrasyonları ve tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.3'de sunulmuştur. Toprak örneklerinde ortalama toplam Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonları sırasıyla 1,75 ± 0,32, 102,2 ± 49,2, 46,63 ± 25,47, 117,6 ± 79,5, 68,85 ± 27,10, 72,79 ± 35,87 µg/g olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının ağır metal konsantrasyonları geniş bir aralıkta değişmektedir. Ağır metallerin ortalama değeri bakımında sıralaması Ni > Cr > Zn > Pb > Cu > Cd şeklindedir.

Genellikle litojenik kökene sahip Cr ve Ni elementlerinin tarım topraklarında yüksek bulunmasının sahadaki toprakların ağırlıklı olarak bazaltik karakterli kayaçlardan türemiş olmasından kaynaklandığı kanısına varılmıştır. Ayrıca, özellikle örnekleme yapılan ilk 4 alanda Cr ve Ni değerlerinin oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Kepez ovasından alınan bu örneklerin yüksek Cr ve Ni değerlerine sahip olmasının nedeni, Kepez ovasına

çevrede bulunan özellikle serpantin kayaçlarının etkisi olduğu düşünülmüştür (Şekil 3.1).

Çizelge 4.3. Toprakların toplam ağır metal içerikleri (µg/g)

Örnek No	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
1	1,81	172,40	51,45	245,65	68,65	60,35
2	1,92	179,98	113,85	236,15	57,05	61,50
3	1,88	166,55	70,20	224,33	60,30	50,45
4	1,58	163,93	34,60	214,85	44,88	49,58
5	1,12	56,41	28,86	55,31	38,28	32,35
6	1,77	50,03	21,07	48,90	54,44	35,29
7	1,69	79,05	34,94	71,53	61,35	51,45
8	1,23	73,25	30,24	66,28	55,96	62,20
9	2,24	54,61	74,20	47,87	95,18	145,95
10	1,62	75,38	36,77	72,03	82,78	105,20
11	1,89	80,68	34,66	77,23	57,04	72,60
12	2,20	82,00	36,27	70,63	143,63	135,95
13	1,78	93,70	39,04	98,18	75,49	83,45
En küçük	1,12	50,03	21,07	47,87	38,28	32,35
En büyük	2,24	179,98	113,85	245,65	143,63	145,95
Ortalama	**1,75**	**102,15**	**46,63**	**117,61**	**68,85**	**72,79**
Sd	**0,32**	**49,20**	**25,47**	**79,48**	**27,10**	**35,87**
Tarım toprakları*	0,2-1,0	70-100	20-30	50	10-30	50

*Tarımsal topraklar için genel yaygın değer (Alloway, 2013).

Elde edilen ağır metal sonuçları tarım toprakları için genel ortalamalar ile karşılaştırıldığında, bütün ağır metal ortalama değerlerinin genel değerlerin üzerinde çıktığı görülmüştür. Cd ve Pb bütün noktalarda bu değerlerin üzerine çıkarken, diğer metallerin bazı lokasyonlarda bu değerlerin altında olduğu görülmüştür.

Elde edilen sonuçlara göre Cd ve Pb konsatrasyonlarının tüm noktalarda yüksek çıkması, bu metallerin kent etkisiyle birikim sergileyebileceğine işaret etmiştir. Diğer yandan, elde edilen bulgular ana materyal etkisinin her yerde aynı olmadığına işaret etmiştir. Bütün sonuçlar genel olarak çalışma alanında ağır metal birikimi meydana geldiğine işaret etmiştir. Bu durum sadece mevcut kontaminasyonu göstermekle kalmayıp ayrıca ağır metaller için çok iyi bir alıcı ortam olan toprakların uzun süre devam eden bir biriktirme senaryosunu da tarif edebilmektedir.

4.4. Toprak Örneklerinde Ağır Metallerin Jeokimyasal Fraksiyonları

4.4.1. Genel Bakış

Ağır metallerin biyoalınabilirliği, hareketliliği ve hareketsizliği çoğunlukla ilgili metallerin toprak matriksinde bağlanma biçimleriyle ilgilidir. Genel olarak, farklı jeokimyasal fraksiyonlarda bulunan metal hareketliliği ve biyoalınabilirliği $F_1 > F_2 > F_3 > F_4$ sıralamasına sahiptir (Zimmerman ve Weindorf 2010). BCR ardışık ekstraksiyon prosedüründen elde edilen ağır metal fraksiyonları ortalama değerler ve yüzde dağılım olarak Şekil 4.1'de sunulmuştur. Şekil incelendiğinde her bir elementin farklı fraksiyonlarda farklı oranlarda bulunduğu görülmektedir. Ağır metallerin her bir fraksiyondaki oranlarının sıralaması aşağıdaki gibi olmuştur:

Cd : $F_4 > F_1 > F_2 > F_3$

Cr : $F_4 > F_3 > F_2 > F_1$

Cu : $F_4 > F_2 > F_3 > F_1$

Ni : $F_4 > F_2 > F_3 > F_1$

Pb : $F_4 > F_2 > F_1 > F_3$

Zn : $F_4 > F_2 > F_1 > F_3$

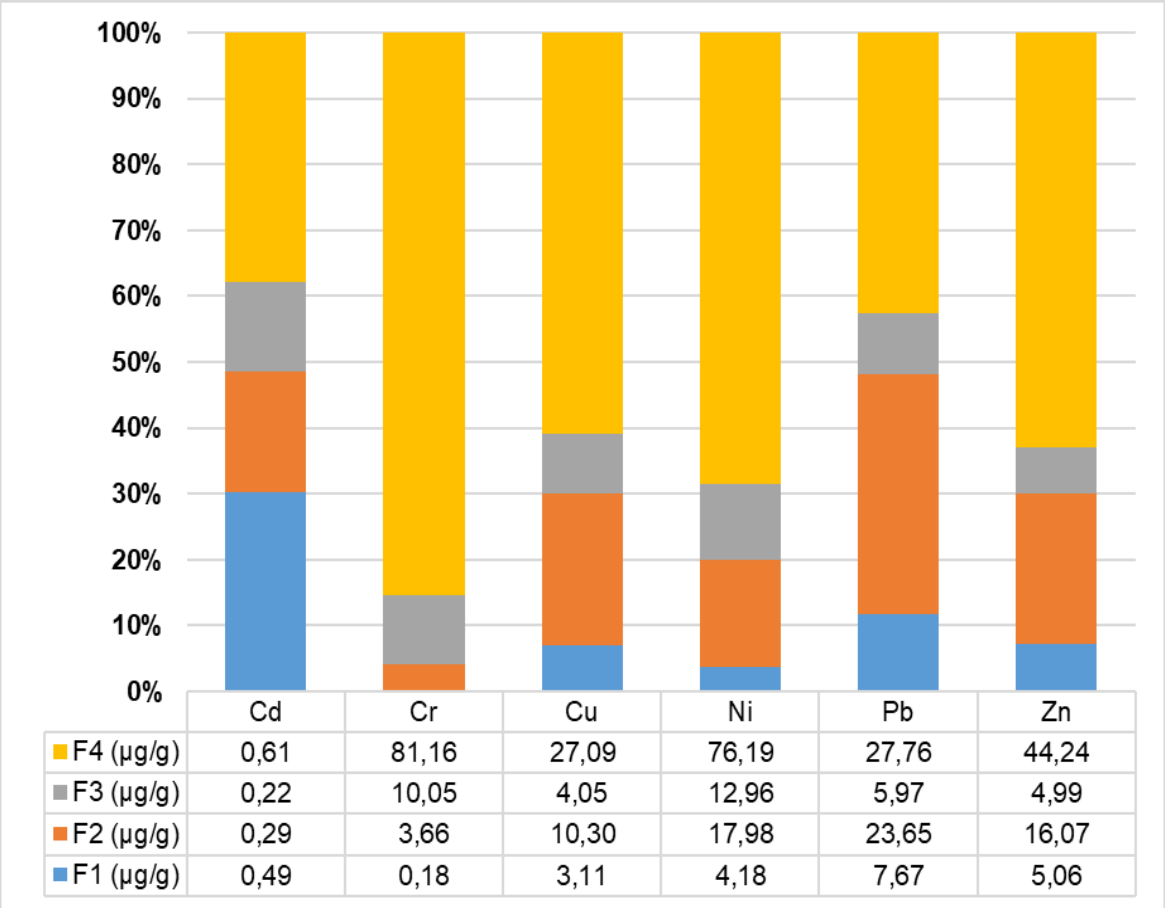
Çalışma alanı toprak numunelerindeki farklı konsantrasyonlarda bulunmasına rağmen, tüm metaller kalıntı (F_4) fraksiyonda dominant olarak tespit edilmiştir. Cu, Ni, Pb ve Zn metallerinin ikincil olarak indirgenebilir (F_2) fraksiyonunda dominant olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla F_2 fraksiyonu bu metaller için kalıntı fraksiyonu dışında kalan kısımlar için temel birikim formu olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan Cr ikincil olarak F_3 fraksiyonunda dominant iken Cd ise F_1 fraksiyonunda dominant olarak tespit edilmiştir.

Ardışık ekstraksiyon yöntemi ile ekstrakte edilen ağır metal miktarları ile ilgili olarak, ilk üç fraksiyonun konsantrasyonları ($F_1+_2+_3$) mobil fraksiyonlar olarak kabul edilmektedir (Rauret, 1998). BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile ağır metal fraksiyonlarının ortalama miktarı Şekil 4.1'de oransal dağılım olarak verilmiştir. Toprak numuneleri için ilk üç fraksiyonun (asit ile çözülebilir/değişebilir + indirgenebilir + oksitlenebilir) toplamına dayanan ağır metallerin ekstrakte edilebilirlik sırası (potansiyel mobilitesi) aşağıdaki gibidir (Şekil 4.1):

Cd (~% 62) > Pb (~% 57) > Cu (~% 40) > Zn (~% 37) > Ni (~% 32) > Cr (~%15).

