T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

VAN ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ ÇEVRESİNDEKİ TOPRAK VE BİTKİLERDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Güler DİLBİLİR
DANIŞMAN : Prof. Dr. Füsun GÜLSER

VAN-2021

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

VAN ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ ÇEVRESİNDEKİ TOPRAK VE BİTKİLERDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: GÜLER DİLBİLİR

Bu çalışma Van YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından
FYL-2019-8429 No'lu proje olarak desteklenmiştir.

VAN-2021

KABUL VE ONAY SAYFASI

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda Prof. Dr. Füsun GÜLSER danışmanlığında, Güler DİLBİLİR tarafından sunulan**" Van Organize Sanayi Bölgesi Çevresindeki Toprak ve Bitkilerde Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması "** isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim–Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 07 / 07 / 2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/ oy çokluğu ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan	: Prof. Dr. Füsun GÜLSER	İmza:
Üye	: Doç. Dr. Ferit SÖNMEZ	İmza:
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Siyami KARACA	İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 09/07/2021 tarih ve 2021/34-1 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

...../...../2021

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

(İmza)

Güler DİLBİLİR

ÖZET

ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ ÇEVRESİNDEKİ TOPRAK VE BİTKİLERDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

DİLBİLİR, Güler
Yüksek Lisans Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Füsun GÜLSER
Temmuz 2021, 47 sayfa

Bu çalışmada Van Organize Sanayi Bölgesi çevresindeki toprak ve bitkilerde, endüstri kaynaklı ağır metal birikiminin araştırılması amaçlanmıştır. Sanayi bölgesinin kuzey, güney ve doğu yönlerinden, her bir yönde 6 farklı örnekleme noktası belirlenmiştir. Her bir örnekleme noktasında, sanayi bölgesine 0.2 km, 1.0 km ve 2.0 km uzaklıkta olmak üzere üç farklı pozisyonda toplam 54 adet (18 örnekleme noktası x3 örnekleme pozisyonu) toprak örneği 0-20 cm derinlikten alınmıştır. Bitki örneklemesinde, bitki örtüsü ile kaplı alan dikkate alınarak altı örnekleme noktasında, sanayi bölgesine üç farklı uzaklık (0.2 km, 1.0 km ve 2.0 km) pozisyonunda olmak üzere, toplam 18 adet bitki örneği alınmıştır. Her bir örnekleme noktasının GPS ile koordinatları kaydedilmiştir. Toprak ve bitki örneklerinin ağır metal içerikleri yaş yakma yöntemi ile belirlenmiştir. Toprak örneklerinde en yüksek As ve Mo konsantrasyonları sanayi bölgesinden 0.2 km mesafede sırasıyla 2.74 ppm ve 1.14 ppm olarak, en yüksek Cr, Zn, Fe ve Ni konsantrasyonları sanayi bölgesine 1.0 km mesafede sırasıyla 89.33 ppm, 37.11 ppm, % 2.32, 93.15 ppm olarak ve en yüksek Pb, Cu ve Co konsantrasyonları sanayi bölgesine 2.0 km mesafede sırasıyla 3.59 ppm, 10.16 ppm ve 10.18 ppm olarak elde edilmiştir. Bitki örneklerinde en yüksek As (0.013 ppm), Cr (2.45 ppm), (Cu 3,11 ppm), Co (0.167 ppm) ve Se (0.896 ppm) konsantrasyonları sanayi bölgesine 0,2 km uzaklıkta; en yüksek Cd (0.041 ppm) ve Zn (0.655 ppm) konsantrasyonları sanayi bölgesine 1.0 km uzaklıkta; en yüksek Fe (102.4 ppm) ve Mo (9.64 ppm) konsantrasyonları ise sanayi bölgesine 2.0 km uzaklıkta elde edilmiştir. Genel olarak sanayi bölgesine olan mesafe artarken toprak ve bitki örneklerindeki ağır metal içeriklerinin azaldığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Ağır metal, Bitki, Endüstri, Kirlilik, Toprak.

ABSTRACT

INVESTIGATON OF HEAVY METAL POLLUTION IN SOILS AND PLANTS AROUND VAN ORGANIZED INDUSTRIAL ZONE

DİLBİLİR, Güler
MSc. Thesis, Soil Science and Plant Nutrition
Supervisor: Prof. Dr. Füsun GÜLSER
July 2021, 47 pages

In this study it was aimed that investigation of heavy metal pollution in soils and plants around Van organized industrial zone. Different six sampling points within each way were determined in north, south and east ways of industrial zone. The total set of 54 soil samples were taken from 0-20 cm depth in different three positions as 0.2 km, 1.0 km and 2.0 km far away to industrial zone. For plant sampling, total set of 18 plant samples were taken from different six sampling points in different three positions as 0.2 km, 1.0 km and 2.0 km far away to industrial zone considering the area covered with vegetation. GPS readings were recorded for each sampling points. In soil samples the highest As and Mo concentrations as 2.74 ppm and 1.14 ppm in 0.2 km far away to industrial zone; the highest Cr, Zn, Fe and Ni concentrations as 89.33 ppm, 37.11 ppm, % 2.32 and 93.15 ppm in 1.0 km far away to industrial zone; the highest Pb, Cu and Co concentrations as 3.59 ppm, 10.16 ppm and 10.18 ppm km in 2.0 km far away to pollutant source were obtained. In plant samples the highest As (0.013 ppm), Cr (2.45 ppm), Cu (3.11 ppm), Co (0.167 ppm) and Se (0.896 ppm) concentrations 0.2 km far away to industrial zone; the highest Cd (0.041) and Zn (0.655 ppm) concentrations in 1.0 km far away to industrial zone; the highest Fe (102.4 ppm) and Mo (9.64 ppm) concentrations in 2.0 km far away to industrial zone were obtained. Generally heavy metal concentrations in soil and plant samples decreased while the distance to industrial zone increased.

Keywords: Heavy metal, Industry, Plant, Pollution, Soil.

ÖN SÖZ

İnsan aktiviteleri sonucu, endüstri ve tarımsal verimliliği artırma çabaları artarak günümüzde toprak kirliliğinin temelini oluşturmuştur. Özellikle yirminci yüzyılın ortalarına doğru nüfusun hızla artması ile birlikte, tarım ve diğer alanlarda sanayi ve teknolojinin hızla gelişmesine paralel olarak toprak kirliliği de artmaya başlamıştır. Ayrıca tarımsal üretimin miktarını arttırmak amacıyla bilinçsizce kullanılan ticari gübreler, pestisitler, kirli suların tarımsal sulamada kullanılması gibi girişimler sonucu da topraklar kirlenmektedir.

Bu çalışmada Van Organize Sanayi Bölgesinde çevresindeki toprak ve bitkilerin ağır metal içeriğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu araştırma sürecinde değerli bilgileriyle beni yönlendiren, tez konusunun belirlenmesi, planlanması, yürütülmesi aşamalarında ve çalışmalarımın her aşamasında göstermiş olduğu yakın ilgi ve destekleri için değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Füsun GÜLSER'e, en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın yürütülmesi sırasında bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölüm Başkanlığı'na ve değerli öğretim üyelerine, tüm hayatım boyunca olduğu gibi bu süreçte de benden destek ve yardımlarını esirgemeyen ve her zaman yanımda olan çok kıymetli aileme,

FYL-2019-8429 no'lu proje kapsamında maddi desteklerinden dolayı Van Yüzücü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne, çalışmam süresince ilgi, sabır, manevi desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarıma da ayrıca teşekkür ederim.

2021

Güler DİLBİLİR

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT iii
ÖN SÖZ v
İÇİNDEKİLER vii
ÇİZELGELER LİSTESİ ix
ŞEKİLLER LİSTESİ xi
SİMGELER VE KISALTMALAR xiii
1. GİRİŞ 1
2. AĞIR METALLER 3
2.1. Toprakta Ağır Metal Kaynakları 4
2.2. Kurşun 5
2.2.1. Kurşun kaynakları 5
2.2.2. Atmosferdeki süreçleri 5
2.2.3. Toprak ve bitkilerde kurşun 5
2.3. Bakır 6
2.3.1. Bakır kaynakları 6
2.3.2. Atmosferdeki süreçleri 6
2.3.3. Toprak ve bitkilerde bakır 6
2.4. Çinko 7
2.4.1. Çinko kaynakları 7
2.4.2. Toprak ve bitkilerde çinko 7
2.5. Kadmiyum 8
2.5.1. Kadmiyum kaynakları 8
2.5.2. Atmosferdeki süreçleri 8
2.5.3. Toprak ve bitkilerde kadmiyum 9
2.6. Nikel 9
2.6.1. Nikel kaynakları 9
2.6.2. Atmosferdeki süreçleri 10
2.6.3. Toprak ve bitkilerde nikel 10
2.8. Demir 10

Sayfa

2.8.1. Toprak ve bitkilerde demir 10
2.9. Krom 11
2.9.1. Krom kaynakları 11
2.9.2. Atmosferdeki süreçleri 11
2.9.3. Toprak ve bitkilerde krom 11
2.10. Kobalt 12
2.10.1. Kobalt kaynakları 12
2.10.2. Toprak ve bitkilerde kobalt 12
3. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ 13
4. MATERYAL VE YÖNTEM 17
4.1. Materyal 17
4.2. Yöntem 19
4.3. Toprak ve Bitki Örneklerinde Ağır Metal İçeriğinin Belirlenmesi 20
4.4. İstatistiksel Analiz 20
5. BULGULAR VE TARTIŞMA 21
6. SONUÇ 41
KAYNAKLAR 43
ÖZ GEÇMİŞ 48

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 2.1. Toprak ve bitkilerde ağır metaller için sınır değerler 4

Çizelge 5.1. Araştırma alanı topraklarının As, Co, Cr ve Pb içeriklerine ait varyans analiz sonuçları 21

Çizelge 5.2. Araştırma alanı topraklarının Fe, Cu, Zn, Mo ve Ni içeriklerine ait varyans analiz sonuçları 21

Çizelge 5.3. Organize sanayi bölgesinin farklı yönlerinden alınan toprak örneklerinin ağır metal konsantrasyonlarına ait tanımlayıcı istatistiksel analiz sonuçları 24

Çizelge 5.4. Organize sanayi bölgesinde farklı mesafelerde elde edilen toprak örneklerinin ağır metal konsantrasyonlarına ait istatistiksel analiz sonuçları 25

Çizelge 5.5. Organize sanayi bölgesine göre mesafe ve yönün toprak ağır metal içeriğine etkisi 26

Çizelge 5.6. Toprak örneklerinin ağır metal içeriği üzerine yönün etkisine ait ortalamalar ve Duncan istatistiksel analiz harflendirmeleri 31

Çizelge 5.7. Toprak örneklerinin ağır metal içeriği üzerine mesafenin etkisine ait ortalamalar ve Duncan istatistiksel analiz harflendirmeleri 32

Çizelge 5.8. Araştırma alanı bitkilerine ait ağır metallerin tanımlayıcı istatistiksel analiz sonuçları 34

Çizelge 5.9. Araştırma alanından alınan bitkilerin ağır metal içeriklerine ait varyans analiz sonuçları 34

Çizelge 5.10. Araştırma alanından alınan bitkilerin ağır metal içeriklerine ait varyans analiz sonuçları 35

Çizelge 5.11. OSB'den alınan bitki örneklerinin ağır metal içeriği üzerine mesafenin etkisi 35

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.1. Çalışma alanı 17

Şekil 4.2. Çalışma alanındaki bitki ve toprak örneklerinin alındığı lokasyonlar. 18

Şekil 4.3. Arazi çalışması. 18

Şekil 4.4. Çalışma lalnına ait görüntüler. 19

Şekil 4.5. Bitki örneklerinde yapılan işlemlere ait görüntüler..... 19

Şekil 4.6. Bitki örneklerinde yaş yakma..... 20

Şekil 5.1. OSB'ye farklı mesafelerde ki toprakların As birikim durumları. 27

Şekil 5.2. OSB'ye farklı mesafelerde ki toprakların Co birikim durumları. 27

Şekil 5.3. OSB'ye farklı mesafelerde ki toprakların Cr birikim durumları..... 28

Şekil 5.4. OSB'ye farklı mesafelerde ki toprakların Fe birikim durumları..... 28

Şekil 5.5. OSB'ye farklı mesafelerde ki toprakların Ni birikim durumları..... 29

Şekil 5.6. OSB'ye farklı mesafelerde ki toprakların Pb birikim durumları..... 30

Şekil 5.7. OSB'ye farklı mesafelerde ki toprakların Cu birikim durumları. 30

Şekil 5.8. OSB'ye farklı mesafelerde ki toprakların Mo birikim durumları. 31

Şekil 5.9. OSB'ye farklı mesafelerde ki toprakların Zn birikim durumları 31

Şekil 5.10. OSB'den alınan farklı mesafelerde ki bitkilerde As ve Cd birikimleri..... 36

Şekil 5.11. OSB'den alınan farklı mesafelerde ki bitkilerde Co ve Pb birikimleri..... 36

Şekil 5.12. OSB'den alınan farklı mesafelerde ki bitkilerde Fe ve Mo birikimleri..... 37

Şekil 5.13. OSB'den alınan farklı mesafelerde ki bitkilerde Cu ve Zn birikimleri..... 37

Şekil 5.14. OSB'den alınan farklı mesafelerde ki bitkilerde Cr ve Se birikimleri..... 38

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklama**
%	Yüzde
cm	Santimetre
Ppm	Milyonda bir kısım
g	Gram
kg	Kilogram
mg	Miligram
µM	Mikromolar
µg	Mikrogram
µg g-1	Milyonda bir kısım
mg kg-1	Milyonda bir kısım
g L-1	Binde bir kısım
mm	Milimetre
Fe	Demir
Zn	Çinko
Mn	Mangan
Cu	Bakır
Cd	Kadmiyum
Zn	Çinko
As	Arsenik
Ni	Nikel
Mo	Molibden
Se	Selenyum
Pb	Kurşun
Co	Kobalt
OSB	Organize Sanayi Bölgesi

1. GİRİŞ

Türkiye, birbirinden farklı jeolojik yapı, iklim, bitki örtüsü ve topoğrafik yapısı itibarıyla bütün toprak gruplarına sahip ülkelerden biridir. İnsan aktiviteleri sonucu artan endüstri, tarımsal verimliliği artırma çabaları günümüzde toprak kirliliğinin temel kaynağıdır. Özellikle yirminci yüzyılın ortalarına doğru hızla artan nüfus ile birlikte, tarım ve diğer alanlarda sanayi ve teknolojinin hızlı gelişmesine paralel olarak toprak kirliliğinde de artma başlamıştır (Türkoğlu, 2006). Ayrıca tarımsal üretimin miktarını arttırmak maksadıyla bilinçsizce kullanılan ticari gübreler, pestisitler, kirli suların tarımsal sulamada kullanılması gibi faaliyetler sonucu da topraklar kirliliği meydana gelmektedir (Türkoğlu, 2006). Bu nedenle günümüzde toprak kirliliği her geçen gün daha da ciddi boyutlara ulaşan önemli sorunlardan birisi olmuştur.

Toprak, belirli bir zamanla canlıların, iklimin ve topoğrafyanın etkisi ile ana materyalin parçalanması ve aşınması sonucunda oluşan, belli oranlarda hava, su ve mineral içeren, canlılara durak yeri olan, aktif, dinamik doğal bir materyal olarak tanımlanabilir.

İnsan faaliyetleri sonucunda toprağın fiziksel, kimyasal, biyolojik ve jeolojik yapısının değişip bozulmasına toprak kirliliği denir (Karaca ve ark., 2012). Alıcı ortam ve yine kendisi de beslenme alanı olan toprak; kimyasal uygulamalar, sulama, gübreleme, endüstriyel ve kentsel atık sularının toprağa bulaşması gibi antropojenik faaliyetlerden kolaylıkla etkilenip kirlenmektedir (Facchinelli ve ark., 2001). Çeşitli insan faaliyetleri sonucunda kirlenmiş olan toprağın, verimliliği ve kapasitesi de değişmektedir. Çeşitli faaliyetler sonucu kirlenen toprak, temizlenmesi çok zor, kimi durumlarda hiç mümkün olmayan tehlikeli bir ortama dönüşmektedir. Ayrıca toprakta oluşan kirlilik insanlar tarafından kolaylıkla fark edilememektedir.

Kuru havadaki toz ve gazlar bir süre havada asılı kaldıktan sonra ilk sırada ağaçlar olmak üzere, bitkilerde ve topraklarda tutulmakta ve birikmektedirler. Yağışlı havalarda ise havadaki zararlı maddeler ve ekosistemde kuru olarak birikmiş olan maddeler yağış suyuyla toprağa karışmakta ve akarsu kirliliğine de yol açmaktadırlar. Bu tür olumsuz gelişmeler sonucunda hava, su ve toprak doğal özelliğini kaybederek, ekosistemdeki diğer tüm canlılara zararlı olan maddelerle yüklenmektedirler. Toprağın

kirlenmesi, hava kirliliği ile de yakından ilgili olup, hava kirliliğinin sebebi; endüstriyel faaliyetlerin, termik santrallerin, taşıt kaynaklı yakıt ve atık gazlarıdır. Bu kaynaklardan oluşan asit ve alkali yağmurlar toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını bozarak toprağın kirletmektedir. Hava kirliliğinde etkili olan gazlar, havadaki nem ile birleşerek asitleri meydana getirmekte ve yağışlarla toprağa bulaşarak toprağın da asitleşmesine neden olmakta, yani toprağın pH değerini düşürmektedirler. Asitliği artan topraklarda ağır metal iyonlarının yoğunluğu artmaktadır. Asit elementlerinin toprakta artması, bitki kökleri ve mikroorganizmalarda zehir etkisi oluşturabilmekte ve ölüme bile neden olabilmektedir. Topraktaki ağır metal bileşiklerinin çözünürlüğü, toprak çözeltisinin pH'ına yüksek düzeyde bağlıdır. Toprak reaksiyonu asit, yani pH derecesi düşük ise bitkilerin topraktan Al, Fe ve Mn gibi ağır metalleri yüksek miktarda almaktadırlar. Toprak pH'ının küçülmesi ile ağır metallerin bitkilerde oluşturduğu zarar bitkinin cinsine ve türüne göre değişiklik göstermektedir (Tuğrul, 2004).