Toprak örneklerinde Cd ve Pb en hareketli elementler iken Cu, Zn, Ni ve Cr'nin daha az hareketli elementler olduğu görülmüştür. Kirlenmemiş topraklar ve sedimentlerin ağır metalleri, silikatlara ve birincil minerallere bağlı olduklarından, esas olarak hareketsizdir.

Bununla birlikte, kontamine topraklardaki ağır metaller son derece hareketlidir ve diğer fraksiyonlara bağlanmıştır.



	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
F4 (µg/g)	0,61	81,16	27,09	76,19	27,76	44,24
F3 (µg/g)	0,22	10,05	4,05	12,96	5,97	4,99
F2 (µg/g)	0,29	3,66	10,30	17,98	23,65	16,07
F1 (µg/g)	0,49	0,18	3,11	4,18	7,67	5,06

Şekil 4.1. Toprak örneklerinde ağır metallerin jeokimyasal fraksiyonlarına ait ortalama değerler ve yüzde dağılımları

Çalışmada elde edilen Cd ve Pb'nin mobil fraksiyonlarının hareketsiz (immobil) fraksiyonlardan daha yüksek bulunması muhtemelen antropojenik etkiler nedeniyle meydana gelmiştir. Çünkü litojenik kaynaklı ağır metaller daha çok toprak matriksine bağlı, yani silikatların yapısında bulunmaktadır. Ancak ileri derecede ayrışma sonucu toprak matriksine bağlı olan metaller serbest kalarak daha mobil formlara geçmektedir. Dolayısıyla daha mobil olan ağır metal fraksiyonları daha çok antropojenik kaynaklara işaret etmektedir. Çalışma alanında Cd ve Pb'nin daha yüksek mobilite seviyeleri, bu elementlerden kaynaklanan çevre kirliliğini ve tarımsal alanlarda toksiklik riski olduğunu gösterebilir.

4.4.2. Kadmiyum (Cd)

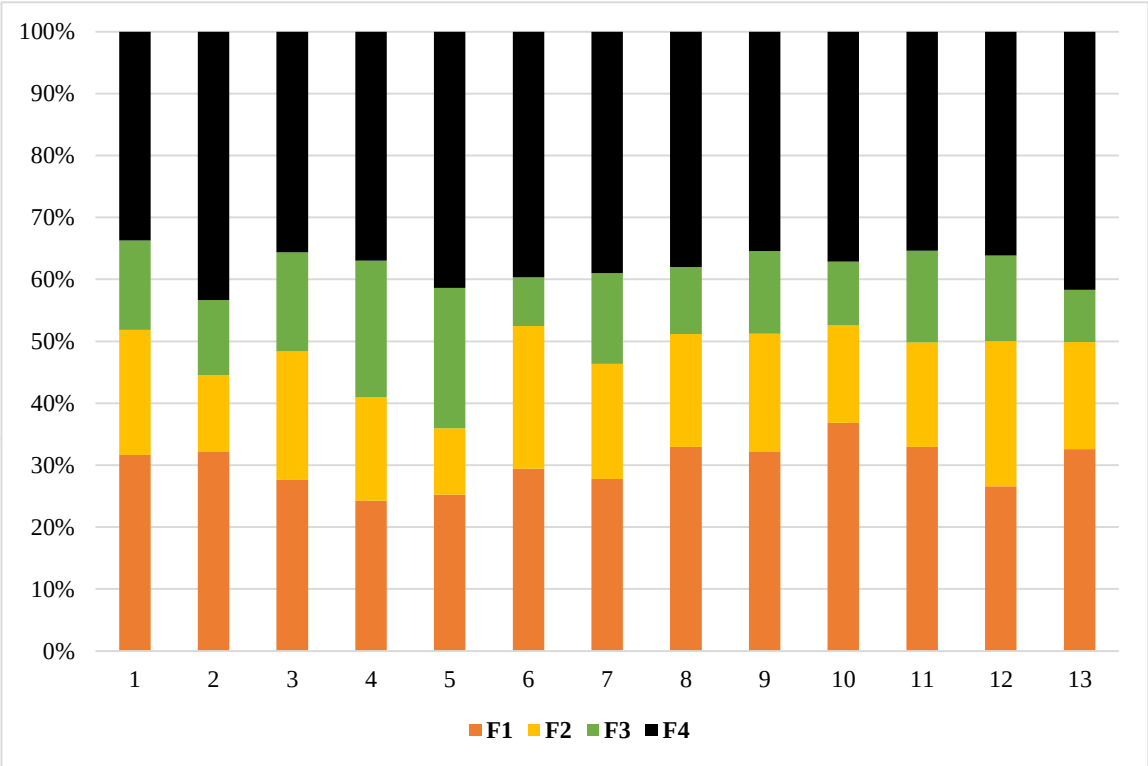
Toprak örneklerinde Cd'un her bir fraksiyondaki konsantrasyonları Çizelge 4.4'de ve fraksiyonel dağılımları Şekil 4.2'de sunulmuştur. Cd elementi F_1 fraksiyonunda 0,26 – 0,66 µg/g arasında ve ortalama 0,49 ± 0,11 µg/g 'dır. Değişebilir fraksiyon (F_1) genellikle insan kaynaklı faaliyetlerin bir sonucu olduğu kabul edilmekte ve adsorptif ve değiştirilebilir fraksiyonlar ile karakterize edilmektedir. Bu fraksiyon metallerin zayıf bağlanmış ve daha bioalınabilir olan kısmını içermekle (Jin ve ark., 2012) birlikte tüm örnekleme noktalarında %20'nin üzerinde çıkmıştır (Şekil 4.2).

Çizelge 4.4. Toprak örneklerinde kadmiyumun jeokimyasal fraksiyonlarda bulunan konsantrasyonları (µg/g)

Örnek No	F_1	F_2	F_3	F_4	Mobil (F_{1+2+3})	Σ ($F_{1+2+3+4}$)
1	0,52	0,33	0,24	0,55	1,09	1,64
2	0,58	0,22	0,22	0,78	1,02	1,81
3	0,48	0,36	0,28	0,62	1,11	1,73
4	0,36	0,25	0,33	0,55	0,94	1,49
5	0,26	0,11	0,23	0,43	0,60	1,03
6	0,47	0,37	0,13	0,63	0,96	1,59
7	0,44	0,29	0,23	0,61	0,96	1,58
8	0,38	0,21	0,12	0,43	0,71	1,14
9	0,66	0,39	0,27	0,72	1,32	2,04
10	0,57	0,24	0,16	0,58	0,98	1,55
11	0,58	0,30	0,26	0,63	1,15	1,77
12	0,55	0,48	0,28	0,74	1,31	2,06
13	0,53	0,28	0,14	0,67	0,94	1,61
min	0,26	0,11	0,12	0,43	0,60	1,03
max	0,66	0,48	0,33	0,78	1,32	2,06
ort	**0,49**	**0,29**	**0,22**	**0,61**	**1,01**	**1,62**
sd	0,11	0,09	0,07	0,11	0,20	0,29
% oran	30,26	18,21	13,73	37,79	62,21	100,00

Kadmiyum elementine ait F_2, F_3 ve F_4 fraksiyonlarındaki konsantrasyonu sırasıyla; 0,29 ± 0,09 µg/g, 0,22 ± 0,07 µg/g ve 0,61 ± 0,11 µg/g olarak belirlenmiştir. Diğer yandan fraksiyon toplamları (Σ) 1,62 ± 0,07 µg/g iken potansiyel mobil fraksiyonlarının (F_1+$_2$+$_3$) toplam ortalaması 1,01 ± 0,20 µg/g olduğu belirlenmiştir. Potansiyel mobil fraksiyonlarının ortalama yaklaşık %62 ile oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2). Bütün örnekleme noktalarında oldukça mobil halde bulunan Cd elementinin insan kaynaklı faaliyetler sonucu toprağa ulaştığı kanısına varılmıştır. Mobil olmayan F_4 fraksiyonunda Cd elementinin yaklaşık %38 olduğu ve bu miktarın toprak ana

materyalinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Bu sonuçlar Çanakkale kent merkezine bitişik tarım topraklarının Cd elementince kirlendiğine işaret etmektedir.



Şekil 4.2. Toprak örneklerinde kadmiyuma ait jeokimyasal fraksiyonların oransal dağılımı

Yüksek Cd seviyeleri ve yüksek mobilitesi; kent kaynaklı trafik, emisyonlar ve özellikle fosforlu ve azotlu gübreler olmak üzere aşırı tarımsal kimyasal kullanımından kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Kadmiyum ekosistemde çok ciddi sorunlara neden olabilir, çünkü oldukça hareketli, alınabilir ve toksiktir (Ghrefat ve ark. 2012). Tarımsal alanlarda yetiştirilen bitkilerin kolaylıkla alabileceği özellikle F_1 fraksiyonu gibi mobil fraksiyonların yüksek olması, çalışma alanı topraklarının Cd bakımından ilerki yıllarda kritik seviyelere doğru artan bir şekilde birikim sergileyebileceğini göstermektedir.

4.4.3. Krom (Cr)

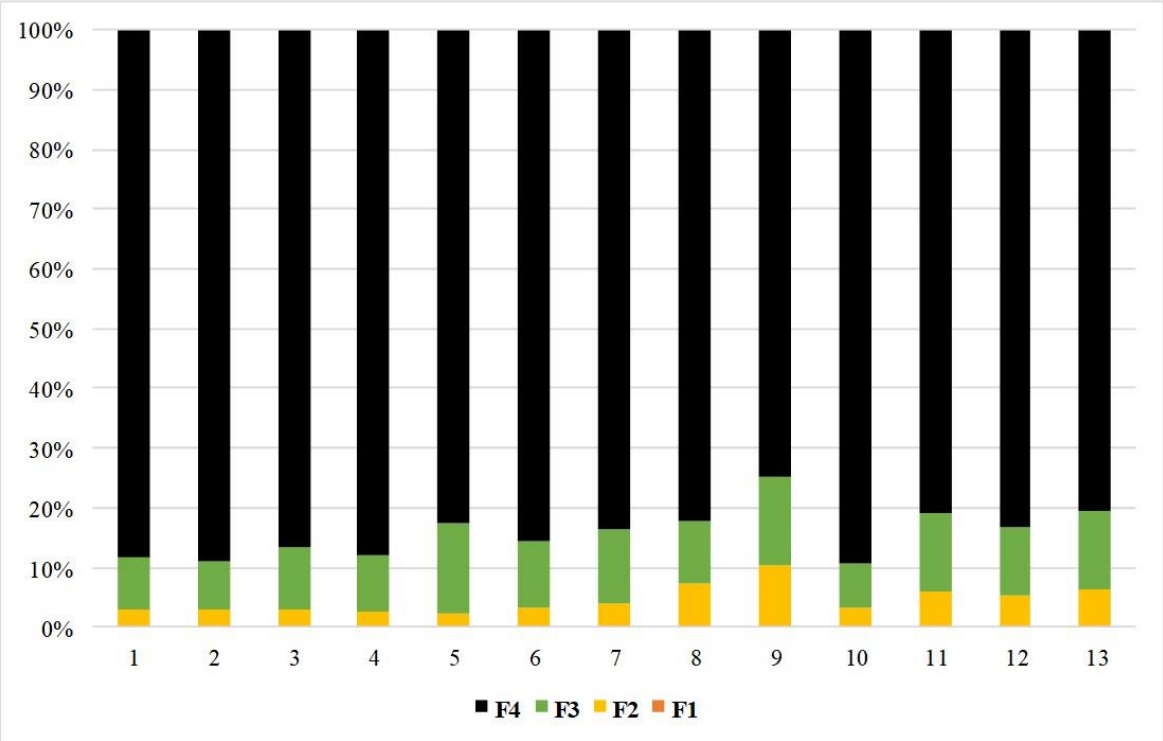
Çalışma kapsamında alınan toprak örneklerinde Cr elementine ait jeokimyasal fraksiyon konsantrasyonları Çizelge 4.5'de, her bir örnekleme noktasına ait fraksiyonel dağılımları ise Şekil 4.3'de sunulmuştur. Cr elementinin F_1, F_2, F_3 ve F_4 fraksiyonlarında ortalam konsantrasyonunun sırasıyla; 0,18 ± 0,06 µg/g, 3,66 ± 1,35 µg/g, 10,05 ± 3,34 µg/g ve 81,16 ± 40,43 µg/g olduğu tespit edilmiştir. Potansiyel mobil miktarının 13,89 ±

15 µg/g ve oransal dağılımın yaklaşık %15 olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.3). Örnekleme noktaları arasında çok büyük farklılıklar olmamakla birlikte 9 numaralı örneğin diğer noktalara göre daha fazla mobil olduğu görülmüştür (Şekil 4.3). Bu farklılığın ana yol üzerinde bulunan bir elma bahçesinde alınan toprağın yoğun trafikten etkilenebileceği düşünülmüştür.

Çizelge 4.5. Toprak örneklerinde kromun jeokimyasal fraksiyonlarda bulunan konsantrasyonları (µg/g)

Örnek No	F_1	F_2	F_3	F_4	Mobil (F_{1+2+3})	Σ ($F_{1+2+3+4}$)
1	0,25	4,64	13,44	139,90	18,33	158,23
2	0,25	4,29	12,97	143,48	17,51	160,98
3	0,22	3,98	16,07	130,70	20,27	150,97
4	0,29	4,01	14,59	138,25	18,88	157,13
5	0,18	1,09	8,63	47,03	9,90	56,93
6	0,15	1,47	5,84	44,21	7,45	51,67
7	0,12	2,65	8,99	60,35	11,76	72,11
8	0,10	4,80	7,12	55,62	12,02	67,64
9	0,20	5,23	8,02	39,67	13,45	53,12
10	0,11	2,32	5,59	66,35	8,03	74,38
11	0,12	4,17	9,51	58,93	13,80	72,73
12	0,19	3,85	8,66	62,48	12,70	75,18
13	0,13	5,12	11,22	68,13	16,47	84,60
min	*0,10*	*1,09*	*5,59*	*39,67*	*7,45*	*51,67*
max	*0,29*	*5,23*	*16,07*	*143,48*	*20,27*	*160,98*
ort	***0,18***	***3,66***	***10,05***	***81,16***	***13,89***	***95,05***
sd	*0,06*	*1,35*	*3,34*	*40,43*	*4,15*	*43,89*
% oran	*0,19*	*3,85*	*10,57*	*85,39*	*14,61*	*100,00*

Genel olarak tüm veriler değerlendirildiğinde, Cr elementinin daha çok hareketsiz form olan F_4 fraksiyonunda baskın olduğu görülmüştür. Kirlenmemiş topraklarda bulunan ağır metaller, silikatlara ve birincil minerallere bağlı olduklarından, esas olarak hareketsizdir. Dolayısıyla F_4 fraksiyonunda baskın olan Cr elementi bu çalışma örneklerinde oldukça düşük oranlarda hareketli bulunmuştur. Bu sonuçlar Cr elementinin daha çok ana materyalin etkisinde olduğuna işaret etmiştir.



Şekil 4.3. Toprak örneklerinde kroma ait jeokimyasal fraksiyonların oransal dağılımı

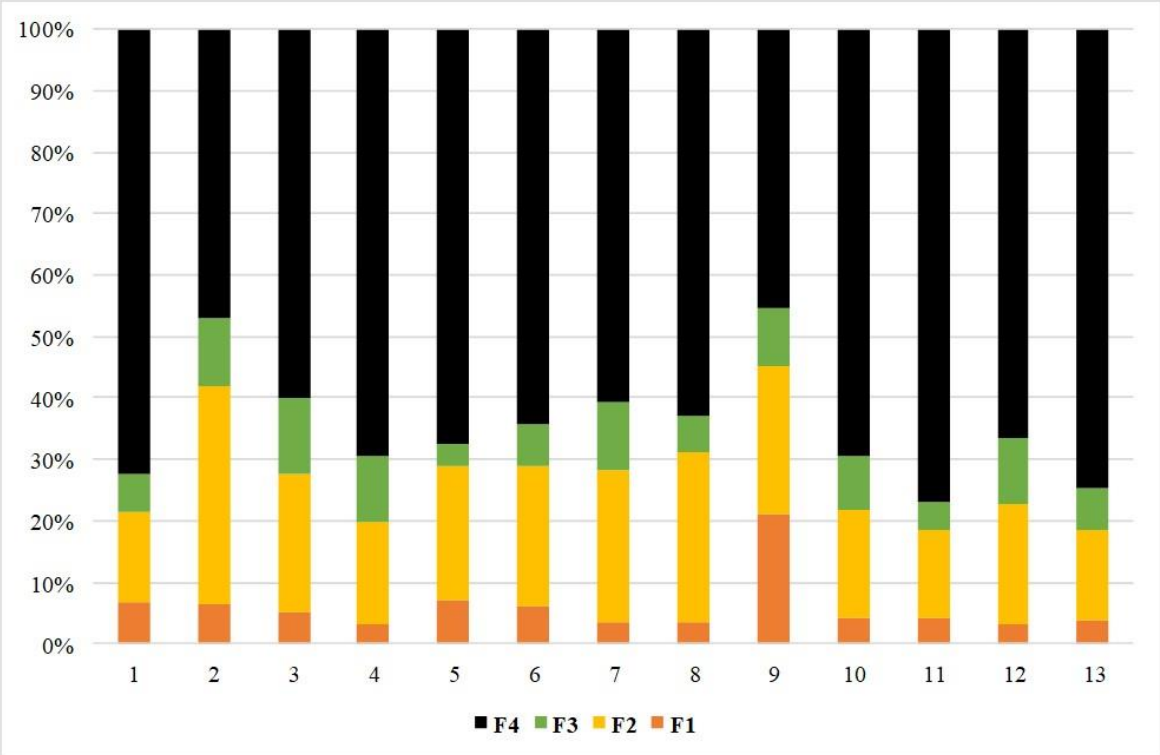
4.4.4. Bakır (Cu)

Tez çalışması kapsamında alınan toprak örneklerine ait Cu elemntinin her bir fraksiyondaki konsantrasyonları Çizelge 4.6'da ve fraksiyonların oransal dağılımları ise Şekil 4.4'de verilmiştir. Çizelge 4.6 incelendiğinde, Cu elementinin F_1, F_2, F_3 ve F_4 fraksiyonlarında ortalam konsantrasyonunun sırasıyla; 3,11 ± 3,99 µg/g, 10,30 ± 9,50 µg/g, 4,05 ± 3,36 µg/g ve 27,09 ± 10,88 µg/g olduğu tespit edilmiştir. Potansiyel mobil miktarının 17,46 ± 15,41 µg/g ve oransal dağılımın yaklaşık %39 olduğu (Şekil 4.4) tespit edilmiştir.