Ağır metallerden çinko, mangan, kobalt, bakır, nikel ve molibden bitki için mutlak gerekli besin elementi iken alüminyum, vanadyum, arsenik, civa kurşun, kadmiyum ve selenyum bitkiler için toksik olmaktadır. Bitki gelişimi için mutlak gerekli besin elementi olsun ya da olmasın ağır metallerin bitkilerin doku ve organlarındaki aşırı birikimi, bitkilerin vejetatif ve generatif organlarının gelişimi üzerine olumsuz olarak etki etmektedir (Gür ve ark., 2004). Ağır metaller bu toksik etkileri sonucunda bitkilerde birçok fizyolojik olayın bozulmasına neden olmaktadırlar (Kennedy ve ark., 1987). Toksisite, metalden metale değişebildiği gibi, organizmadan organizmaya da değişkenlik göstermektedir (Haktanır ve Arcak., 1988).

2. AĞIR METALLER

Yoğunluğu 5 g/cm3'ten büyük olan veya atom ağırlığı 50 ve daha büyük olan elementler ağır metal olarak adlandırılmaktadır. Bakır (Cu), Demir (Fe), Çinko (Zn), Kurşun (Pb), Civa (Hg), Kobalt (Co), Krom (Cr), Nikel (Ni) ve Kadmiyum (Cd) ağır metallere örnek olarak verilebilir (Özdemir 1981). Ağır metaller litosferde doğal olarak bulunan bileşiklerdir. Ağır metaller insan vücuduna gıdalar, içme suyu ve hava yolu ile alınmaktadırlar. İz elementler gibi bazı ağır metaller (örneğin bakır, selenyum, çinko) insan vücudunun metabolizmasını sürdürmek için gerekli olmakla birlikte yüksek miktarda bulunmaları toksik olabilmekte ve zehirlenmelere yol açabilmektedirler. Ağır metaller biyobirikime yol açtığından oldukça tehlikeli maddelerdir. Gelişen endüstri ile birlikte çevreye ve canlı ekosistemlere ağır metal salınımı artmış ve canlılar üzerinde olumsuz etkiler bırakmıştır.

Ağır metal kirliliği etmenlerinden biri olan ve sanayi devriminden sonra hızla artış gösteren endüstriyel faaliyetler, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de ekosistem bakımından ciddi tehlikelere yol açacak boyutlara ulaşmıştır (Zengin, 2006). Gelişmiş ülkelerdeki en önemli kirlilik kaynakları kimyasal maddeler, ağır metaller ve petrol ürünleridir. Toprak kirliliği özellikle su kirliliği ile yakından ilişkilendirilmektedir. Toprakta kimyasal, nükleer ve katı atıklara bağlı kirlenmeler ortaya çıkabilmektedir.

Toprakta bulunan bazı maddeler bitki yolu ile besinlerimize ve böylece vücudumuza girebilir. Bu maddelerden bazıları yüksek dozda vücuda girdiklerinde zehirleyici etki yapabilirken, bazıları düşük dozda alınsalar bile biyolojik birikim sonucu zararlı etkiler oluşturabilmektedirler. Sanayi bölgelerindeki fabrika akıntıları, bir takım katı atıkların iyi seçilmemiş yerlere bırakılması ya da gömülmesi toprağın kirlenmesine neden olabilmektedir. Toprakta normalde bulunması gereken bazı iz elementlerin noksanlığı bitkisel besin kaynaklarının fakirleşmesine neden olurken, bazı iz elementlerin fazla olması olumsuz etkiler doğurabilmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Çizelge 2.1. Toprak ve bitkilerde ağır metaller için sınır değerler

Ağır Metal	Toprak	Bitki
	mg kg^{-1}	
As	50 (Alloway, 1999)	5 (Alloway, 1999)
Co	80 (Anonim, 2005)	50 (Alloway, 1999)
Cr	100 (Alloway, 1999)	0,5 (Anonim, 2005)
Cu	140 (Anonim, 2005)	5 (Anonim, 2005)
Ni	75 (Anonim, 2005)	5 (Anonim, 2005)
Zn	300 (Anonim, 2005)	50 (Anonim, 2005)
Pb	300 (Anonim, 2005)	2 (Anonim, 2005)
Mo	10 (Alloway, 1999)	10 (Alloway, 1999)
Se	10 (Alloway, 1999)	5 (Alloway, 1999)
Cd	3 (Anonim, 2005)	0,5 (Anonim, 2005)
%Fe	4,5 (Anonim, 2005)	0.003 (Alloway, 1999)

2.1. Toprakta Ağır Metal Kaynakları

Tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerin sonucunda toprağın doğal yapısında bulunmayan maddeler tarafından toprak kirlenir. Bu maddelerden birçoğu toprağın yapısında belirli oranlarda ve genellikle az miktarlarda bulunmaktadır. Bu nedenle ağır metaller, toprak kirliliği denince ilk akla gelen kirleticilerdir.

Tarım arazilerinde verimliliği artırmak için topraklara uygulanan DAP, TSP ve diğer fosforlu gübrelerin çok fazla ve kontrolsüz kullanılması sonucu toprakların üst kısımlarında bazı ağır metallerin ciddi oranda birikimi oluşmaktadır. Ağır metallerin toprakta organik maddenin mineralizasyonunu, solunum aktivitesini, enzim aktivitesini ve nitrifikasyonu başta olmak üzere birçok biyokimyasal tepkimeleri doğrudan etkilediği bilinmektedir. Toprak pH değerinin düşmesi sonucu ağır metal aktivitesnin çoğunlukla artması topraktaki organik bileşiklerin immobilizasyon hareketi tarafından engellenebilmektedir. Bu durum bitkiler için Cd, Mn, Ni ve Zn'nun yarayışlılığını düşürebilmektedir.

Asit yağmurları etkisindeki bölgelerde toprak pH' düşer ve dolayısıyla topraklarda ağır metal hareketliliğinin artar. Bu durum Mo hariç bitkiler tarafından ağır metal alınımını artırmaktadır. Otoyollardaki yoğun araç trafiği nedeniyle otoyol kenarlarındaki tarım topraklarında ağır metal birikimi fazladır ve bu ağır metaller buradaki toprakları önemli ölçüde etkiler. Bu tip tarım alanlarında özellikle Cd, Pb ve Ni kirliliği önemli düzeyde artış olmaktadır (Sarı, 2009).

2.2. Kurşun

2.2.1. Kurşun kaynakları

Motorlu araçlarda kullanılan benzinin yanmasıyla ortaya çıkan tetra etil kurşun çevre kirliliğine sebep olan kurşunun büyük bir bölümünü oluşturmaktadır Deniz canlılarında kurşun bulaşması endüstriyel atıkların suyla taşınması sebep olmaktadır (Özkan, 2009).

Kurşun kaynakları; katı ve sıvı yakıtların yakılması, alkil kurşun sentezi fabrikaları, kurşun elde etme fırınları, pirinç imalathaneleri, kurşun oksit imalathaneleri gibi olarak sıralanabilmektedirler (Özkan, 2009).

2.2.2. Atmosferdeki süreçleri

Özkan (2009), genellikle uçucu ve çapları 2.5 mm'nin altında olan kurşun bileşiklerinin atmosferde 7-30 gün gibi uzun süre kalabildiğini bildirmiştir. Bu bileşikler kaynaktan çok uzun mesafelere kolaylıkla taşınabilmektedir. Kurşun birikimi cadde, petrol istasyonları, kapalı otoparklar, tamir bakım atölyeleri, gişeler ve geçitler gibi yerlerde yüksektirler.

2.2.3. Toprak ve bitkilerde kurşun

Toprak ve bitkilerde kurşun az miktarda bulunmaktadır. Kurşun değişik yüzdelerde olmak üzere çeşitli bitkilerde bulunmaktadır. Bitkilerde var olan kurşun seviyesi 5 mg kg^{-1}' in altındadır. Doğal kurşun seviyesi bitkinin yetiştiği toprağa ve içinde bulunduğu atmosfere göre artış gösterebilmektedir. Bitki aldığı kurşunun büyük bir bölümünü köklerinde birikmektedir. Bitki kökünde biriken kurşun kök gelişimini önemli düzeyde sınırlandırmaktadır. Kurşun, tohum çimlenme yüzdesini, bitki kök ve gövdesinin kuru ağırlığını ve kök/sürgün uzunluğu oranını düşürmektedir (Sharma ve Dubey, 2005).

2.3. Bakır

Doğada çok yaygın bulunan bakır endüstride ve tarımda oldukça yaygın şekilde kullanılmaktadır. Doğadaki bakır miktarı bakır üretiminin son yıllarda artışına bağlı olarak da artmıştır (Özkan, 2009).

2.3.1. Bakır kaynakları

Özkan (2009)a göre bakırın alaşımları çok çeşitli olup endüstride (otomotiv, basınçlı sistemler, borular, vanalar, elektrik santralleri ve elektrik, elektronik vb.) değişik amaçlarda kullanılmakta ve taşıtlardan, boya ve metal endüstrilerinden havaya karışmaktadır.

2.3.2. Atmosferdeki süreçleri

Fosil yakıtların yanması ve metalurjik faaliyetler sonucunda bakır atmosfere yayılmaktadır (Özkan, 2009).

2.3.3. Toprak ve bitkilerde bakır

Bitkiler ve canlılar üzerindeki bakır etkisi, bakırın kimyasal formuna ve canlının büyüklüğüne göre değişkenlik göstermektedir. Bakır içeriği kirlenmiş topraklarda 2-40 mg kg^{-1} arasında değişiklik gösterirken, kirlenmiş topraklarda 1000 mg kg^{-1}'a kadar görülebilmektedir. Bu değer bitkiler için ortalama 10 mg kg^{-1} civarında olmaktadır.

Bakır, birçok bitki için gerekli bir besin elementi olup aşırı birikme durumunda bitkide azot başta olmak üzere mineral elementlerin alınmasının alınmasına, klorozise, fotosentezin inhibisyonuna, protein metabolizmasının bozulmasına ve lipit peroksidasyonuna sebep olmaktadır (Yruela, 2005). Bakır bitkilerde birçok fizyolojik olayda redoks aktif geçiş metali olup çok sayıda oksitlenme işlevinde görev almaktadır. Aynı zamanda düzenleyici proteinlerde yapısal bir element olarak görev yapmakta olup fotosentez de elektron taşıma sisteminde, mitokondrial solunumda, oksidatif strese karşı bitkinin verdiği cevapta, hücre duvarı metabolizmasında ve hormonların

aktivasyonunda görev almaktadır. Hücresel düzeyde bakır transkripsiyon olayında, oksidatif fosforilasyonda ve demir elementinin mobil hale getirilmesinde görev almaktadır. Bakır $Cu+^{1}$ ve $Cu+^{2}$ olmak üzere iki formda bulunmaktadır. Bu iki form arasındaki redoks döngüsü sonucu aşırı toksik hidroksil radikalleri oluşabilir ve bu radikaller DNA, lipit ve diğer biyomoleküllere zarar verebilir. Bu nedenle fazla bakır kloroz ve nekroza, yaprak renginde bozulmaya ve kök gelişiminin inhibisyonuna neden olabilmektedir. Hücresel düzeyde ise proteinlerin sülfidril gruplarına bağlanarak enzim aktivitesini inhibe edebilmektedir. Oksidatif işlemlerini yavaşlatır ve buna ek olarak aşırı bakır bulunması ve eksikliği durumunda fotosentezde elektron taşınması zarar görebilmektedir (Yruela, 2005).

Özkan (2009), toprakta bakırın fazlasının demirin alınmasını güçleştirdiğini ve bitkilere zehir etkisi yaptığını bildirmiştir.

2.4. Çinko

Önder (2012), çinko (Zn) formlarının suda çözünebilen kloratlar, klorürler, sülfat ve nitratlar şeklinde olduğunu, oksitler, karbonatlar, fosfatlar, silikatlar gibi nispeten suda çözünemeyen şekilde bulunduğunu bildirmektedir.

2.4.1. Çinko kaynakları

Zn, metal kaplama ve alaşımlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Otomobil endüstrisinde, kozmetik, merhem, vernik, kauçuk, mürekkep, karbon kağıtları, boya maddeleri, silgi ve muşamba üretiminde Zn kullanılmaktadır (Önder, 2012).

2.4.2. Toprak ve bitkilerde çinko

Toplam Zn toprakta genellikle 10-300 mg kg^{-1}, ortalama olarak ise 30-50 mg kg^{-1} olarak bulunmaktadır. Bazı asitli topraklarda yıkanmanın fazla olması nedeniyle Zn konsantrasyonu 10-30 mg kg^{-1} gibi düşük düzeylerde bulunmaktadır.

Karaçağıl D. (2013), çinkonun sadece yüksek konsantrasyonlarda toksik olduğunu bildirmiştir. Bitkilerde çinko alınımı, bitkinin türüne ve bulunduğu ortama

bağlıdır. Çinkonun, genellikle bitkilerin kökünde bulunduğu bilinmektedir (Okçu ve ark., 2009).

Çinko fazlalığının en belirgin etkisi kök uzamasının engellenmesidir. İyon çapları Mg ve Fe ile benzerlik gösterdiğinden, bu elementlerin noksanlıklarının görülmesine neden olmaktadır. Yine fazla çinko bitkilerin Mn içeriğini de azaltmaktadır (Anonim, 2019).

2.5. Kadmiyum

Kadmiyum ve bileşiklerinin yüksek derecede zehirli maddeler olduğu ve kadmiyumun doğada tek başına bulunan mineralinin bulunmadığı EPA (1987) tarafından bildirilmektedir. Özkan G. (2009), kadmiyumun doğada çinko ile birlikte bulunduğunu ve kadmiyumun litosferde 1 mg kg^{-1}'dan az miktarda bulunduğunu bildirmiştir.

2.5.1. Kadmiyum kaynakları

Doğaya yıllık 25,000 – 30,000 ton kadmiyum yayınımı olmakta ve bunun 4000 – 13.000 tonu insan faaliyetleri sonucu meydana gelmektedir. Doğaya kadmiyum bulaştıran önemli kaynaklar; sigara dumanı, rafine edilmiş yiyecek maddeleri, su boruları, kahve, çay, kömür yakılması, kabuklu deniz ürünleri, tohum aşamasında kullanılan gübreler ve endüstriyel üretim aşamalarında oluşan baca gazları olarak karşımıza çıkmaktadır. Kadmiyumun özellikle yeniden şarj edilebilen bataryalarda ve alaşımlarda kullanıldığı bildirilmektedir (Özkan, 2009).

2.5.2. Atmosferdeki süreçleri

Kadmiyum havada hızla kadmiyum okside dönüşmektedir. Kadmiyum sülfat, kadmiyum nitrat, kadmiyum klorür gibi inorganik tuzları suda çözünür. Havadaki kadmiyum konsantrasyonu 1 mg/m^3 limitini aştığında solunumdaki akut etkileri gözlenir. Endüstriyel olarak kadmiyum zehirlenmesi kaynak yapımı esnasında

kullanılan alaşım bileşimleri, elektrokimyasal kaplamalar, kadmiyum içeren boyalar ve kadmiyumlu piller ile olur (Özkan, 2009).

2.5.3. Toprak ve bitkilerde kadmiyum

Bitkilerde Cd birikimi sonucu klorofil miktarının etkilendiği, peroksidaz aktivitesinde artış meydana geldiği yapılan bazı çalışmalarda belirtilmiştir (Özden ve Bayçu, 2004). Ayrıca Bayçu ve Önal (1993), Cd birikimi sonucu kloroz meydana geldiğini ve yaprakların kuru ağırlıklarında azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Hücre zarının geçirgenliğini etkileyen Cd su alımının azalmasına sebep olmaktadır. Cd'nin hücreye alınmasında K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn ve Ni gibi mineral elementlerle olan rekabeti rol oynamaktadır. Cd son derece mobil bir element olduğundan apoplastik yolla (kök endodermis hücrelerinin duvarlarından) taşınabilir (Benavides ve ark., 2005).

2.6. Nikel

Doğada çok düşük seviyede bulunan elementlerden biri Ni'dir. Nikel; ekmek, içecek ve tahılların tüketilmesi günlük Ni alımının yaklaşık yarısını oluşturmaktadır (Özkan, 2009).

2.6.1. Nikel kaynakları

Paslanmaz çelik, bakır-nikel alaşımları ve diğer korozyona dayanıklı alaşım üretimleri nikelin ana kullanım alanını oluşturmaktadır. Elektrolitik kaplamada ve alkali pillerde, pigmentler, madeni para, kaynak ürünleri, mıknatıslar, elektrotlarda, elektrik fişlerinde, makine parçaları ve tıbbi protezler de saf nikel kimyasal katalizör olarak kullanılmaktadır (Özkan, 2009).

2.6.2. Atmosferdeki süreçleri

İnsan aktivitelerine bağlı olarak doğada bulunan Ni doğal yayınım olarak da bulunmaktadır. Yakıtların yanması, madencilik, kentsel atıkların yakılması ile atmosfere yayılan nikel bunun yanı sıra lağım çamuru karışmış toprakta ve sigarada (0–0.51μg/sigara) bulunur (Özkan, 2009).

2.6.3. Toprak ve bitkilerde nikel

Nikeli absorbsiyon sonucu bitki bünyesine alınır. Toprak ve suyun Ni ile kirlenmesi sonucu deriyle temas etmesiyle de nikele maruz kalınabilmektedir (Özkan, 2009).