Bakır topraktaki en hareketsiz ağır metallerden biridir (Pais ve Jones 2000). Örnekleme noktaları arasında farklılıklar olmakla beraber 2 ve 9 numaralı örneklerin oldukça mobil (>%50) olduğu görülmüştür (Şekil 4.4). Ayrıca toplam değer bakımından da bu iki noktada Cu oldukça yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur. 2 ve 9 numaralı örneklerin elma bahçelerinden alınmıştır (Çizelge 3.1). Bu durumun çalışma alanında kentsel emisyonlarla birlikte, Cu içerikli tarımsal kimyasalların (özellikle bordo bulamacı ve Cu içerikli pestisitler) yoğun olarak kullanılmasının bir sonucu olduğu düşünülmüştür.

Çizelge 4.6. Toprak örneklerinde bakırın jeokimyasal fraksiyonlarda bulunan konsantrasyonları (µg/g)

Örnek No	F_1	F_2	F_3	F_4	Mobil (F_{1+2+3})	Σ ($F_{1+2+3+4}$)
1	3,25	7,30	2,90	35,45	13,44	48,89
2	7,04	38,98	12,49	51,63	58,51	110,14
3	3,61	15,90	8,74	42,13	28,25	70,37
4	1,02	5,58	3,46	22,99	10,05	33,04
5	1,89	5,95	1,01	18,34	8,85	27,18
6	1,16	4,39	1,36	12,37	6,91	19,28
7	1,15	8,06	3,61	19,72	12,82	32,53
8	1,01	7,93	1,72	18,03	10,66	28,69
9	15,13	17,10	6,92	32,40	39,14	71,54
10	1,34	5,88	2,88	23,12	10,11	33,22
11	1,32	4,79	1,47	25,30	7,58	32,88
12	1,10	6,39	3,51	22,02	11,00	33,02
13	1,47	5,68	2,58	28,70	9,72	38,42
min	1,01	4,39	1,01	12,37	6,91	19,28
max	15,13	38,98	12,49	51,63	58,51	110,14
ort	**3,11**	**10,30**	**4,05**	**27,09**	**17,46**	**44,56**
sd	3,99	9,50	3,36	10,88	15,41	25,20
% oran	6,99	23,12	9,09	60,80	39,20	100,00



Şekil 4.4. Toprak örneklerinde bakıra ait jeokimyasal fraksiyonların oransal dağılımı

Bakır elementinin mobil fraksiyonlar içerisinde en fazla F_2 fraksiyonunda olduğu Şekil 4.4'de açık bir şekilde görülmektedir. Bu durum çalışma alanlarında toprağın yüksek nem içeriklerine bağlı olarak redoks koşullarının belirleyici bir rol oynadığı sinyalini vermiştir. Oluştuktan sonra, demir ve manganez oksit türlerinin kristal kafesindeki diğer katyonların tutulması, toprak ve su ortamlarında metallerin daha az hareketli ve biyolojik olarak kullanılabilir olmaları açısından tecrit edilmesi için önemli bir mekanizma olabilir (Sparks, 2005). Bununla birlikte, bu formda tutulan ağır metaller, toprağın redoks durumlarında meydana gelen değişimler sonucu serbest bırakılabildiğinden uzun süreli bir kirlenme kaynağı olabilir.

4.4.5. Nikel (Ni)

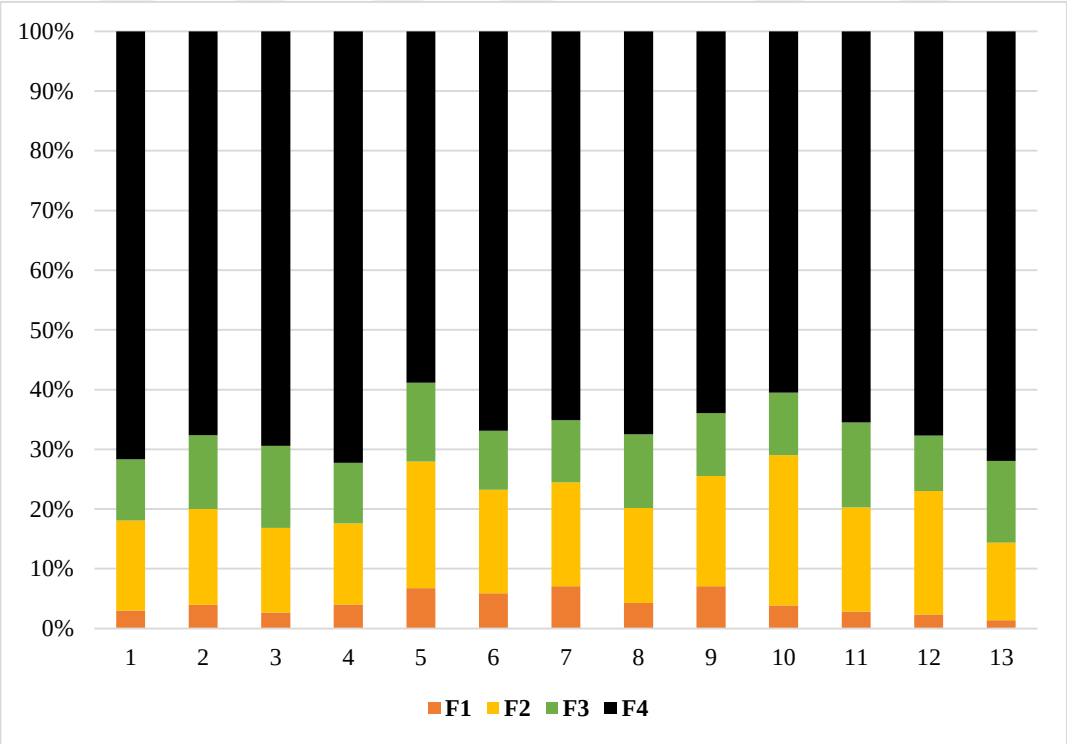
Çalışma kapsamında alınan toprak örneklerinde Ni elementine ait jeokimyasal fraksiyon konsantrasyonları Çizelge 4.7'de, her bir örnekleme noktasına ait fraksiyonel dağılımları ise Şekil 4.5'de verilmiştir. Ni elementinin F_1, F_2, F_3 ve F_4 fraksiyonlarında ortalam konsantrasyonunun sırasıyla; 4,18 ± 2,53 µg/g, 17,98 ± 10,13 µg/g, 12,96 ± 8,95 µg/g ve 76,19 ± 53,88 µg/g olduğu tespit edilmiştir. Potansiyel mobil miktarının 35,12 ± 20,94 µg/g ve oransal dağılımın yaklaşık %32 olduğu (Şekil 4.5) belirlenmiştir.

Örnekleme noktaları arasında çok büyük farklılıklar olmamakla birlikte 5 ve 10 numaralı örneklerin diğer noktalara göre daha fazla mobil olduğu görülmüştür (Şekil 4.3). Bu farklılık toplam konsantrasyoın bakımından düşük Ni içeriğine sahip olan toprakların oransal olarak daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Başka bir ifade ile Ni bakımında yüksek konsantrasyonlara sahip olmasa dahi daha çözünür Ni içeriklerine sahip olduğunu göstermektedir.

Genel olarak, Ni elementinin daha çok hareketsiz form olan F_4 fraksiyonunda baskın olduğu görülmüştür. Kirlenmemiş topraklarda bulunan ağır metaller, silikatlara ve birincil minerallere bağlı olduklarından, esas olarak hareketsizdir. Bu sonuçlar Ni elementinin daha çok ana materyalin etkisinde olduğuna işaret etmiştir. Toplam konsantrasyonlar bakımından oldukça farklı Ni içeriklerine sahip olan toprak örneklerinin farklı ana materyallerin etkisini yansıttığına işaret etmiştir. Diğer yandan neredeyse tüm örneklerde Ni elementinin potansiyel mobil oranı %30'un üzerinde bulunmuştur. Genel anlamda ana materyal kaynaklı olan elementlerden biri olan Ni için aynı zamanda insan kaynaklı faktörlerinde etkili olduğu kanısını uyandırmıştır.

Çizelge 4.7. Toprak örneklerinde nikelin jeokimyasal fraksiyonlarda bulunan konsantrasyonları (µg/g)

Örnek No	F_1	F_2	F_3	F_4	Mobil (F_{1+2+3})	Σ ($F_{1+2+3+4}$)
1	6,72	33,49	22,81	159,47	63,02	222,49
2	8,80	35,54	27,37	149,81	71,70	221,51
3	5,67	30,39	29,29	148,53	65,35	213,89
4	8,46	28,69	21,49	152,56	58,63	211,19
5	3,47	10,92	6,80	30,26	21,18	51,44
6	2,89	8,53	4,86	32,90	16,28	49,19
7	4,96	12,18	7,31	45,63	24,44	70,06
8	2,67	9,89	7,70	42,05	20,25	62,30
9	3,26	8,55	4,89	29,61	16,70	46,32
10	2,70	17,63	7,31	42,34	27,63	69,97
11	1,97	12,17	9,89	45,67	24,04	69,71
12	1,56	13,57	6,07	44,47	21,20	65,67
13	1,27	12,14	12,78	67,22	26,18	93,40
min	*1,27*	*8,53*	*4,86*	*29,61*	*16,28*	*46,32*
max	*8,80*	*35,54*	*29,29*	*159,47*	*71,70*	*222,49*
ort	***4,18***	***17,98***	***12,96***	***76,19***	***35,12***	***111,32***
sd	*2,53*	*10,13*	*8,95*	*53,88*	*20,94*	*74,51*
% oran	*3,76*	*16,15*	*11,65*	*68,45*	*31,55*	*100,00*



Şekil 4.5. Toprak örneklerinde nikele ait jeokimyasal fraksiyonların oransal dağılımı

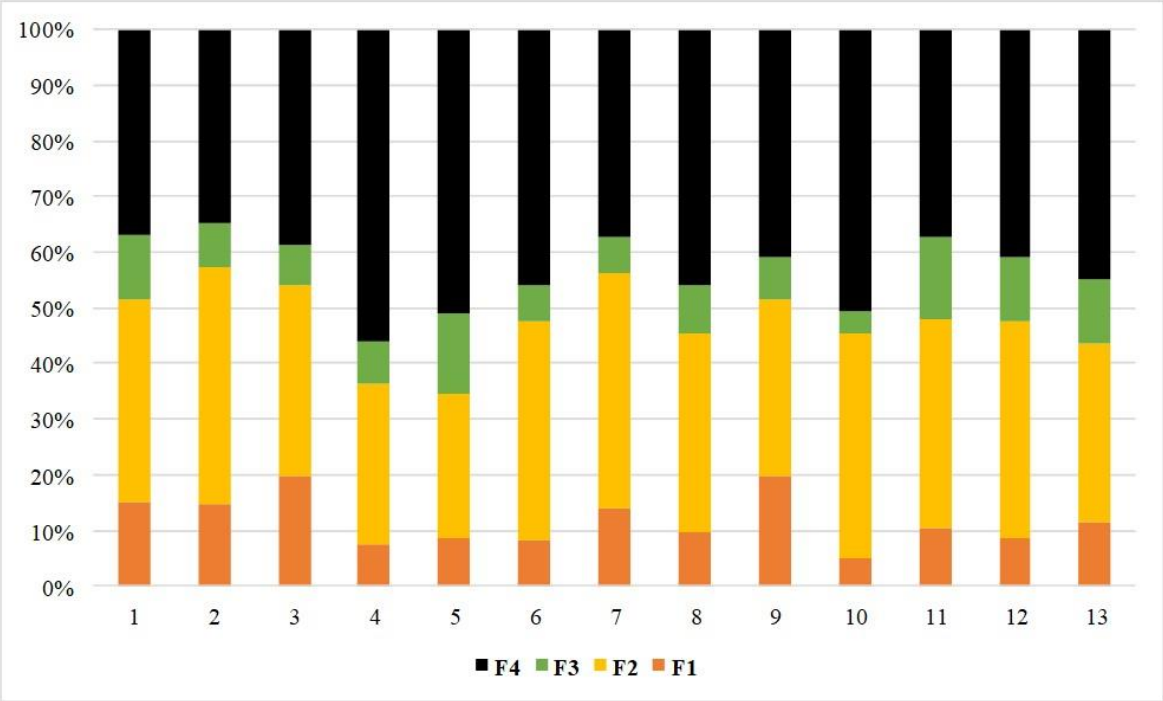
4.4.6. Kurşun (Pb)

Toprak örneklerinde kurşunun her bir fraksiyondaki konsantrasyonları Çizelge 4.8'de ve fraksiyonel dağılımları Şekil 4.6'da sunulmuştur. Çizelge incelendiğinde Pb elementinin F_1 fraksiyonunda ortalama 7,67 ± 4,28 µg/g, F_2 fraksiyonunda 23,65 ± 10,71 µg/g, F_3 fraksiyonunda 5,97 ± 3,36 µg/g ve F_4 fraksiyonunda 27,76 ± 10,92 µg/g olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.8. Toprak örneklerinde kurşunun jeokimyasal fraksiyonlarda bulunan konsantrasyonları (µg/g)

Örnek No	F_1	F_2	F_3	F_4	Mobil (F_{1+2+3})	Σ ($F_{1+2+3+4}$)
1	9,25	22,43	6,98	22,78	38,67	61,44
2	8,00	22,88	4,37	18,80	35,25	54,05
3	11,00	18,92	3,84	21,45	33,76	55,22
4	3,04	11,72	3,09	22,81	17,85	40,66
5	3,17	9,60	5,38	18,89	18,14	37,03
6	4,16	19,62	3,35	23,03	27,12	50,15
7	8,13	24,23	3,79	21,57	36,15	57,73
8	5,00	18,87	4,57	24,26	28,45	52,71
9	18,28	29,63	7,06	38,16	54,98	93,14
10	4,06	33,62	3,34	41,85	41,02	82,87
11	6,00	21,26	8,48	21,14	35,74	56,87
12	11,66	52,47	15,28	55,09	79,42	134,51
13	8,00	22,20	8,04	31,10	38,24	69,35
min	3,04	9,60	3,09	18,80	17,85	37,03
max	18,28	52,47	15,28	55,09	79,42	134,51
ort	**7,67**	**23,65**	**5,97**	**27,76**	**37,29**	**65,056**
sd	4,28	10,71	3,36	10,92	15,94	25,91
% oran	11,80	36,35	9,17	42,68	57,32	100,00

Pb en fazla F_2 fraksiyonunda bulunmakla beraber bu sonuç Pb'nin daha çok Fe-Mn oksitler tarafından adsorbe edilmiş veya onlarla çökelmiş olduğuna işaret etmiştir. Ancak bu fraksiyonda tutulan Pb, indirgenme koşullarında bağlandığı yerlerden serbest bırakılabilir. F_2 fraksiyonunda antropojenik Pb birikimi, Fe ve Mn sulu oksitlerin toprakta Pb'nin önemli tutucuları olduğunu göstermekte ve erken dönemdeki hareketliliğin kontrol edilmesinde önemli rol oynayabileceğini işaret etmiştir.



Şekil 4.6.. Toprak örneklerinde kurşuna ait jeokimyasal fraksiyonların oransal dağılımı

Örnekleme noktalarına bakıldığında, 4, 5 ve 10 numaralı örnekler dışında kalan tüm örnekleme noktalarında Pb elemntinin oldukça mobil olduğu (> %50) görülmüştür (Şekil 4.6). 4, 5 ve 10 örneklerin diğer örneklere göre daha az trafik etkisinde kalmasından dolayı daha az mobil olduğu düşünülmüştür. Genel olarak bakıldığında kent merkezine bitişik tarım topraklarının Pb içerikleri üzerinde insan faaliyetlerinin baskın olduğu düşünülmüştür. Kentleşmenin, buna bağlı olarak artan trafik, sanayileşme ve fosil yakıtların kullanımıyla yapılan ısınma sonucu ortaya çıkan emisyonların Pb değeri üzerinde baskın bir rol oynadığı kanısına varılmıştır. Literatürde özellikle Pb ile ilgili yapılan çalışmalarda bu metallerin atmosferik çökelme ve insan faktörlü etkilerle toprak yüzeyinde biriktiği vurgulanmıştır (Yang ve ark., 2001; Hernandez ve ark., 2003; Nicholson ve ark., 2003).

4.4.7. Çinko (Zn)

Toprak örneklerinde çinkonun her bir fraksiyondaki konsantrasyonları Çizelge 4.9'da ve fraksiyonel dağılımları Şekil 4.7'de sunulmuştur. Çizelge incelendiğinde Zn elementinin F_1 fraksiyonunda ortalama 5,06 ± 4,47 µg/g, F_2 fraksiyonunda 16,07 ± 13,01 µg/g, F_3 fraksiyonunda 4,99 ± 4,36 µg/g ve F_4 fraksiyonunda 44,24 ± 16,24 µg/g olduğu görülmüştür.

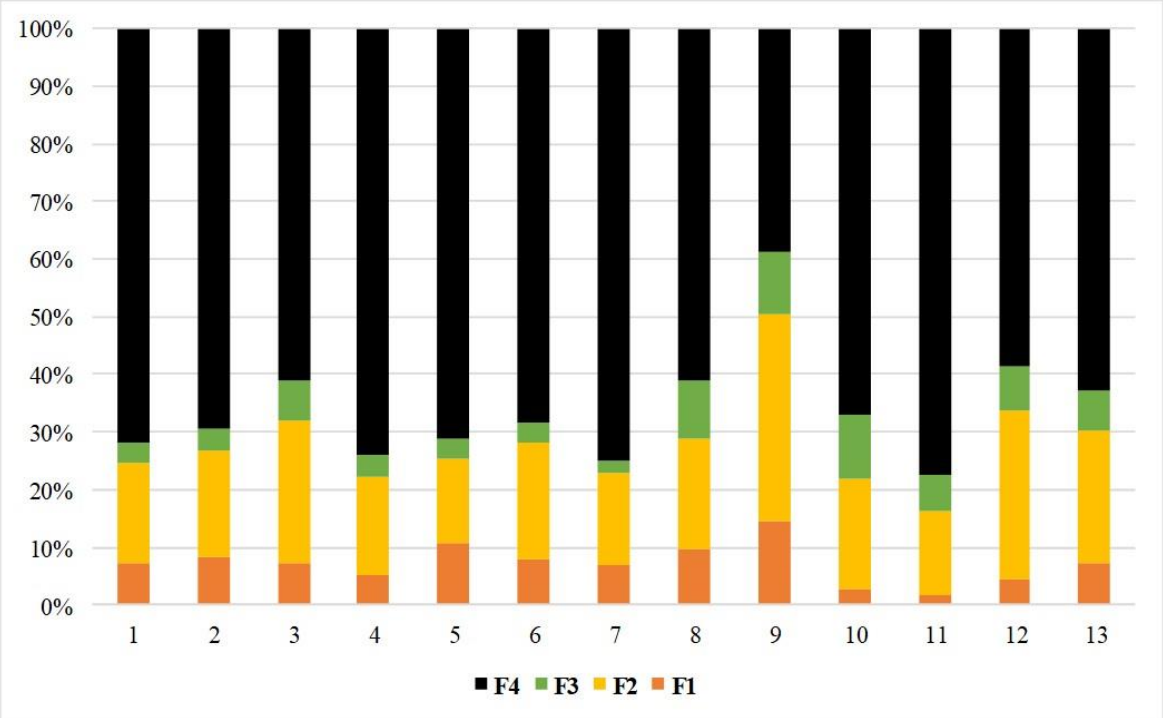
Oransal değerlere bakıldığında Zn elementi en fazla F_4 fraksiyonunda ikinci olarak

en fazla F_2 fraksiyonunda bulunmuştur. Örnekleme noktaları arasında farklı konsantrasyonlarda bulunmakla beraber Zn, 9 numaralı örnekleme noktasında oldukça mobil bulunmuştur (Şekil 4.7). Potansiyel mobilitesi %60'ın üzerinde çıkan 9 numaralı örnek (ana yol üzeri, elma bahçesi) yine Cu elementinde olduğu gibi kentsel emisyonlarla birlikte, Zn içerikli tarımsal kimyasalların yoğun olarak kullanılmasının bir sonucu olduğu düşünülmüştür