2.8. Demir

Özkan (2009), İnsanlarda oksijen taşınmasında yer alan proteinlerin zorunlu bir bileşeni olan demirin yetersiz alımı oksijenin hücrelere ulaştırılmasını kısıtlayıp, böylece yorgunluk, düşük iş performansı ve bağışıklığın azalmasına sebep olurken, demirin fazla alımının ise zehirlenme hatta ölüme sebep olabileceğini bildirmektedir.

2.8.1. Toprak ve bitkilerde demir

Klorofil oluşumu için demir gereklidir. Demir noksanlığında klorofil yeterince oluşamamakta ve bitkilerde kolaylıkla görülen kloroz hastalığı ortaya çıkmaktadır.

Demir noksanlığında bitkilerin yaprakları, özellikle genç yapraklarda daha belirgin olmak üzere açık sarı renk alır (Özkan, 2009).

Özellikle suyla duygun topraklarda demir toksikliği yaygın olarak görülmekle beraber demir toksikliği kurak koşullarda da önem arz etmektedir (Anonim, 2019).

2.9. Krom

Günümüzde özellikle alaşım elementi olarak kullanılan krom, doğada her yerde bulunan bir metal olarak bilinmektedir (Kahvecioğlu, 2003).

2.9.1. Krom kaynakları

Önder (2012), kâğıt endüstrisi, kimya sanayi, gübreler, metal işleri ve dökümhaneler, deri tabaklama, enerji santralleri gibi çok geniş uygulama alanları bulunan kromun antropojenik temel kaynakları elektrikli fırınlardan, çelik üretiminden ve kömür yakıtlı santrallerden kaynaklanan atmosferik birikim olduğunu bildirmektedir.

2.9.2. Atmosferdeki süreçleri

Okside krom havada ve saf suda kararlı iken ekosistemdeki organik yapılarda, toprakta ve suda üç değerliğe geri indirgenir. Cr içeren minerallerin endüstriyel oksidasyonu ve fosil yakıtların, kâğıt ve ağaç ürünlerin yanması sonucunda doğada altı değerlikli Cr oluşmakta olduğu belirtilmiştir (Okçu ve ark., 2009).

2.9.3. Toprak ve bitkilerde krom

Toprakta izin verilebilir toplam Cr konsantrasyonu 100 ppm ve ekstrakte edilebilir Cr konsantrasyonu ise 1 ppm civarındadır. Bitki bünyesindeki hareketi oldukça sınırlı olan krom çok yüksek düzeylerde bulunması bitkilerde toksik etki oluşturabilmektedir. Aşırı krom birikiminde bitki kökleri küçük, yapraklar dar ve kahverengi kırmızı renk olarak karşımıza çıkmaktadır. Krom toksisitesi yapraklarda küçük yanık lekeler olarak da kendini göstermektedir (Karaçağıl, 2013).

2.10. Kobalt

Kobaltın sert, parlak gümüş renginde ve kırılgan bir yapıya sahip, yüksek sıcaklıklarda manyetik özelliğe gerek duyulan malzemelerin yapısında kullanıldığı bildirilmiştir (Okudan, 2009).

2.10.1. Kobalt kaynakları

Doğada yaygın halde bulunan Co, kayalarda, toprakta, bitkilerde, hayvanlarda ve okyanus diplerindeki yumrularda küçük miktarlarda bulunmaktadır

Kobalt endüstriyel uygulamalarda ve askeri alanda önemli kullanım alanlarına sahip, en çok süper alaşımlarda ve roket endüstrisinde kullanılan özel çeliklerde ayrıca mobil telefon, dizüstü bilgisayar gibi taşınabilir elektronik cihazların şarj edilebilir bataryalarında kullanılan bir element olarak bilinmektedir. Kobaltın bileşiklerinin ise petrol ve seramik endüstrisinde katalizör olarak, boyalarda pigment, mürekkep ve verniklerde kurutma maddesi olarak kullanıldığı Okudan (2009) tarafından bildirilmiştir.

2.10.2. Toprak ve bitkilerde kobalt

Kobalt kültür bitkileri için mutlak gerekli olan elementlerden değildir. Tarım topraklarında bulunması çoğunlukla istenmemektedir. Tarım arazilerinde çok miktarlarda bulunması durumunda kobalt elementi kültür bitkilerinde toksik etki oluşturabilmektedir. Bu sebeple toprak çözeltisine geçen kobalt konsantrasyonu bitkiler için oldukça önemlidir (Carrigan ve Erwin, 1951).

Kobalt fazlalığında yaprak dökülmesi, renksiz damarlar görülür, erken yaprak kapanmaları, çekirdek ağırlığının düşmesi, yeşilliğin önlenmesi gibi toksik etkileri görülür (Anonim, 2019).

3. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Yılmaz ve ark. (2003) İzmit Körfezi'ndeki otoban, çeşitli sanayi ve endüstri tesisleri yakınlarında alınan toprak örneklerinde yapmış oldukları ağır metal analizlerinde, toprakların Co, Ni ve Pb içeriği bakımından yüksek boyutlarda kirliliği olduğunu saptamışlardır.

Adiloğlu ve Sağlam (2015) tarafından, Tekirdağ otoban kenarlarındaki tarım alanlarında Co kirliliği araştırılmış ve araştırma sonucunda toprakların kobalt konsantrasyonları 0,008-0,587 ppm olarak bulunmuştur. Bulunan değerin kirlilik sınır değerleri ile kıyaslandığında araştırma bölgelerinde Co kirliliği olduğu belirlenmiştir.

Knezeviç ve ark. (2009), Polonya'nın farklı bölgelerinden aldıkları toprak ve bitki örneklerinin ağır metal kirliliğini belirlemeye çalışmışlar ve yapılan çalışma sonucu karayoluna yakın alanlardan alınan örneklerdeki ağır metal içeriklerinin, karayoluna daha uzak alanlardan alınan örneklerdeki ağır metal içeriklerinden daha yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Al-Khashman, (2004), Ürdün'ün Karak sanayi bölgesindeki toprak, cadde tozları ve tozların içerdiği ağır metal kansantrasyonlarını araştırmış ve bunun sonucunda ağır metal konsantrasyonlarının sanayileşme ve insan etkileriyle toprak yüzeyinde daha fazla olduğunu bulmuştur.

Faruque ve Hiroaki, (2006), Bangladeş'in Dakka şehrinin 4 farklı bölgesinden aldıkları toprak örneklerin de Pb, Zn, Cu, Ni ve Cr konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda Cu, Ni, Cr kirliliğine endüstriyel faaliyetlerin neden olduğunu, buna karşılık Pb kirliliğinin motorlu araçlardan kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Naszradi ve ark. (2004), Macaristan'ın M3 otoyolunun kenarlarında yetişen yosun ve çayırların içerdiği Cd, Zn ve Pb konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Yapılan çalışma sonucu ağır metal içeriklerinin çayırlarda, otoyol kenarlarında yetişen yosunlara göre daha az olduğunu tespit etmişlerdir.

Önder ve Dursun, (2005), Konya ve çevresindeki endüstriyel alanlar ve ana yolların kenarlarında yetişen sedir ağaçlarının yapraklarında ve 5 toprakta oluşan ağır metaller (Pb, Cu, Zn, Co, Cr, V, Cd) üzerine araştırmalar yapmış olup, genç ağaç

yapraklarında daha az ağır metal kirliliği var iken yaşlı ağaçlarda daha fazla ağır metal kirliliğinin olduğunu belirtmişlerdir.

Özkul (2008), tarafından yapılan bu çalışmada İzmit civarı topraklarda ağır metal kirliliği araştırılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda bazı toprak örneklerinde Cu, Zn, Ni ve Co elementlerinin Türkiye Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği limit değerlerinin üstünde, diğer element konsantrasyonlarının bu limit değerlerin altında belirlenmiştir.

Polat S. ve ark. (2017) tarafından, Tekirdağ'ın Çorlu Çerkezköy ve Muratlı ilçelerinde yer alan ve tarım alanlarına yakınlığı ile bilinen aktif durumda olan fabrikalara yakın alanlardan toprak örnekleri alınarak bir araştırma yürütülmüştür. Araştırma sonuçlarına göre, bu ilçelerdeki topraklar Fe miktarı bakımından yüksek (44,21 ppm) sınıfına dahil edilirken, Cu miktarları bakımından yeterli (< 0,2) sınıfında olduğu belirlenmiştir. Deneme örneklerinde ortalama B, Fe, Mn ve Cu içerikleri yeterli olarak değerlendirilirken Zn içeriği yetersiz düzeyde bulunmuştur.

Dökmeci ve ark. (2017) tarafından yürütülen araştırmada, Tekirdağ Çorlu'daki sanayi tesislerden kaynaklanan kirliliğin yüzey suyunu da etkilediği ve bunun sonucunda toprağın da etkilendiği belirlenmiştir. Çalışma 2006-2007 yılları arasında sanayinin yoğun olduğu Çorlu'da 3 aylık periyotlar seklinde toprak örnekleri toplanmış ve analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre, başta Türkgücü köyü, Çorlu deresi (Sinop Mah.) ve Velimeşe Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesi (OSB)'ne yakın alanlarda toplanan toprak örneklerinde Zn, Cr, Cd ve Ni içeriği sınır değerlerin üzerinde tespit edilmiştir.

Tuna (2001), Bozüyük yöresinde yapmış olduğu araştırmada toprak ve bitkide biriken krom miktarı üzerine endüstriyel faaliyetlerin etkisi incelemiştir. Araştırma sonucunda topraklar örneklerinde toplam krom miktarı 0,42 ppm ile 864,00 ppm arasında olduğu bulunmuştur. Bu araştırmanın sonuçlarına göre sanayi fabrikaları toprakların krom konsantrasyonları üzerine önemli düzeyde etki etmiş olup, sanayi tesislerinden uzaklaştıkça oluşan kirlilik azalıştır. Ayrıca yöredeki topraklardaki krom toksisitesini doğrudan etkileyen etkenlerden biri hakim rüzgarlar yönü olarak belirtilmiştir.

Alloway (1995), kadmiyumun toprağa çok farklı kaynaklardan bulaşabildiğini bildirmektedir. Bu bulaş kaynaklarından olan sanayi bölgelerini önemli kaynaklardan

biri olarak değerlendirmiştir. Bitkiler için toksik olan kadmiyumun toksisitesi özellikle topraktaki çözünebilir kadmiyumun miktarı 0,2 ppm 'in üstünde meydana gelmektedir.

Tembo ve ark. (2006) tarafından, tarım alanlarındaki kadmiyum, kurşun, bakır ve çinko miktarları üzerine endüstri kollarının etkisinin incelendiği bir araştırma yapılmış ve toprakta bu ağır metallerin miktarları üzerinde sanayinin önemli düzeyde etki ettiği tespit edilmiştir. Aradaki mesafe artması ile kadmiyum içeriğinin 28 ppm'den 0,08 ppm'e indiği tespit edilmiş, bunun sonucunda sanayinin tarım alanlarını önemli düzeyde kirlettiği tespit edilmiştir.

Altay (2016) tarafından yapılan çalışma, Niğde ilinden tespit edilen noktalardan, farklı derinliklerden alınan toprakların ağır metal kirliliğinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla toprakta Cu, Pb, Zn, Cr ve Mn içerikleri tespit edilmiştir. Sonuçlar, Niğde iline ait endüstriyel, tarım ve yerleşim bölgesi topraklarının Cu, Pb, Zn, Cr ve Mn içeriğinde artma olduğunu ortaya koymuş ve bununla birlikte, bütün elementler için elde edilen konsantrasyonlar kabul edilebilir sınırlar içerisindedir.

Kahvecioğlu ve ark. (2004)e atfen Pak (2011)e göre toprak ekosisteminde bulunan ağır metallerin ana materyal kaynaklı olduğu gibi antropojenik kökenli de olabilmektedir. Yoğun insan aktivitesi sonucu atmosfere her yıl ortalama olarak sırasıyla 332000 ton ve 7600 ton sanayi veya endüstriyel kökenli Pb ve Cd bulaşması olmaktadır.

Çelik ve ark. (2005) tarafından Denizli merkez karayollarında yapılan bir çalışmada, endüstrinin olduğu alanlarda ve çevre yollarına yakın olarak almış oldukları toprak numunelerinde bazı ağır metal (Fe, Pb, Zn, Cu, Mn, Cd) içerikleri araştırılmıştır. Şehirde sanayinin olduğu ve trafiğinin yoğun olduğu alanlarındaki topraklarda diğer alanlara nispeten daha yüksek miktarda Pb olduğu apılan analiz ve değerlendirmeler sonucunda tespit edilmiştir.

Munzuroğlu ve Gür (2000), ülkemizde hızla gelişen sanayileşme ve artan trafik yoğunluğuna bağlı olarak birçok kirletici ile birlikte ağır metallerin de çevredeki miktarlarının arttığını, bu durumun özellikle aktif hareket edemeyen bitkilerde ürün kaybı gibi birçok soruna neden olduğunu bildirmişlerdir.

Peterson (1993)a göre, son dönemlerde toprak ve bitkileri kirleten unsurlar madenlerin, metal ve kimya fabrikalarının çok yaygın olarak kullandıkları içinde metal barındıran mantar ilaçları ile ahşap koruyucuları, büyük sanayi tesislerinin yaydığı gaz

ve tozlardır. Gieger ve ark. (1993) tarafından, özellikle ağır metal kirliliğinin bu alanlarda yaşayan bitkiler için potansiyel bir tehlike olduğu bildirilmiştir.

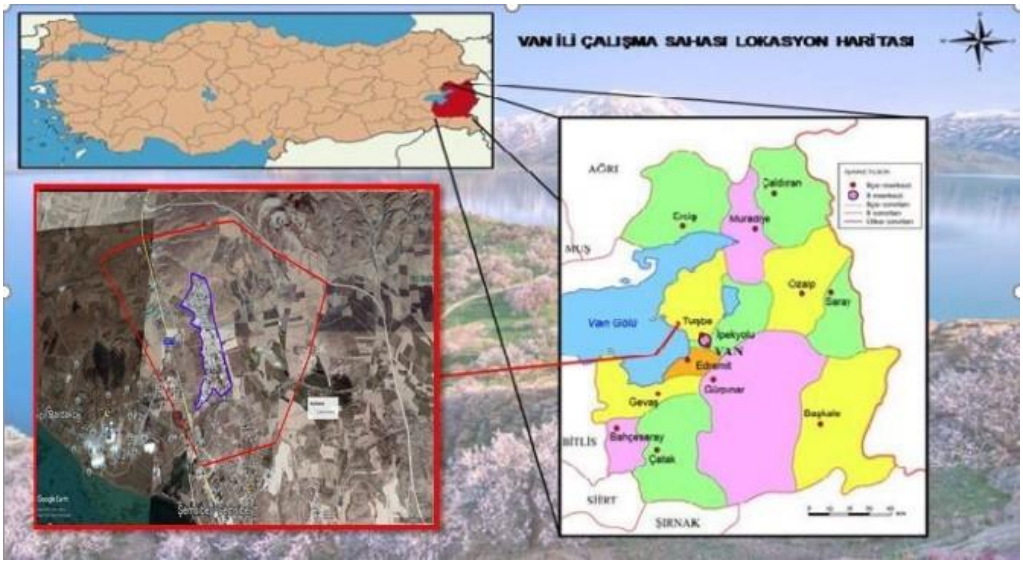
Zheljazkov ve Nielsen (1996), yirminci yüzyılın ikinci yarısında gelişme gösteren endüstriye bağlı olarak oluşan ve çoğalarak devam eden hava ve ağır metal kirliliğinin günümüzde tüm canlılar üzerinde tehdit oluşturduğunu bildirmişlerdir. Yapılan çalışmalarda tehditin bitkiler zerinde çok daha fazla olduğu, ağır metallerin bitkilerde vejetatif organları önemli derecede etkilediği tespit edilmiştir.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

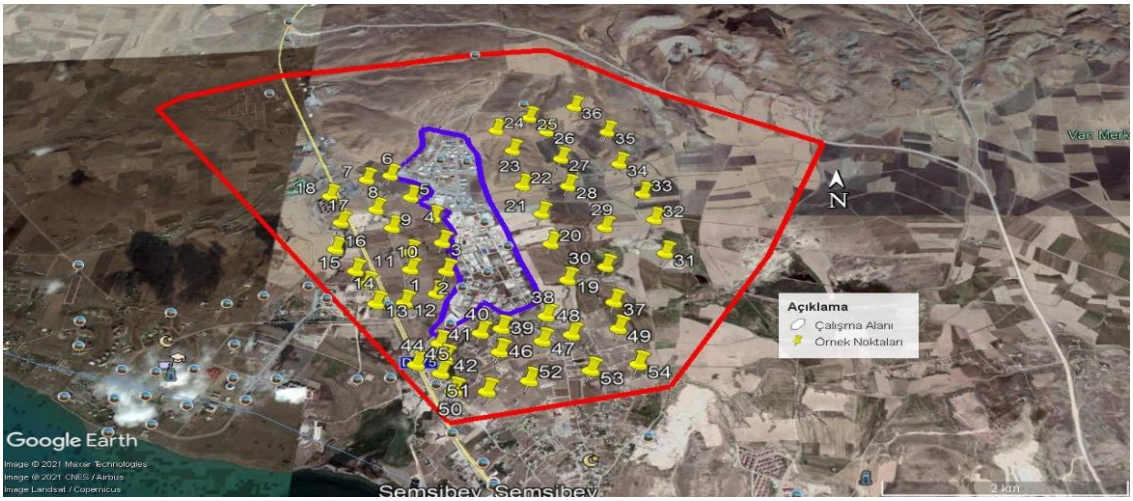
4.1. Materyal

Araştırma 38° 33′ kuzey, boylam derecesi ise 43° 17′ doğu koordinatlarına sahip lokasyonda yürütülmüştür. Araştırma alanı karasal iklim kuşağı içinde yer almaktadır. Uzun yıllar ortalamaları dikkate alındığında; yıllık ortalama sıcaklık 8.9 °C, en soğuk ay-3.7 °C ile ocak ayı ve en sıcak ay ise 21.2 °C ile temmuz ayıdır. Yıllık ortalama yağış miktarı 409 mm'dir (Anonim, 2019). Van ili hakim rüzgar yönü kuzey doğu olarak belirlenmiştir (Yayla ve ark.,2010).