Çizelge 4.9. Toprak örneklerinde çinkonun jeokimyasal fraksiyonlarda bulunan konsantrasyonları (µg/g)

Örnek No	F_1	F_2	F_3	F_4	Mobil (F_{1+2+3})	Σ ($F_{1+2+3+4}$)
1	4,30	10,10	2,01	41,78	16,40	58,19
2	5,17	11,69	2,39	43,81	19,25	63,06
3	3,63	12,56	3,48	30,88	19,67	50,54
4	2,62	8,77	2,12	38,03	13,51	51,54
5	3,40	4,67	1,13	22,71	9,20	31,92
6	2,65	7,01	1,20	23,29	10,85	34,14
7	3,55	7,98	1,18	37,88	12,71	50,58
8	5,52	11,07	5,69	35,09	22,28	57,37
9	19,13	47,90	14,43	51,41	81,45	132,86
10	2,69	19,13	11,18	66,84	32,99	99,83
11	1,21	10,10	4,15	53,31	15,46	68,77
12	6,03	39,41	10,38	79,28	55,81	135,09
13	5,92	18,59	5,49	50,78	30,00	80,78
min	*1,21*	*4,67*	*1,13*	*22,71*	*9,20*	*31,92*
max	*19,13*	*47,90*	*14,43*	*79,28*	*81,45*	*135,09*
ort	***5,06***	***16,07***	***4,99***	***44,24***	***26,12***	***70,359***
sd	*4,47*	*13,01*	*4,36*	*16,24*	*20,77*	*33,38*
% oran	*7,20*	*22,84*	*7,09*	*62,87*	*37,13*	*100,00*

Çinko, kil mineralleri, karbonatlar veya sulu oksitler tarafından kolayca adsorbe edilir ve değiştirilebilir formdadır (Rodriguez ve ark. 2009). Şekil 4.7 incelendiğinde, çinkonun özellikle F_2 fraksiyonunda yani sulu oksitler tarafından tutulduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla redoks şartlarının değişimi ile birlikte toprakta bulunan Zn kolaylıkla daha serbest form olan F_1 fraksiyonuna geçerek çevresel risk teşkil edebilir.



Şekil 4.7. Toprak örneklerinde çinkoya ait jeokimyasal fraksiyonların oransal dağılımı

4.5. Ağır Metallerin Çevresel Risk Değerlendirmesi

C_f çevre için ağır metal riski derecesinin önemli bir göstergesidir. Çalışma kapsamında alınan toprak örnekleri için hesaplanan ortalama değerler Çizelge 4.10'da gösterilmiştir. Değerlerin en yüksekten en düşüğe doğru sıralaması aşağıdaki gibidir:

Cd > Pb > Cu > Zn > Ni > Cr.

Elde edilen bulgulara göre, toprakların Cu (0,59), Zn (0,56), Ni (0,50) ve Cr (0,19) bakımından kirlenmediği, Cd (1,65) ve Pb (1,36) elementlerinin ise toprak numunelerinde düşük kirlenme sergilediğini ortaya koymuştur.

Ağır metallerin RAC sonuçları, Çizelge 4.10'da sunulmuştur. En yüksekten en düşüğe RAC değerlerinin sırası aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

Cd > Pb > Zn > Cu > Ni > Cr.

Cr (%0,21), Cu (%5,97), Ni (%4,24) ve Zn (%7,20) düşük risk oluştururken, Pb (%11,8) elementinin çevreye orta düzeyde bir risk oluşturduğu belirlenmiştir. Öte yandan Cd (%30,2) çevreye karşı yüksek risk oluşturduğu belirlenmiştir.

C_f ve RAC sonuçları birlikte değerlendirildiğinde Cd elementinin, kısmen de Pb elementinin, oldukça hareketli olduğunu ortaya koymuştur. Dolayısıyla Cd ve Pb elementlerinin toprak tarafından daha az kuvvetle tutulduğunu ve uzun vadede çevre üzerine yüksek riskler oluşturabileceğini göstermiştir.

Çizelge 4.10. Ağır metallere ait kirlilik faktörü (Cf) ve risk değerlendirme kodu (RAC) değerleri, n= 13

Metaller	C_f	RAC (%)
Cd	1,65 ± 0,2	30,2 ± 3,7
Cr	0,19 ± 0,06	0,21 ± 0,08
Cu	0,59 ± 0,28	5,97 ± 4,76
Ni	0,50 ± 0,10	4,24 ± 1,89
Pb	1,36 ± 0,34	11,8 ± 4,6
Zn	0,56 ± 0,33	7,20 ± 3,33

BÖLÜM 5
SONUÇ VE ÖNERİLER

Sunulan yüksek lisans tez çalışması, Çanakkale kent merkezine bitişik tarım topraklarından alınan örneklerin ağır metal (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn) içeriklerini, jeokimyasal fraksiyonlarını ve bu metallerin çevresel risklerini içermektedir. Kent merkezine bitişik tarım alanlarında alınan toprak örneklerinin toplam Cd konsantrasyonu 1,75 ± 0,32 µg/g olarak tespit edilmiştir. Cd elementinin jeokimyasal fraksiyondaki sıralaması $F_4 > F_1 > F_2 > F_3$ şeklinde bulunmuştur. Potansiyel mobil fraksiyonlarının (F_{1+2+3}) ortalama oranı yaklaşık %62 ile oldukça yüksek olduğu ve bunun insan kaynaklı kirliliğin bir göstergesi olduğu kanısına varılmıştır. Mobil olmayan F_4 fraksiyonunda Cd elementinin yaklaşık %38 olduğu ve bu miktarın toprak ana materyalinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Diğer yandan Cd elementine ait C_f değeri 1,65 (düşük kirlilik) ve RAC değerinin ise %30,2 (yüksek risk) olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu sonuçlar Çanakkale kent merkezine bitişik tarım topraklarının Cd elementince kirlendiğine işaret etmiştir.

Toprak örneklerine ait Cr değerlerinin ortalama 102,2 ± 49,2 µg/g olduğu belirlenmiştir. Cr elementine ait jeokimyasal fraksiyonların sıralaması ise $F_4 > F_3 > F_2 > F_1$ şeklinde olduğu belirlenmiştir. Potansiyel mobil miktarının 13,89 ± 15 µg/g ve oransal dağılımın yaklaşık %15 olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan Cr elementinin daha çok hareketsiz form olan F_4 fraksiyonunda baskın olduğu görülmüştür. Dolayısıyla F_4 fraksiyonunda baskın olan Cr elementi bu çalışma örneklerinde oldukça düşük oranlarda hareketli bulunmuştur. Bu sonuçlar Cr elementinin daha çok ana materyalin etkisinde olduğuna işaret etmiştir. Ayrıca C_f ve RAC değerleri belirlenen Cr elementinin kirlilik ile gelmediği ve çevresel risk teşkil etmediği belirlenmiştir.

Kent merkezine bitişik tarım topraklarının Cu miktarı ortalama 46,63 ± 25,47 µg/g olarak tespit edilmiştir. Cu elementinin fraksiyonel dağılımı $F_4 > F_2 > F_3 > F_1$ sıralamasını izlemiştir. Tüm örnekler göz önüne alındığında Cu elementinin ortalama mobilitesinin %39 olduğu tespit edilmiştir. Topraktaki en hareketsiz metallerden biri olmasına rağmen Cu, 2 ve 9 numaralı örneklerde oldukça mobil (>%50) olduğu belirlenmiştir. Elma bahçelerinden alınan bu örneklerin kentsel emisyonlarla birlikte, Cu içerikli tarımsal kimyasalların yoğun olarak kullanılmasının bir sonucu olarak daha hareketli ve yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu kanısına varılmıştır. Diğer yandan genel olarak risk değerlendirmesi yapıldığında, C_f ve RAC değerlerinin düşük olması Cu elementinin

çevresel olarak şimdilik kaygı uyandırmadığı sonucuna varılmıştır.