Çalışma alanı olan Van Organize Sanayi Bölgesi'nde; boya üretimi, fayans yapıştırıcı ve derz dolgu, ambalaj karton ve poşet üretimi, araba rekoru üretimi, hidrolik platform, pvc ve sondaj boruları, strafor ve ısı yalıtım malzemeleri üretimi/ köpük ambalaj üretimi, gıda, elektrik, mermer işletme, cepe kaplama, tekstil giyim, deterjan ve kozmetik ürünleri, inşaat, petrol ürünleri, kağıt ve havlu peçete üretimi, mobilya, metal, otomotiv, kablo ve plastik üretimi sanayi kollarının olduğu bilinmektedir (Anonim, 2017).



Şekil 4.1. Çalışma alanı.



Şekil 4.2. Çalışma alanındaki bitki ve toprak örneklerinin alındığı lokasyonlar.



Şekil 4.3. Arazi çalışması.



Şekil 4.4. Çalışma lalnına ait görüntüler.



Şekil 4.5. Bitki örneklerinde yapılan işlemlere ait görüntüler.

4.2. Yöntem

Arazi, laboratuvar ve ofis çalışmaları olarak üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Sanayi Bölgesi'nin kuzey, güney ve doğusunda yer alan ve üzerinde bitkisel üretim yapılan tarlalardan her bir yönde 6 farklı örnekleme noktasından olmak üzere, toplam 18 (kuzey-güney-doğu X 6 örn. nok.) örnekleme noktasında çalışma yürütülmüştür. Her bir örnekleme noktasının GPS ile koordinatları kaydedilmiştir.

Her bir örnekleme noktasında toprak ve bitki örneklemesi Van Organize Sanayi Bölgesi'ne 0.2 km, 1 km ve 2 km olmak üzere üç farklı pozisyonda yapılmış ve 54 adet (18 örnekleme noktası x3 örnekleme pozisyonu) toprak örneği ile 18 adet (6 örnekleme noktası x3 örnekleme pozisyonu) bitki örneği alınmıştır.

4.3. Toprak ve Bitki Örneklerinde Ağır Metal İçeriğinin Belirlenmesi

Toprak ve bitki örnekleri, çift asit ekstraktsiyon yöntemi kullanılarak nitrik ve perklorik asit karışımı (3:1 oranında) ile muamele edildikten sonra, ağır metal içerikleri atomik absorbsiyon spektrofotometresi (Thermo ICE 3000 series) ile analiz edilmiştir (Kacar, 1984).



Şekil 4.6. Bitki örneklerinde yaş yakma.

4.4. İstatistiksel Analiz

Elde edilen verilerde SAS paket program kullanılarak tanımlayıcı istatistik analiz yapılmıştır (SAS, 1998).

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çizelge 5.1 Araştırma alanı topraklarının As, Co, Cr ve Pb içeriklerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	As		Co		Cr		Pb	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Yöney	2	1.23	1.79*	1.89	2.20*	800	3.42*	1.39	5.44**
Mesafe	2	1.21	1.76*	3.78	4.39**	87.9	0.38	0.63	2.47*
YöneyxMesafe	4	3.07	4.46**	1.49	1.74*	426	1.82*	0.35	1.36*
Hata	8								

** ile gösterilen F değeri %1 düzeyinde önemlidir, * ile gösterilen F değeri %5 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 5.2. Araştırma alanı topraklarının Fe, Cu, Zn, Mo ve Ni içeriklerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	Fe		Cu		Zn		Mo		Ni	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Yöney	2	425	1.18*	4.25	1.92*	0.38	0.01	0.07	0.14	1252	7.9**
Mesafe	2	393	1.09*	0.39	0.18öd	2.77	0.08	0.30	0.61	125.1	0.8*
YöneyxMesafe	4	401	1.11*	6.04	2.73*	13.3	0.37	0.21	0.43	171.6	1.1*
Hata	8										

** ile gösterilen F değeri %1 düzeyinde önemlidir, * ile gösterilen F değeri %5 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2 incelendiğinde yön, mesafe ve yön X mesafe interaksiyonunun toprak örneklerindeki bazı ağır metal konsantrasyonları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Organize Sanayi Bölgesi (OSB)'nin üç farklı yönünden alınan toprak örneklerinin As, Co, Cr, Fe ve Cu içerikleri üzerine yönün etkisi %5 düzeyinde Pb ve Ni ise %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Toprak örneklerinin Mo ve Zn içerikleri üzerine ise yönün etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

OSB'ye olan mesafenin toprak örneklerinin ağır metal konsantrasyonları üzerine etkisi incelendiğinde, mesafenin etkisi Co içeriği üzerine %1, As, Fe, Ni ve Pb konsantrasyonu üzerine ise %5 düzeyinde önemli bulunmuşken Cr, Cu, Zn ve Mo konsantrasyonları üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2).

OSB 'den alınan toprak örneklerinin ağır metal konsantrasyonu üzerine yön ve mesafenin birlikte etkisi incelendiğinde, yön x mesafe interaksiyonunun örneklerin As içeriği üzerine %1; Co, Cr, Cu, Ni, Fe ve Pb içeriği üzerine ise %5 düzeyinde önemli etkisi olduğu görülmektedir (Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2). Yön X mesafe

interaksiyonunun topraktaki Zn ve Mo konsantrasyonu üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli bulunmadığı görülmektedir (Çizelge 5.2).

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre, farklı mesafelerde elde edilen As ortalamaları istatistiksel olarak önemli ($p<0.5$) bir farklılık göstermiştir. En düşük Arsenik içeriği 1.0 km mesafede 2.23 ppm olarak belirlenirken, kirletici kaynağa 0.2 km ve 2.0 km mesafedeki sırasıyla 2.74 ppm ve 2.43 ppm olarak bulunmuştur. Örneklem yönü dikkate alındığında topraktaki As konsantrasyonuna kirletici kaynağın yönünün istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p<0.5$) etki ettiği görülmüştür. En düşük As konsantrasyonu doğu yönünde 2.22 ppm olarak elde edilirken, en yüksek As konsantrasyonu 2.74 ppm olarak güney yönünde belirlenmiştir (Çizelge 5.3).

Farklı örnekleme pozisyonlarında elde edilen Co konsantrasyonu, OSB ‘den uzaklaştıkça istatistiksel olarak önemli ($p<0.1$) farklılıklar göstermiştir (Çizege 5.3). En düşük Co ortalaması OSB’den 0.2 km uzaklıkta 9.31 ppm olarak belirlenirken, en yüksek Co ortalaması OSB’den 2 km uzaklıkta 10.18 ppm olarak elde edilmiştir. OSB’ye olan mesafeye bağlı olarak Co içerikleri artmıştır (Çizelge 5.1). Elde edilen istatistik sonuçlar incelendiğinde OSB’nin örneklem yönü de topraktaki Co miktarına önemli düzeyde ($p<0.5$) etki etmiştir (Çizelge 5.1).

OSB’ye olan uzaklıklara göre Cr konsantrasyonları değerlendirildiğinde, Cr ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 5.1). En yüksek Cr içeriği 89.33 olarak OSB’ye 1.0 km mesafede bulunurken, 0.2 km ile 2.0 km mesafede elde edilen Cr konsantrasyonu sırasıyla 88.06 ppm, 85.03 ppm olarak elde edilmiştir (Çizelge 5.4). Topraktaki Cr konsantrasyonu üzerine mesafe önemli bir etki yapmazken, OSB yönünün Cr miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli ($p<0.5$) bulunmuştur (Çizelge 5.1). Toprak örneklerindeki en yüksek Cr konsantrasyonu 95.17 ppm olarak OSB’nin doğu yönünde elde edilmiştir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.4’te görüldüğü gibi, OSB’ye olan uzaklık arttıkça toprak örneklerinin Pb konsantrasyonu artmıştır. Bu artışlar istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 5.1). En yüksek Pb ortalaması 2.0 km'de 3.59 ppm, en düşük ortalamalar ise 3.22 ppm ve 3.42 ppm olarak 0.2 km ve 1.0 km örnekleme noktalarında elde edilmiştir (Çizelge 5.4). Çizelge 5.1 incelendiğinde OSB’nin yönü topraktaki Pb konsantrasyonu üzerine önemli ölçüde ($p<0.1$) etki etmektedir. En yüksek Pb

konsantrasyonu OSB'nin güney yönünde 3.59 ppm olarak bulunurken, en düşük Pb ise 3.11 ppm olarak doğu yönünde elde edilmiştir (Çizelge 5.3).

Farklı numune pozisyonlarında elde edilen Bakır (Cu) ortalamaları Çizelge 5.4'te verilmiştir. OSB'ye olan mesafeler artarken Cu konsantrasyonunda düzenli bir değişimin olmadığı, Cu ortalamaları 0.2 km, 1.0 km ve 2.0 km örnekleme pozisyonlarında sırasıyla 10.13 ppm, 9.91 ppm, 10.16 ppm olduğu görülmektedir. Cu ortalamaları arasındaki bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Çizelge 5.2 incelendiğinde toprak örneklerinin Cu konsantrasyonu üzerine yönün %5 düzeyinde önemli etki ettiği görülmektedir.

Mo ortalamaları sırasıyla 0,2 km, 1.0 km ve 2.0 km örnekleme pozisyonlarında 1.14 ppm, 0.89 ppm, 0.95 ppm olarak elde edilmiştir (Çizelge 5.4). OSB'ye 1.0 km mesafede elde edilen Mo konsantrasyonu diğer mesafelerden daha düşük bulunmuş olup bu konsantrasyonlar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli görülmemiştir (Çizelge 5.2). OSB'nin üç farklı yönünden alınan toprak örneklerinde, Mo konsantrasyonları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı Çizelge 5.2'de görülmektedir.

Çizelge 5.4'te verilen istatistiksel analiz sonuçlarına göre, OSB'den uzaklaştıkça Fe konsantrasyonları arasında düzenli bir artış veya azalmanın olmadığı, 0.2 km, 1.0 km ve 2.0 km mesafede elde edilen örneklerin Fe konsantrasyonu sırasıyla %1.45, %2.32 ve %1.57 olduğu görülmüştür. En yüksek Fe içeriği 1.0 km mesafede bulunmuştur (Çizelge 5.4). Toprak örneklerinin Fe içeriği üzerine, OSB'nin yönü ve OSB'ye olan mesafe istatistiksel olarak %5 düzeyinde etki ettiği tespit edilmiştir (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2'de verilen istatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde, toprak örneklerinin Zn içerikleri, örnek alma noktaları arasındaki mesafeye göre değerlendirildiğinde istatistiksel olarak farklılıkları önemli görülmemiştir. Toprak örneklerinde Zn konsantrasyonu 0.2 km, 1.0 km ve 2.0 km'de sırasıyla 36.34 ppm, 37.11 ppm, 36.73 ppm olarak bulunmuştur (Çizelge 5.4). Topraktaki Zn içeriğine, OSB yönünün etkisini görmek amacıyla üç farklı yönden örnek alınmıştır. Yapılan analizler sonucu toprak örneklerindeki Zn konsantrasyonuna yönün etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2 incelendiğinde, bu araştırmada toprak örneklerinin Ni içeriği üzerine yönün %5 düzeyinde önemli etki ettiği görülürken, mesafe ve yön X mesafe interaksiyonunun %1 düzeyinde önemli etki ettiği belirlenmiştir.

Çizelge 5.3. Organize sanayi bölgesinin farklı yönlerinden alınan toprak örneklerinin ağır metal konsantrasyonlarına ait tanımlayıcı istatistiksel analiz sonuçları

Yöney	Tanımlayıcı Istatistikler	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mo	Ni	Pb	Zn
		mg kg-1					%	mg kg-1			
Batı	En Küçük	1.33	0.00	7.75	9.09	8.05	1.25	0.20	60.27	2.70	30.10
	En Büyük	3.58	0.00	11.32	113.38	13.07	15.58	2.96	109.85	4.30	44.93
	Ortalama	2.45	0.00	9.89	83.66	10.64	2.34	0.94	89.70	3.58	36.82
	Std. Sap.	0.59	0.00	0.86	20.94	1.20	3.31	0.68	11.59	0.41	3.56
Doğu	En Küçük	1.33	0.00	7.79	68.78	6.76	1.18	0,17	70.89	2.25	27.12
	En Büyük	3.58	0.00	12.42	131.50	13.67	1.83	2.90	135.00	4.99	64.87
	Ortalama	2.22	0.00	10.12	95.17	9.66	1.50	0.98	100.54	3.11	36.78
	Std. Sap.	0.62	0.00	1.29	15.02	1.63	0.17	0.69	16.40	0.63	8.30
Güney	En Küçük	1.42	0.00	8.44	65.35	7.62	1.33	0.25	67.07	2.65	30.56
	En Büyük	7.13	0.00	11.21	100.13	13.29	1.78	2.36	101.10	4.75	44.73
	Ortalama	2.74	0.00	9.48	83.58	9.87	1.50	1.06	83.67	3.59	36.56
	Std. Sap.	1.40	0.00	0.82	8.14	1.80	0.01	0.66	8.64	0.52	4.15

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre OSB'nin batı yönünden alınan toprak örneklerinin ağır metal konsantrasyonları As 2.45 ppm, Co 9.89 ppm, Cr 83.66 ppm, Cu 10.64 ppm, Fe %2.34, Mo 0.94 ppm, Ni 89.70 ppm, Pb 3.58 ppm ve Zn 36.82 ppm olarak bulunmuştur. Batı yönünden alınan toprak örneklerinin ağır metal konsantrasyonları sırasıyla Fe>Ni>Cr>Zn>Cu>Co>Pb>As>Mo olarak bulunmuştur (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3'te görüldüğü gibi, organize sanayi bölgesinin doğu yönünden alınan toprak örneklerinin ağır metal konsantrasyonları; As 2.22 ppm, Co 10.12 ppm, Cr 95.17 ppm, Cu 9.66 ppm, Fe %1.5, Mo 0.98 ppm, Ni 100.54 ppm, Pb 3.11 ppm, Zn 36.78 ppm olup sırasıyla Fe>Ni>Cr>Zn>Co>Cu>Pb>As>Mo olarak sıralanmıştır.

OSB'nin güney yönünden alınan toprak örneklerinin ağır metal konsantrasyonları As 2.74 ppm, Co 9.48 ppm, Cr 83.58 ppm, Cu 9.87 ppm, Fe %1.5, Mo 1.06 ppm, Ni 83.67 ppm, Pb 3.59 ppm, Zn 36.56 ppm olarak bulunduğu Çizelge 5.3'te izlenmektedir. Güney yönünden alınan toprak örneklerinde ağır metal içerikleri sırasıyla Fe>Ni>Cr>Zn>Cu>Co>Pb>As>Mo olarak sıralanmıştır.

Analiz sonuçlarına göre en yüksek Fe, Cu ve Zn konsantrasyonu OSB'nin batı yönünde, en yüksek Co, Ni ve Cr konsantrasyonu OSB'nin doğu yönünde, en yüksek As, Pb ve Mo konsantrasyonu ise OSB'nin güney yönünde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5.4. Organize sanayi bölgesinde farklı mesafelerde elde edilen toprak örneklerinin ağır metal konsantrasyonlarına ait istatistiksel analiz sonuçları

Mesafe	Tanımlayıcı istatistikler	As	Co	Cr	Cu	Fe	Mo	Ni	Pb	Zn
		mg kg^{-1}				%			mg kg^{-1}	
0.2 km	En Küçük	1.33	7.75	65.35	7.62	1.18	0.31	67.07	2.25	27.12
	En Büyük	7.13	11.00	131.5	13.67	1.7	2.96	135.00	4.25	64.87
	Ortalama	2.74	9.31	88.06	10.13	1.45	1.14	88.31	3.22	36.34
	Std. Sap.	1.47	0.94	16.60	1.75	0.14	0.64	16.64	0.54	8.05
1.0 km	En Küçük	1.43	8.44	75.81	6.76	1.36	0.20	75.93	2.45	31.59
	En Büyük	2.82	11.32	113.38	13.29	15.58	2.90	109.85	4.46	44.93
	Ortalama	2.23	10.00	89.33	9.91	2.32	0.89	93.15	3.47	37.11
	Std. Sap.	0.54	0.97	10.10	1.97	3.31	0.70	11.21	0.57	3.93
2.0 km	En Küçük	1.42	8.56	9.09	8.52	1.33	0.17	60.27	2.85	28.49
	En Büyük	3.63	12.42	109.9	11.67	1.83	2.36	117.95	4.99	42.96
	Ortalama	2.43	10.18	85.03	10.16	1.57	0.95	92.03	3.59	36.73
	Std. Sap.	0.61	1.01	20.90	0.98	0.13	0.69	14.26	0.55	4.26

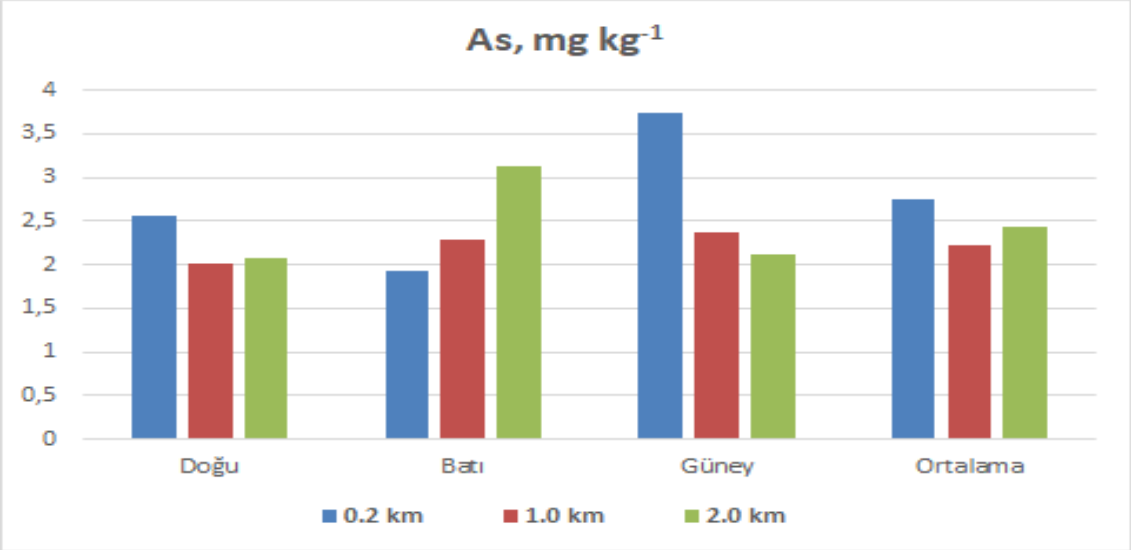
OSB'den üç ayrı mesafede alınan toprak örneklerinin ağır metal içeriklerine ait analiz sonuçları Çizelge 5.4'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, en yüksek As ve Mo konsantrasyonları 0.2 km mesafede sırasıyla 2.74 ppm ve 1.14 ppm olarak, en yüksek Cr, Zn, Fe ve Ni 1.0 km mesafede sırasıyla 89.33 ppm, 37.11 ppm, %2.32, 93.15 ppm olarak ve en yüksek Pb, Cu ve Co konsantrasyonları OSB'den2.0 km uzaklıkta sırasıyla 3.59 ppm, 10.16ppm ve 10.18 ppm olarak elde edilmiştir.

OSB'ye olan uzaklık arttıkça, toprak örneklerinin Ni konsantrasyonunda artış olduğu görülmektedir. Alınan örneklem noktalarında en yüksek Ni konsantrasyonu 93.15 ppm olarak 1.0 km mesafede elde edilmiş olup, 0.2 ve 2.0 km mesafede elde edilen Ni konsantrasyonları sırasıyla 88.31 ppm, 92.03 ppm olarak bulunmuştur (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.5. Organize sanayi bölgesine göre mesafe ve yönün toprak ağır metal içeriğine etkisi

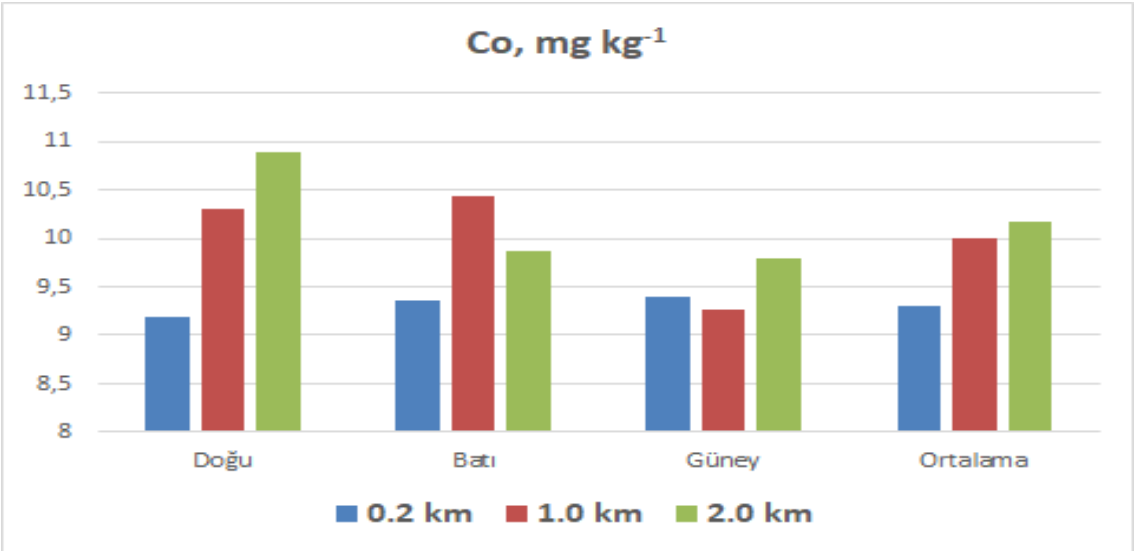
Mesafe	Ağır Metaller	Yöneyler			
		Doğu	Batı	Güney	Ortalama
	As, mg kg^{-1}	2.57	1.93	3.73	2.74
	Co, mg kg^{-1}	9.18	9.36	9.4	9.31
	Cr, mg kg^{-1}	98.93	81.26	83.98	88.06
	Pb, mg kg^{-1}	2.85	3.4	3.4	3.22
0.2 km	Fe, %	1.4	1.45	1.52	1.46
	Cu, mg kg^{-1}	10.86	9.82	9.84	10.17
	Zn, mg kg^{-1}	37.74	35.96	35.28	36.33
	Mo, mg kg^{-1}	1.13	1.27	1.07	1.16
	Ni, mg kg^{-1}	98.19	85.45	81.27	88.3
	As, mg kg^{-1}	2.02	2.29	2.38	2.23
	Co, mg kg^{-1}	10.30	10.44	9.26	10
	Cr, mg kg^{-1}	89.12	95.99	82.88	89.33
	Pb, mg kg^{-1}	2.95	3.87	3.61	3.48
1.0 km	Fe, %	1.50	3.96	1.48	2.31
	Cu, mg kg^{-1}	8.43	11.46	9.84	9.91
	Zn, mg kg^{-1}	35.34	38.43	37.56	37.11
	Mo, mg kg^{-1}	0.98	0.74	0.96	0.89
	Ni, mg kg^{-1}	98.89	98.67	82.86	93.47
	As, mg kg^{-1}	2.07	3.12	2.11	2.43
	Co, mg kg^{-1}	10.89	9.86	9.79	10.18
	Cr, mg kg^{-1}	97.47	73.73	83.88	85.03
	Pb, mg kg^{-1}	3.53	3.50	3.74	3.59
2.0 km	Fe, %	1.61	1.61	1.50	1.57
	Cu, mg kg^{-1}	9.88	10.64	9.96	10.16
	Zn, mg kg^{-1}	37.26	36.10	36.83	36.73
	Mo, mg kg^{-1}	0.84	0.80	1.20	0.95
	Ni, mg kg^{-1}	104.27	84.96	86.87	92.03

Elde edilen veriler incelendiğinde As ağır metalinin yönlere ve uzaklığa bağlı olarak en yüksek kirlilik düzeyi 3.73 ppm ile güney yönünde 0.2 km'lik uzaklıkta elde edilirken en düşük kirlilik düzeyi ise 1.93 ppm ile batı yönünde 0.2 km'lik uzaklıkta bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ile karşılaştırıldığında, As miktarı toprakta izin verilebilir sınır değerin (As<50 ppm) altında bulunmuştur.



Şekil 5.1. OSB'ye farklı mesafelerde ki toprakların As birikim durumları.

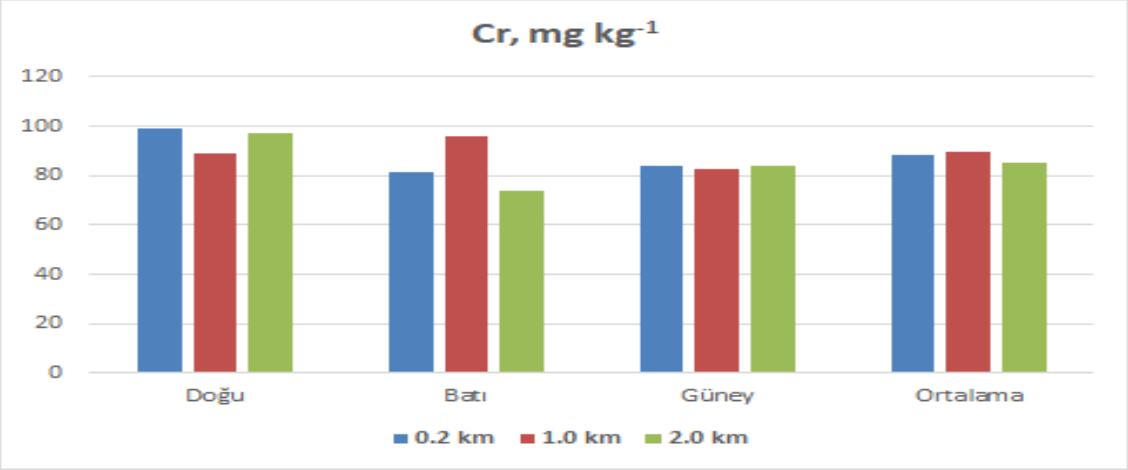
Topraktaki Co konsantrasyonu üzerine OSB'ye olan mesafe ve yönün birlikte etkisi incelendiğinde, en yüksek Co konsantrasyonunun OSB'ye 2.0 km uzaklıkta doğu yönünde 10.89 ppm olarak belirlenirken en düşük konsantrasyonun ise yine doğu yönünde OSB'ye 0.2 km uzaklıkta 9.18 ppm olarak bulunmuştur (Çizelge 5.5). Elde edilen bu sonuçlar toprakta izin verilebilir değerin (Co<80 ppm) altındadır



Şekil 5.2. OSB'ye farklı mesafelerde ki toprakların Co birikim durumları.

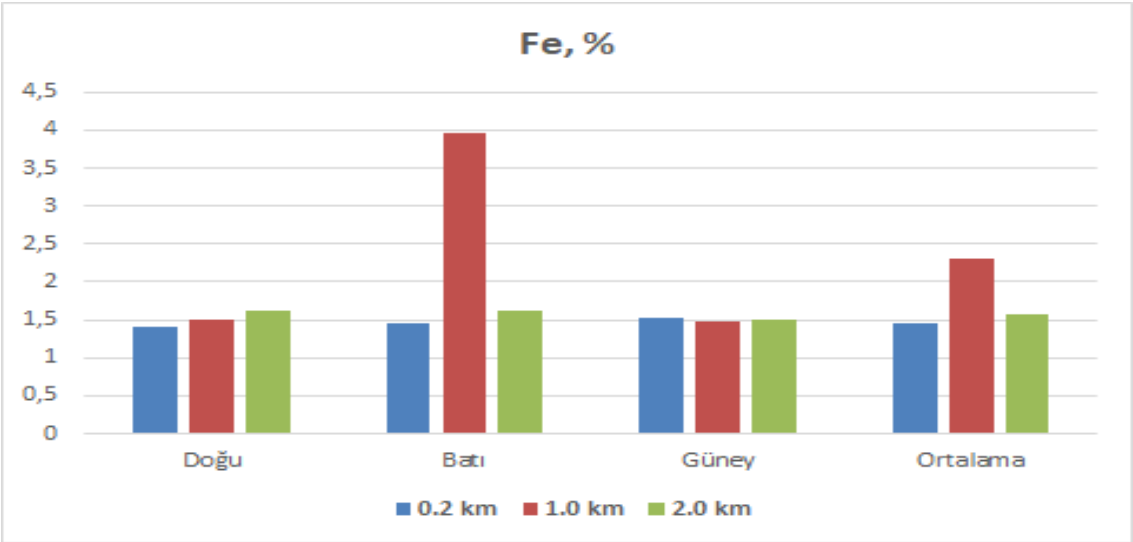
Çizelge 5.5 incelendiğinde elde edilen Cr konsantrasyonu Topak kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin belirttiği topraktaki Cr için sınır değerine (Cr<100 ppm) çok

yakın bulunmuş olup en yüksek Cr konsantrasyonu 98.93 ppm olarak OSB'nin doğu yönünde 0,2 km mesafede bulunmuştur.



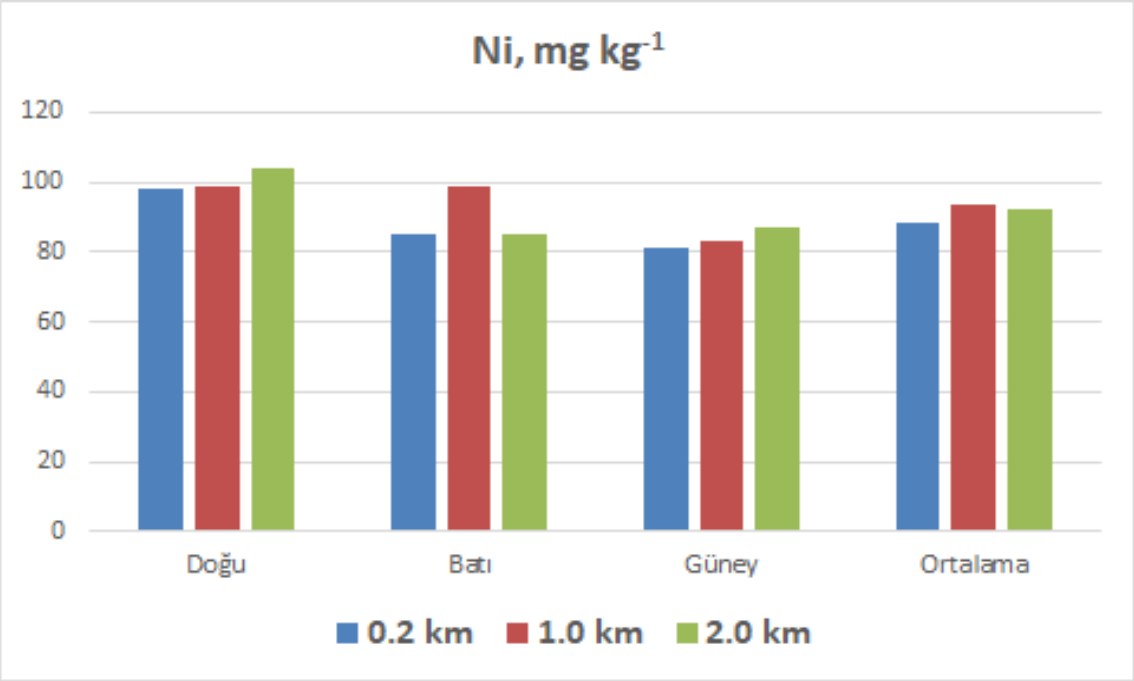
Şekil 5.3. OSB'ye farklı mesafelerde ki toprakların Cr birikim durumları.

Toprak örneklerindeki Fe konsantrasyonu incelendiğinde, toprakta Fe için belirtilen sınır değere (Fe <%4,5) çok yakın bulunmuş olup sınır değere en yakın Fe konsantrasyonu OSB'nin batı kaynağa yönünde 1.0 km uzaklıkta % 3.96 belirlenmiştir (Çizelge 5.5).



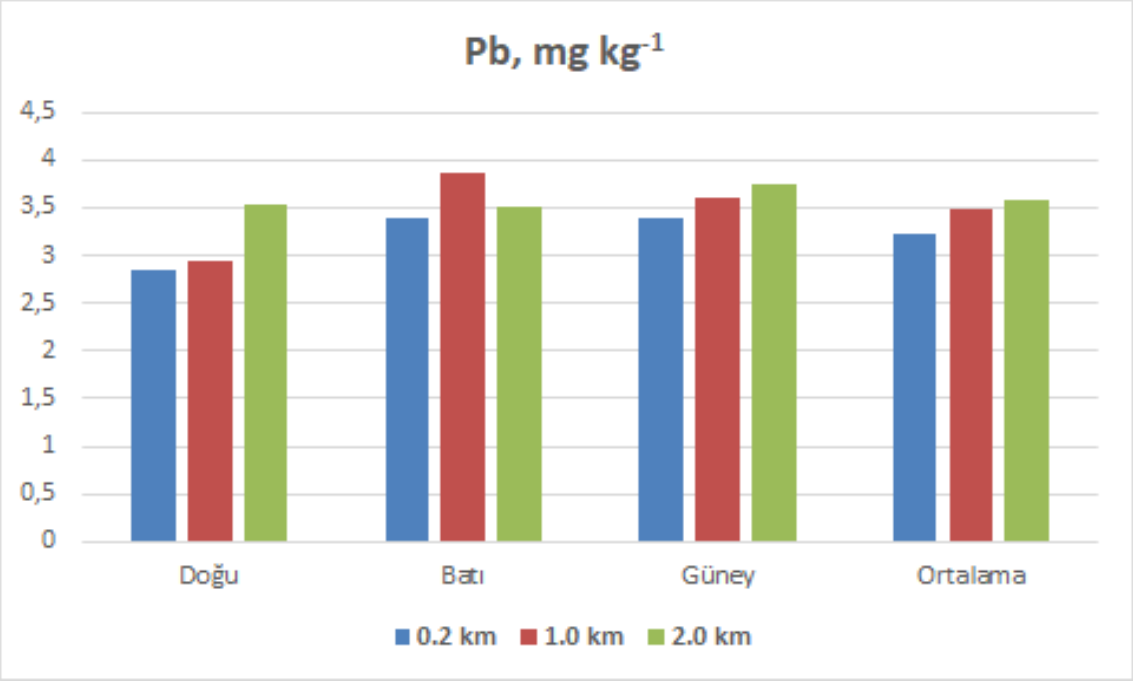
Şekil 5.4. OSB'ye farklı mesafelerde ki toprakların Fe birikim durumları.

Çizelge 5.5'e göre en yüksek Ni içeriği OSB'nin doğu yönünde 2.0 km uzaklıkta 104.27 ppm olarak bulunmuştur. Elde edilen bu değer toprakta izin verilebilir Ni konsantrasyonun (Ni<75ppm) üstündedir. OSB'nin diğer yön ve mesafelerinden alınan toprak örneklerinde bulunan Ni konsantrasyonları da sınır değerin üstünde çıkmıştır (Çizelge 5.5).