Çalışma kapsamında alınan toprak örneklerinde Ni konsantrasyonu ortalama 117,6 ± 79,5 µg/g olarak belirlenmiştir. Yüksek Ni konsantrasyonunun çalışma alanı ve çevresinin jeolojisi ile şekillendiği düşünülmüştür. Çalışma kapsamında Ni elementinin jeokimyasal fraksiyonları $F_4 > F_2 > F_3 > F_1$ sıralamasını izlediği belirlenmiştir. Genel olarak, Ni elementinin daha çok hareketsiz form olan F_4 fraksiyonunda baskın olduğu görülmüştür. Kirlenmemiş topraklarda bulunan ağır metaller, silikatlara ve birincil minerallere bağlı olduklarından, esas olarak hareketsizdir. Bu sonuçlar Ni elementinin daha çok ana materyalin etkisinde olduğuna işaret etmiştir. Toplam konsantrasyonlar bakımından oldukça farklı Ni içeriklerine sahip olan toprak örneklerinin farklı ana materyallerin etkilerine işaret etmiştir. Diğer yandan neredeyse tüm örneklerde Ni elementinin potansiyel mobil oranı %30'un üzerinde bulunmuştur. Genel anlamda ana materyal kaynaklı olan elementlerden biri olan Ni için aynı zamanda özellikle trafik başta olmak üzere insan kaynaklı faktörlerin de etkili olduğu kanısına varılmıştır.

Kent merkezine bitişik tarım alanlarında alınan toprak örneklerinin toplam Pb konsantrasyonun 68,85 ± 27,10 µg/g olduğu belirlenmiştir. Jeokimyasal fraksiyonlar incelendiğinde, Pb en fazla F2 fraksiyonunda (%36) bulunduğu açık bir şekilde görülmüştür. Bu sonuç Pb'nun daha çok Fe-Mn oksitler tarafından adsorbe edilmiş veya onlarla çökelmiş olduğuna işaret etmiştir. Ancak bu fraksiyonda tutulan Pb, indirgenme koşullarında bağlandığı yerlerden serbest bırakılabilir ve kısa bir süreçte hareketliliğin kontrol edilmesinde önemli rol oynayabileceğini işaret etmiştir. Pb elementi neredeyse tüm örnekleme noktalarında oldukça mobil formlarda bulunmuş ve ortalama olarak mobilesi %57 olarak belirlenmiştir. Pb'ye ait mobil fraksiyonların yüksek olması Pb'nin insan kaynaklı olduğu (ağırlıklı olarak trafik etkisi) ve toprak matriksinde tutularak birikim sergilediğine işaret etmiştir. C_f ve RAC değerleri göz önüne alındığında Pb elementinin orta düzeyde risk teşkil ettiği düşünülmüştür.

Toprak örneklerine ait Zn değerlerinin ortalama 72,79 ± 35,87 µg/g olduğu tespit edilmiştir. Zn elementine ait jeokimyasal fraksiyonların sıralamasının $F_4 > F_2 > F_1 > F_3$ şeklinde olduğu belirlenmiştir. Potansiyel mobil miktarının 13,89 ± 15 µg/g ve oransal dağılımın yaklaşık %37 olduğu belirlenmiştir. Örnekleme noktaları arasında farklı konsantrasyonlarda bulunmakla beraber Zn, 9 numaralı örnekleme noktasında oldukça mobil bulunmuştur. Potansiyel mobilitesi %60'ın üzerinde çıkan 9 numaralı örnek (ana yol üzeri, elma bahçesi) yine Cu elementinde olduğu gibi kentsel emisyonlarla birlikte, tarımsal kimyasalların yoğun olarak kullanılmasının bir sonucu olduğu düşünülmüştür.

Ayrıca C_f ve RAC değerleri belirlenen Zn elementinin kirlilik ile gelmediği ve çevresel risk teşkil etmediği belirlenmiştir. Ancak RAC eğerinin %7'nin üzerinde olmasından dolayı, uzun vadede Zn elemntinin takip edilmesi gerektiği düşünülmüştür.

Sonuç olarak; toprak örneklerinde Cd ve Pb en hareketli elementler iken Cu, Zn, Ni ve Cr'nin daha az hareketli elementler olduğu görülmüştür. Çalışmada elde edilen Cd ve Pb'nin mobil fraksiyonlarının hareketsiz (immobil) fraksiyonlardan daha yüksek olmasının insan kaynaklı faaliyetler nedeniyle meydana geldiği düşünülmüştür. Çünkü litojenik kaynaklı ağır metaller daha çok toprak matriksine bağlı, yani silikatların yapısında bulunmaktadır. Çalışma alanında Cd ve Pb'nin daha yüksek mobilite seviyeleri, ayrıca yüksek C_f ve RAC değerlerine sahip olması bu elementlerden kaynaklanan çevre kirliliğini ve tarımsal alanlarda toksiklik riski olduğunu gösterebilir. Dolayısıyla özellikle Cd ve Pb başta olmak üzere Cu ve Zn metallerinin de izlenmesi önerilmektedir. Düşük konsantrasyonları bile toksik olan Cd ve Pb elementlerinin kent merkezine bitişik tarım toprakları için daha ayrıntılı incelenmesi ve değerlendirilmesi, ayrıca sonraki çalışmalarda bitki örneklerinin de incelenmesi önerilmektedir. Topraklarda özellikle Cd ve Pb'un oldukça hareketli ve çözünebilir F_1 ve F_2 fraksiyonundaki yoğunluğu göz önüne alındığında, topraklarada bulunan ağır metallerin daha stabil olan F_3 fraksiyonuna daha fazla bağlanması için biyokömür, kompost gibi organik maddece zengin materyallerin tarım topraklarına uygulanması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Alloway B. J., 2013. Sources Of Heavy Metals And Metalloids İn Soils. In: Alloway, J. B. (Ed.), Heavy Metals İn Soils: Trace Metals And Metalloids İn Soils And Their Bioavailability. Springer, Netherlands, Dordrecht, Pp.11–50.

Asri F. Ö., Sönmez S., Çıtak S., 2007. Kadmiyumun Çevre Ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. Derim, 24(1), 32-39.

Bakircioglu D., Kurtulus Y.B., Ibar H., 2011. Investigation Of Trace Elements İn Agricultural Soils By BCR Sequential Extraction Method And İts Transfer To Wheat Plants. Environmental Monitoring And Assessment, 175(1-4): 303-314.

Bharti P.K., 2012. Heavy Metals İn Environment. Lambert Academic Publishing Gmbh & Co, KG, Saarbrucken, Germany, ISBN 978-3-659-15133-0.

Botsou F., Sungur A., Kelepertzis E., Soylak M., 2016. Insights İnto The Chemical Partitioning Of Trace Metals İn Roadside And Off-Road Agricultural Soils Along Two Major Highways İn Attica's Region, Greece. Ecotox. Environ. Safe. 132, 101-110.

Bouyoucos G.S., 1951. A Recalibration Of The Hydrometer Method For Making Mechanical Analysis Of Soils. Argon. Jour. 43: 434-448.

Çanakkalenin Valiliği. (N.D.). Retrieved February 21, 2019, From Http://Www.Canakkale.Gov.Tr/Konumu/

Davidson C.M., Urquhart G.J., Ajmone-Marsan F., Biasioli M., Duarte A.C., Diaz-Barrientos E., Grcman H., Hossack I., Hursthouse A.S., Madrid L., Rodrigues S. Ve Zupan M., 2006. Fractionation Of Potentially Toxic Elements İn Urban Soils From Five European Cities By Means Of A Harmonised Sequential Extraction Procedure. Analytica Chimica Acta, 565: 63–72.

El Khalil H., El Hamiani O., Bitton G., Ouazzani N., Boularbah A., 2008. Heavy Metal Contamination From Mining Sites İn South Morocco: Monitoring Metal Content And Toxicity Of Soil Runoff And Groundwater. Environ. Monit. Assess. 136(1-3), 147-160.

Ghrefat H. A., Yusuf N., Jamarh A., And Nazzal J. 2012. Fractionation And Risk

Assessment Of Heavy Metals İn Soil Samples Collected Along Zerqa River, Jordan. Environ. Earth Sci. 66 (1), 199–208.

Grewelling T., Peech M., 1960. Chemical Soil Test. Cornell University Agr. Expt. Sta. Bull., 960.

Hernandez L., Probst A., Probst J.L., Ulrich E., 2003. Heavy Metal Distribution İn Some French Forest Soils: Evidence For Atmospheric Contamination. Sci. Total. Enviro. 312: 195-219.

Jin Y.Q., Ma X.J., Jiang X.G., Liu H.M., Li X.D., Yan J.H., Cen K.F., 2012. Effects Of Hydrothermal Treatment On The Major Heavy Metals İn Fly Ash From Municipal Solid Waste İncineration. Energy Fuel. 27:394-400.

Kaasalainen M., Yli-Halla, M., 2003. Use Of Sequential Extraction To Assess Metal Partitioning İn Soils. Environmental Pollution, 126(2): 225-233.

Karaçoban Z., 2017. Çeşitli Ardışık Ekstraksiyon Yöntemleri İle Sapanca Gölü Sediment Örneklerinde Bazı Ağır Metallerin Fraksiyonlarının İncelenmesi. Doktora Tezi. Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye.

Karak T., 2010. Heavy Metal Accumulation İn Soil Amended With Roadside Pond Sediment And Uptake By Rice (Oryza Sativa L.). Commun Soil Sci Plan. 41:2577-2594.

Kelepertzis E., 2014. Accumulation Of Heavy Metals İn Agricultural Soils Of Mediterranean: İnsights From Argolida Basin, Peloponnese, Greece. Geoderma. 221, 82-90.

Kersten M., Förstner U., 1986. Chemical Fractionation Of Heavy Metals İn Anoxic Estuarine And Coastal Sediments. Water Science And Technology, 18(4-5), 121-130.

Kraemer S., Hering J., 2004. Biogeochemical Controls On The Mobility And Bioavailability Of Metals İn Soils And Groundwater. Aquat. Sci. 66(1), 1-2.

Li X., Poon C. S., Liu P. S., 2001. Heavy Metal Contamination Of Urban Soils And Street Dusts İn Hong Kong. Applied Geochemistry, 16(11-12), 1361-1368.

Liu G., Tao L., Liu X., Hou J., Wang A., Li R., 2013. Heavy Metal Speciation And

Pollution Of Agricultural Soils Along Jishui River İn Non-Ferrous Metal Mine Area İn Jiangxi Province, China. J. Geochem. Explor. 132, 156-163.

Lu Y., Zhu F., Chen J., Gan H., Guo Y., 2007. Chemical Fractionation Of Heavy Metals İn Urban Soils Of Guangzhou, China. Environmental Monitoring And Assessment, 134(1-3): 429-439.

Lu Y., Gong Z., Zhang G., Burghardt W., 2003. Concentrations And Chemical Speciations Of Cu, Zn, Pb And Cr Of Urban Soils İn Nanjing, China. Geoderma, 115(1-2), 101-111.

Nelson R. E., 1982. Carbonate And Gypsum. In: Page, AL, Et Al. (Eds.), Methods Of Soil Analysis, Part 2: Chemical And Microbiological Properties (2nd Ed.,), ASA, SSSA, Madison, WI, Pp. 181–197.

Nelson D. W., Sommers L. E., 1982. Total Carbon, Organic Carbon, And Organic Matter, İn: A. L. Page, Et Al. (Eds.), Methods Of Soil Analysis, Part 2: Chemical And Microbiological Properties (2nd Ed.,), ASA, SSSA, Madison, WI, Pp. 539-579

Nemati K., Bakar N. K. A., Abas M. R., Sobhanzadeh E., 2011. Speciation Of Heavy Metals By Modified BCR Sequential Extraction Procedure İn Different Depths Of Sediments From Sungai Buloh, Selangor, Malaysia. J Hazard Mater. 192:402-410.

Nicholson F.A, Smith S.R, Alloway B.J, Carlton-Smith C., Chambers B.J., 2003. An İnventory Of Heavy Metals İnputs To Agricultural Soils İn England And Wales. Sci. Total. Environ. 311: 205-19.

Nieboer E., Richardson D. H., 1980. The Replacement Of The Nondescript Term ‘Heavy Metals’ By A Biologically And Chemically Significant Classification Of Metal İons. Environmental Pollution Series B, Chemical And Physical, 1(1), 3-26.

Pagnanelli F., Moscardini E., Giuliano V., Toro L., 2004. Sequential Extraction Of Heavy Metals İn River Sediments Of An Abandoned Pyrite Mining Area: Pollution Detection And Affinity Series. Environmental Pollution 132: 189–201.

Pais I., Jones J. B. Jr., 2000. Handbook Of Trace Elements. St. Lucie Press, Boca Raton, Florida, USA, 222 P.

Pueyo M., Mateu J., Rigol A., Vidal M., López-Sánchez J.F., Rauret G., 2008. Use Of The

Modified BCR Three-Step Sequential Extraction Procedure For The Study Of Trace Element Dynamics İn Contaminated Soils. Environ. Pollut. 152(2), 330-341.

Rauret G., 1998. Extraction Procedures For The Determination Of Heavy Metals İn Contaminated Soil And Sediment. Talanta, 46: 449-455.

Richards L.A., 1954. Diagnosis And Improvement Of Saline And Alkali Soils. U.S. Department Of Agriculture Handbook 60: 94.

Rodriguez L., Ruiz E., Alonso-Azcárate J., Rincón J., 2009. Heavy Metal Distribution And Chemical Speciation İn Tailings And Soils Around A Pb–Zn Mine İn Spain. J. Environ. Manage. 90(2), 1106-1116.

Singh K.P., Mohan D., Singh V.K., Malik A., 2005. Studies On Distribution And Fractionation Of Heavy Metals İn Gomti River Sediments—A Tributary Of The Ganges, India. J Hydrol. 312:14-27.

Soylak M., Uzek U., Narin İ., Tüzen M., Türkoğlu O., Elci L., 2004. Application Of The Sequential Extraction Procedure For Dust Samples From Kayseri-Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, 13: 454-457.

Sparks D. L., 2005. Toxic Metals İn The Environment: The Role Of Surfaces. Elements, 1(4), 193-197.

Sungur A., 2016. Heavy Metals Mobility, Sources, And Risk Assessment İn Soils And Uptake By Apple (Malus Domestica Borkh.) Leaves İn Urban Apple Orchards. Arch. Agron. Soil Sci. 62(8), 1051-1065.

Sungur A., Soylak M., Yilmaz E., Yilmaz S., Ozcan H., 2015. Characterization Of Heavy Metal Fractions İn Agricultural Soils By Sequential Extraction Procedure: The Relationship Between Soil Properties And Heavy Metal Fractions. Soil And Sediment Contamination: An International Journal, 24(1), 1-15.

Sungur A., Soylak M., Ozcan H., 2014. Investigation Of Heavy Metal Mobility And Availability By The BCR Sequential Extraction Procedure: Relationship Between Soil Properties And Heavy Metals Availability. Chem. Spec. Bioavailab. 26(4), 219-230.

Tang X.Y., Zhu Y.G., Cui Y.S., Duan J., Tang L., 2006. The Effect Of Ageing On The

Bioaccessibility And Fractionation Of Cadmium İn Some Typical Soils Of China. Environment International, 32(5): 682-689.

Teng Y., Yang J., Sun Z., Wang J., Zuo R., Zheng J., 2011. Environmental Vanadium Distribution, Mobility And Bioaccumulation İn Different Land-Use Districts İn Panzhihua Region, SW China. Environmental Monitoring And Assessment, 176(1-4), 605-620.

Tessier A., Campel P.G.C., Bisson M., 1979. Sequential Extraction Procedure For The Speciation Of Particulate Trace Metals. Anal. Chem. 51: 844-851.

Tokalıoğlu Ş., Kartal Ş., Birol G., 2003. Application Of A Three-Stage Sequential Extraction Procedure For The Determination Of Extractable Metal Contents İn Highway Soil. Turk J. Chem 27: 333-346.

Tüik, 2019 (N.D.). Retrieved February 21, 2019, From Http://Www.Canakkale.Gov.Tr/Tuik-Verileri

Usero J Gamero M., Morillo J., Gracia I., 1998. Comparative Study Of Three Sequential Extraction Procedures For Metals İn Marine Sediments. Environment International, 24 (4): 487-496.

Yang H Rose N.L., Boyle J.F., Battarbee R.W., 2001. Storage And Distribution Of Trace Metals And Spheroidal Carbonaceous Particles (Scps) From Atmospheric Deposition İn The Catchment Peats Of Lochnagar. Scotland Environ Pollut, 115: 231-8.

Zimmerman A.J., Weindorf D.C., 2010. Heavy Metal And Trace Metal Analysis İn Soil By Sequential Extraction: A Review Of Procedures. International Journal Of Analytical Chemistry, Doi:10.1155/2010/387803.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehmet İŞLER

Doğum Yeri : Kütahya

Doğum Tarihi : 01.04.1992

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi-Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi- Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce, Almanca

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar -SCI -Diğer

İşler M., Sungur A., Soylak M., "Özbek Ovası (Çanakkale) Tarım Topraklarında Ağır Metal Mobilitesinin Bir Ardışık Ekstraksiyon Yöntemiyle Değerlendirilmesi", Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Dergisi, cilt.4, ss.43-55, 2018

b) Bildiriler -Uluslararası -Ulusal

İşler M., Sungur A., "Çanakkale Kent Merkezine Bitişik Tarım Topraklarının Ağır Metal Durumu ", Uluslararası Eser Analiz Kongresi, SİVAS, TÜRKIYE, 20-23 Haziran 2018, pp.161-161

Koparan H. , Özcan H., İşler M., Sungur A., "Çanakkale İli Kent Çevresi Tarım Arazilerin Potasyum Durumu", Uluslararası Eser Analiz Kongresi, SİVAS, TÜRKIYE, 20-23 Haziran 2018, pp.162-162

Sungur A., İşler M., Eren S.T., Soylak M., "Çanakkale sera topraklarında manganın jeokimyasal fraksiyonlarının belirlenmesi", II. Çanakkale Tarımı Sempozyumu, ÇANAKKALE, TÜRKIYE, 14-15 Aralık 2017, ss.126-126

Sungur A., Özcan H., Bozcu M., İşler M., Soylak M., "Heavy Metals in the Soil Formed on the Altered Volcanic Rock", VIII. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON

ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS, ÇANAKKALE, TÜRKIYE, 4-7 Ekim 2017, pp.158-158

Sungur A., İşler M., Eren S.T., Soylak M., "Çanakkale Batak Ovası topraklarında bazı ağır metallerin bitkilerce alınabilir miktarlarının DTPA ekstraksiyonu ile belirlenmesi", II. Çanakkale Tarımı Sempozyumu, ÇANAKKALE, TÜRKIYE, 14-15 Aralık 2017, ss.125-125

İşler M., Türkmen C., Bodur S., Kavdir Y., "YEŞİL CEVİZ KABUĞU KOMPOSTUNUN OLUŞUM SÜRECİNDEKİ BAZI FİZİKSEL, KİMYASAL, BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİN DEĞİŞİMİ", 5. ULUSLARARASI KATILIMLI TOPRAK VE SU KAYNAKLARI KONGRESİ (5th INTERNATIONAL PARTICIPATION SOIL AND WATER RESOURCES CONGRESS), Kırklareli, TÜRKIYE, , vol.1, pp.224-232

c) Katıldığı Projeler

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl:

ÇOBİLTUM - Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi – 2017-2018 (KISMİ)

Kütahya Ziraat Odası Toprak ve Bitki Analiz Laboratuvarı – 2015

İLETİŞİM

E-posta Adresi: mehmetisler@outlook.com