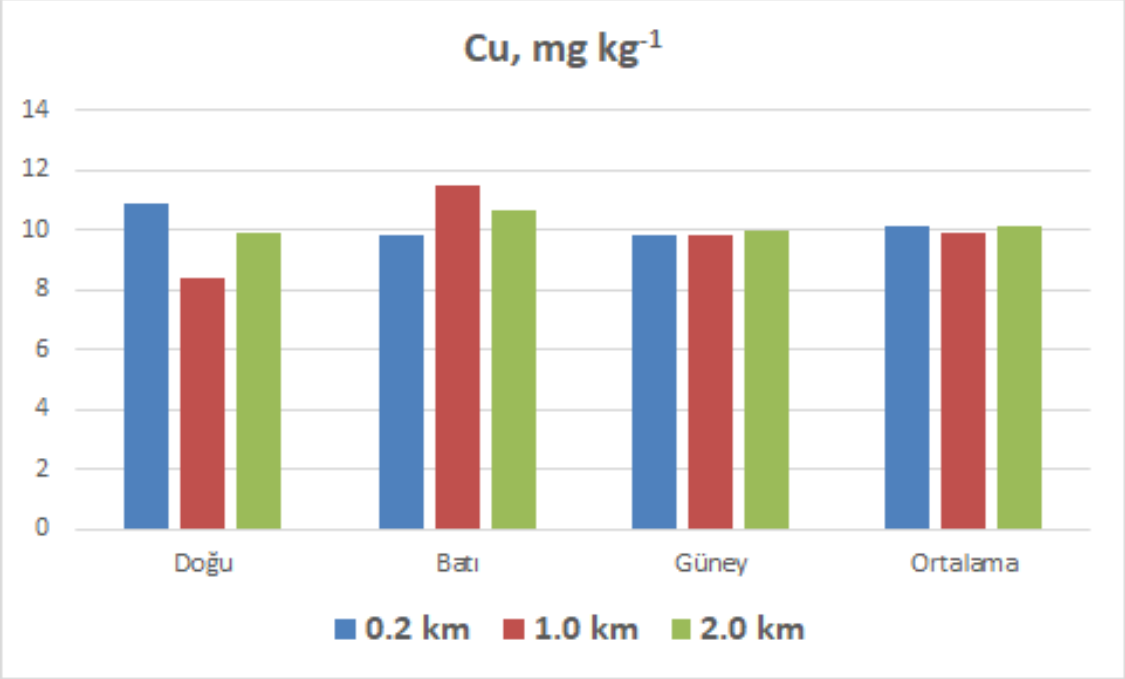


Şekil 5.5. OSB'ye farklı mesafelerde ki toprakların Ni birikim durumları.

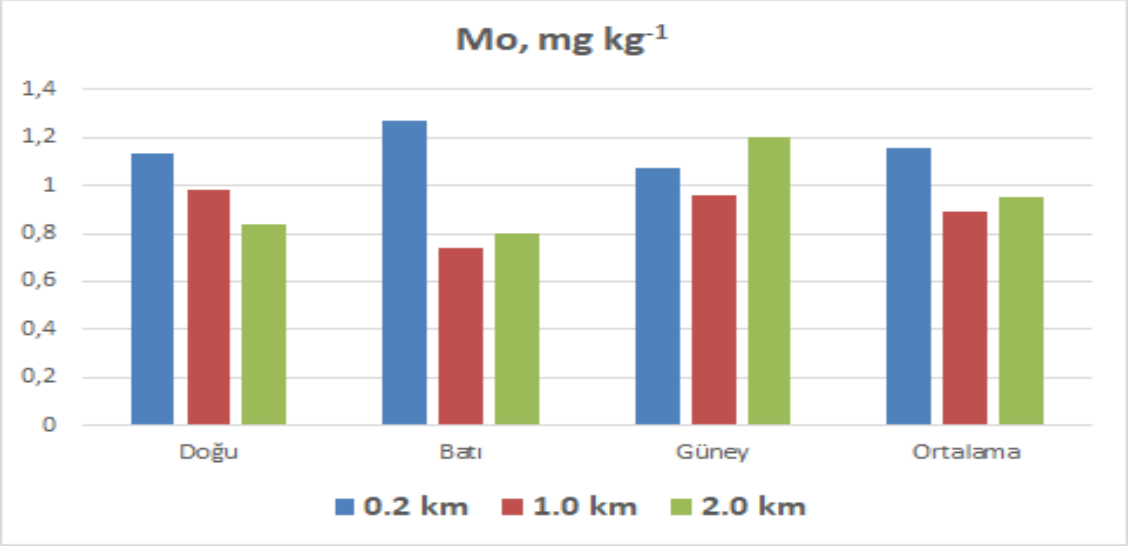
OSB'nin farklı yön ve mesafelerinden alınan toprak örneklerinde en yüksek Pb konsantrasyonu 3.87 ppm (Pb<300 ppm), Cu 11.46 ppm (Cu<140 ppm) olarak batı yönünde 1.0 km mesafede; en yüksek Zn konsantrasyonu 37.77 ppm (Zn<300 ppm) olarak doğu yönünde 0.2 km mesafede ve en yüksek Mo konsantrasyonu 1.27 ppm olarak batı yönünde 0.2 km'de bulunmuştur (Çizelge 5.5). Elde edilen bu değerlerin, belirtilen sınır değerin altında olduğu görülmektedir.



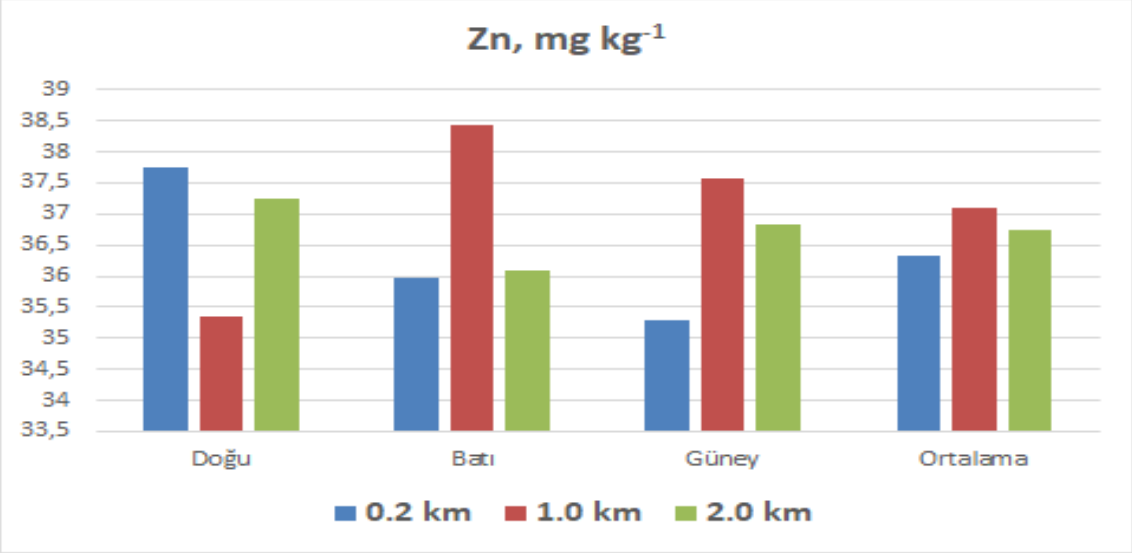
Şekil 5.6. OSB'ye farklı mesafelerde ki toprakların Pb birikim durumları.



Şekil 5.7. OSB'ye farklı mesafelerde ki toprakların Cu birikim durumları.



Şekil 5.8. OSB'ye farklı mesafelerde ki toprakların Mo birikim durumları.



Şekil 5.9. OSB'ye farklı mesafelerde ki toprakların Zn birikim durumları.

Çizelge 5.6. Toprak örneklerinin ağır metal içeriği üzerine yönün etkisine ait ortalamalar ve Duncan istatistiksel analiz harflendirmeleri

Yöneyler	As	Cr	Co	Pb	Ni	Cu	Zn	Mo	Fe
					mg kg^{-1}				
Doğu	2.22	95.17 a	10.12	3.11b	100.5 a	9.66	36,.78	0.98	15020
Batı	2.45	83.66 b	9.89	3.59a	89.69 b	10.64	36.83	0.94	23409
Güney	2.74	83.58 b	9.48	3.59a	83.67 b	9.88	36.56	1.06	14967

a,b: farklı harflerle gösterilen ortalamalar kendi sütununda önemlidir.

OSB'nin üç farklı yönünden alınan toprak örneklerinin analiz sonuçları incelendiğinde en yüksek As miktarının 2.74 ppm olarak güney yönünden elde edildiği görülmektedir. Analiz sonuçlarına bakıldığında farklı yönlerden alınan toprak örneklerinin ortalama As içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır (Çizelge 5.6).

Çizelge 5.6'ya bakıldığında OSB'nin doğu, batı ve güney yönlerinden alınan toprak örneklerindeki ortalama Cr konsantrasyonunun birbirinden farklı olduğu ve bu farkın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir. En yüksek Cr içeriği OSB'nin doğu yönünde 95.17 ppm olarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.6'da izlendiği gibi OSB'nin üç farklı yönünden alınan toprak örneklerinin Co içeriği üç yönde de birbirine yakın değerde çıkmıştır. Elde edilen sonuçlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Toprak örneklerinin Pb içerikleri incelendiğinde, OSB'nin batı ve güney yönünde 3.59 ppm, doğu yönünde ise 3.11 pmm olduğu görülmüştür. Batı ve güney yönündeki toprak örneklerinin Pb içeriği aynı iken doğu yönündeki Pb içeriği farklı olduğu görülmekte olup bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 5.6).

OSB'nin farklı yönlerinden alınan toprak örneklerinin Fe, Cu, Zn ve Mo içerikleri de kendi aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark göstermemiştir (Çizelge 5.6). Çizelge 5.3 incelendiğinde en yüksek Fe, Cu ve Zn içeriği OSB'nin batı yönünden elde edilirken en yüksek Mo içeriği güney yönünden elde edilmiştir.

Toprak örneklerinin Ni içeriği bakımından incelendiğinde, elde edilen sonuçların yönlere göre farklılık gösterdiği görülmektedir. En yüksek Ni içeriği doğu yönünde 100.5 ppm olarak elde edilmiş olup, batı ve güney yönlerinde ise sırasıyla 89.69 ppm ve 83.67 ppm olarak bulunmuştur. Yönler arası bu farklılık doğu ve diğer iki yön arasında istatistiksel olarak önemli görülmüştür (Çizelge 5.6).

Çizelge 5.7. Toprak örneklerinin ağır metal içeriği üzerine mesafenin etkisine ait ortalamalar ve Duncan istatistiksel analiz harflendirmeleri

Mesafeler, km	As	Cr	Co	Pb	Ni	Cu	Zn	Mo	Fe
					mg kg^{-1}				
0.2	2.74	88.1	9.31b	3.22a	88.31	10.13	36.33	1.14	14548
1.0	2.23	89.33	10a	3.47ab	93.15	9.91	37.11	0.89	23152
2.0	2.43	85.03	10.18a	3.59b	92.03	10.16	36.73	0.95	15696

a,b: farklı harflerle gösterilen ortalamalar kendi sütununda önemlidir.

OSB'ye farklı mesafelerden alınan toprak örneklerinin ağır metal içerikleri Çizelge 5.7'de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında en yüksek As miktarı OSB'ye en yakın mesafede alınan toprak örneğinde 2.74 ppm olduğu ancak diğer iki mesafede elde edilen As miktarları ile arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir.

Topraktaki Cr içeriği incelendiğinde, OSB'ye 1.0 km uzaklıktan alınan toprak örneklerindeki Cr konsantrasyonu 89.3 ppm olarak en yüksek değerde bulunmuştur. OSB'ye farklı mesafelerden alınan toprak örneklerindeki Cr konsantrasyonları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 5.7).

OSB'ye olan mesafe arttıkça topraktaki Co konsantrasyonunun arttığı Çizelge 5.7'de görülmektedir. En yüksek Co içeriği kaynağa 2.0 km mesafeden alınan toprak örneklerinde 10.18 ppm olarak bulunmuş olup, 1.0 km mesafeden elde edilen Co miktarı ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. 0.2 km mesafeden alınaN toprak örneklerinden elde edilen Co konsantrasyonu ile diğer iki mesafeden elde edilen Co konsantrasyonları ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemli görülmüştür (Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7 incelendiğinde kirletici OSB'ye farklı uzaklıklardan alınan toprak örneklerinden elde edilen Pb içerikleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek Pb konsantrasyonu 2.0 km mesafede 3.59 ppm olarak elde edilirken en düşük konsantrasyon 3.22 ppm olarak 0.2 km mesafede elde edilmiştir.

OSB'ye üç ayrı mesafeden alınan toprak örneklerindeki Cu, Fe, Zn, Mo ve Ni konsantrasyonlarının kendi aralarında önemli fark oluşturmadığı Çizelge 5.7'de anlaşılmaktadır.

Çizelge 5.8. Araştırma alanı bitkilerine ait ağır metallerin tanımlayıcı istatistiksel analiz sonuçları

Mesafeler, km	Tanımlayıcı istatistikler	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mo	Se	Pb	Zn
		mg kg^{-1}									
0.2	En Küçük	0.001	0.02	0.015	0.63	1.96	52.14	5.36	0.63	0	0.29
	En Büyük	0.093	0.049	0.643	6.79	4.47	127.32	17.29	1.28	0.89	1
	Ortalama	0.013	0.035	0.167	2.45	3.11	92.99	9.022	0.896	0.178	0.602
	Std. Sap.	0.033	0.009	0.201	1.963	0.797	25.078	3.885	0.235	0.398	0.267
1.0	En Küçük	0.001	0.021	0.021	1.13	2.41	78.57	2.38	0.56	0	0.44
	En Büyük	0.001	0.094	0.091	1.77	3.81	117	8.25	1.08	0.01	0.83
	Ortalama	0.001	0.041	0.045	1.58	3.062	92.03	6.177	0.892	0.002	0.655
	Std. Sap.	0	0.031	0.031	0.302	0.588	17.158	2.603	0.236	0.005	0.19
2.0	En Küçük	0.001	0.026	0.025	0.096	1.65	49.38	6.39	0.56	0	0.25
	En Büyük	0.082	0.038	0.187	3.83	4.54	193.82	12.94	1.33	0	0.84
	Ortalama	0.01	0.032	0.073	1.873	2.787	102.42	9.644	0.853	0	0.532
	Std. Sap.	0.027	0.004	0.046	0.941	0.788	40.952	2.207	0.333	0	0.162

Analiz sonuçlarına göre OSB'ye üç ayı mesafeden alınan bitki örneklerinin ağır metal konsantrasyonları Çizelge 5.8'de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında bitki örneklerinde en yüksek As, Cr, Cu ve Se konsantrasyonu OSB'ye 0.2 km; en yüksek Cd ve Zn içeriği OSB'ye 1.0 km; en yüksek Co, Fe ve Mo konsantrasyonu ise OSB'ye 2.0 km mesafede elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 5.8 incelendiğinde OSB'ye olan mesafe arttıkça bitki örneklerindeki; As, Co, Cr, Cu, Se, Pb ve Zn konsantrasyonlarının azaldığı, Cd, Fe ve Mo konsantrasyonlarının ise arttığı görülmektedir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde bitki örneklerindeki As, Cd, Co, Cr, Cu, Se, Pb ve Zn miktarları izin verilebilir değerin altında çıkmıştır.

Bitki sınır değerleri; As<20 ppm, Cu<100ppm, Cr<5 ppm, Fe<75 ppm, Mo<10pp, Zn< ppm, Pb<30 ppm, Se<30ppm, Cd<30ppm, Co<50ppm

Ancak bitki örneklerindeki Mo konsantrsyonu sınır değere çok yakın ve Fe ise sınır değerin üstünde bulunmuştur.

Çizelge 5.9. Araştırma alanından alınan bitkilerin ağır metal içeriklerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	As		Co		Cr		Se		Pb	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Mesafe	2	0.00018	0.25	0.027	1.62 öd	1.212	0.64	0.0045	0.66	0.0567	1.34 öd
Hata	2										

** ile gösterilen F değeri %1 düzeyinde önemlidir, * ile gösterilen F değeri %5 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 5.10. Araştırma alanından alınan bitkilerin ağır metal içeriklerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	Fe		Cu		Zn		Mo		Cd	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Mesafe	2	245.65	0.24	0.249	0.43	0.0235	0.52	15.76	1.72*	0.00012	0.48
Hata	2										

** ile gösterilen F değeri %1 düzeyinde önemlidir, * ile gösterilen F değeri %5 düzeyinde önemlidir.

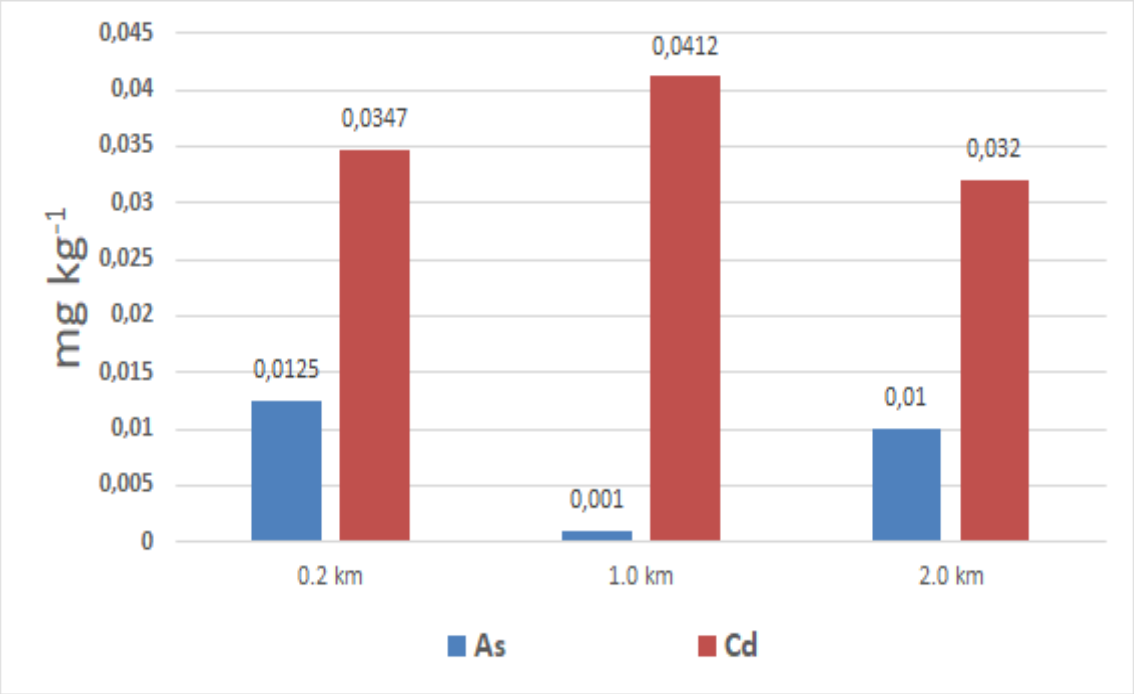
OSB'ye üç farklı mesafeden alınan bitki örneklerinin ağır metal konsantrasyonuna etkisine bakıldığında, mesafenin Co, Pb ve Mo üzerine %5 düzeyinde önemli etki ettiği görülmektedir (Çizelge 5.9, Çizelge 5.10).

Çizelge 5.9 ve Çizelge 5.10 incelendiğinde, alınan bitki örneklerinde yapılan analizler sonucu mesafenin bitkilerdeki As, Cr, Se, Fe, Cu, Zn, Mo ve Cd içeriğine istatistiksel olarak önemli etki etmediği görülmektedir.

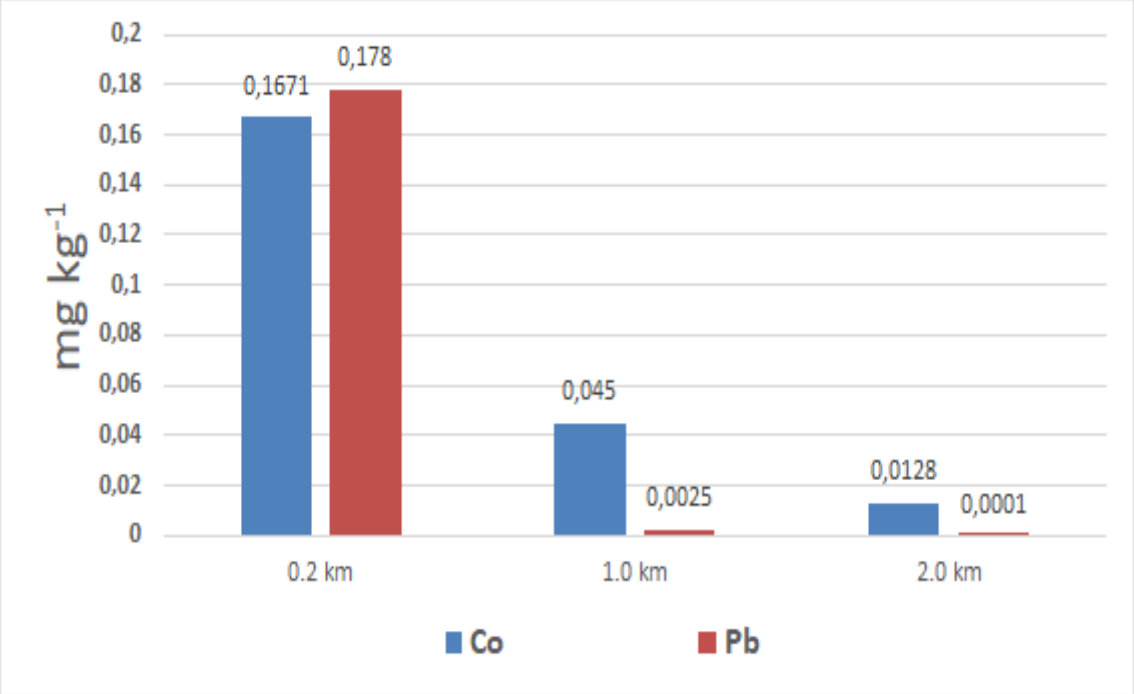
Çizelge 5.11. OSB'den alınan bitki örneklerinin ağır metal içeriği üzerine mesafenin etkisi

Mesafeler, km	As	Cd	Co	Pb	Fe	Cu	Zn	Mo	Cr	Se
	mg kg^{-1}									
0.2 km	0.0125	0.0347	0.1671	0.1780	92.99	3.1125	0.6025	9.023	2.4475	0.8963
1 km	0.0010	0.0412	0.0450	0.0025	92.03	3.0625	0.6650	6.178	1.5800	0.8925
2 km	0.0100	0.0320	0.0128	0.0001	102.42	2.7867	0.5322	9.464	1.8733	0.8533

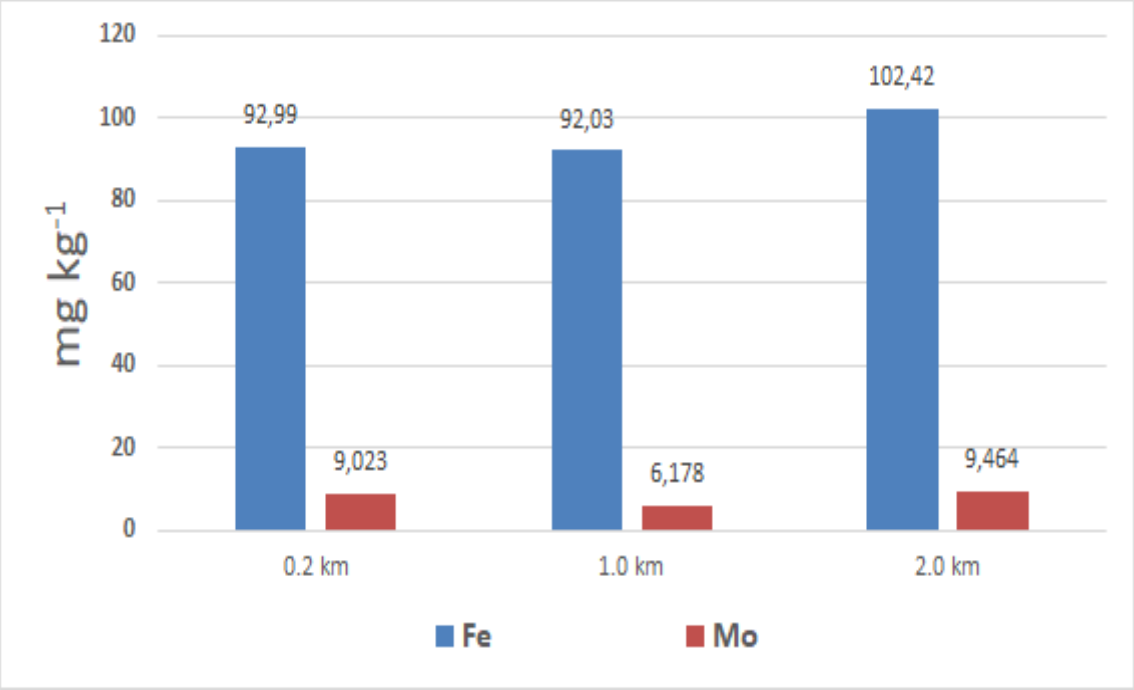
Çizelge 5.11 incelendiğinde, OSB'ye farklı mesafelerden alınan bitki örneklerinde bulunan As konsantrasyonları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı anlaşılmaktadır. Çizelgeye bakıldığında diğer ağır metal miktarlarının arasındaki farkında istatistiksel olarak önemli bulunmadığı görülmektedir.



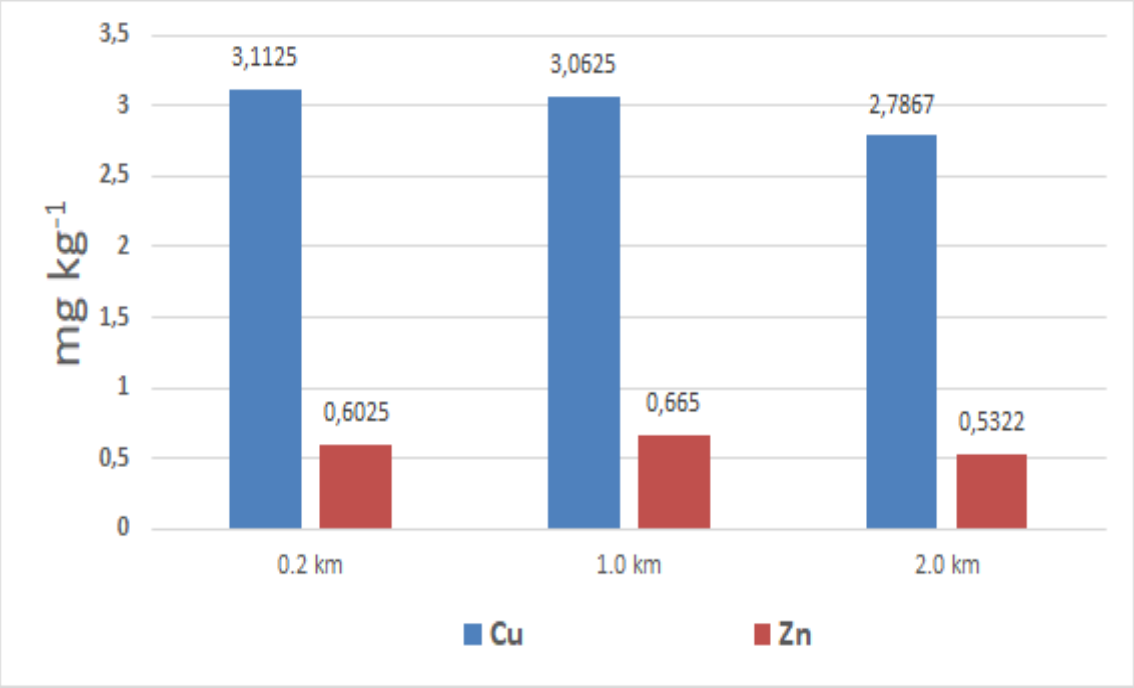
Şekil 5.10. OSB'den alınan farklı mesafelerde ki bitkilerde As ve Cd birikimleri.



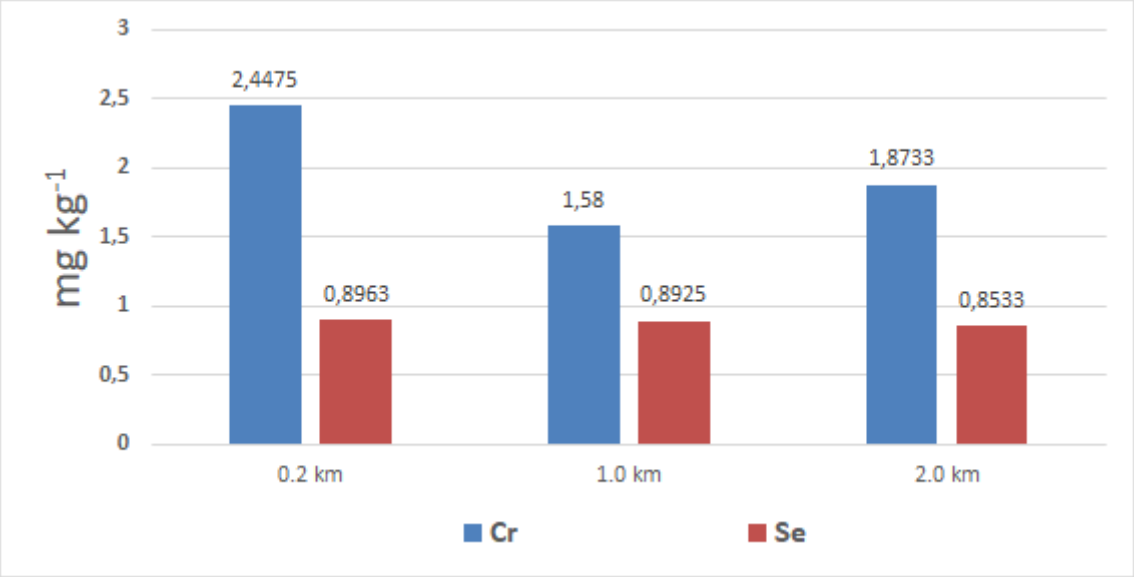
Şekil 5.11. OSB'den alınan farklı mesafelerde ki bitkilerde Co ve Pb birikimleri.



Şekil 5.12. OSB'den alınan farklı mesafelerde ki bitkilerde Fe ve Mo birikimleri.



Şekil 5.13. OSB'den alınan farklı mesafelerde ki bitkilerde Cu ve Zn birikimleri.



Şekil 5.14. OSB'den alınan farklı mesafelerde ki bitkilerde Cr ve Se birikimleri.

Araştırmada elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; Organize Sanayi Bölgesi'ne olan mesafe arttıkça genel olarak ağır metal içeriklerinin azaldığı belirlenmiştir. Ancak bu azalma yönlere göre farklılık göstermiştir. Bazı ağır metallerde yönlere göre istatistiksel olarak önemli düzeyde bulunmayan artışların jeolojik kaynaklı olduğu, arazinin litojenik özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmüştür.

Ağır metallerin artışına sebep olan temel faktörler ana materyal, tarımsal aktiviteler, endüstriyel aktiviteler ve madencilik olduğu belirlenmiştir (Hu ve ark. 2018; Sun ve ark. 2019).

Antoniadis ve ark. (2019), tarımsal ve endüstriyel aktivitelerin ağır metal kirliliğine en yüksek düzeyde sebep olduğunu bildirmişlerdir.

Benzer şekilde bitki örneklerinde belirlenen ağır metal düzeyleri Organize Sanayi Bölgesi'nden uzaklaştıkça azalmıştır, ancak Fe ve Mo içeriklerinin kaynaktan uzaklaştıkça arttığı belirlenmiştir. Bu artış Mo için, Mo'nin yüksek toprak pH düzeylerinde alınımının artması ile ilişkilendirilmiştir.

Bu araştırma da elde edilen sonuçlar toprak ve bitkilerde endüstriden kaynaklanan ağır metal kirliliği ile ilgili yapılan çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Tok ve ark. (2005), Adiloğlu ve Sağlam (2015), sanayinin yoğun olduğu bölgelerde ve karayollarının yakın olduğu tarım arazilerinde yapmış oldukları çalışmalarda Tekirdağ ilinde Ni kirliliğinin yüksek düzeyde olduğunu belirlemişlerdir.

Özkul (2008), İzmit ve civarında endüstrileşmenin yoğun olduğu alanlarda Cu, Zn, Ni ve Co içeriğini yüksek düzeyde belirlemiştir.

Dökmeci ve ark. (2017), sanayinin yoğun olduğu Tekirdağ'ın Çorlu ilçesinin farklı bölgelerinden aldıkları toprak örneklerinde Zn, Cr, Cd ve Ni içeriğinin kabul edilebilir sınır değerlerin üzerinde belirlemişlerdir. Araştırmacıların çalışmalarını yürüttükleri alanda tekstil sanayi, gıda sanayi, kimya sanayi, tuğla sanayi alanlarının bulunması bizim araştırma alanımız Organize Sanayi bölgesinin faaliyet alanı ile de benzerlik göstermektedir.

Van Organize Sanayi Bölgesi'nde tekstil, plastik, gıda, seramik, fayans, mobilya, kolonya üretimi gibi sanayi kollarının olduğu bilinmektedir. Çalışmamızda inceleme konusu olan Co, As, Ni, Cr, Cd, Cu, Zn, Mo, Fe, Se ve Pb gibi ağır metallerin tekstil, boya pigmenti, plastik endüstrisi, metal endüstrisi, kozmetik sanayi gibi endüstri kollarının faaliyetleri sırasında açığa çıktığı bildirilmiştir (Haktanır ve Arcak, 1998). Ayrıca Kahvecioğlu ve ark. (2018), ağır metallerin ekosisteme dağılmasında rol oynayan en önemli endüstriyel faaliyetleri; madencilik, çimento, emir-çelik, boya sanayi, plastik, cam üretimi, termik santral olarak bildirmişlerdir.

Kalaivanan ve Ganeshamurthy (2016), bitkilerin endüstriyel atıklardan ağır metalleri yüksek düzeyde absorbe ettiğini ve bu durumun tohumun çimlenmesini azalttığını, kök ve sürgün gelişimini azalttığını, bitkide solgunluğa neden olduğunu, klorofil, protein, fotosentez ve enzimatik aktivitilerde azalmaya yol açtığını bildirmişlerdir.

Bu araştırmanın sonucunda da toprak ve bitkilerde Organize Sanayi Bölgesi'ne yakın olan örnekleme noktasında sınır değerlere yakın ve üzerinde belirlenen Fe, Ni ve Mo ileride kontaminasyonunun birikerek artması olasılığı nedeniyle toprak ve çevre kirliliği bakımından tehdit edici bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

Folkeson ve ark. (2009), sanayileşmenin insanların yaşam alanlarında toksik ağır metal düzeylerinde artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Ağır metallerin çevre koşullarına dayanıklı olmaları dolayısı ile besin zincirine küçük canlılardan daha büyük canlılara doğru gittikçe katlanarak biriktiğini belirtmişilerdir.

Tarıma elverişli toprakların ağır metal kirliliği ile azalması toprak sağlığı ve kalitesinin bozulması güvenilir gıda üretimini de olumsuz etkilemektedir (Clay 2011, Yu ve ark., 2012).

Nagarajan ve ark. (2020), geniş miktarlarda çevreye salınan ağır metallerin antropojenik olarak ve endüstriyel kaynaklardan yüksek miktarda salınan ağır metallerin gıda zincirine ve diğer kaynaklara dahil olarak insan sağlığı için tehlike oluşturduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışmada da refere edilen literatür bilgileri ile uyumlu olarak Organize Sanayi Bölgesi çevresindeki toprak ve bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonu, kirletici kaynağa olan mesafe, yön, hakim rüzgar yönü ve litojenik etkenlere bağlı olarak değişmekle birlikte organize Sanayi Bölgesine yakın mesafedeki örnekleme noktasında daha yüksek düzeyde bulunduğu, kaynaktan uzaklaştıkça konsantrasyonun azaldığı belirlenmiştir.

Organize Sanayi Bölgesi çevresindeki çalışma alanında homojen bitki dağılımı olmadığı için vejetasyonla kaplı alanlardan karışık türde bitki örneklemesi yapılmıştır. Bitki örnekleri; ayva, kayısı, armut, elma, ceviz, kiraz gibi meyve ağaçları, akasya ağacı, yabancı otlar ve arpa bitkilerinden alınmıştır. Ağır metallerin topraktan bitkiler tarafından alınımı, bitki türlerinde farklılık göstermektedir. Bu çalışmada da bitki örneklerinin ağır metal içerindeki farklılıkların bitki türlerindeki farklılıklardan da kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

6. SONUÇ

Günümüzde toprak kirliliğinin küresel bir sorun haline geldiği bilinmektedir. Başlıca toprak kirleticiler, ağır metaller, pestisitler, organik bileşenler ve radyoaktif hidrokarbon yanma ürünleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada olduğu gibi ağır metaller özellikle endüstrileşmenin yaygın olduğu alanlarda ya da farklı sanayi kollarının bir arada bulunduğu Organize Sanayi Bölgelerinde atmosfere, toprak ve sulara kirletici olarak salınmaktadır. Bu çalışmada da Van Organize Sanayi Bölgesi çevresinde doğu batı ve güney yönlerinde 0.2 km, 1km ve 2km mesafelerde alınan topraklarda ve bitkilerde kaynaktan uzaklaştıkça azaldığı görülmüştür.

Alınan toprak örneklerinde; en yüksek As ve Mo konsantrasyonları 0.2 km mesafede sırasıyla 2.74 ppm ve 1.14 ppm olarak, en yüksek Cr, Zn, Fe ve Ni 1 km mesafede sırasıyla 89.33 ppm, 37.11 ppm, %2.32, 93.15 ppm olarak ve en yüksek Pb, Cu ve Co konsantrasyonları OSB'den 2 km uzaklıkta sırasıyla 3.59 ppm, 10.16ppm ve 10.18 ppm olarak elde edilmiştir.

Bitki örneklerinde ise; en yüksek As, Cr, Cu, Co ve Se içeriği sırasıyla 0.013 ppm, 2.45 ppm, 3.11 ppm, 0.167 ppm ve 0.896 ppm olarak OSB'ye 0,2 km; en yüksek Cd ve Zn içeriği sırasıyla 0.041 pm ve 0.655 ppm olarak OSB'ye 1 km; en yüksek Fe ve Mo içeriği ise 102.4 ve 9.64 ppm olarak OSB'ye 2 km mesafede bulunmuştur.

Toprak çözeltisine dahil olan ağır metaller topraktaki makro ve mikro organizmalar ile bitki kökleri tarafından alınmakta ve besin zincirinin bozulmasına neden olmaktadır. Ayrıca yer altı ve yer üstü sularına karışarak su kalitesinin bozulmasına yol açmaktadırlar.

Bu araştırmada elde edilen sonuçlar dikkate alındığında Van Organize Sanayi çevresinde yakın mesafedeki toprak ve bitkilerde ağır metal birikiminin belirlenmesi dolayısıyla gelecekte bu alanda ortaya çıkabilecek daha yüksek birikimlerin önlenebilmesi ve gerekli önlemlerin alınması için farkındalık oluşturabileceği düşünülmüştür, ayrıca araştırma alanındaki sanayi kollarının çevre kirliliğine engel olabilecek katı atık yönetmeliğine uygun çerçevede faaliyet göstermesi için bu araştırmanın sonuçları uyarıcı ve yol gösterici olarak değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

Adiloğlu ve Sağlam, 2015. Karayolu Kenarlarındaki Tarım Arazilerindeki Topraklarda Ekstrakte Edilebilir Kobalt (Co) İçerikleri. ***AKU J. Sci.Eng., 15*** (2015) 035403: 24-29.

Al-Khashman O. A., 2004. ***Heavy metal distribution in dust,street dust and soils from the work place in Karak Industrial Estate , Jordan,*** **38**: 6803–6812

Allison, L. E. and Moodie, C. D., 1965. ***Carbonate.*** In: C. A. Black et al (ed.) Method of Soil Analysis, Part 2, 9:1379-1400. Am. Soc. of Agron, Inc. Madison, Winconsin, USA.

Alloway, B. J., 1995. ***Cadmium.*** In BJ Alloway (Ed.). Heavy Metals in Soils. Blackie, London.

Altay, Ö. (2016). ***Niğde ili Topraklarının Ağır metal İçeriğinin Araştırılması.*** Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kayseri

Anonim, 2017 ***http://www.adnangulen.com/2017/08/09/bitkilerde-kobalt-etkileri/*** (erişim tarihi. 21.01. 2019).

Anonim, 2017 *https://www.vanosb.org.tr/firmalar/* (erişim tarihi 07.07.2021).

Bayçu, G., Önal, M., 1993. An Investigation of the Levels of Cadmium and Lead in the soils and in the Leaves of selcted specimens of Alianthus altissima Found growing beside A Freeway in İstanbul, ***İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Dergisi,*** **56**: 21-34.

Benavıdes, M. P., Gallego, S. M. ve Tomaro, M. L., 2005. Cadmium toxicity in plants, ***Brazilian Journal of Plant Physiology,*** **17** (1): 21- 34.

Bergmaan, W., 1992. ***Nutritional Disordersof plants Gustav Fischer.*** New York.

Carrigan R. A., Erwin T. C., 1951. Cobalt Determination in Soils by Spectrographic Analysis Following Chemical Preconcentration. ***Proc. Soil Science Society of America,*** **15**: 145- 149.

Clay, J., 2011. Freeze the footprint of food. ***Nature,*** **475** (7356), 287-289.

Çelik, A., Kartal, A. A., Akdoğan, A., and Kaska, Y., 2005. Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using Robinio pseudo-acacia L. ***Enviroment International,*** **31**: 105-112.

Dökmeci A.H., Çelik S.Ö., Kayakıoğlu G., Öngen A., 2017. Tekirdağ Çorlu İlinde Endüstriyel Alanlardaki Topraklarda Ağır Metal Kirliliğinin Çevresel ve İnsan Sağlığı Açısından Etkileri, Araştırma Makalesi, ***J. BAUN İnst. Sci. Tecnol.,*** **19** (2), 256-263.

Facchinelli, A., Sacchi, E., Mallen, L., 2001. Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils. ***Environ. Pollut.*** **114** (3): 313–324.

Faruque A. and Hiroaki, I., 2006. Trace metal concentrations in street dusts of Dhaka city, Bangladesh. ***Atmospheric Environment,*** 40, pp: 3835–3844.

Folkeson, L., Bækken, T., Brencic, M., Dawson, A., Francois, D., Kurımska, P., Leitao, T., Licbinsky, R., Vojtesek, M., 2009. ***Sources and Fate of Water Contaminants in Roads.*** Editors: Dawson A. Water in Road Structures, 107-146, Netherlands, Springer Press.

Geiger, G., Federer, P. and Sticher, H., 1993. Reclamation of Heavy Metal Contamined Soils: Field Studies and Germination Experiments. ***Journal of Enviromental Quality,*** **22** (1) 201-207.

Gerendas, J., Polacco, J. C., Freyermuth, S. K., Sattelmacher, B., 1999. Significance of Nickel for Plant Growth and Metabolism. ***J. Plant Nutr. Soil Sci.,*** 162: 241-256.

Güler, Ç., Çobanoğlu, Z., 1997. ***Kimyasallar ve Çevre.*** Sağlık Bakanlığı, Ankara

Haktanır, K ve Arcak, S., 1998. ***Çevre Kirliliği.*** Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Toprak Bölümü, Ankara Üni. Yayın No: 1503, Ders Kitabı: 457, Ankara.

Hu, W., Wang, H., Dong, L., Huang, B., Borggaard, O. K., Bruun Hansen, H. C., He, Y., Holm, P. E., 2018. Source identification of heavy metals in peri-urban agricultural soils of southeast China: an integrated approach. Environ. Pollut. 237, 650e661. ***https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.070.***

Jakson, M., 1958. ***Soil Chemical Analysis.*** Prentice Hall, Inc. New Jersey, USA.

Kacar, B. 1984. Bitki Belseme Uygulama Klavuzu. A.Ü.Z.F. Yayınları: 900, Uygulama Klavuzu: 214, Ankara, 104.

Kahvecioğlu Ö., Kartal G., Güven A., Timur S., 2003. Metallerin Çevresel Etkileri-1, ***İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Metalurji Dergisi,*** **136:** 47-53.

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., "Metallerin çevresel etkileri-I". ***http://www.metalurji.org.tr/dergi*** (Erişim Tarihi: 02.12.2018).

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2004. Metallerin Çevresel Etkileri-I, ***Metalurji Dergisi,*** **136**: 47-53.

Kalaivanan, D., Ganeshamurthy, A. N., 2016. ***Mechanisms of heavy metal toxicity in plants.*** In: Abiotic Stress Physiology of Horticultural Crops. Springer, New Delhi, pp. 85–110.

Karaca, Ayten ve Turgay, Oğuz Can, 2012. Toprak Kirliliği. ***Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi,*** **1** (1): 13-19.

Karaçağıl D., 2013. ***İstanbul'da Belirlenmiş Sahil Şeritlerinde Toprak Kalitesi ve Ağır Metal Kirliliği*** (yüksek lisans tezi, basılmamış). Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 4-8-11-12.

Kennedy, C.D. and Gonsalves, F.A.N., 1987. The action of divalent zinc, cadmium, mercury, copper and lead on the trans-root potential and efflux of excised roots, ***J.Exp. Bot.,*** **38**: 800-817.

Knezevic, M., Stankovic, D., Krstic, B., Nikolic, M. S., Dragica, V., 2009. Concentrations of Heavy Metals in Soil and Leaves of Plant Species Paulownia Elongata S. Y. Hu and Paulownia Fortunei Hemsl. ***African Journal of Biotechnology,*** **8** (20): 5422-5429.

Munzuroğlu, Ö. ve Nazmi, G., 2000. Ağır Metallerin Elma (*Malus slyvestris* Miller cv. Golden)'da Polen Çimlenmesi ve Polen Tüpü Gelişimi Üzerine Etkileri. ***Turk J. Biol.,*** 24: 677-684.

Nagarajan, D., Lee, D.-J., Chen, C.-Y., Chang, J.-S., 2020. Resource recovery from wastewaters using microalgae-based approaches: A circular bioeconomy perspective. ***Bioresour. Technol.,*** **302:** 122817.

Naszradi, T., Badacsonyi, A., Nemeth, N., Tuba, Z., Batic, F., 2004. Zinc, Lead And Cadmium Content İn Meadow Plants and Mosses Along The M3 Motorway (Hungary). ***Journal of Atmospheric Chemistry,*** **49**, 593– 603.

Okcu, M., Tozlu E., Kumlay A., Pehluvan M., 2009. Ağır Metallerin Bitkiler Üzerinde Etkileri. ***Alınteri Zirai Bilimler Dergisi***, **17 (B)**: 14-26.

Okudan, M., 2009. ***Kobalt ve Molibden İçeren Kullanılmış Hidrodesülfürizasyon (HDS) Katalizör Atıklarına Asidik ve Alkali Liç Uygulaması*** (yüksek lisans tezi, basılmamış). Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Önder, S., Dursun, Ş., 2005. Air borne heavy metal pollution of Cedrus libani (A. Rich.) in the city centre of Konya. ***Atmospheric Envıronment Elsevier.*** **40:** 1122-1133.

Özkan, G., 2009. ***Endüstriyel Bölge Komşuluğunda Kıyısal Kırsal Alandaki Hava Kalitesi.***

Özkul, C., 2008. İzmit (Kocaeli) Civarında Endüstrileşmenin Toprak Ağır Metal Derişimine Etkisi. ***Uygulamalı Yer Bilimleri,*** **2**: 1-9.

Peterson, P. J., 1993. ***Plant Adaptation to Environmental Stress: Metal Pollution Tolerance.*** Fowden, L., Mansfield, T., Stoddart, J., Chapman&Hall, 171-188.

Polat ve ark., 2016. ***Tekirdağ İlindeki Fabrikaların Yakınlarındaki Tarım Alanlarında Oluşturduğu Toprak Kirliliği ve Bu Kirliliğin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri.*** Namık Kemal Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projesi, Tekirdağ.

Rinklebe, J., Antoniadis, V., Shaheen, S. M., Rosche, O., Altermann, M., 2019. Health risk assessment of potentially toxic elements in soils along the Central Elbe River, Germany. Environ. Int. 126, 76e88. ***https://doi.org/10.1016/*** (Erişim Tarihi: 11.09.2019).

Sharma P. and Dubey, R. S., 2005. Lead toxicity in plants, ***Brazilian Journal of Plant Physiology,*** **17** (1): 35-52.

Siegel, F. R., 2002. ***Environmental Geochemistry of Potentially Toxic Metals*****.** Berlin, Germany, Springer.

Sun, C. Y., Zhang, Z. X., Cao, H. N., Xu, M., Xu, L., 2019. Concentrations, speciation, and ecological risk of heavy metals in the sediment of the Songhua River in an urban area with petrochemical industries. Chemosphere 219, 538e545. ***https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.12.040.***

Tembo, B. D., Kwenga S., Cernak, J., 2006. Distribution of Copper, Lead, Cadmium and Zinc Consentrations in Soils Around Kabwe Town in Zambia. ***Chemosphere,*** **63**: 497- 501.

Tok, H. H., Adiloğlu, A., Öner, N., Gönülsüz E., Adiloğlu, S., 2005. Heavy Metal Concentrations in Irrigation Waters and Rice Crops in the Central Trakya Region. ***Journal of Environmental Protection and Ecology,*** **6** (3), 550- 562, Thessaloniki, Greece.

Topdemir, N., Munzuroğlu, A. Ö, Çobanoğlu, D., 2004. Ağır Metal İyonlarının (Cu^{+2}, Pb^{+2}, Hg^{+2}, Cd^{+2}) Clivia sp. Bitkisi Polenlerinin Çimlenmesi ve Tüp Büyümesi Üzerine Etkileri. ***F.Ü. Fen ve Matematik Bilimleri Dergisi,*** **16** (2), 177-182.

Tuna, H., 2001. ***Bozüyük Yöresinde Endüstriyel Faaliyetlerden Kaynaklanan Ağır Metallerin Bitki ve Topraktaki Birikimi*** (yüksek lisans tezi, basılmamış). A.Ü. Fen Bilimleri Enst. Çevre Müh. Anabilim Dalı, Erzurum.

Türkoğlu, B., 2006. ***Toprak Kirlenmesi ve Kirlenmiş Toprakların Islahı*** (yüksek lisans, tezi, basılmamış). Çukurova Üniversitesi, Adana.

Yayla, S., Yumak, H., Bayram, A., 2010. ***Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüs Alanının Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi.*** Y.Y.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,11 (1): 17-23.

Yılmaz, F., Yılmaz, Y. Z., Ergin, M., Erkol, A. Y., Müftüoğlu, A. E., Karakelle, B., 2003. Hevay Metal Concentrastions in Surface Soils of Ġzmit Gulf Region, Turkey. ***J. of Trace and Microprobe Techniques,*** **21** (3): 523- 531.

Yruela, I., 2005. Copper in plants. ***Brazillian Journal Plant Physiology,*** **17** (1): 145-156.

Yu, Q., Wu, W., Yang, P., Li, Z., Xiong, W., Tang, H., 2012. Proposing an Interdisciplinary and Cross-scale Framework for Global Change and Food Security Researches. ***Agriculture, Ecosystems and Environment,*** **156:** 57-71.

Zengin, F. K. ve Munzuroğlu, Ö., 2006. Ayçiçeği (Helianthus annuus L.) Fidelerinin Toplam Çözünebilir Protein, Prolin ve Klorofil Miktarları Üzerine Civa Klorürün (HgCl2) Etkileri. ***Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi,*** **18** (1): 25-30.

Zheljazkov, V. D. and Nielsen, N. E., 1996. Effect of Heavy Metals on Peppermint and Commint. ***Plant and Soil.,*** **178** (1): 59-66.

ÖZ GEÇMİŞ

İlk öğrenimini Yüksekova Armutdüzü Köyü ilköğretim okulunda, orta öğrenimini Hakkari Kız Yatılı İlk ve Orta Okulunda, lise öğrenimini Hakkari Lisesinde tamamladı. 2011-2015 yılları arasında, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'nde lisans eğitimimi tamamlayıp Ziraat Mühendisi unvanıyla mezun oldu. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine 2017 yılında başladı.

T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORİJİNALLİK RAPORU

Tarih: 07/07/2021

Tez Başlığı / Konusu:

Van Organize Sanayi Bölgesi Çevresindeki Toprak ve Bitkilerde Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 53 sayfalık kısmına ilişkin, 05/07/2021 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından **Turnitin** intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 19 (Yüzde ondokuz) dur.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Güler DİLBİLİR
05.07.2021

Adı Soyadı: Güler DİLBİLİR

Öğrenci No: 169101172

Anabilim Dalı: Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

Programı: Lisansüstü

Statüsü: Y. Lisans [X] Doktora ☐

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR

Prof. Dr. Füsun GÜLSER

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR